

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

*Д. Б. Рыклин
С. С. Гришанова*

**Технология и оборудование для подготовки
текстильных волокон к прядению**

***В двух частях
Часть 1***

Учебное пособие

*Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
«Производство текстильных материалов»*

Витебск
2022

УДК 677.021.1
ББК 37.23
Р94

Рецензенты:

д.т.н., профессор кафедры текстильных технологий ФГБОУВО
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство) Разумеев К.Э.;

PhD, доцент, заведующий кафедрой «Технология прядения»
Ташкентского института текстильной и легкой
промышленности Ражапов О.О.;

заместитель генерального директора по производству
ОАО «Камволь» Смуклавский А.А.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 10 от 29.06.2022.

Рыклин, Д. Б.

Р94

Технология и оборудование для подготовки текстильных волокон
к прядению: учебное пособие. В двух частях. Часть 1 / Д. Б. Рыклин,
С. С. Гришанова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2022. – 385 с.

ISBN 978-985-481-723-1

ISBN 978-985-481-724-8 (Ч.1)

В учебном пособии представлены сведения о современной сырьевой базе
текстильной промышленности, технологии и оборудовании для разрыхления,
очистки, смешивания, кардочесания натуральных и химических волокон, штапели-
рования жгутовых химических волокон.

Предназначено для студентов технологических специальностей, изучающих
технологию текстильного производства.

УДК 677.021.1
ББК 37.23

ISBN 978-985-481-723-1
ISBN 978-985-481-724-8 (Ч.1)

© Рыклин Д.Б., 2022
© Гришанова С.С., 2022
© УО «ВГТУ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ПОНЯТИЕ О ПРЯДИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. СИСТЕМЫ ПРЯДЕНИЯ ХЛОПКОВЫХ, ШЕРСТЯНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН	8
2 СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	18
2.1 Основы производства натуральных волокон	18
2.1.1 Производство хлопкового волокна	18
2.1.2 Сбор и заготовка хлопка-сырца	22
2.1.3 Первичная обработка хлопка-сырца	24
2.1.4 Производство шерсти. Морфологические и анатомические особенности шерстяных волокон	28
2.1.5 Первичная обработка шерсти. Технологические линии по первичной обработке шерсти	40
2.2 Основы производства химических волокон и нитей	44
2.2.1 Общие сведения о химических волокнах и нитях	44
2.2.2 Стадии производства химических волокон и нитей	49
2.2.3 Основные виды синтетических волокон и их свойства	52
2.2.4 Подготовка к формованию, формование и отделка полиамидных волокон и нитей	53
2.2.5 Ассортимент и свойства полиамидных волокон и нитей	57
2.2.6 Подготовка к формованию, формование и отделка полиэфирных волокон и нитей	59
2.2.7 Ассортимент и свойства полиэфирных волокон	61
2.2.8 Подготовка к формованию, формование и отделка полиакрилонитрильных волокон	62
2.2.9 Ассортимент и свойства полиакрилонитрильных волокон	65
2.2.10 Подготовка к формованию, формование и отделка вискозных волокон и нитей	66
2.2.11 Ассортимент и свойства искусственных волокон	71
2.2.12 Основные виды химических неорганических волокон	74
2.2.13 Технология производства стеклянных волокон. Основные свойства стекловолокна и материалов на их основе	76
2.3 Анализ влияния основных свойств волокон на свойства пряжи	82
2.4 Порядок составления сортировок хлопкового волокна	96
2.4.1 Советская классификация хлопкового волокна	96
2.4.2 Современная отечественная классификация	97
2.4.3 Зарубежная классификации хлопкового волокна	99
2.4.4 Оценка качества хлопкового волокна с использованием номограмм Uster Statistics	103
2.4.5 Основные принципы подбора волокон в смеси	105

2.4.6 Прогнозирование разрывной нагрузки пряжи разного состава	108
2.4.7 Прядильная способность хлопкового волокна	111
2.4.8 Индекс прядильной стабильности	111
2.5 Порядок составления на шерстопрядильных предприятиях смесей волокон	113
2.5.1 Классификация шерстяных волокон	113
2.5.2 Состав смесей и их классификация	119
2.5.3 Основные рекомендации и требования к составлению смесей для гребенной и аппаратной систем прядения	120
2.5.4 Выбор параметров химических волокон для смешивания с шерстью	121
2.5.5 Прядильная способность шерсти и химических волокон.	
Резерв прядильной способности	126
3 ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОЛОКНИСТОГО НАСТИЛА	129
3.1 Приемка и хранение сырья на прядильном предприятии	129
3.1.1 Приемка сырья, поступающего на производство	129
3.1.2 Проверка хлопкового волокна по количеству и свойствам	131
3.1.3 Проверка шерстяного волокна по количеству и свойствам	133
3.1.4 Проверка химического волокна по количеству и свойствам	134
3.1.5 Организация работы на складах	136
3.2 Разрыхление текстильных волокон в хлопкопрядении	138
3.2.1 Организация процесса разрыхления. Разрыхлительное оборудование	138
3.2.2 Интенсивность и эффективность процесса разрыхления	149
3.3 Оборудование, применяемое для очистки хлопкового волокна	152
3.3.1 Цель и сущность процесса очистки	152
3.3.2 Очистительные машины в хлопкопрядении	154
3.3.3 Обеспыливание и устранение посторонних примесей	166
3.3.4 Оценка эффективности очистки волокнистого материала	174
3.4 Смешивание текстильных волокон	176
3.4.1 Анализ способов смешивания	176
3.4.2 Устройство и принцип работы смесовых машин для смешивания однородных компонентов в хлопкопрядении	180
3.4.3 Устройство и принцип работы смесовых машин для смешивания разнородных компонентов	185
3.4.4 Оценка интенсивности и эффективности процесса смешивания	189
3.5 Анализ работы поточных линий при переработке хлопка и химических волокон	191
3.6 Поточные линии в шерстопрядении	202
3.6.1 Особенности подготовки компонентов к смешиванию	202
3.6.2 Подготовка натуральной шерсти к смешиванию в аппарат-	

ной системе прядения	203
3.6.3 Подготовка химических волокон	205
3.6.4 Подготовка отходов производства	206
3.6.5 Замасливание в процессах приготовления пряжи	209
3.6.6 Поточные линии в аппаратной системе прядения шерсти	211
3.6.7 Карбонизация шерсти и шерстяных отходов	217
3.6.8 Поточные линии в гребенной системе прядения шерсти	220
3.7 Особенности подготовки льняного волокна для переработки на оборудовании хлопко- и шерстопрядильного производства	223
3.7.1 Технологические предпосылки котонизации короткого льняного волокна	223
3.7.2 Способы котонизации льняного волокна	226
3.7.3 Оборудование, применяемое для механической котонизации льняного волокна	228
3.7.4 Характеристика льняного волокна, подвергаемого котонизации	236
3.7.5 Оценка эффективности котонизации	236
4 ПРОИЗВОДСТВО ЧЕСАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ	240
4.1 Цель и сущность процесса кардочесания. Функции чесальной машины	240
4.2 Типы гарнитур, применяемых для обтягивания рабочих органов чесальных машин	241
4.3 Взаимодействие кардных поверхностей	248
4.4 Срок службы и периодичность заточки гарнитуры	251
4.5 Анализ конструкции и работы шляпочных чесальных машин	252
4.5.1 Принцип работы шляпочной чесальной машины	252
4.5.2 Бункерное питание чесальных машин	254
4.5.3 Анализ работы узла приемного барабана	258
4.5.4 Анализ работы узла «главный барабан – шляпки»	269
4.5.5 Работа съемного барабана. Переход волокон с главного барабана на съемный барабан	280
4.5.6 Формирование и укладка чесальной ленты в таз	286
4.5.7 Оценка интенсивности и эффективности работы чесальной машины	289
4.5.8 Распределение вытяжек на чесальной машине	301
4.5.9 Система автоматического регулирования вытяжки на чесальных машинах	303
4.5.10 Отходы, выделяемые на чесальной машине	304
4.5.11 Оценка качества прочеса и чесальной ленты	305
Неполадки в работе чесальной машины	305
4.5.12 Производительность чесальной машины	308

4.6 Валичные чесальные машины и аппараты в системах пряжения шерсти	308
4.6.1 Особенности конструкции валичных чесальных машин и аппаратов	308
4.6.2 Работа питателей-самовесов	315
4.6.3 Работа предварительных прочесывателей чесальных ап- паратов и машин	317
4.6.4 Работа обезрепеивающих устройств чесальных машин	318
4.6.5 Работа основных прочесывателей	319
4.6.6 Оценка интенсивности чесания, эффективности смешива- ния и выравнивания слоя на валичной чесальной машине	323
4.6.7 Лентообразователь и лентоукладчик чесального аппарата	325
4.7 Формирование ровницы и ленты на чесальных машинах и аппаратах	327
4.7.1 Ровничная каретка чесального аппарата	327
4.7.2 Особенности формирования выпускной паковки на чесаль- ных машинах гребенной системы пряжения	333
4.7.3 Контроль качества чесальной ленты и ровницы с чесаль- ных аппаратов	334
4.7.4 Производительность чесальных аппаратов и машин	335
4.8 Перспективы развития технологии и техники кардочесания	336
4.8.1 Направления совершенствования чесальных машин	336
4.8.2 Повышение производительности чесальной машины	337
4.8.3 Автоматизация операций	340
4.8.4 Сокращение технологического процесса	342
5 ПРОИЗВОДСТВО ЛЕНТЫ ПО СОКРАЩЕННОЙ СИСТЕМЕ ПРЯЖЕНИЯ	345
5.1 Сокращенная система пряжения	345
5.2 Способы штапелирования жгутов из химических волокон	347
5.2.1 Штапелирование способом неконтролируемого разрыва	347
5.2.2 Штапелирование способом контролируемого разрыва	354
5.2.3 Штапелирование жгутов разрезанием	357
5.2.4 Штапелирование способом дифференцированного разрезания	362
5.2.5 Теоретические вопросы дифференцированного разрезания	366
5.2.6 Сравнение способов штапелирования	368
5.3 Особенности выработки ленты для производства высокообъемной пряжи	369
5.3.1 Сущность процесса получения высокообъемной пряжи	369
5.3.2 Выработка высокообъемной пряжи из химических волокон, поступающих в виде жгута	374
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	382

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из важных проблем, стоящих перед отечественной текстильной промышленностью, является повышение качества продукции при стоимости, обеспечивающей ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках. Существенную роль в решении этой проблемы на прядильном производстве оказывает соблюдение правил подбора сырья и повышение эффективности технологических процессов.

За последние годы большинство текстильных предприятий Республики Беларусь осуществили широкомасштабное техническое перевооружение, в результате которого было установлено современное технологическое и испытательное оборудование ведущих мировых производителей. Существенные изменения конструкции и технических характеристик используемых машин, появление новых видов текстильных волокон и методов оценки их качества ставят задачу по значительному расширению и углублению знаний инженерно-технических работников на производстве.

Целями преподавания дисциплины «Технология и оборудование для подготовки текстильных волокон к прядению» являются подготовка студентов к производственно-технологической, организационно-управленческой, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности, а также получение будущими инженерами-технологами знаний, навыков и умений, позволяющих получать оптимальные технологические и экономические решения поставленных технологических задач по составлению волокнистых смесей, анализу неровноты продуктов прядения и организации процессов разрыхления, очистки, смешивания и кардочесания, штапелирования, вытягивания, сложения и гребнечесания.

В настоящем учебном пособии рассмотрены вопросы, связанные с анализом современной сырьевой базы прядильного производства и составлением волокнистых смесей, конструкцией и работой оборудования, применяемого для разрыхления, очистки, смешивания и кардочесания натуральных и химических волокон, а также штапелирования жгутовых химических нитей.

1 ПОНЯТИЕ О ПРЯДИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. СИСТЕМЫ ПРЯДЕНИЯ ХЛОПКОВЫХ, ШЕРСТЯНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Прядение – это совокупность процессов, с помощью которых из коротких и тонких волокон получают непрерывную нить определенной прочности и линейной плотности, называемую пряжей.

Пряжа является сырьем для производства тканей, трикотажных, гардинно-тюлевых, крутильно-ниточных, текстильно-галантерейных изделий и используется при изготовлении некоторых видов нетканых материалов. В связи с этим прядильное производство считается одним из основных производств текстильной промышленности.

Пряжа должна иметь заданную линейную плотность, чистоту, разрывную нагрузку, неровноту по разрывной нагрузке и линейной плотности. Кроме того, к пряже отдельных видов могут предъявляться особые требования – пониженная крутка, повышенная объемность, хорошая окрашиваемость и т.д.

На прядильных предприятиях вырабатывают различную пряжу: однониточную и крученую, суровую, крашеную и меланжевую разного назначения. В зависимости от назначения выпускают пряжу разной линейной плотности.

Свойства пряжи зависят как от свойств используемого сырья, так и от *системы прядения*. Система прядения определяется совокупностью технологических процессов и машин, применяемых в производстве пряжи. Системы прядения классифицируют по способу чесания волокнистого материала (кардочесание или гребнечесание) и по способу утонения потока волокон (деление или вытягивание).

В хлопкопрядильном производстве для переработки хлопка и смесей хлопка с химическими волокнами в настоящее время в основном применяют две системы прядения: кардную и гребенную.

Кардная система применяется для выработки пряжи средней (15,4–33 текс) и большой (33–100 текс) линейной плотности из средне-волокнистого хлопка, смесей хлопка с другими волокнами, а также из других видов хлопкового типа, то есть длиной до 45 мм. Эта система получила наибольшее распространение в настоящее время.

Производимая по кардной системе пряжа применяется при производстве широкого ассортимента тканей и трикотажных изделий. Наиболее распространенная последовательность технологических переходов на хлопкопрядильных предприятиях представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика кардной системы прядения хлопка

Этап	Используемое оборудование	Технологические процессы	Выпускаемый продукт	Выходная паковка
Подготовка к прядению	Поточная линия «кипа – чесальная лента», включающая машины разрыхлительно-очистительного отдела и шляпочную чесальную машину	Разрыхление, очистка, смешивание, кардочесание (+вытягивание)*	Чесальная лента	Таз
	Ленточная машина (I переход)	Вытягивание, сложение	Лента	Таз
	Ленточная машина (II переход)	Вытягивание, сложение	Лента	Таз
При кольцевом способе прядения				
Пред-прядение	Ровничная машина	Вытягивание, кручение, наматывание	Ровница	Катушка
Прядение	Кольцевая прядильная машина	Вытягивание, кручение, наматывание	Пряжа	Початок
При пневмомеханическом способе прядения				
Прядение	Пневмомеханическая прядильная машина	Дискретизация питающей ленты, транспортирование дискретного потока волокон, циклическое сложение, кручение, наматывание	Пряжа	Бобина

* – при установке вытяжного прибора на машине или лентоукладчике.

На современные хлопкопрядильные предприятия, вырабатывающие пряжу по кардной системе, исходное сырье (хлопок, химические волокна, котонизированный лен) поступает в виде спрессованных кип.

Кипы всех компонентов смеси перерабатываются на поточных линиях «кипа – чесальная лента», на которых клочки отдельных компонентов подвергаются разрыхлению и очистке, смешиваются и поступают на питание шляпочных чесальных машин. В процессе переработки на чесальных машинах клочки подвергаются дополнительной очистке, разделяются на отдельные волокна, которые смешиваются и формируют чесальную ленту, укладываемую в таз. С целью параллелизации волокон и выравнивания ленты по линейной плотности и структуре она проходит два ленточных перехода.

Из полученной ленты может быть произведена пряжа кольцевым или пневмомеханическим способом прядения. В случае использования кольцевых прядильных машин, из-за ограниченной мощности установленных на них веретен, из ленты предварительно необходимо получить более тонкий полупродукт – ровницу. В связи с этим лента подается вначале на ровничную машину, на которой она утоняется в вытяжном приборе, а затем упрочняется методом кручения. Производство пряжи пневмомеханическим способом осуществляется непосредственно из ленты, выработанной на втором переходе ленточных машин.

Гребенная система применяется для выработки пряжи малой (менее 15,4 текс) и средней линейной плотности широкого ассортимента. В таблице 1.2 представлена характеристика современной гребенной системы прядения хлопка.

Таблица 1.2 – Характеристика гребенной системы прядения хлопка

Этап	Используемое оборудование		Технологические процессы	Выпускаемый продукт
Подготовка к прядению	Поточная линия «кипа – чесальная лента»		Разрыхление, очистка, смешивание, кардочесание (+вытягивание)*	Чесальная лента
	Подготовка к гребнечесанию	Ленточная машина (предварительный (0) переход)	Вытягивание, сложение	Лента
		Холстоформирующая машина	Вытягивание, сложение	Холстик
	Гребнечесание	Гребнечесальная	Гребнечесание, вытягивание, сложение	Лента
	Ленточная машина		Вытягивание, сложение	Лента
Предпрядение	Ровничная машина		Вытягивание, кручение, наматывание	Ровница
Прядение	Кольцевая прядильная машина		Вытягивание, кручение, наматывание	Пряжа

* – при установке на машине вытяжного прибора.

По гребенной системе прядения получают пряжу, используемую в ткацком и трикотажном производствах, для выработки швейных ниток и текстильно-галантерейных изделий и для других целей.

В ткацком производстве гребенную пряжу используют для изготовления высококачественных тканей: батиста, бархата, вельвета, плащевых, а также технических тканей. По гребенной системе прядения вырабатывают пряжу 11,5–20 текс и более из средневолокнистого хлопка штапельной длиной от 33 мм, более тонкую пряжу 5–11,5 текс – из длинноволокнистого хлопка.

По оценке специалистов фирмы Rieter основной объем выпускаемой в мире гребенной хлопчатобумажной пряжи составляет пряжа линейной плотности 20 текс (рисунок 1.1). С учетом повышающихся требований к качеству текстильных полотен и изделий из них в перспективе прогнозируется существенное увеличение доли гребенной пряжи с расширением диапазона линейных плотностей (рисунок 1.2).

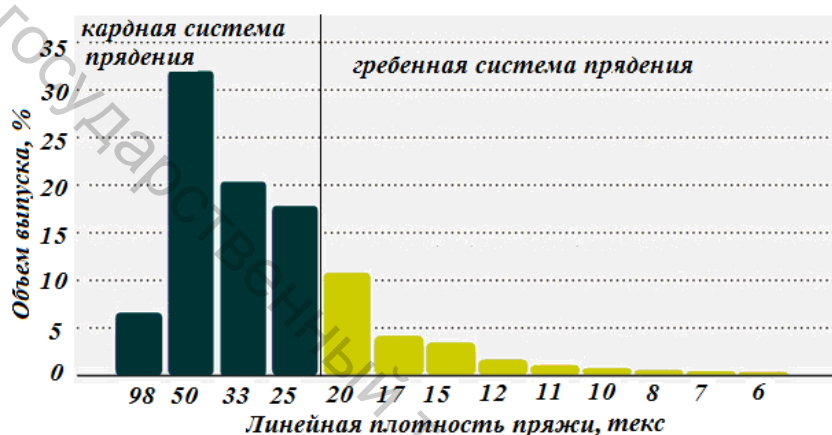


Рисунок 1.1 – Распределение линейных плотностей хлопчатобумажной пряжи, выпускаемой в мире

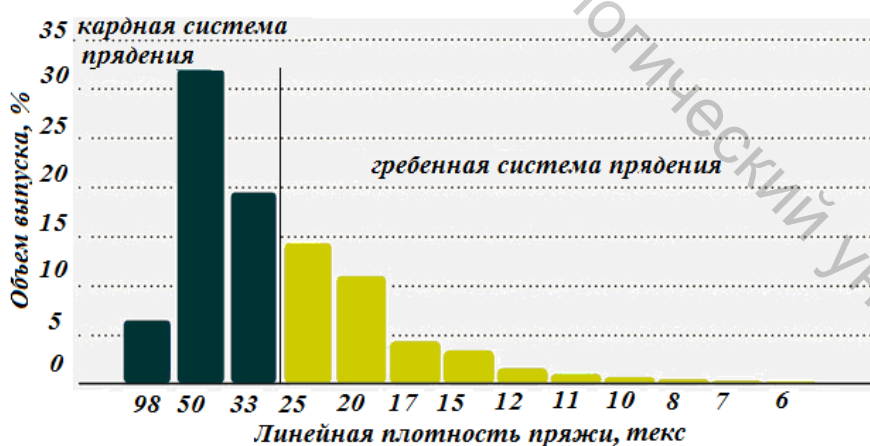


Рисунок 1.2 – Прогнозируемое распределение линейных плотностей хлопчатобумажной пряжи

В отличие от кардной системы прядения в гребенной применяется двойное чесание волокнистого материала – сначала на чесальной машине, а затем на гребнечесальной, что обеспечивает удаление мелких сорных примесей и пороков волокна, а также коротких волокон. В связи

с тем, что в структуре гребенной пряжи существенно меньше коротких волокон, по сравнению с пряжей, вырабатываемой по кардной системой прядения, она имеет блеск, более прочная и гладкая, плотная и чистая по сравнению с пряжей кардной системы прядения.

Гребенная система прядения имеет больше переходов по сравнению с кардной (таблица 1.2). По данной системе перерабатывается более дорогое сырье и выделяется большее количество отходов, что ведет к повышению стоимости пряжи.

В шерстопрядении пряжа вырабатывается по гребенной (камвольной), полугребенной и аппаратной (суконной) системам прядения. На шерстопрядильных предприятиях Республики Беларусь получили распространение гребенная и аппаратная системы прядения.

Как и в случае переработки хлопкового волокна, в шерстопрядении гребнечесание используется с целью повышения равномерности пряжи по линейной плотности и другим свойствам. Однако в отличие от систем прядения хлопка, позволяющих вырабатывать пряжу в одинаковых диапазонах линейных плотностей (15,4–50 текс), диапазоны линейных плотностей пряжи, вырабатываемой по аппаратной и камвольной системам прядения шерсти, практически не пересекаются. Гребенная система прядения, как правило, используется для выработки пряжи линейной плотности до 50 текс (в редких случаях – до 80 текс), а аппаратная – более 70 текс. При этом диапазон линейных плотностей пряжи, вырабатываемой по системам прядения шерсти существенно зависит от состава смеси и от вида используемого прядильного оборудования. Например, на прядильных машинах периодического действия в аппаратной системе прядения может вырабатываться пряжа линейной плотности от 50 текс.

Разделение гребенной системы прядения шерсти на тонкогребенную и грубогребенную объясняется большим разнообразием шерсти, стремлением более полно использовать ее свойства и получить наиболее тонкую пряжу высокого качества.

Тонкогребенная система прядения шерсти используется при переработке тонкой, более короткой и менее засоренной гребенной шерсти с длиной штапеля менее 80 мм. В зависимости от линейной плотности и назначения пряжи в тонкогребенной системе прядения перерабатывают все виды мериновой и уравненной помесной шерсти не ниже 60^к со средней длиной волокна не менее 55 мм, смешанную помесную шерсть высшего, I и II сортов со средней длиной не менее 65 мм, а также уравненную гребенную верблюжью шерсть высшего, I и II сортов и химическое волокно длиной 90–110 мм.

По тонкогребенной системе прядения получают пряжу линейной плотности от 14 до 50 текс.

Характерными технологическими процессами в тонкогребенной системе прядения являются гребнечесание на машинах периодического

действия и упрочнение ровницы путем сучения на ровничных машинах с сучильными рукавами. Тонкогребенная система отличается большим числом переходов и значительными потерями высококачественной шерсти. Отходы при ее переработке составляют 20–25 % поступившей мытой шерсти; этим и использованием шерсти высокого качества объясняется высокая себестоимость гребенной пряжи, полученной по тонкогребенной системе прядения.

По грубогребенной системе перерабатывают длинную гребенную шерсть с длиной штапеля не менее 130 мм. В зависимости от линейной плотности и назначения пряжи по грубогребенной системе прядения перерабатывают уравненную и смешанную помесную шерсть 32^к и выше, кроссбредную шерсть всех сортов и уравненную гребенную низших сортов, полугрубую и верблюжью шерсть и химические волокна. По этой системе из полугрубой шерсти получают гребенную пряжу от 20 до 500 текс, которая предназначена для тканей, трикотажных изделий, ковров и технических изделий.

С целью сокращения количества технологических переходов при переработке длинной шерсти, а также уменьшения количества отходов разработана сокращенная полугребенная система прядения, в которой исключен процесс гребнечесания. Эта система используется для выработки пряжи большой и средней линейной плотности (от 50 до 500 текс), слегка пушистой и очень прочной. Такая пряжа по качественным показателям занимает промежуточное положение между гребенной и аппаратной пряжей.

В таблице 1.3 представлена последовательность технологических переходов при производстве пряжи по **тонкогребенной системе** прядения шерсти. Со склада сырья мытая, упакованная в кипы шерсть подвергается разрыхлению на разрыхлительно-очистительном агрегате или трепальных машинах. С учетом многообразия используемого оборудования в таблице 1.3 оно не перечислено.

После разрыхления шерсть замасливают специально приготовленными замасливающими эмульсиями. Смешивание шерсти в гребенных системах прядения производят в механизированных лабазах, в которых смесь вылеживается не менее 8 ч. Готовая шерстяная смесь после вылеживания в лабазах направляется на кардочесальные машины для приготовления из нее чесальной ленты. На современных предприятиях разрыхлительное оборудование агрегируется с чесальной машиной, формируя, таким образом, поточную линию «кипа – чесальная лента».

Для чесания шерсти в гребенном прядении применяют однопрочесные или двухпрочесные валичные чесальные машины.

Подготовка чесальной ленты к гребнечесанию заключается в распрямлении и параллелизации волокон, выравнивании ее по линейной плотности. В тонкогребенной системе прядения подготовка чесальной ленты к гребнечесанию производится на нескольких переходах двух-

польных ленточных машин, на которых указанные цели достигаются в результате процессов вытягивания и сложения.

Гребнечесание лент в тонкогребенной системе прядения осуществляется на гребнечесальных машинах периодического действия, на которых производится рассортировка волокон по длине с выделением коротких волокон в очес, тщательная очистка шерсти от сорных примесей и мелких спутанных волокон (узелков).

После гребнечесания суровая лента вновь направляется на ленточные машины (два перехода), что необходимо для выравнивания ее по толщине и дальнейшего распрямления и параллелизации составляющих ее волокон. Последняя ленточная машина имеет механизм для наматывания ленты в клубки под определенным натяжением.

Таблица 1.3 – Характеристика тонкогребенной системы прядения шерсти

Этап	Используемое оборудование	Технологические процессы	Выпускаемый продукт
Подготовка к прядению	Поточная линия «кипа – чесальная лента», включающая машины разрыхлительно-очистительного отдела и валичную чесальную машину	Разрыхление, очистка, замасливание (эмульсирование), смешивание, кардочесание	Чесальная лента
	Ленточные машины (3 перехода)	Вытягивание, сложение	Лента
	Гребнечесальная	Гребнечесание, вытягивание, сложение	Лента
	Ленточные машины (2 перехода)	Вытягивание, сложение	Лента
	Красильный аппарат	Крашение, глажение	Лента
	Ленточные машины (2–3 перехода)	Вытягивание, сложение*	Лента
	Гребнечесальная	Гребнечесание, вытягивание, сложение	Лента
	Ленточные машины (2 перехода)	Вытягивание, сложение	Лента
Пред-прядение	Ленточные машины (3–4 перехода)	Вытягивание, сложение (меланжирование*)	Лента
	Ровничная машина	Вытягивание, сучение, наматывание	Ровница
Прядение	Кольцевая прядильная машина	Вытягивание, кручение, наматывание	Пряжа

* – возможно сложение с лентами из химических волокон, полученными на штапельующих машинах.

Готовая суровая гребенная лента, намотанная в клубки, поступает на склад для длительного вылеживания. В процессе вылеживания гре-

бенной ленты протекают релаксационные процессы, снижающие напряжения в волокнах шерсти, что позволяет волокнам фиксироваться в ленте в приданном им распрямленном состоянии. При этом происходит снятие одноименных зарядов статического электричества, возникающих на волокнах при их трении о гарнитуру рабочих органов машин. Напряженное состояние макромолекул кератина шерсти и одноименные заряды статического электричества, накопившиеся на волокнах шерсти, существенно затрудняют дальнейшую переработку, и в ряде случаев она невозможна без вылеживания гребенной ленты. После вылеживания гребенной ленты в течение нескольких суток дальнейшая переработка ленты протекает без затруднений.

Часто при производстве полушерстяной пряжи используется окрашенная лента. В этом случае к перечисленным переходам машин добавляются переходы, на которых осуществляются крашение и глажение. Крашение шерстяных лент можно производить после гребнечесания или до него. Преимущества крашения шерстяной ленты после гребнечесания заключаются в том, что при гребнечесании выделяется суровый гребенной очес, который при использовании в аппаратном прядении можно окрасить в любой цвет.

Гребенную ленту для более тонкой пряжи (19 текс и менее), а также для пряжи трикотажного назначения (до 31 текс) вырабатывают по плану, включающему два перехода гребнечесальных машин. В случае включения в технологический процесс двукратного гребнечесания первое гребнечесание шерсти производят до крашения, а второе – после крашения гребенной ленты.

После крашения шерстяных лент обязательным является процесс глажения. В процессе глажения чистошерстяные ленты промываются, а затем высушиваются в натянутом и расправленном состоянии. При промывке из ленты удаляются замасливатели, случайные загрязнения, избыток красителя (после крашения), а также осуществляется релаксация напряжений в волокнах, возникающих после их механической обработки.

При использовании в гребенном прядении шерсти химических волокон наблюдается большое разнообразие в способах приготовления гребенной ленты в зависимости от места смешивания лент из шерстяных и химических волокон. Смешивание можно осуществлять либо после гребнечесания шерсти, либо до него. Смешивание после гребнечесания наиболее выгодно экономически и целесообразно технологически, так как получаемый чистошерстяной гребенной очес более рационально используется. Однако пороки, встречающиеся в жгуте химических нитей и возникающие при его штапелировании, часто вызывают необходимость повторного гребнечесания смешанной ленты. В случае смешивания чистошерстяных лент с лентами из химических волокон производят первое гребнечесание чистошерстяной ленты, а затем после

смешивания на ленточных машинах чистошерстяных лент с лентами из химических волокон производят второе гребнечесание уже смешанных лент.

После каждого процесса гребнечесания ленту обрабатывают на нескольких переходах ленточных машин для снижения периодической неровноты по линейной плотности и равномерного распределения компонентов по ее сечению.

Из гребенной ленты после ее вылеживания вырабатывают ровницу, которая также вылеживается, а затем из нее получают пряжу на кольцевых прядильных машинах.

Аппаратная система прядения применяется для получения более толстой пушистой пряжи, как правило, из сравнительно коротких волокон, средняя длина которых обычно не превышает 55 мм. Важно отметить, что выбор сырья определяется ассортиментом тканей, вырабатываемых из данной пряжи. Так для изготовления пряжи, применяемой для выработки пальтовых тканей, рекомендуется использовать шерсть 64^К с длиной волокна не менее 55 мм.

В аппаратном прядении в зависимости от назначения пряжи для ее изготовления могут быть использованы шерсть самых разнообразных видов, а также химические волокна, отходы камвольного производства, собственные обреты и волокна, полученные при разработке шерстяных обрезков ткани, трикотажа и вторичного шерстяного сырья.

После соответствующей сложной и тщательной подготовки каждого компонента к смешиванию, замасливания специальной эмульсией и перемешивания компонентов для приготовления однородной массы смеси следуют только два перехода – кардочесание и прядение (таблица 1.4).

Таким образом, аппаратная система прядения по числу переходов является самой короткой и в то же время самой сложной из всех систем прядения по видам перерабатываемого сырья, составу смесей, а также по разнообразию процессов подготовки сырья к смешиванию и смешивания. Готовую смесь волокон прочесывают на чесальном аппарате. В связи с этим система и получила свое название.

Таблица 1.4 – Характеристика аппаратной системы прядения шерсти

Этап	Используемое оборудование	Технологические процессы	Выпускаемый продукт
Подготовка к прядению	Машины разрыхлительно-очистительного отдела, чесальный аппарат	Разрыхление и трепание, обезрепование, крашение (при необходимости), замасливание (эмульсирование), смешивание, кардочесание, деление ватки-прочеса, сучение и наматывание	Ровница
Прядение	Кольцевая прядильная машина	Вытягивание, кручение, наматывание	Пряжа

В настоящее время в аппаратной системе прядения применяются двух-, трех, четырех- и даже пятипрочесные аппараты в зависимости от назначения пряжи и вида используемого сырья.

На чесальных аппаратах в отличие от кардочесальных машин гребенной системы прядения происходит не только разъединение спутанных клочков волокон на отдельные волокна и тщательное их перемешивание, но и многократное сложение тонкого слоя ватки, снимаемой с каждого основного прочесывателя аппарата, преобразование ее в широкую ленту с помощью лентообразователя и укладка ее лентоукладчиком равномерным слоем на питающую решетку следующего основного прочесывателя аппарата. При этом положение волокон в продукте изменяется с продольного на поперечное или диагональное.

Еще одной особенностью чесальных аппаратов является то, что выпускаемым продуктом является не лента, а ровница. При этом утонение ватки прочеса осуществляется не посредством вытягивания, а делением. Упрочнение ровницы осуществляется методом сучения.

В аппаратной системе прядения используются кольцевые прядильные машины, конструкция которых отличается от конструкции машин камвольной системы прядения. Прядильные машины могут быть оснащены вытяжными приборами двух типов – вьюрковыми или с круглым гребнем.

Кроме того, для получения пряжи высоких номеров по аппаратной системе прядения могут быть использованы прядильные машины периодического действия – селфакторы. Несмотря на меньшую производительность, связанную с периодичностью процесса прядения, такие машины имеют ряд достоинств, в том числе возможность получения пряжи более высокого качества, простота заправки машины, а также отсутствие быстроизнашиваемых элементов.

По аппаратной системе прядения в основном вырабатывается толстая пряжа. Из тонкой и полутонкой шерсти в чистом виде и в смеси с химическими волокнами вырабатывают пряжу линейной плотности от 50 до 250 текс, из неоднородной грубой или полугрубой шерсти – пряжу линейной плотности от 140 до 500 текс. Аппаратную пряжу используют в основном для выработки суконных пальтовых, костюмных тканей, одеял и специальных тканей. Пряжа отличается пушистостью, высокой прочностью и упругостью.

2 СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1 Основы производства натуральных волокон

2.1.1 Производство хлопкового волокна

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, обнаруженные в пещере близ мексиканского местечка Теуакан, датируются 5800 годом до нашей эры. Фрагменты хлопковой ткани и веревок из этого материала производства 3000 года до нашей эры найдены при недавних раскопках в Пакистане. Там же были извлечены семена хлопка, которым оказалось 9000 лет.

В исторических источниках 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.

Параллельно культура разведения хлопка развивалась и в Новом свете: в Перу были обнаружены волокна хлопка, которые датируются 2500–1750 годами 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 (обыкновенный, мексиканский или Upland);
- госсипиум барбадензе (перуанский, барбадосский);
- 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 перуанский хлопчатник (барбадензе), он занимает около 8 % хлопковых площадей. К виду хлопчатника госсипиум хирзу-

тум относится средневолокнистый хлопок, а ко второму виду хлопчатника госсипиум барбадензе – длиноволокнистый 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, болезнеустойчивость растения, продолжительность вегетационного периода).

Плодом хлопчатника является коробочка (рисунок 2.1), которая содержит внутри семена, покрытые волокном, их называют *хлопком-сырцом*, а одно семечко, покрытое волокном, называют *летучкой* (рисунок 2.2).

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 длиноволокнистого – 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 (рисунок 2.3).

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



Рисунок 2.1 – Коробочка

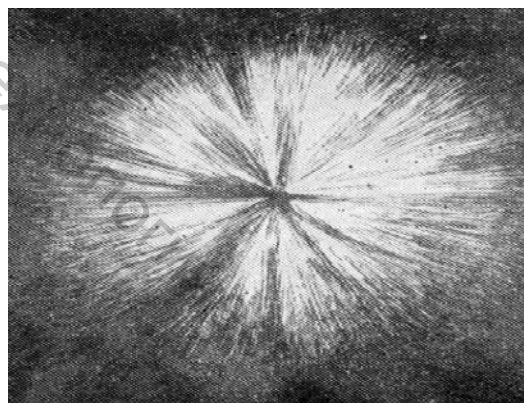


Рисунок 2.2 – Летучка



Рисунок 2.3 – Хлопковые волокна

$$B = \frac{G_B}{G_C} \cdot 100, \quad (2.1)$$

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

Выход волокна из хлопка-сырца среднеазиатского длинноволокнистого 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 мыло. 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.

За вегетационный период (от посева до сбора урожая) хлопчатник проходит 4 основных фазы развития:

1-я фаза – от посева до всходов 5–12 дней в зависимости от температуры почвы;

2-я фаза – от всходов до бутонизации 45–50 дней;

3-я фаза – от бутонизации до цветения 25–30 дней;

4-я фаза – 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 2.4 показано изменение свойств волокон в процессе их созревания.

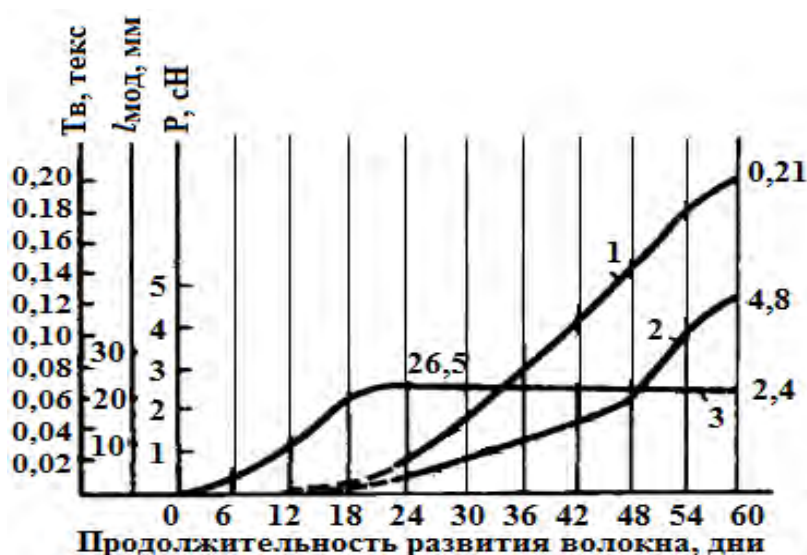


Рисунок 2.4 – Изменение свойств хлопковых волокон в процессе созревания волокна:

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

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 изменённый 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.

2.1.2 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, в связи с этим себестоимость хлопка становится выше.

Схема движения хлопка-сырца от поля до фабрики показана на рисунке 2.5. 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.

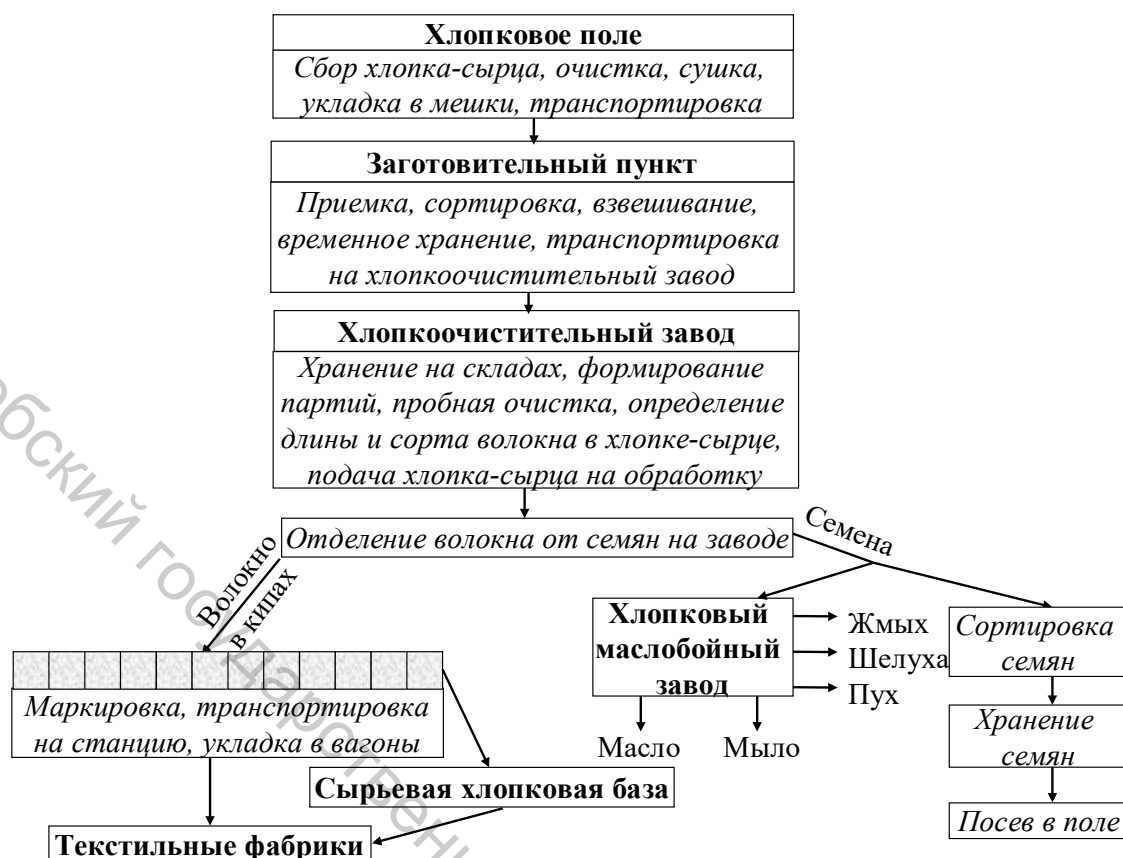


Рисунок 2.5 – Схема движения хлопка-сырца от поля до фабрики

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.

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, должен быть немедленно джинирован для того, чтобы избежать возможных больших потерь хлопка.

2.1.3 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:

- предварительная очистка хлопка-сырца от примесей;
- джинирование – отделение от семян волокон, а затем пуха;
- очистка волокна от мелкого сора, пыли;
- прессование волокна в кипы.

Хлопок-сырец повышенной влажности до первичной обработки предварительно подсушивают. После отделения волокон и пуха непо-

севные (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 2.6), перерабатывающие средневолокнистый хлопок-сырец, и заводы **валичного** волокноотделения (рисунок 2.7), перерабатывающие длинноволокнистый хлопок-сырец. На приведенных схемах не показано оборудование сушильно-очистительных цехов, цехов по переработке отходов и оборудование для линтерования хлопковых семян.



Рисунок 2.6 – Схема завода пыльного волокноотделения



Рисунок 2.7 – Схема завода валичного волокноотделения

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.

Пильный 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 пильных – средневолокнистый хлопок-сырец и длинноволокнистый низких сортов.

Пильный волокноотделитель (рисунок 2.8) 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.

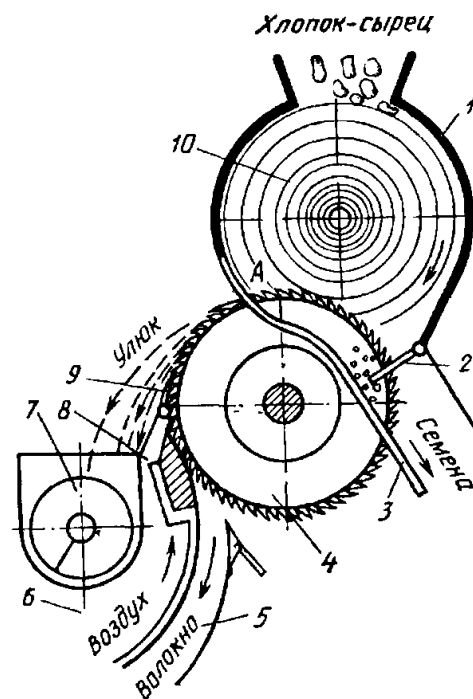


Рисунок 2.8 – Схема пильного волокноотделителя (джина)

Сорные примеси и мелкие незрелые семена (улюк), прошедшие вместе с волокнами, отбрасываются центробежной силой с пил на шнек 7 и выводятся из машины. Наибольшее количество незрелых семян выделяется при установке улючного козырька 9 на минимальном расстоянии от пил. При этом волокно получается чище, но его потери вместе с улюком увеличиваются. Вследствие вращения пил поступающая в камеру 1 масса хлопка-сырца образует вращающийся сырцовый валик 10. При этом под воздействие пил подводятся как новые, так и частично оголенные летучки хлопка. Их выпадению препятствует семенная гребенка 2, через которую проходят только оголенные семена.

Валичный волокноотделитель (рисунок 2.9) 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. Отделенное от семян волокно снимается валиком 2 и поступает в волокноотвод 3. Оголенные семена проваливаются через сетку 5 и выводятся из машины.

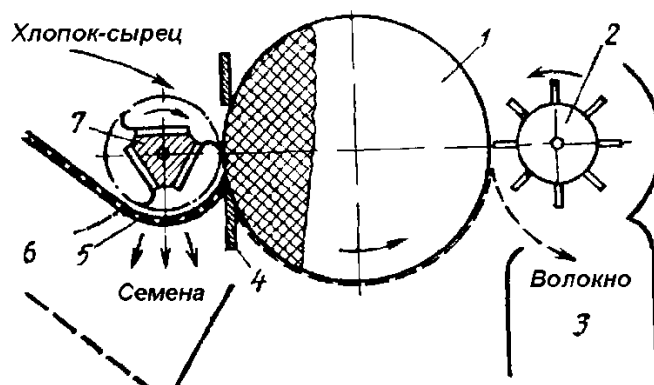


Рисунок 2.9 – Схема валичного волокноотделителя (джина)

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 дженирования 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 дженировании. 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 дженирования и недостаточной очистке.

После дженирования хлопка-сырца машинного сбора волокно иногда имеет повышенное содержание улюка, сора и других пороков. Поэтому такое волокно целесообразно дополнительно очистить до его запрессовывания 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 пыльного волокноотделителя, только дисковые пилы имеют более мелкие и частые зубья. Остающейся на семенах или на шелухе короткий подпушек отделяют соскабливанием, трением о шероховатую поверхность семян или между собой, растворением и другими способами.

2.1.4 Производство шерсти. Морфологические и анатомические особенности шерстяных волокон

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 также 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 рассматривают с помощью рисунка 2.10, построенного по принципу последовательного проникновения в структуру шерстинки.

Чешуйчатый слой (кутикула) представляет собой тончайшую (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. Из-за 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 слабоизвитой шерсти обе доли располагаются концентрично, при этом паракортес находится снаружи, а ортокортес – внутри волокна.

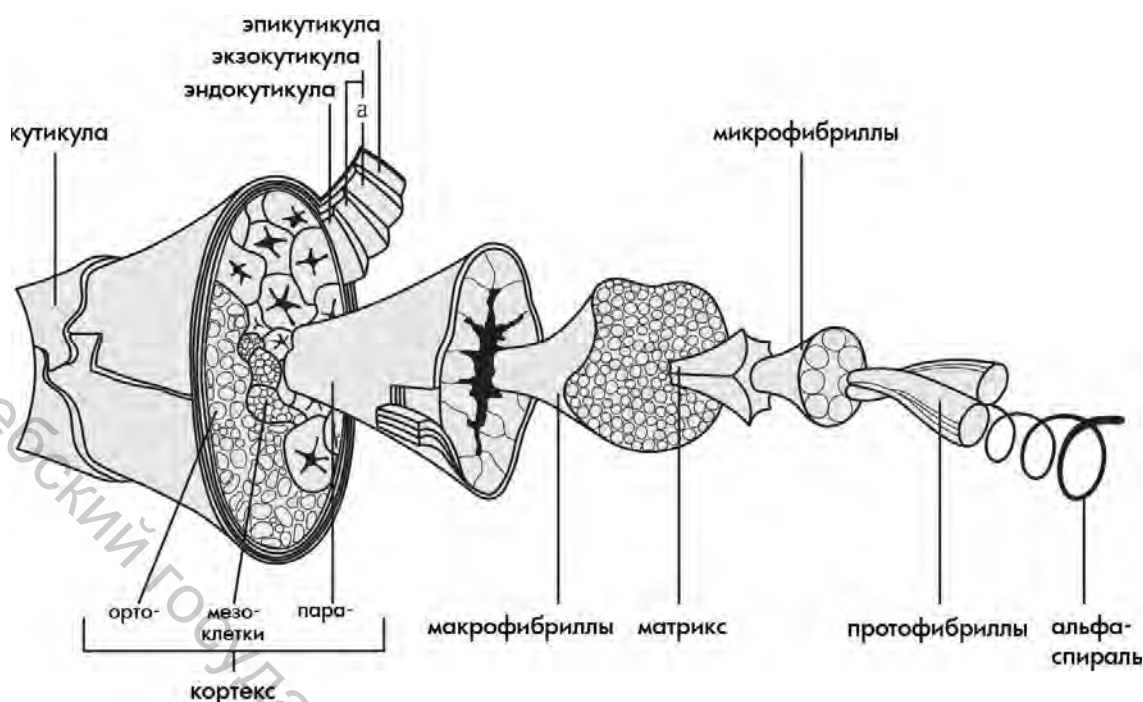


Рисунок 2.10 – Структура шерстяного волокна

Корковый слой состоит из длинных многогранных клеток, а они – из макрофибрилл. Клетки коркового слоя имеют вид веретенообразных, заостренных с обоих концов роговидных образований длиной 80–150 мкм с утолщением посередине до 2–10 мкм.

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. Микрофибриллы состоят из протофибрилл, являющихся спиральными переплетениями из цепей аминокислот.

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.

Одним из видов 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, собачья и др.);

– стрижка и брильная шерсть – шерсть, снятая путем стрижки или сбривания 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 называют самые тонкие и извитые шерстяные волокна. По техническим свойствам пух принадлежит к самым ценным волокнам. Толщина пуховых волокон составляет от 5 до 30 мкм.

Пуховые волокна являются самым распространенным типом шерстяных волокон. Они встречаются практически у всех животных, дающих шерстяное сырье, за исключением овец полутонкорунных пород, 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.

Шерстный покров тонкорунных овец целиком состоит из пуховых волокон. Пух называют подшерстком, так как в неоднородной шерсти снаружи его не видно.

Переходный волос представляет собой нечто среднее между остью и пухом. Переходные волокна менее извиты, чем пуховые, но по строению ближе к пуховым, чем к остевым. Как правило, они имеют три слоя, но сердцевинный слой 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 он может быть близок к грубому пуху или напоминать очень тонкую, сильно изогнутую ость. По длине многих видов 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. 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. 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 он, как правило, отсутствует.

Сухой волос – грубая ость, характеризующаяся большой жесткостью наружных концов волокон. От обычной ости отличается меньшим блеском, а в наружной части косиц – некоторой хрупкостью. Встречается в шерсти большинства грубошерстных пород.

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 (ягнячий волос) – шерстяные волокна, выделяющиеся в шерстяном покрове тонкорунных ягнят большей длиной, тониной и меньшей извитостью. Уже в течение 1 года жизни они заменяются обычными волокнами, типичными для шерсти тонкорунных овец.

По комплексу свойств овечью шерсть делят на мериновую, немериновую тонкую, помесную, цигайскую, кроссбредную и др.

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

Тонкая однородная шерсть имеет тонины 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 воло-

нами и с наличием остевых, сухих и мертвых волокон, получаемая от овец грубошерстных пород.

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

Шерсть весенней стрижки наиболее высоко ценится в шерстяной промышленности, так как 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. Легко отличима 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 с грубошерстных овец при их однократной стрижке в течение года.

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 2.11.

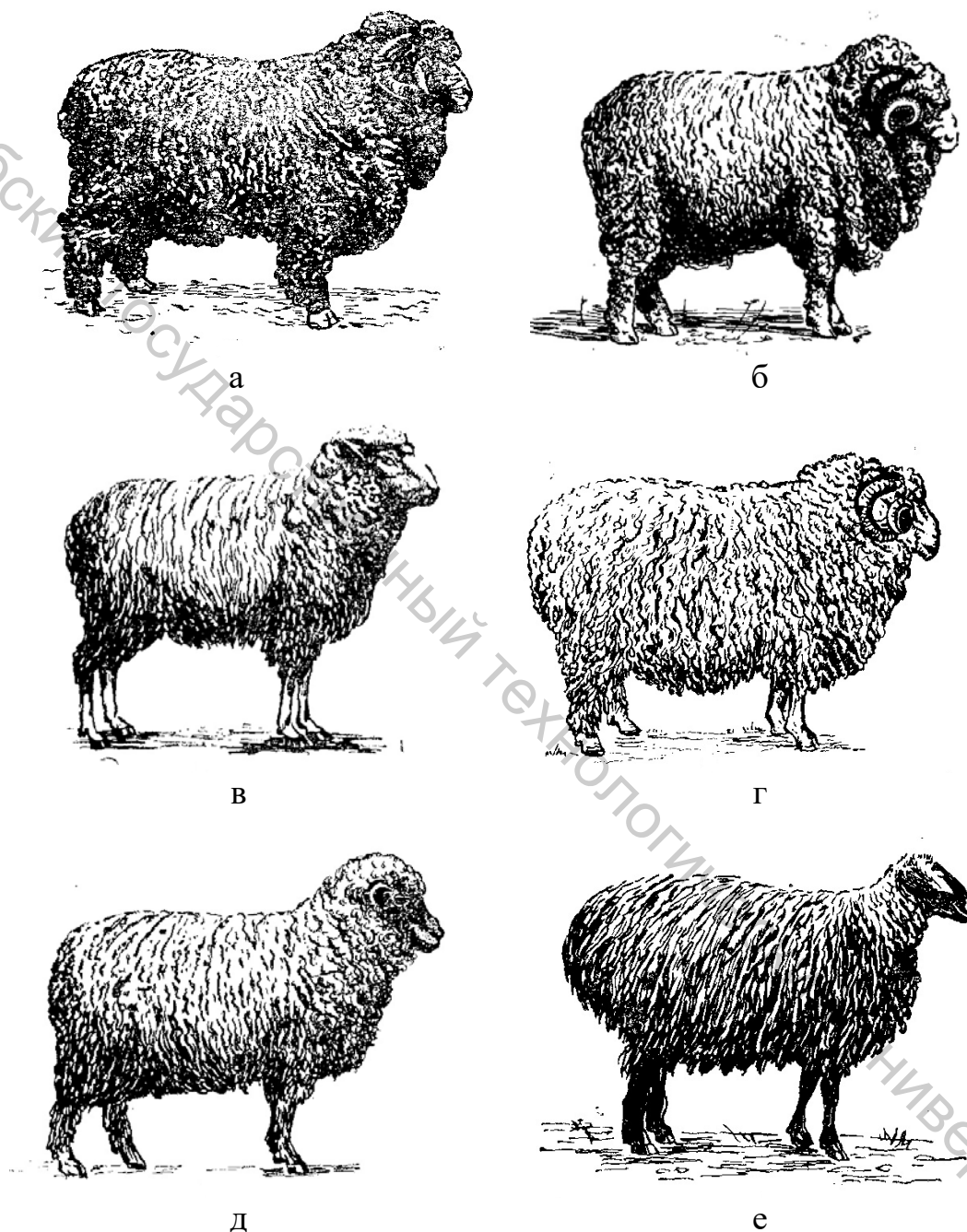


Рисунок 2.11 – Породы овец:

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.

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 ярко выраженной 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 *шерстно-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.

Шерсть у прекосов более редкая и менее уравненная по длине и тонине по сравнению с мериносовой. 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 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 шерсто-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 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.

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.

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 2.12), 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.



Рисунок 2.12 – Косица (слева) и штапель (справа)

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 мм²), 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.

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 верхушка более узкая и собрана в косицу. Верхушка штапеля-косицы сухая, без жиропота. Обычно она имеет распрямленную 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 верхушку косицы. В нижней части косицы находится пух различной длины. 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. На различных участках тела овцы шерсть бывает неодинаково загрязнена выделениями животного и в разной степени повреждена. Поэтому шерсть с разных участков руна имеет различную технологическую ценность, что учитывается при сортировке шерсти на промышленные сорта.

В руне различают основные, второстепенные части и окрайки (рисунок 2.13). 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, подборушье. 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 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, малой густоты волокна и сильной загрязненности. Наименее ценной считается шерсть с окраек руна, так как она самая грубая, засоренная и поврежденная выделениями животного.

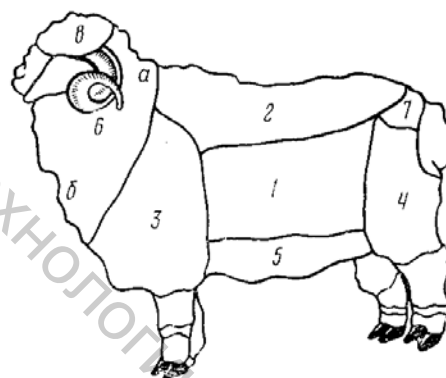


Рисунок 2.13 – Топография руна:
1 – бок; 2 – спина; 3 – лопатка;
4 – ляжка; 5 – брюхо; 6 – шея
(а – холка, б – горло,
в – затылок); 7 – крестец

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 со-

держат шерсть трех качеств ($70^{\text{к}}$, $64^{\text{к}}$, $60^{\text{й}}$ или $64^{\text{к}}$, $60^{\text{к}}$, $58^{\text{к}}$). При наличии четырех и более качеств руно является неуравненным.

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 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 стригальщиков 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 (рисунок 2.14). Техническими условиями ТУ 10-02-214-86 предусмотрено разделение тонкой шерсти на заготовительно-промышленные сорта, в основу которых положены унифицированные показатели качества и методы их определения для немытой и мытой 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.

2.1.5 Первичная обработка шерсти. Технологические линии по первичной обработке 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). 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 лабазах или контейнерах.

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

Оба процесса осуществляют на трепальных машинах с одним или двумя колковыми барабанами 1 (рисунки 2.15). 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.

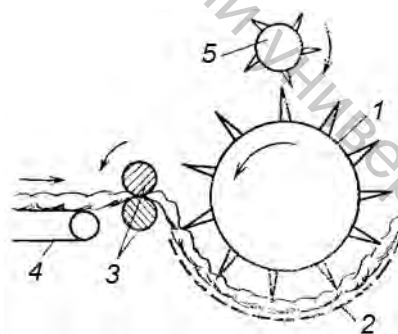


Рисунок 2.15 – Схема трепания шерсти

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

Смесь шерстного жира и пота называют жиропотом. Жиропот имеет большое значение для роста шерсти. Он обволакивает шерстинки и смазывает их, заполняя все мельчайшие поры, делает шерсть мягкой и эластичной. Также жиропот способствует образованию плотных рун, так как склеивает шерстинки в пучки. В такие руна попадает меньше минеральных загрязнений и влаги, оказывающей вредное воздействие на шерсть. Большое количество жиропота и загрязнений содержит тонкая шерсть, а меньшее – грубая, особенно шерсть осенней стрижки.

Недостаточно защищенная жиропотом шерсть теряет блеск и становится жесткой на ощупь. По наличию в шерсти сгустков и комочков жирной массы можно сделать вывод об избытке жиропота.

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 немытой шерсти. Основную часть шерстяного жира составляет ланолин (от латинских слов *lana* (шерсть) и *oleum* (масло)), который 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 немытой 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 немытой шерсти.

Наибольшее количество жиропота содержится в шерсти меринских 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, кото-

рые 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. При промывке шерсти в нейтральной среде с применением синтетических моющих средств лучше сохраняются свойства шерсти и меньше изменяется ее химический состав по сравнению с мыльно-щелочным методом промывки. 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 2.16) и передвигается к ванне механическими граблями 2. Механизм 3 выгружает шерсть из ванны и направляет ее к отжимным валам 4.

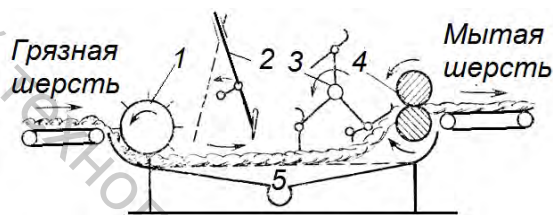


Рисунок 2.16 – Схема моечной барки

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 2.17), 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 составляет 35–45 % для тонкой и 55–75 % – для грубой шерсти.

Норма остаточной за жирности мытой шерсти 0,6–1,5 %, а содержание грязи не более 2 % в тонкой и полутонкой шерсти и до 4 % в грубой.

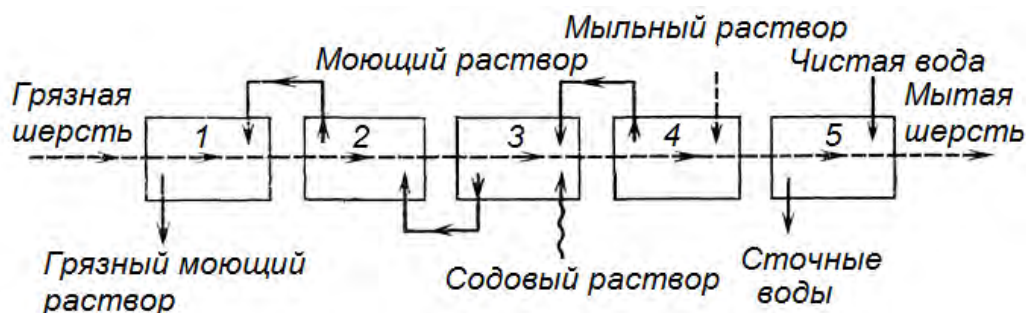


Рисунок 2.17 – Схема противотока при промывке шерсти

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 невымытой 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 проводят карбонизацию, которая начинается с пропитки шерсти слабым раствором серной кислоты. При дальнейшей сушке шерсти концентрация кислоты повышается, растительные примеси деструктируются и превращаются в хрупкую гидроцеллюлозу, легко удаляемую при дальнейшей обработке на дробильно-трепальной машине. Далее шерсть нейтрализуется, промывается и сушится. При карбонизации достигается наиболее полная очистка шерсти от репья, но волокно при этом несколько повреждается кислотой.

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 ее влажность, количество остаточного жира и щелочи, пыли, грязи и растительных примесей, а также проверяют внешний вид и сваянность отдельных клочков шерсти.

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

2.2 Основы производства химических волокон и нитей

2.2.1 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 2.18), что связано с естественными условиями, ограничивающими повышение выпуска хлопка, шерсти и льна.

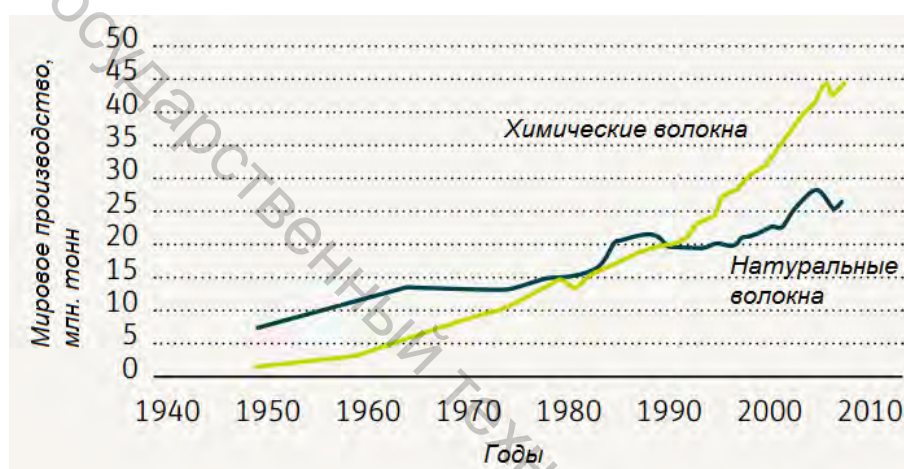


Рисунок 2.18 – Динамика производства химических и натуральных волокон

Эксперты утверждают, что с ростом благосостояния будет и дальше расти потребление текстильного сырья на душу населения. Согласно прогнозам, в 2030 г. мировое потребление сырья возрастет примерно до 115 млн т. В большей степени этот рост будут обеспечивать комплексные химические нити. Доля нитей увеличится с 39 % в 2010 г. до 49 % в 2030 г. Этому будет способствовать расширение их ассортимента нитей за счет освоения производства новых видов нитей различного назначения с функциональными свойствами.

Несмотря на эту тенденцию, потребление коротких штапельных волокон (хлопок и химические волокна хлопкового типа) возрастет примерно до 58 млн т (рисунок 2.19). Прогнозируется, что доля хлопка в этом объеме снизится с 54 % в 2010 г. до 48 % в 2030 г. при абсолютном увеличении объемов их потребления.

Прогноз, сделанный более 10 лет назад, подтверждается актуальной информацией о состоянии сырьевой базы прядильного производства, согласно которой мировой баланс текстильного сырья в 2020 г.

включал 69 % химических волокон и нитей (в том числе 63 % синтетических и 6 % целлюлозных) и 31 % натуральных, преимущественно хлопка (около 95 %). По сравнению с 2019 годом доля химических волокнистых материалов увеличилась на 14 %. Сектор натуральных волокон претерпел спад на 2,4 % до 29,9 млн т, а синтетических штапельных волокон достиг 18,4 млн т при установившемся ежегодном приросте около 4 %.

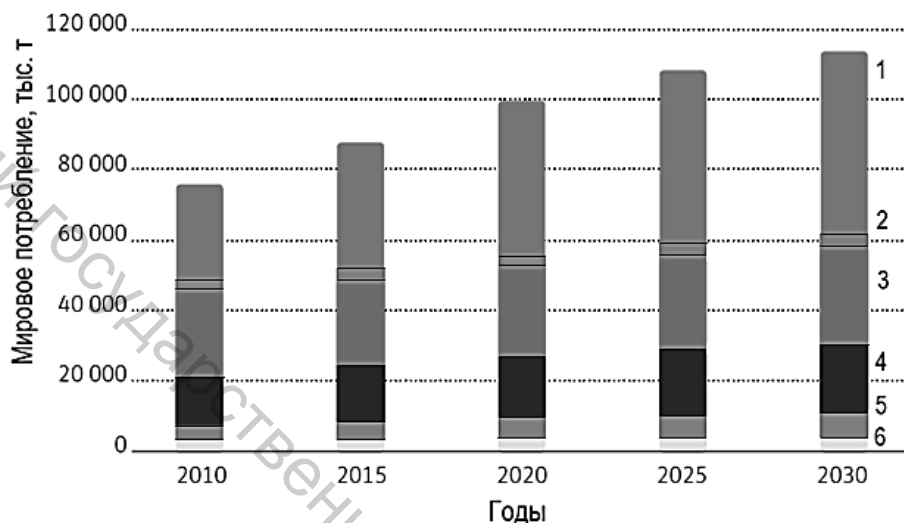


Рисунок 2.19 – Прогноз изменения мирового потребления текстильного сырья:

- 1 – полиэфирные и полиамидные комплексные нити; 2 – другие виды химических нитей; 3 – хлопок; 4 – полиэфирные и полиамидные штапельные волокна; 5 – искусственные штапельные волокна; 6 – другие виды текстильных волокон

На рисунке 2.20 приведены области применения различных видов текстильных волокон и их смесей по данным компании Rieter (2016 г.).

Химические волокна и нити используются практически во всех отраслях промышленности, как в гражданской сфере, так и в оборонно-промышленном комплексе: при производстве текстильных изделий, шин и резинотехнических изделий, деталей спортивных автомобилей, спортивного инвентаря, медицинских изделий, в строительстве, автомобиле-, авиа- и судостроении, при производстве вооружения, военной и специальной техники, снаряжения и прочего, и входят в число продуктов, обеспечивающих экономическую и стратегическую безопасность государств.

Мировая промышленность химических волокон и нитей характеризуется высокой концентрацией производства, около 89 % мирового выпуска данной продукции приходится на азиатские страны. Крупнейшим мировым производителем химических волокон и нитей является Китай. В 2016 г. производство химических волокон в этой стране оценивалось в 47,1 млн т, что составило более 66,3 % от общемирового выпуска.

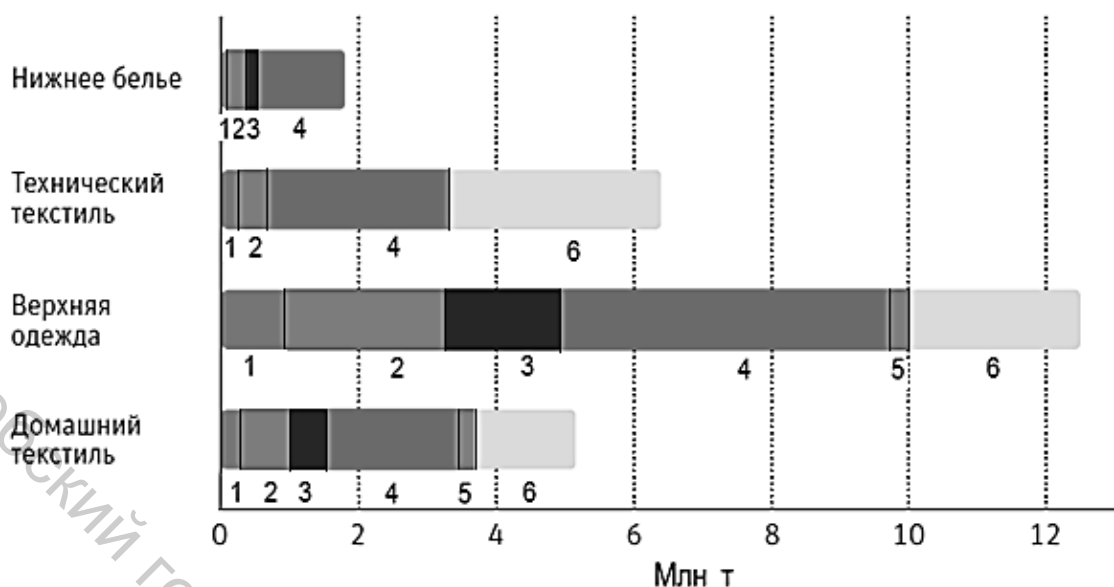


Рисунок 2.20 – Области применения различных видов текстильных волокон и их смесей:

1 – искусственные волокна; 2 – смеси искусственных волокон и хлопка; 3 – смеси искусственных и синтетических волокон; 4 – смеси хлопка с синтетическими волокнами; 5 – полиакрилонитрильные волокна; 6 – полиэфирные волокна

Также в значительных объёмах химические волокна и нити производятся в Индии (8 % мирового выпуска), Тайване (3 %) и Республике Корея (3 %).

В Республике Беларусь производство химических волокон осуществляется на ОАО «Могилевхимволокно», ОАО «Гродно Азот», ОАО «СветлогорскХимволокно», ОАО «Полоцк-Стекловолокно» 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.

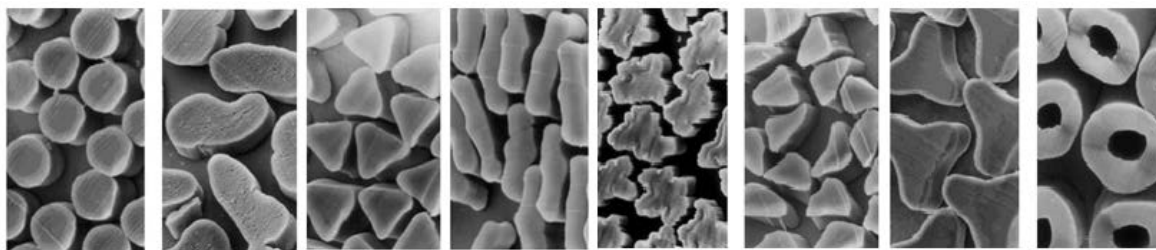
Жгут представляет собой комплекс большого числа продольно сложенных элементарных нитей бесконечной длины. Из жгута путем его разрезания или разрыва на участки ограниченной длины получают штапельное волокно.

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, транспортных 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 2.21 а). Профилированные нити формируют, 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 2.21 ж).



а б в г д е ж з
Рисунок 2.21 – Виды сечений комплексных химических нитей

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.

Полые нити с внутренними каналами получают, используя фильеры фигурного сечения (рисунок 2.21 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 2.21 д).

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

- 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 формованием с текстурированием (bulked continuous filament yarn).

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

2.2.2 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 2.22).

Фильеры различаются числом отверстий, их диаметром и формой. Число отверстий зависит от способа получения волокон и вида вырабатываемой продукции.

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

$$V_1 = \frac{Q}{S}, \quad (2.2)$$

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

Суммарная площадь всех отверстий фильеры, мм²:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot n}{4}, \quad (2.3)$$

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).

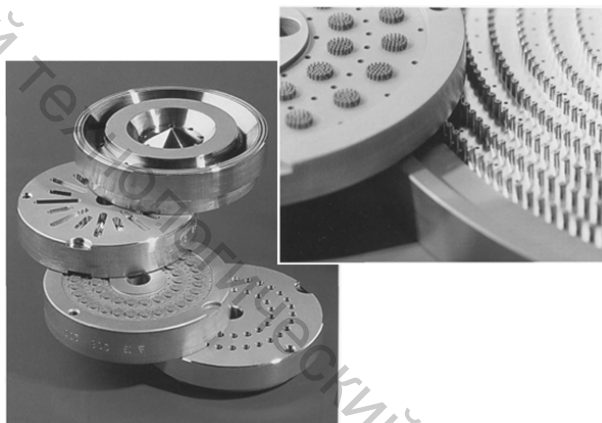
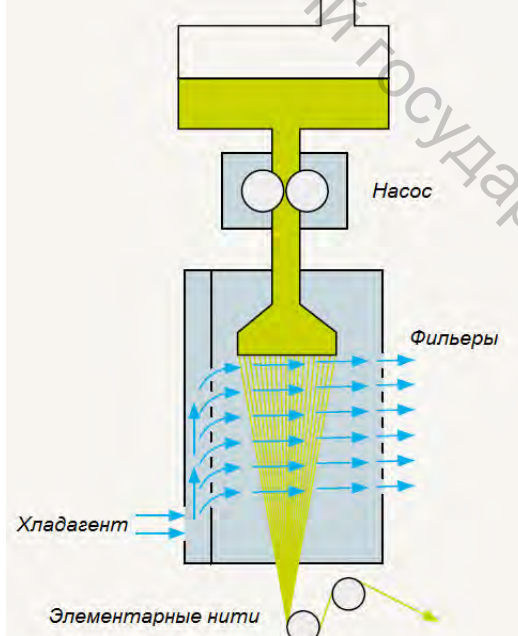
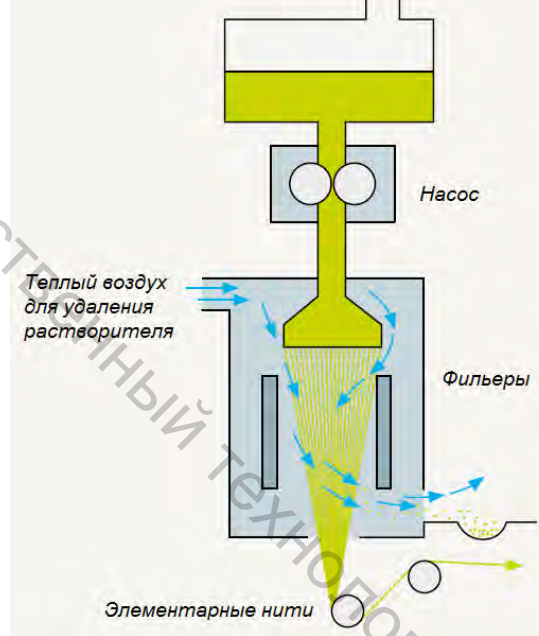
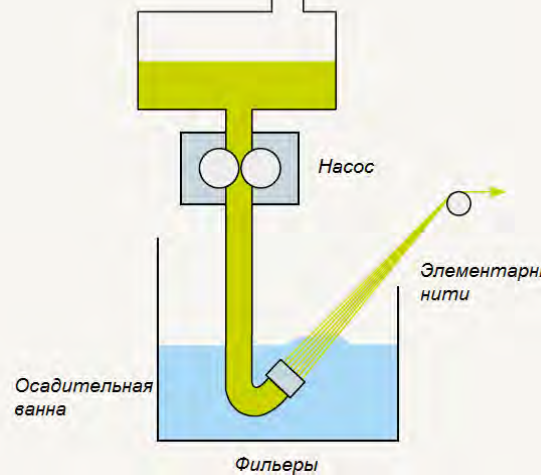


Рисунок 2.22 – Фильеры для формования синтетических нитей

Таблица 2.1 – Основные способы формирования химических волокон и нитей

Способ	Из расплава с охлаждением («расплавное формование»)	Из раствора по сухому методу с испарением растворителя (сухое формование)	Из раствора по мокрому методу с заменой растворителя на осадитель (мокрое формование)
Схема	 Насос Фильеры Хладагент Элементарные нити	 Насос Фильеры Теплый воздух для удаления растворителя Элементарные нити	 Насос Осадительная ванна Фильеры Элементарные нити
Вид нитей	Полиэфирные, полиамидные, полиэтиленовые, полипропиленовые, полилактидные. Исходное сырье – полимеры, для которых разность температур деструкции и плавления больше 20 °С, а также характеризующейся достаточной термостойкостью и формоустойчивостью при воздействии температур порядка 150 °С	Ацетатные, триацетатные, полиакрилонитрильные, поливинилспиртовые	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 (рисунок 2.23). 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 производятся 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.

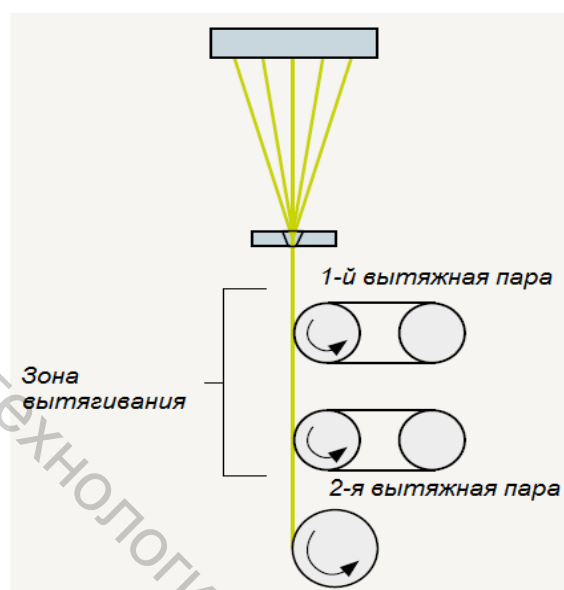


Рисунок 2.23 – Схема процесса вытягивания химических нитей

2.2.3 Основные виды синтетических волокон и их свойства

Синтетические волокна и нити являются наиболее многотоннажными из всех видов химических волокон. Объем 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.

Свойства наиболее распространенных видов синтетических волокон текстильного назначения представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Основные свойства синтетических волокон

Показатель	Поли-эфирные	Поли-амидные	Полиакрилонитрильные	Поли-пропиленовые
Модуль деформации, ГПа	4-8	2-3,5	3-6	2-4
Эластическое восстановление, %:				
При деформации 4-5 %	98-100	100	65-70	100
При деформации 10 %	60-65	95-98	50-55	98-100
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	36-48	30-45	25-45	30-45
Удлинение при разрыве, %	30-55	40-50	20-45	40-70
Относительная прочность в петле, %	80-90	85-95	30-55	85-95
Число двойных изгибов до разрушения, тыс. циклов	20-60	более 800	15-45	более 200
Сорбция влаги, %, при относительной влажности:				
65 %	0,3-0,4	4-5	0,8-1,5	0
95 %	0,7-0,9	7-8,5	1,5-3,5	0
Набухание в воде, %	3-5	10-13	3-6	0
Относительная прочность в набухом состоянии, %	≈100	85-90	92-95	100
Относительное изменение удлинения при разрыве в набухом состоянии, %	≈100	105-110	100-105	100

2.2.4 Подготовка к формированию, формирование и отделка 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.

Технологический процесс получения полиамидных волокон включает четыре основные стадии:

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

Капролактam поступает на заводы в виде расплава в обогреваемых цистернах или в твердом виде. Если капролактam поступает на заводы в твердом виде, то его подают на установки централизованного плавления, откуда жидкий капролактam 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 литье для получения гранулированного ПКА. При полиамидировании капролактама устанавливается равновесие мономер-полимер, в полученном ПКА содержится значительное (9–12 %) количество мономера и его водорастворимых НМС. При подготовке полимера к формированию обязательной технологической операцией является демономеризация, то есть удаление мономера и НМС. При демономеризации 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. 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.

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

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 блоку формовочной машины.

Основными параметрами формования полиамидных нитей являются:

- температура расплава;
- скорость формования;
- условия охлаждения и увлажнения формируемых 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.

Схема машины для формования нити из расплава с использованием гранулята полимера приведена на рисунке 2.24.

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.

Сформованная нить, выходящая из сопроводительной шахты, практически не содержит влаги, поэтому в последующем она будет поглощать влагу из воздуха и удлиниться. 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.

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.

Одновременно с увлажнением нить замасливается; количество замасливателя должно составлять не более 1–1,5 %. Содержание влаги и замасливателя регулируют, изменяя частоту вращения замасливающих шайб.

Линейная плотность нити может быть определена по формуле

$$T = \frac{1000 \cdot p}{V}, \quad (2.5)$$

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

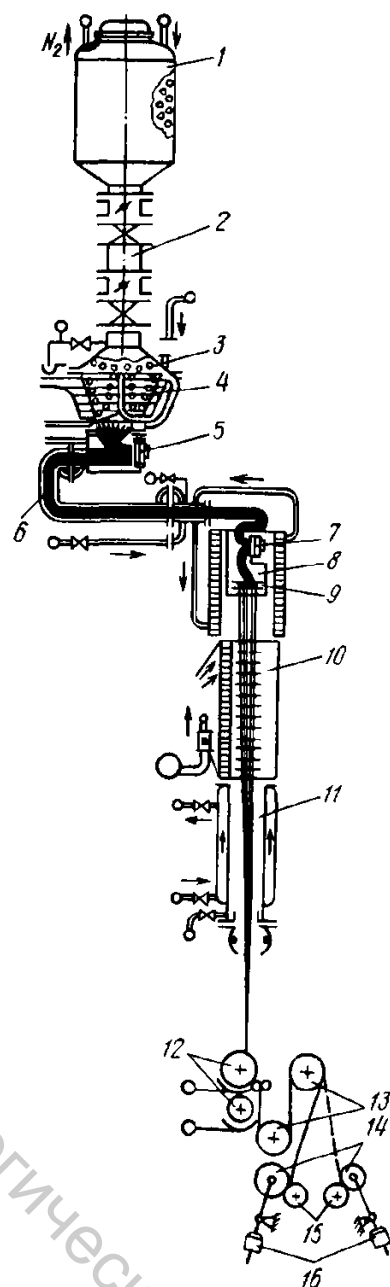


Рисунок 2.24 – Схема машины для формования из расплава

Отделка полиамидных нитей может осуществляться на отдельных агрегатах (*периодический процесс*) или совмещаться с *процессом (непрерывный процесс)*. В первом случае на первой стадии происходит формирование 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 линейной плотности ниже 15 текс. Вытягивание технических нитей и жгутового волокна, имеющих высокую линейную плотность, осуществляется при температуре 150–180 °С. 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 резного 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.

2.2.5 Ассортимент и свойства полиамидных волокон и нитей

Крупнейшим мировым производителем полиамидных волокон и нитей (так же как и крупнейшим потребителем данной продукции) является Китай, на долю которого в 2016 г. пришлось порядка 52 % от общемирового выпуска. Также крупными производителями являются США (10 % от мирового выпуска), Тайвань (6 % выпуска) и страны Западной Европы (5 % мирового выпуска).

По прогнозам Chemical Fibers International мировой объем производства возрастет с 6 млн т в 2000 до 6,8 млн т в 2025 году. Ежегодный рост потребления полиамидных волокон прогнозируется на уровне 2,5–3 %.

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 пуллон, tactel и номех. Цифрами после слова пуллон обозначают число углеродных атомов в исходных мономерях.

Капрон (nylon-6) – наиболее распространенное из полиамидных волокон. Большое распространение получили текстурированные высокоэластичные полиамидные нити. Из смесей хлопкового и полиамидного волокон вырабатывают спецодежду, костюмные, подкладочные ткани и чулочные изделия.

По стойкости к истиранию полиамидные волокна превосходят все другие волокна: по сравнению с хлопком – в 10 раз, с шерстью – в 20 раз, а с вискозой – более чем в 50 раз. 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.

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 хлопковые и шерстяные волокна.

Волокна устойчивы к микроорганизмам, не плесневеют и не подвергаются гниению, не поддаются личинкам моли. Ткань из этих волокон и нитей не оказывает вредного воздействия на кожу человека.

Полиамидные волокна практически сохраняют свои свойства до температуры -30 °С. На эластичность нитей температура от -70 °С до

105 °С практически не влияет. Однако разрывная нагрузка их в нагретом состоянии (теплостойкость) и после прогрева (термостойкость) невысокая.

Волокна и нити окрашиваются красителями почти всех классов. При тепловой обработке мокрых изделий из этих волокон и нитей форма и размеры изделий стабилизируются.

Вместе с тем капрон имеет и существенные недостатки. Он характеризуется низким модулем упругости и высоким удлинением, что снижает прочность пряжи и изделий, выработанных из смесей с хлопком. 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 теплоустойчив (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). Волокно тактель является разработкой компании Du Pont (США). Преимуществом этого волокна является более высокая прочность, износоустойчивость, 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.

2.2.6 Подготовка к формированию, формирование и отделка 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 формировать 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 формировании 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 формирования полиэфирных нитей не отличается от оборудования для формирования полиамидных волокон и нитей. Технологический процесс производства полиэфирных волокон представлен на рисунке 2.25.

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

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

Для производства комплексной текстильной нити применяют многониточное формирование, 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.

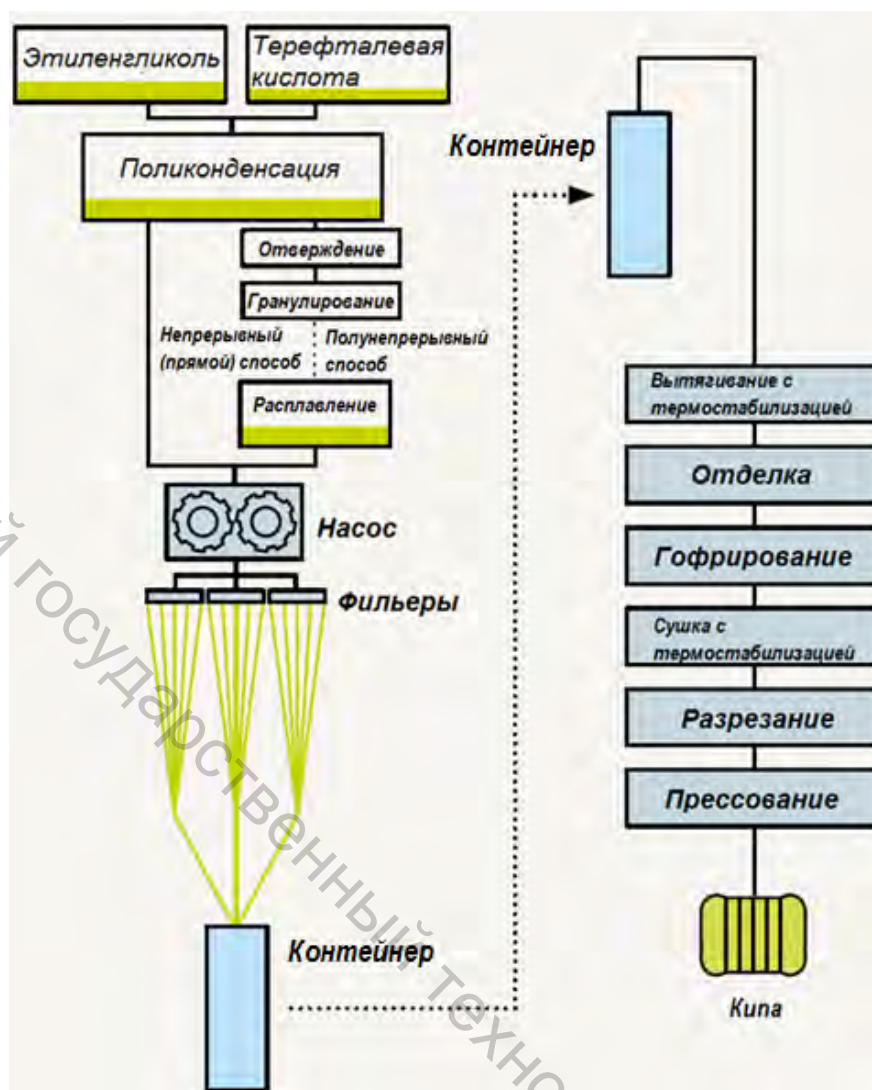


Рисунок 2.25 – Технологический процесс производства полиэфирных волокон

Скорость формования:

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

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.

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

Отделка жгутов осуществляется на отделочном агрегате, на котором происходят следующие операции:

- комплектование жгута из отдельных жгутиков, находящихся в контейнерах;
- удаление прядильной препарации;

- вытягивание (несколько стадий);
- стабилизация удлинения (если требуется получить волокно с низким удлинением);
- гофрирование для придания волокну извитости (4–6 извитков на 1 см);
- термофиксация извитости;
- укладка жгута в коробки (если выпускается жгутовое волокно) или нарезка (если выпускается резаное волокно).

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.

2.2.7 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 раз-

рывная нагрузка возрастает приблизительно на 50 %, а удлинение снижается примерно на 35 % (при этом волокно становится хрупким).

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.

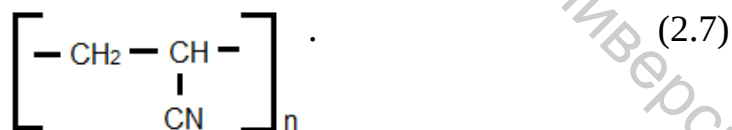
У изделий из полиэфирных волокон высокая способность сохранять форму после тепловой обработки при высоких температурах. Ткани из полиэфирного волокна являются наиболее несминаемыми. По эластичности волокно близко к натуральной шерсти, а во влажном состоянии превосходит ее.

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.

2.2.8 Подготовка к формированию, формирование и отделка полиакрилонитрильных волокон

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 ограничено. 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. Пример технологического процесса производства ПАН волокон по второму способу представлен на рисунке 2.26.

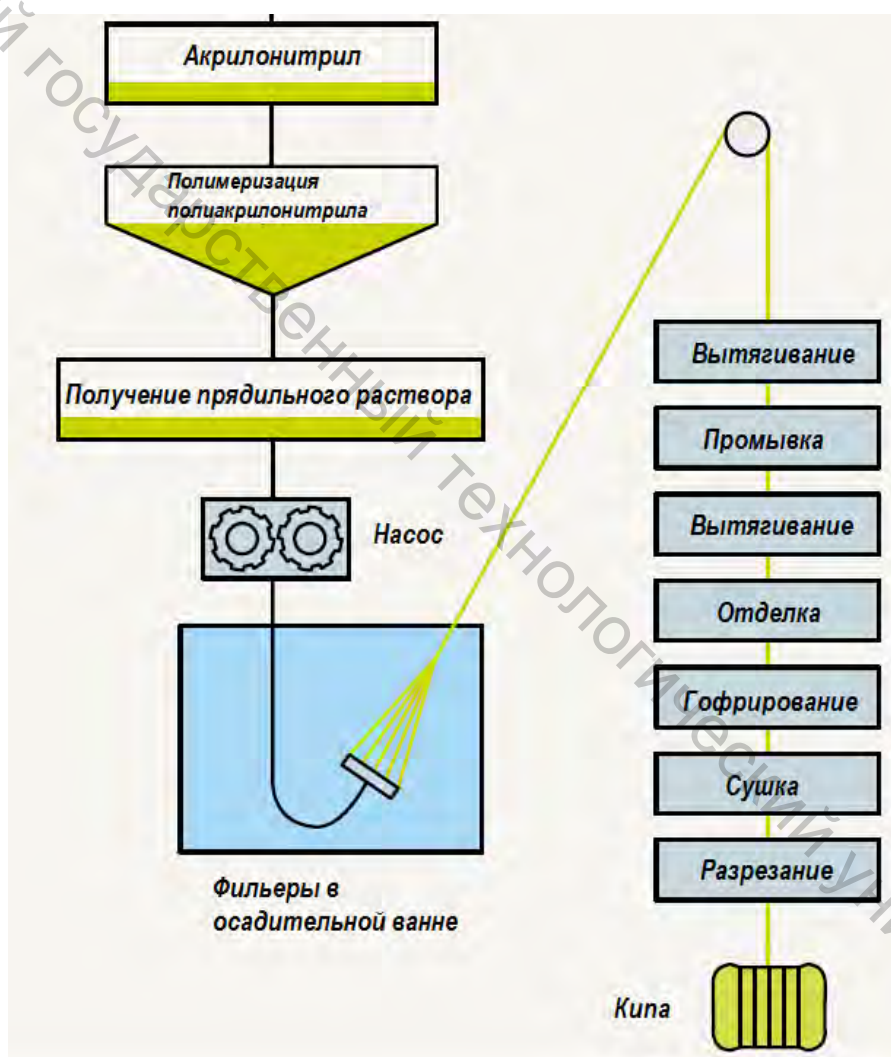


Рисунок 2.26 – Схема технологического процесса производства полиакрилонитрильного волокна

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.

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 электро-

обогревом, 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.

2.2.9 Ассортимент и 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 – acryl (акрил).

ПАН волокна применяют для изготовления верхнего трикотажа, ковров, плательных 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, что позволяет создавать пушистые и в то же время формостойкие изделия.

ПАН волокна обладают высокой прочностью, но она несколько ниже, чем у полиамидного и полиэфирного волокна.

ПАН волокна отличаются низкой плотностью (1,16–1,18 г/см³), хорошими теплоизоляционными свойствами и высокой морозостойкостью. Высокий 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 устойчивости 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. При нормальной относительной влажности (65 %) волокно сорбирует из воздуха не более 1 % влаги. Во-

локно нитрон в мокром состоянии незначительно теряет свою прочность.

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 малоустойчивы 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 теплостойкость (максимальная температура при стирке 40 °C), гигроскопичность и пиллингуемость изделий.

2.2.10 Подготовка к формированию, формирование и отделка вискозных волокон и 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 его 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.

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

Технологический процесс производства вязкой нити (рисунок 2.27) включает три основные стадии:

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

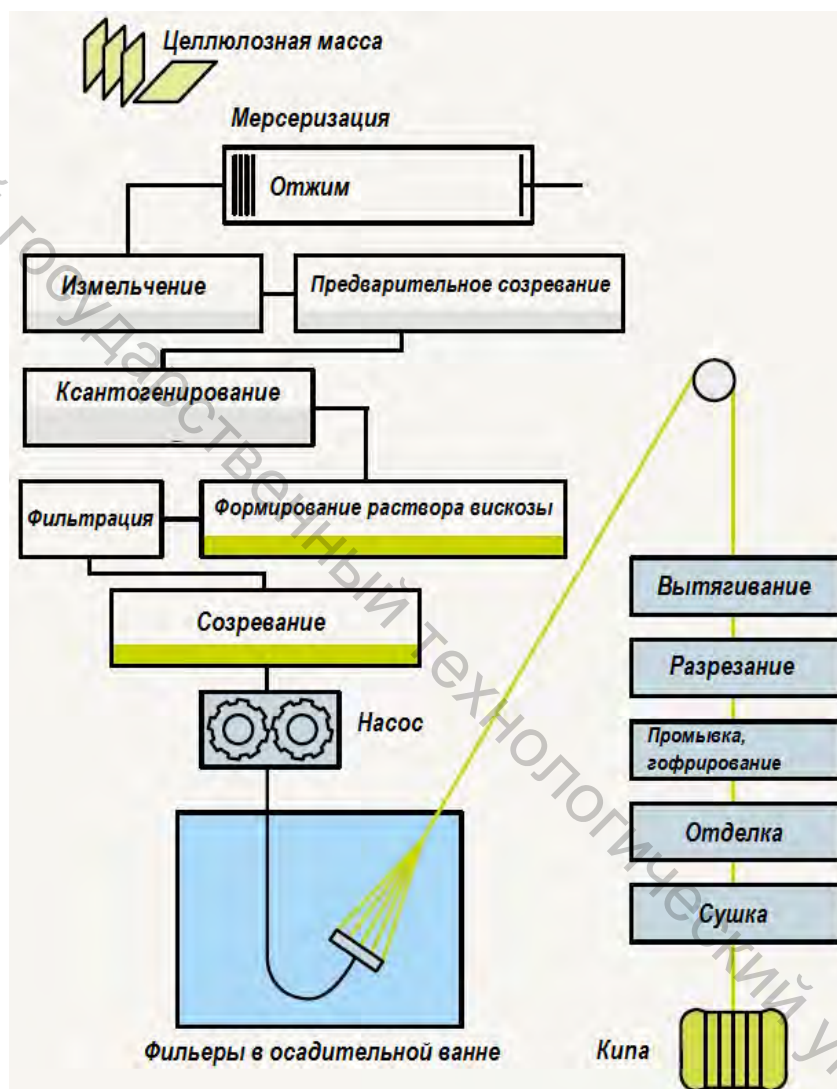


Рисунок 2.27 – Технологический процесс производства вязких волокон

Большинство технологических операций осуществляется на высокопроизводительных поточных линиях непрерывного действия.

Основным видом исходного материала для получения вязкого 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.

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 °C), продолжительность 10–20 ч;
- высокотемпературный (45–60 °C), 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 NaOH (также называется каустической содой или едким натром). 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 формовании 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 формование, 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.

Вискозные текстильные нити обычно формуют на золотолатино-вых фильерах с диаметром отверстий 0,07–0,08 мм в зависимости от линейной плотности формуемой 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.

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

На формовочно-отделочных агрегатах жгуты подвергают ориентационному вытягиванию, их довосстанавливают, удаляют из них сероуглерод, режут на штапельное волокно, отделяют, сушат и упаковывают.

2.2.11 Ассортимент и свойства искусственных волокон

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

Искусственные волокна составляют конкуренцию как натуральным, так и синтетическим волокнам. Преимуществами целлюлозных волокон с экологической точки зрения является использование при производстве возобновляемых источников сырья и биоразлагаемость.

По прогнозам мировое потребление целлюлозных волокон и нитей вырастет с 7,4 млн т в 2020 г. до 10 млн т в 2030 г. По данным Global Markets Insights более 60 % производимых в мире целлюлозных волокон используются при производстве одежды.

Крупнейшими мировыми производителями искусственных волокон являются транснациональные корпорации Aditya Birla Group (Индия) и Lenzing Group (Австрия). Также искусственные волокна производятся рядом китайских компаний.

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 длиноволокнистый 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), который 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 коммерче-

ским 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.

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 применяется 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 или шелк, но уступает шерсти, вискозе и льну.

Недостатки лиоцелла:

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

Бамбуковое волокно – целлюлозное волокно, полученное из регенерированной бамбуковой целлюлозы.

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 более высокую гигроскопичность по сравнению с хлопком.

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

В таблице 2.3 приведены свойства искусственных волокон в сопоставлении со свойствами целлюлозных натуральных волокон.

Таблица 2.3 – Свойства различных видов целлюлозных волокон

Показатель	Искусственные волокна			Натуральные волокна	
	Вискозные обычные	ВВМ	Лиоцелл	Хлопок	Лен
Состав, %: – целлюлоза – лигнин	100	100	100	97–98	80–85 3–5
Кондиционная влажность, %	13–14	12–13,5	11–13	7–9	10–13
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	20–26	32–36	35–47	25–40	40–55
Сохранение прочности в петле, %	30–40	20–30	30–40	45–65	–
Сохранение прочности в мокром состоянии, %	50–55	60–70	60–80	105–110	100–105
Относительное разрывное удлинение, %	18–25	12–15	11–16	810	2–3
Модуль деформации, ГПа	3–5	5–6,5	8–10	5–9	30–50
Модуль деформации в мокром состоянии, ГПа	0,6–1	1,5–2	3–4,5	–	–

2.2.12 Основные виды 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 изделиями 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 волокнистые материалы образованы преимущественно атомами углерода (не менее 90 %). Они 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 2.4).

Таблица 2.4 – 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
Термостойкость и низкая теплопроводность	Композиты для вакуумных печей. Войлок для термоизоляции высокотемпературных печей. Углеродные пористые плиты для термоизоляции печей. Производство изделий из карбида кремния. Тигли. Тепловые экраны
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. Живильные салфетки для гнойных ран и ожогов
Механические свойства (включая фрикционные и антифрикционные)	Подшипники скольжения и узлы трения. Фрикционные углеродные диски. Детали твердо- и жидкотопливных ракетных двигателей. Силовой бандаж для пресс-форм: формование изделий из карбида кремния и циркония. Угленаполненные полиамиды и фторопласты. Крепежные изделия для тепловых узлов
Биологическая инертность	Салфетки для обработки тяжелых ожогов и гнойных ран. Искусственные суставы и костные протезы. Энтеросорбенты
Химическая инертность	Футеровка трубопроводов и емкостей

В Республике Беларусь ОАО «СветлогорскХимволокно» 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.

2.2.13 Технология производства стеклянных волокон. Основные свойства стекловолокна и материалов на их основе

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 грибков, 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 формованию, формование 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 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. 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 эрклезом; 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 2.5.

Таблица 2.5 – Состав стекла стеклошариков

Наименование компонентов	SiO ₂	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O + K ₂ O	F ₂	Mn ₃ O ₄	TiO ₂
Массовая доля компонента, %	53,0 ± 1,0	8,5 ± 1,0	≤ 0,4	15,0 ± 1,0	23,0 ± 3	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 0,01	≤ 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 2.6.

Таблица 2.6 – Показатели стеклошариков, определяемые при входном контроле

Наименование показателей	Значения показателей с допустимыми отклонениями
Внешний вид	Согласно ТУ
Диаметр шариков, мм	23 ₋₃ ⁺¹
Массовая доля Fe ₂ O ₃ на поверхности шариков на 1 м ² , мг	Не более 15
Массовая доля B ₂ O ₃ , %	8,5 ± 1,0
Массовая доля R ₂ O, %	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 первоначальную 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 водозмульсионную 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 2.28) 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. Шарики 8 из бункера электропечи 7 по загрузочным ручьям 9 поступают в стеклоплавильный аппарат 10.

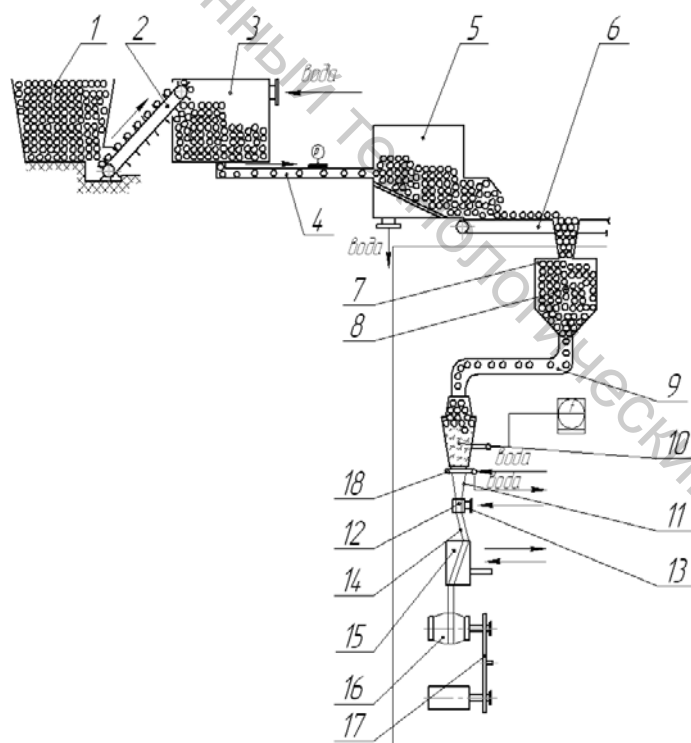


Рисунок 2.28 – Технологическая схема
стеклопрядильного агрегата СПА-6с:

- 1 – бункер хранения; 2 – элеватор; 3 – бак-накопитель; 4 – трубопровод; 5 – бункер расходный; 6 – транспортер ленточный; 7 – бункер СПА; 8 – шарики стеклянные;
- 9 – ручей загрузочный; 10 – аппарат стеклоплавильный; 11 – волокна элементарные;
- 12 – устройство замасливающее; 13 – замасливатель; 14 – нить стеклянная;
- 15 – нитеводитель; 16 – манжета (бобина); 17 – аппарат наматывающий;
- 18 – холодильник подфильерный

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 отверждения 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 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 пряжи 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 пряжи, все элементарные волокна разделяются вручную на две пряжи 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; армирую-

щего наполнителя конструкционных материалов, стеклохолстов; в виде шнурков и чулков.

Также выпускается стеклоровинг, который представляет собой некрученную прядь, 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 2.7.

Таблица 2.7 – 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).

2.3 Анализ влияния основных свойств волокон на 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 2.8 (по данным фирмы Uster Technologies).

Таблица 2.8 – 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 2.29 и 2.30 представлены диаграммы распределения степени влияния свойств хлопкового волокна на свойства пряжи линейной плотности 23 текс, полученной кольцевым и пневмомеханическим способами прядения.

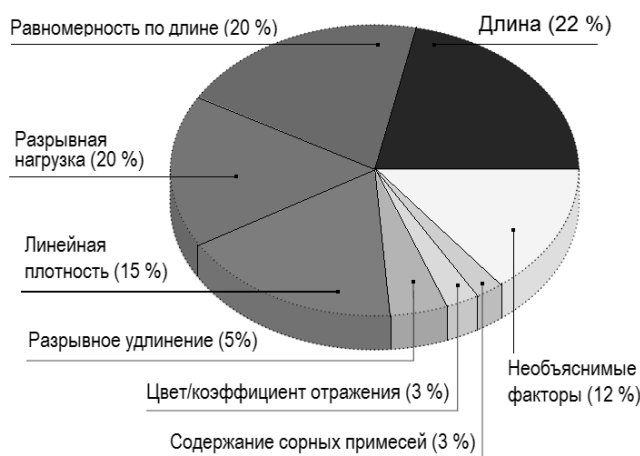


Рисунок 2.29 – Степень влияния свойств хлопкового волокна на свойства пряжи, полученной кольцевым способом

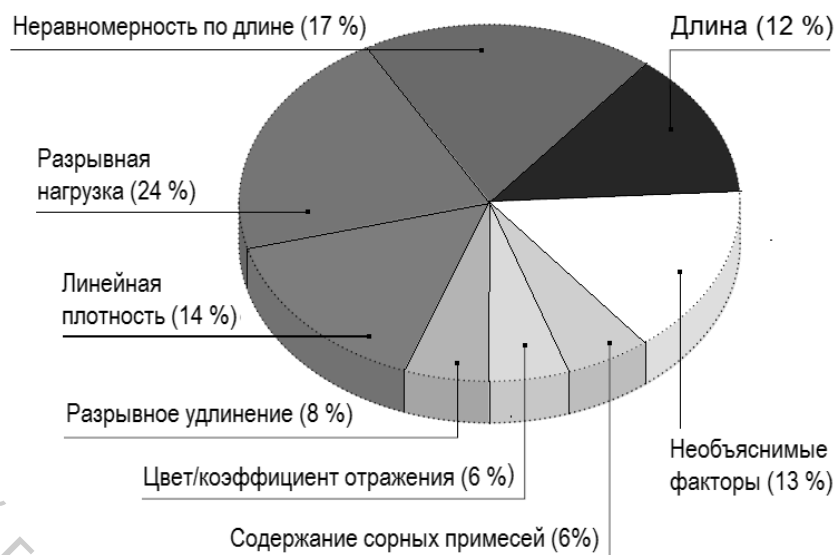


Рисунок 2.30 – Степень влияния свойств хлопкового волокна на свойства пряжи, полученной пневмомеханическим способом

Далее рассмотрены основные причины влияния свойств волокон на свойства пряжи.

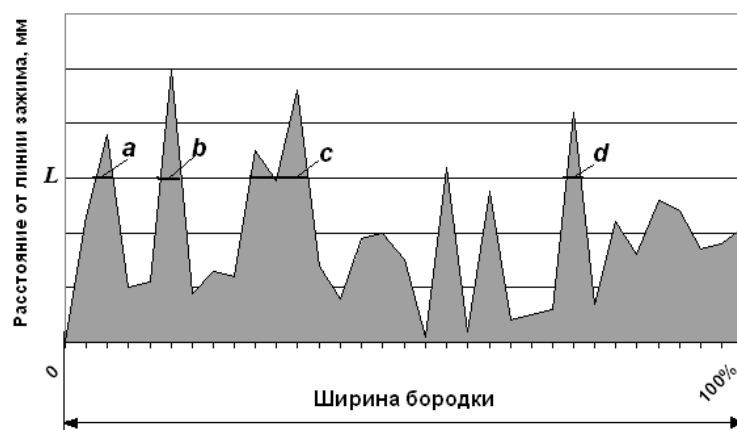
Длина волокна. Чем длиннее волокно, тем более тонкую пряжу можно выработать из нее, тем меньшее число кручений необходимо сообщить продукту для обеспечения требуемой прочности. Пряжа, полученная из более длинного волокна, отличается большей прочностью при той же линейной плотности.

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

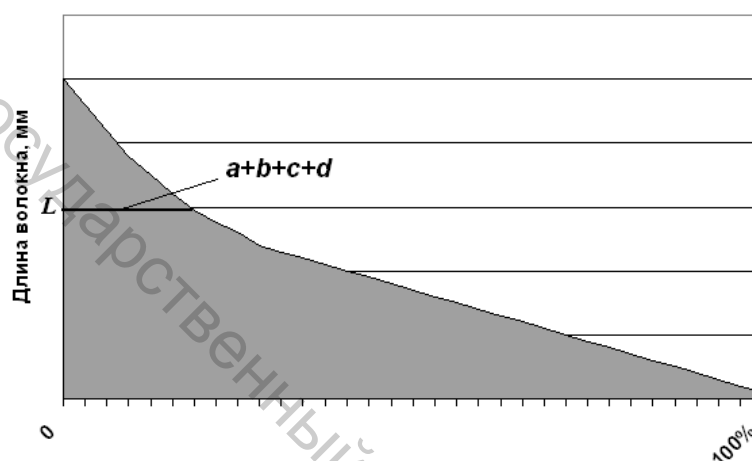
За рубежом широкое распространение получил показатель «Верхняя средняя длина» – Upper Half Mean Length (UHML) – средняя длина наиболее длинных волокон, составляющих по массе половину испытываемой пробы, выраженная в дюймах или мм.

Среднюю и верхнюю среднюю длину можно определить по фиброграмме, которая получается при сканировании приготовленного на специальном приборе (фибросемплере) образца – бородки (рисунок 2.31 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 2.31 б).

Как показано на рисунке 2.32, 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).



а



б

Рисунок 2.31 – Принцип построения фиброграммы:

а – результаты сканирования бородки; б – фиброграмма

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

$$UI = \frac{ML}{UHML} 100\%. \quad (2.8)$$

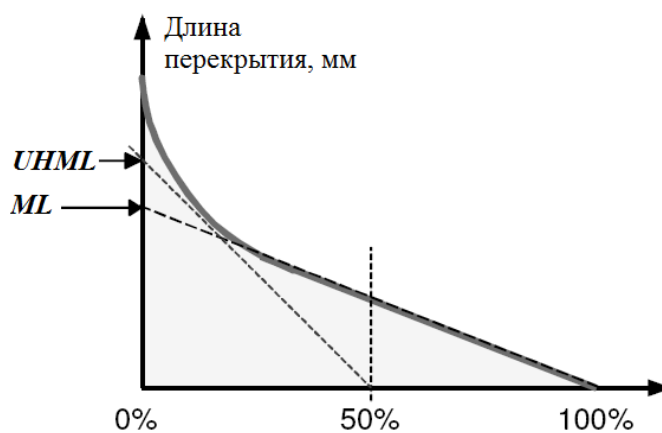


Рисунок 2.32 – Определение средней и верхней средней длины волокна

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

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

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

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 2.33.

Место разрыва разделяет каждое волокно 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.

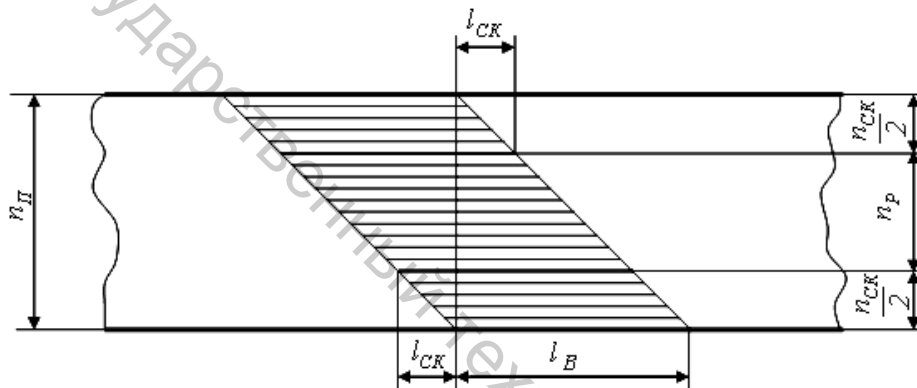


Рисунок 2.33 – Расчетная схема для определения количества проскальзывающих и разрывающихся волокон

Количество $n_{СК}$ проскальзывающих волокон определяется как

$$n_{СК} = n_{П} \cdot \frac{2l_{СК}}{l_{В}}, \quad (2.9)$$

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

Тогда количество $n_{Р}$ разрывающихся волокон определяется по формуле

$$n_{Р} = n_{П} - n_{СК} = n_{П} \cdot \left(1 - \frac{2l_{СК}}{l_{В}} \right). \quad (2.10)$$

Из формулы (2.10) видно, что с увеличением длины волокна количество разрывающихся волокон увеличивается. Кроме того, в случае переработки более длинных волокон можно увеличить длину скольже-

ния $l_{СК}$, 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, улучшает равновесность пряжи и другие ее свойства.

Плотность и линейная плотность волокон. Диаметр волокна d (мкм) связан с плотностью волокон γ (г/см³) следующими соотношениями (без учета полостей):

$$d = 35,7 \sqrt{T_B / \gamma}, \quad (2.11)$$

где T_B – линейная плотность волокна, текс.

Аналогичное выражение может быть записано и для диаметра пряжи с учетом пористости ее структуры.

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 2.9 приведены данные о плотности текстильных волокон, которые наиболее часто перерабатываются в прядильном производстве.

Среднее число волокон в поперечном сечении пряжи без учета ее укрутки

$$\bar{n} = \bar{T}_{пр} / \bar{T}_B, \quad (2.12)$$

где $\bar{T}_{пр}$ и $\bar{T}_B$ – 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.

Таблица 2.9 – Плотность текстильных волокон

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

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 2.10.

Таблица 2.10 – 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	Пневмомеханический	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_B компонентов смеси определяют минимально возможную линейную плотность T_{min} вырабатываемой из нее пряжи.

$$T_{min} = T_B \cdot n_{min}. \quad (2.13)$$

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 Мартиндайля) по площади его поперечных сечений равна

$$C_r = \frac{100}{\sqrt{n}}, \quad (2.14)$$

где $\bar{n}$ – среднее число волокон в поперечном сечении продукта, определяемое формулой (2.12).

В таком виде формула была получена Мартиндайлем 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 (2.14) принимает следующий вид

$$C_r = \frac{100K}{\sqrt{n}}. \quad (2.15)$$

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 плотности и более равномерных по данному свойству 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 %.

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

$$K_{II} = \frac{R}{R_B}. \quad (2.16)$$

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 способа 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 неодинаково, 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 зависит от способа прядения, распрямленности и параллелизации волокон, крутки,

линейной плотности пряжи, свойств волокон, скорости выпуска пряжи, количества ленточных переходов, массы бегунка и других факторов.

5. *Наклон волокон к оси пряжи.* Известно, что 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 2.34 а). С увеличением угла кручения уменьшается $\cos \beta$, следовательно, уменьшается разрывная нагрузка пряжи.

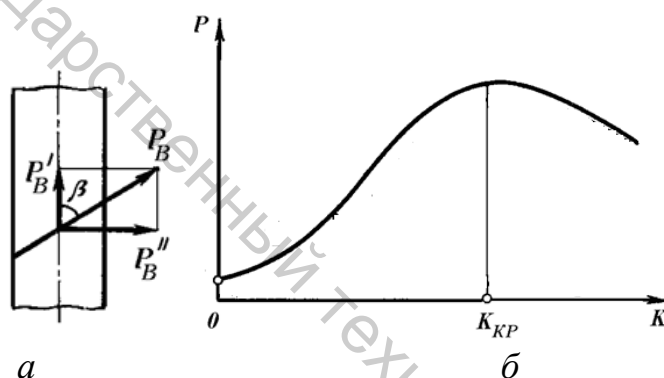


Рисунок 2.34 – Влияние крутки пряжи на ее прочность

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 2.34 б). Обычно пряже сообщают крутку, которая ниже критической.

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 представляем в виде прямых. На рисунке 2.35 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

$$P_{p1} = P_1 + P_2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}. \quad (2.17)$$

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 2.36).

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 2.37) для хлопкополиэфирной пряжи.

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.

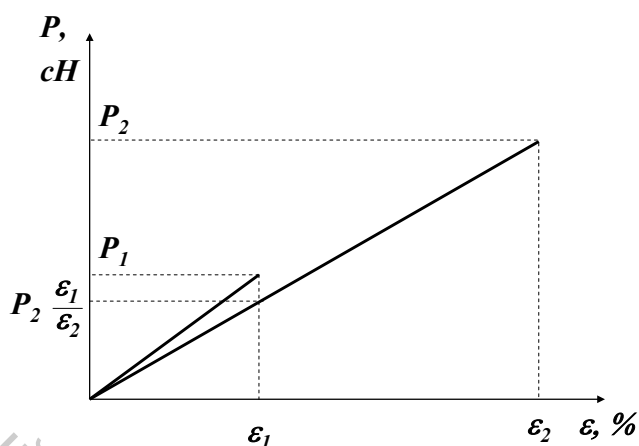


Рисунок 2.35 – Расчетная схема для определения прочности двухкомпонентного пучка волокон

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

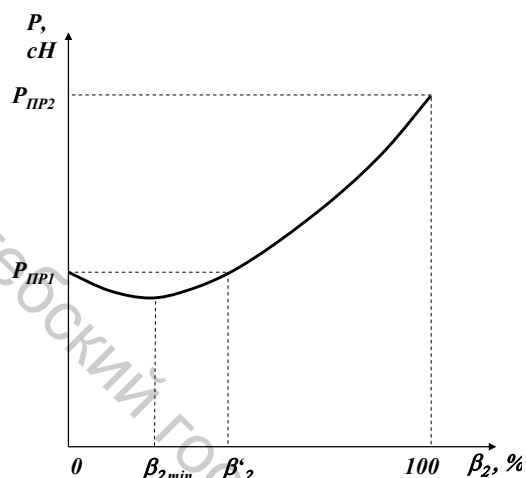


Рисунок 2.36 – Зависимость прочности двухкомпонентной пряжи от процентного содержания волокон более растяжимого компонента

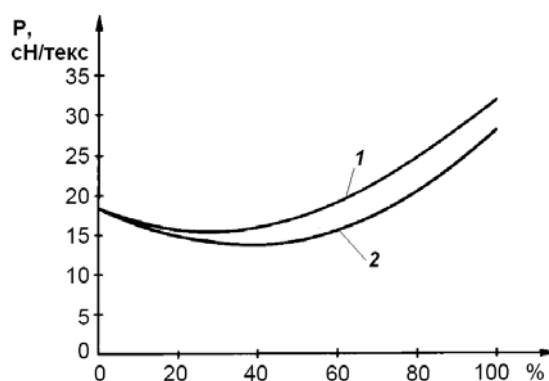


Рисунок 2.37 – Влияние процентного содержания полиэфирного волокна на относительную разрывную нагрузку хлопкополиэфирной пряжи:
1 – с вложением упрочненных ПЭ волокон; 2 – ПЭ волокон обычной прочности

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

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

Сцепляемость 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.

Гигроскопичность волокон. Способность волокон поглощать и отдавать водяные пары и воду оказывает 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. 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 2.38).

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 волокно меньше электризуется, поэтому сокращается число намотов волокнистого продукта на детали оборудования.

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.

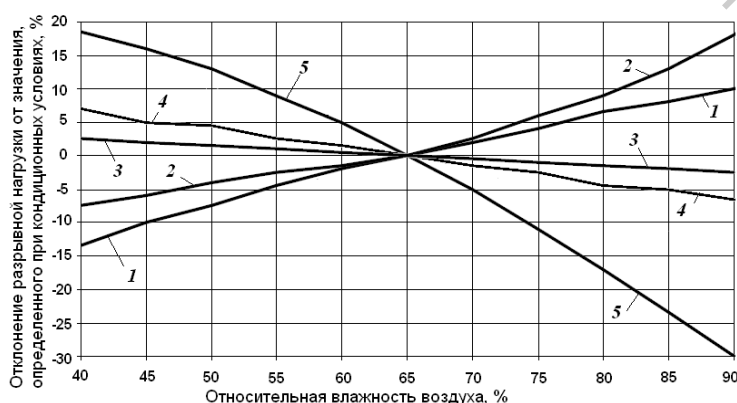


Рисунок 2.38 – Влияние относительной влажности воздуха на прочность пряжи:

1 – хлопок; 2 – лен; 3 – полиэфирное волокно; 4 – полиамидное волокно; 5 – вискоза

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 поверхность 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.

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

В таблице 2.11 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 2.11 – 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:

Улучшается	Не влияет существенно	Ухудшается

2.4 Порядок составления сортировок 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 оснащенностью испытательных лабораторий предприятий. Рассмотрим несколько классификаций хлопкового волокна, заложенных в государственных и межгосударственных стандартах.

2.4.1 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 ГОСТе 3279-76.

Согласно данному стандарту хлопковое волокно в зависимости от разрывной нагрузки и степени зрелости делится на семь промышленных сортов (таблица 2.12): отборный, I, II, III, IV, V, VI.

Таблица 2.12 – 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

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 О–IV сортов подразделяется на семь типов (таблица 2.13).

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

Таблица 2.13 – 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	35/36	33/34	31/32	30/31	29/30
III сорта	36/37	36/37					
IV сорта	35/36	35/36					

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

2.4.2 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 2.14): 1а, 1б, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Тип хлопкового волокна определяют по наихудшему показателю.

Таблица 2.14 – 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:	35,3-36,3	34,3-35,3	33,3-34,3	31,4-32,4	29,4-30,4	25,5-26,5	24,0-25,0	23,5-24,5	23,0-24,0
II сорт, не менее:	34,3	33,3	32,4	30,4	28,4	25,0	23,5	23,0	22,5

Хлопковое волокно 1а, 1б, 1, 2 и 3 типов относят к длинноволкнистым сортам хлопчатника, а 4, 5, 6 и 7 типов – к средневолкнистым сортам хлопчатника. Хлопковое волокно каждого типа в зависимости от цвета и коэффициента зрелости с учетом ограничений, накладываемых на удельную разрывную нагрузку (таблица 2.14), подразделяют на пять сортов (таблица 2.15): I, II, III, IV и V.

Таблица 2.15 – Разделение хлопкового волокна на сорта

Промышленный сорт	Коэффициент зрелости по типам волокна, не менее		Цвет и внешний вид по типам волокна	
	1a, 16, 1, 2, 3	4–7	1a, 16, 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 кремоватым 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

Хлопковое волокно по содержанию пороков и сорных примесей подразделяют на классы (таблица 2.16): Высший, Хороший, Средний, Обычный и Сорный. Нормы содержания пороков устанавливаются в зависимости от сорта волокна.

Таблица 2.16 – 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

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 2.17 и 2.18.

Таблица 2.17 – Коэффициенты пересчета цены хлопкового волокна по типам

Тип волокна	1a	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 2.18 – 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

2.4.3 Зарубежная классификации хлопкового волокна

Принятые в мировой практике подходы к оценке качества хлопкового волокна отражены в приложении ГОСТу 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 $1\frac{1}{32}$ дюйма – числом 33, длина штапеля $1\frac{1}{16}$ выражается эквивалентным значением $1\frac{2}{32}$ дюйма и определяется числом 34.

Базовой длиной для средневолокнистого хлопка типа Upland 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 2.19, 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.

Таблица 2.19 – 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

Аналогично, в зависимости от засоренности для слабопятнистого хлопка (2), коды изменяются от 12 до 82.

Сорт волокна определяют сличением внешнего вида с Универсальными стандартами.

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.

Для характеристики длины волокна в системе HVI используется 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 разделе 2.3.

Поэтому оценка линейной плотности волокна осуществляется с использованием показателя «микронеёр». Микронеёр 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 микронеёр связан с линейной плотностью волокна, выраженной в миллитексах

$$T_B = \frac{1000 \cdot Mic}{25,4 \cdot 1,05} = 37,5 \cdot Mic. \quad (2.18)$$

Для длинноволокнистого хлопка

$$T_B = \frac{1000 \cdot Mic}{25,4 \cdot 1,2} = 32,81 \cdot Mic. \quad (2.19)$$

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

$$T_B \approx 39,37 Mic, \quad (2.20)$$

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. 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:

- 1) очень слабое 17 и ниже;
- 2) слабое 18–21;
- 3) среднее 22–25;
- 4) прочное 26–29;
- 5) 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.

2.4.4 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 2.39), 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.

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 2.40), 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.

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 испытываемой пробе.

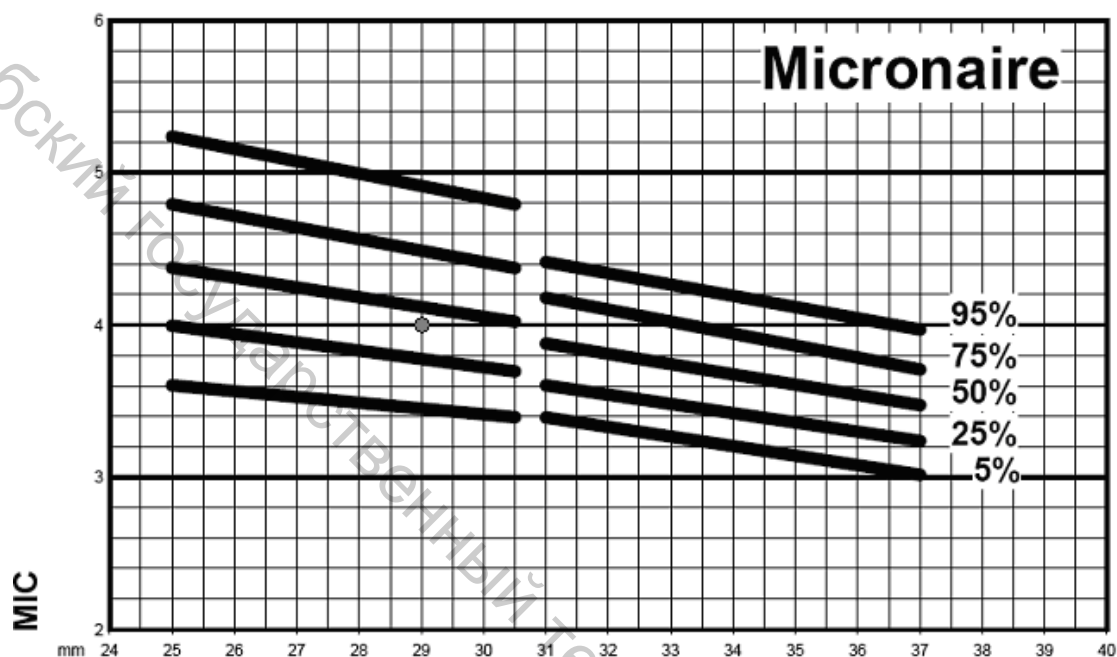


Рисунок 2.39 – Номограмма Uster Statistics для показателя Микронейр

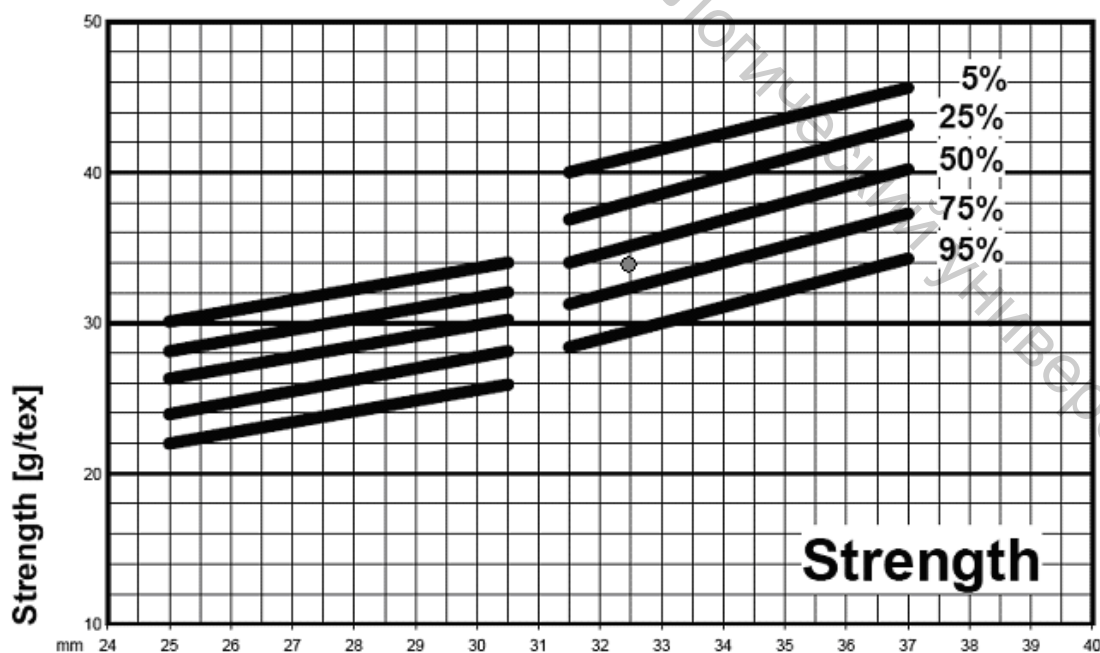


Рисунок 2.40 – Номограмма Uster Statistics для относительной разрывной нагрузки пучка волокон

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.**

2.4.5 Основные принципы подбора волокон в смеси

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 полой круткой 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 реко-

мендуемых 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 оборотах 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 во-

локно несмежных сортов и типов не рекомендуется. В таблице 2.20 приведены примеры типовых сортировок (по ГОСТу 3279-76).

Таблица 2.20 – 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-II, 4-I	В смесь вводятся только обреты
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 длинноволокнистого).

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 малоотличающихся 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.

2.4.6 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 на 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:

$$R = R_B K_H, \quad (2.21)$$

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

$$K_H = \left(1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,65}{\sqrt{T/T_B}} \right) \left(1 - \frac{5}{l_{шт}} \right) k \eta, \quad (2.22)$$

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.

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

$$\alpha_{Ткр} = 0,316 \left(\frac{(1120 - 70p)p}{l_{шт}} + \frac{57,2}{\sqrt{T}} \right), \quad (2.23)$$

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 2.21.

Таблица 2.21 – Величина коэффициента k в формуле (2.22)

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

При прогнозировании разрывной нагрузки пряжи из искусственных волокон может быть использована формула проф. В.А. Усенко, согласно которой

$$K_H = \left(1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,8}{\sqrt{T/T_B}} \right) \left(1 - \frac{7,83}{l_{um}} \right) k \beta, \quad (2.24)$$

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 2.22. При этом коэффициент критической крутки определяется по формуле

$$\alpha_{T.KP} = \frac{527 \cdot \sqrt[6]{25 + \frac{1000}{T}}}{\sqrt[3]{l_{шт}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1000}{T_B}}} \cdot (2.25)$$

Таблица 2.22 – Величина коэффициента k в формуле (2.24)

$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k	$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k	$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k
-18,8	0,3	-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

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

$$R = R_B \left(1,16 \eta_0 - 68,5 \frac{\sqrt{T_B}}{\alpha_T \sqrt[3]{T}} - 0,00859 \sqrt[4]{\alpha_T / T} \right), \quad (2.26)$$

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_H для пряжи из однородных волокон, что обусловлено в основном различным разрывным удлинением хлопкового волокна ($\varepsilon = 7\text{--}9\%$) и химических штапельных волокон ($\varepsilon = 12\text{--}60\%$) 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.

Коэффициент K_{CM} для двухкомпонентной пряжи рассчитывается по формуле

$$K_{CM} = K_1 - a\beta_2 + b\beta_2^2, \quad (2.27)$$

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.

$$a = 1 - \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}, \quad b = \left(1 - \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}\right) \sqrt{\frac{T_{B1}}{T_{B2}}} \eta_{cmp}, \quad (2.28)$$

где K_1 – 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 полиамидным – 0,9, с полиакрилонитрильным – 0,6).

Коэффициент K_1 может быть рассчитан по формуле А.Н. Соловьева (2.22), если малорастяжимым компонентом является хлопок, или по формуле В.А. Усенко (2.24), если малорастяжимым компонентом является вискоза.

2.4.7 Прядильная способность хлопкового 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,

$$L_B = \frac{10B}{T_{min}}, \quad (2.29)$$

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} , определяемой 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.

2.4.8 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

$$SCI = -414,67 + 2,9 P_B - 9,32 Mic + 49,17 UHML + 4,74 UI + 0,65 Rd + 0,36 (+b); \quad (2.30)$$

– без использования модуля HVI для оценки цвета волокна

$$SCI = -322,98 + 2,89 P_B - 9,02 Mic + 43,53 UHML + 4,29 UI, \quad (2.31)$$

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 2.41) и протекания технологических процессов по переходам прядильного производства.

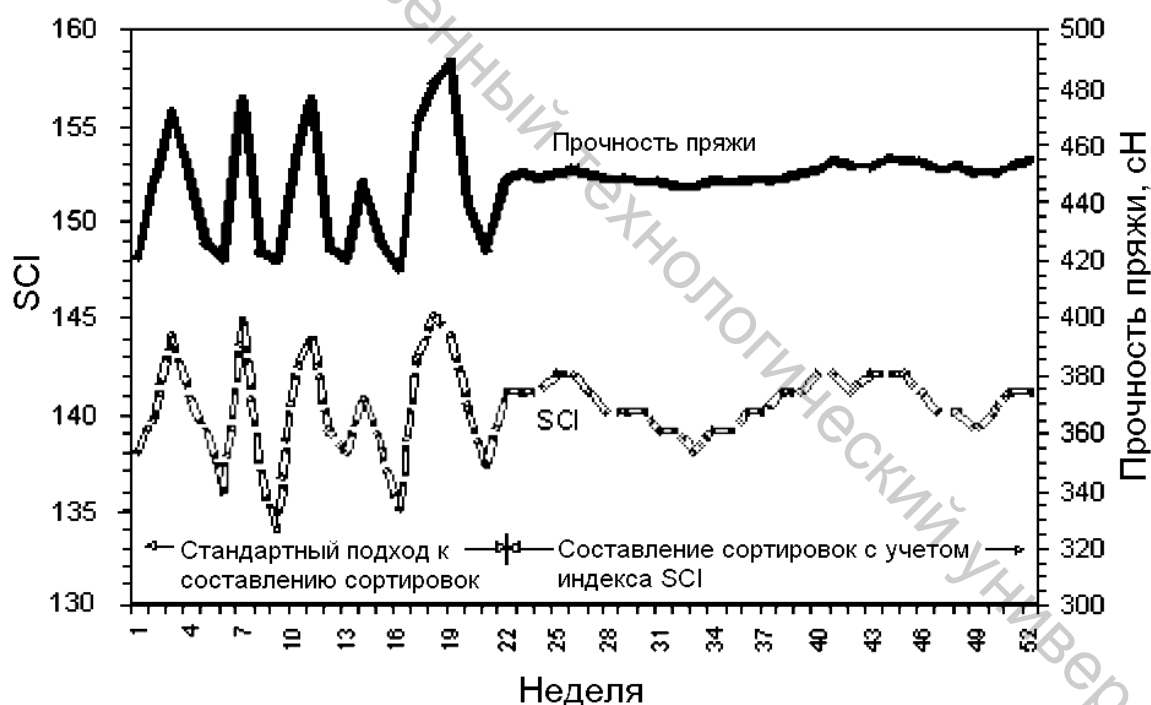


Рисунок 2.41 – Влияние использования индекса SCI при составлении сортировок на прочность хлопчатобумажной пряжи

2.5 Порядок составления на шерстопрядильных предприятиях смесей волокон

2.5.1 Классификация шерстяных волокон

Согласно Брадфордской системе классификации шерсти, общепринятой во всем мире, качество шерсти определяется как количество мотков пряжи длиной не менее 560 ярдов (512 м), которые можно выработать из 1 английского фунта (453,6 г) топса. Классификация однородной шерсти по тонине представлена в таблице 2.23.

Таблица 2.23 – 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 ГОСТу 30702-2000 овечью шерсть делят на однородную и неоднородную.

В зависимости от групп тонины однородную шерсть делят на:

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

Тонкая шерсть в общей массе состоит из тонких, мелкоизвитых пуховых волокон, имеет штапельное строение и отличается высокой однородностью по толщине и длине. Незначительное содержание ости и мертвого волоса считается пороком тонкой шерсти. Средняя тонина волокон этой шерсти – 14,5–25 мкм, а длина – 25–120 мм.

Для тонкой шерсти важнейшей характеристикой является также неравномерность по тонине волокна (таблица 2.24). При превышении норм среднеквадратического отклонения шерсть переводят в пониженный сорт.

Таблица 2.24 – Среднеквадратическое отклонение тонины

Наименование показателя	Интервал варьирования тонины шерсти, мкм					
	мериновой				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. Средняя толщина волокон шерсти изменяется в пределах 40–67 мкм.

Шерсть разделяют на рунную и низшие сорта (таблица 2.25).

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

- мериновую, то есть шерсть овец мериновской 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 2.26.

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

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

В обозначении неоднородной шерсти указывается код породы.

Таблица 2.25 – 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 немериносовой, 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 воло- сом	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).

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

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

Различают шерсть первой (I), второй (II), третьей (III) и четвертой (IV) длины (таблица 2.27).

Таблица 2.26 – 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 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 с дополнительным обозначением “гр. в”.

В обозначении шерсти указывается код ее тонины, длина, а также характеристика ее засоренности (таблица 2.28). Например, обозначение **21IIIмз** соответствует малозасоренной шерсти II длины со средним диаметром 21 мкм.

В зависимости от разрывной нагрузки волокна рунная шерсть делится на прочную и дефектную (таблица 2.29). 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.

Характеристика цвета шерсти представлена в таблице 2.30.

Таблица 2.27 – Средняя длина штапеля (косицы)

Длина шерсти	Обозначение (код длины)	Средняя длина штапеля (косицы), мм			
		Меринос- вая, тонкая помесная	Кроссбред- ная	Цигайская, кроссбредного типа, цигай- грубошерстная, полутонкая помесная	Неоднород- ная
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	-	-
Поярковая	я	не менее 30	не менее 35	не менее 35	не менее 30

Примечание. Длина неоднородной шерсти определяется по пуховой зоне.

Таблица 2.28 – 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)

Таблица 2.29 – Относительная разрывная нагрузка

Наименование показателя прочности	Обозначение (код прочности)	Рунная основная и пожелтевшая шерсть, сН/текс		
		Однородная		Неоднородная
		тонкая	полутонкая, полу- грубая, 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

Таблица 2.30 – 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 % 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 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 % 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 (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 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 % и цветная светлая с клочками цветной темной шерсти в весенней – более 0,5 %, в осенней и поярковой – более 10 % массы мытой шерсти

В таблице 2.31 представлены примеры условного обозначения шерсти разного происхождения и качества.

Таблица 2.31 – Примеры условного обозначения шерсти

Характеристика шерсти	Обозначение
Шерсть мериносовая рунная основная, средняя тонина – 22 мкм, средняя длина штапеля – 72 мм, содержание растительных примесей – 2,5 %, разрывная нагрузка – 7,5 сН/текс	M22Imз
Шерсть мериносовая рунная пожелтевшая, средняя тонина – 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 тонина – 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 тонина – 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

2.5.2 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 основных вида:

- смеси натуральной шерсти и вискозного волокна;
- смеси натуральной шерсти и синтетических 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.

2.5.3 Основные рекомендации и требования к составлению смесей для гребенной и аппаратной систем прядения

Существует ряд общих рекомендаций и требований, которые учитываются при составлении смесей, 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;
- 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 рекомендуется 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 как можно большим, так как 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;

– 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 следует вводить лишь химические волокна, правильно подобранные по длине, тонине и прочности; не следует вводить коротковолокнистые отходы производства;

– в смеси для тканей, содержащих в просновке вискозные нити или хлопчатобумажную пряжу, следует вводить шерсть, камвольные оброты, из которых путем карбонизации удалены репей и другие растительные примеси;

– в состав смесей для чистошерстяных гладких тканей, которые подвергаются карбонизации в отделке, можно вводить сорную и в отдельных случаях репейную шерсть;

– волокна восстановленной шерсти, оброты и отходов не должны огрублять состав смеси; тонина их должна быть не больше тонины волокон 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.

2.5.4 Выбор параметров химических волокон для смешивания с шерстью

Выбор линейной плотности химических волокон. Как указывалось ранее, чем тоньше волокна, тем большее их количество расположится в поперечном сечении пряжи одной и той же линейной плотности, и такая пряжа будет иметь меньшую неровноту. Возрастает и ее прочность, так как при увеличении площади соприкосновения большего числа тонких волокон увеличивается сила трения между волокнами.

С другой стороны, тонкие волокна, подвергающиеся совместному кардочесанию с шерстью, могут обрываться и, образуя большое количество узелков, ухудшать качество прочеса. Лучшие результаты при пере-

работке шерсти с химическими волокнами достигаются, если неровнота волокон смеси по тонине уменьшается по сравнению с неровнотой исходной шерсти в пределах определенных значений.

Рассмотрим распределение волокон шерсти 64^к по классам тонины (рисунок 2.42). Наибольшим по количеству волокон классом тонины однородной шерсти является класс от 18,5 до 22,5 мкм.

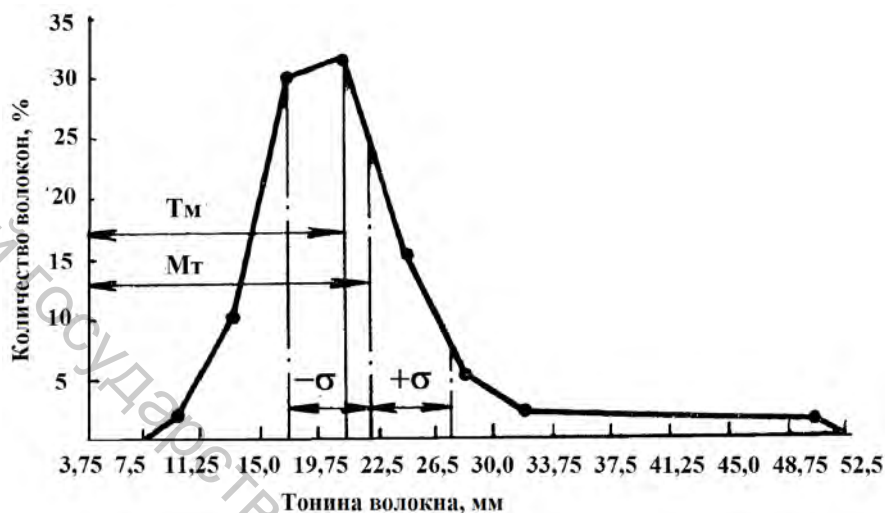


Рисунок 2.42 – Распределение волокон однородной шерсти 64^к по классам тонины

При подборе химического волокна для смешивания с такой шерстью необходимо стремиться к тому, чтобы количество волокон этого класса не уменьшилось, а увеличилось. Следовательно, для уменьшения неровноты смеси по тонине волокон и повышения ее прядильной способности необходимо, чтобы тонина химических волокон соответствовала модальной тонине шерсти. Точное соответствие данных значений обеспечить невозможно, так как химические волокна выпускаются определенных линейных плотностей, а значит, их толщина может несколько 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

$$P_{10} = T_M, \quad (2.32)$$

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 свой-

ству по сравнению с исходной шерстью. В связи с этим второй параметр для выбора тонины химического волокна для смешивания с однородной шерстью

$$P_{2o} = M_T - \sigma, \quad (2.33)$$

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

$$T_{2o} = \frac{\pi \gamma T_M^2}{4} A, \quad (2.34)$$

– нижняя граница

$$T_{2o} = \frac{\pi \gamma (M_T - \sigma)^2}{4} \cdot A, \quad (2.35)$$

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

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 2.43 представлено распределение волокон неоднородной шерсти по тонине. В данном примере средняя тонина волокна составляет 30,8 мкм, что несколько больше средней тонины волокна пуховой части (30 мкм), что объясняется наличием более грубых волокон ости. Однако 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

$$P_{1H} = T_{м.п.}, \quad (2.36)$$

где $T_{м.п.}$ – модальная тонина пуховой части неоднородной шерсти, мкм.

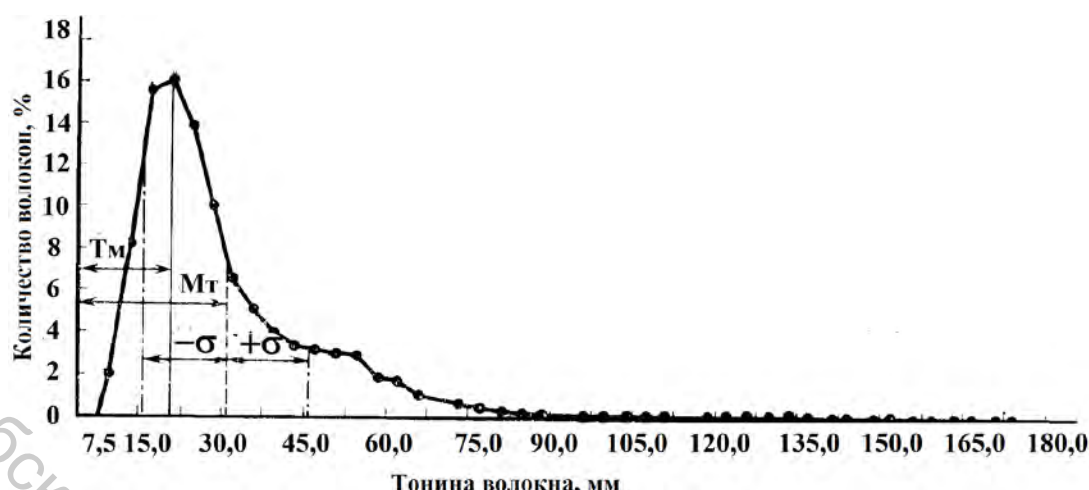


Рисунок 2.43 – Распределение волокон неоднородной шерсти по тонине

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 тонины 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:

$$P_{2H} = M_{т.п.} + \sigma_{п}, \quad (2.37)$$

где $M_{т.п.}$ – средняя тонина пуховой части неоднородной шерсти, мкм; $\sigma_{п}$ – среднее квадратическое отклонение тонины пуховой части, мкм.

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

Третье условие. Для смешивания с шерстью рекомендуется применять химическое волокно переменной длины.

Анализируя диаграммы, представленные на рисунке 2.44, можно отметить, что выполнение всех указанных условий (кривая 5) позволяет получить наиболее равномерную смесь по длине волокон.

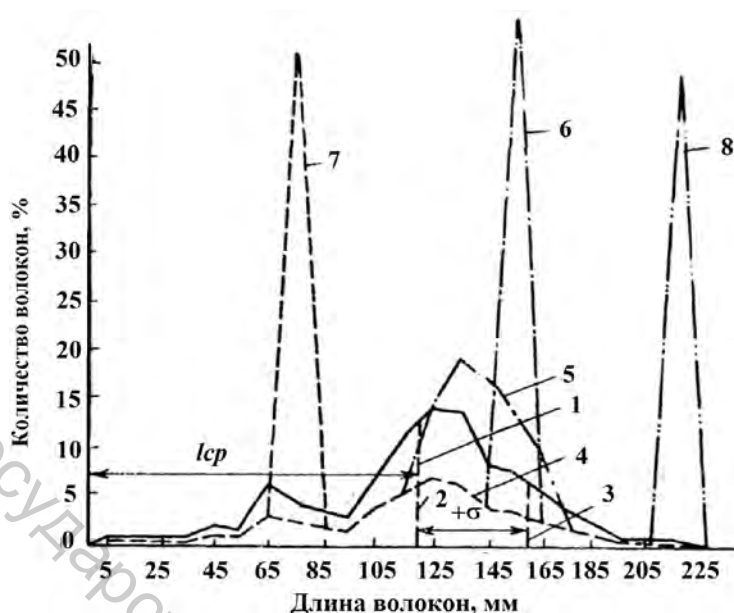


Рисунок 2.44 – Диаграмма распределения по длине волокон неоднородной шерсти и смесей ее со штапельным волокном различной длины в соотношении 50/50:

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 со штапельным волокном длиной 75 мм; 8 – распределение по длине волокон смеси со штапельным волокном длиной 215 мм

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:

$$L_1 = L_{CP} K_1 K_2, \quad (2.38)$$

$$L_2 = L_{CP} + \sigma + n l, \quad (2.39)$$

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 укорочения 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 $n = 1 \dots 3$.

2.5.5 Прядельная способность шерсти и химических волокон. Резерв прядельной способности

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

$$N_P^B = \frac{1000}{T_{min}}, \quad (2.40)$$

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

$$N_P^B = \sum N_{КОМ} \cdot a_{КОМ}, \quad (2.41)$$

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

$$N_{ОБР}^B = N_P^B \cdot K_{ОБР}, \quad (2.42)$$

где $K_{ОБР}$ – 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

$$N_P^B = H \cdot \frac{\sum N_{КОМ} \cdot a_{КОМ}}{1 - \sum N_{ОБР} \cdot a_{ОБР}}. \quad (2.43)$$

Коэффициент $H = 1,2$ учитывается, если в технологическом процессе используются современные кольцевые прядильные машины.

В таблице 2.32 приведены расчетные значения высшего номера пряжи, полученной из различных видов исходного сырья, и соответствующие им минимальные значения линейной плотности.

Таблица 2.32 – Расчетные значения высшего номера пряжи, получаемой по аппаратной системе шерсти

Сырье	Высший расчетный номер пряжи (минимальная линейная плотность пряжи, текс)	
	Без учета H	С учетом H
Тонкая шерсть третьей длины 70 ^К	20 (50)	24 (41,7)
Мериносковая шерсть 64 ^К	18,6 (53,8)	22,3 (44,8)
Мериносковая шерсть 60 ^К	17,3 (57,8)	20,8 (48,1)
Помесная шерсть 58/56 ^К	16,3–17,3 (57,8–61,3)	19,6–20,8 (48,1–51)
Помесная полугрубая шерсть	10,5–14,2 (70,4–95,2)	12,6–17,0 (58,8–79,4)
Грубая шерсть	5–12,6 (79,4–200)	6–15,1 (66,2–166,7)
Штапельное химическое волокно	16–20 (50–62,5)	19,2–24 (41,7–52,1)

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

$$N_P^B = H(N_1 a_1 + N_2 a_2 + ... + N_n a_n) K_D K_T K_{II} K_Y, \quad (2.44)$$

где N_i – высший прядильный номер пряжи из i -го компонента; a_i – массовая доля i -го 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 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 2.45 представлены кривые изменения числа волокон в поперечном сечении пряжи из смеси тонкой камвольной шерсти 64^K и химических волокон (50/50) в зависимости от линейной плотности штапельного волокна и пряжи. Анализируя представленные графики, можно отметить, что в смесь с вложением химических волокон линейной плотности 0,4 текс не рекомендуется вырабатывать пряжу тоньше 17,9 текс.

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

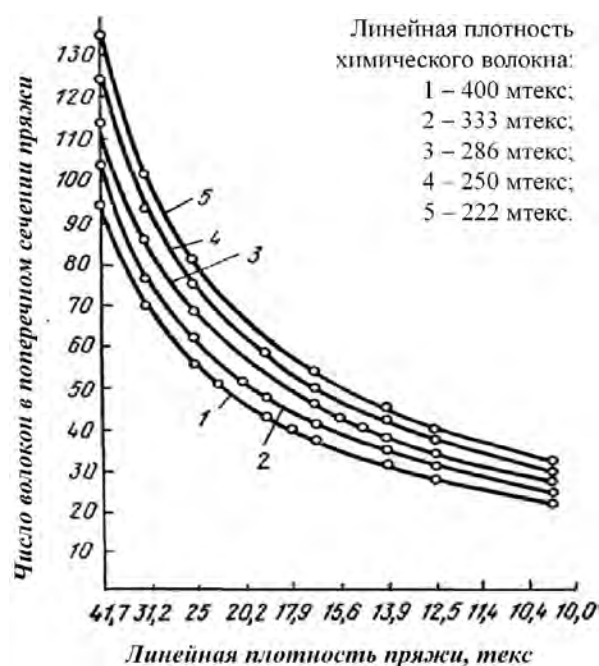


Рисунок 2.45 – Влияние линейной плотности химического волокна и полушерстяной пряжи и на количество волокон в ее сечении

$$R = \frac{T_\Phi - T_{P\min}}{T_\Phi} 100. \quad (2.45)$$

Резерв также может быть рассчитан и через высший расчетный номер пряжи

$$R = \frac{N_P^B - N_\Phi}{N_P^B} 100. \quad (2.46)$$

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.

3 ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОЛОКНИСТОГО НАСТИЛА

3.1 Приемка и хранение сырья на прядильном предприятии

3.1.1 Приемка сырья, поступающего на производство

Приемка текстильных волокон регламентируется различными стандартами в зависимости от вида сырья. Рассмотрим порядок приемки на примере хлопкового волокна.

Хлопковое волокно с хлопкоочистительных заводов поступает на прядильные фабрики, спрессованное в кипы стандартных размеров по ГОСТ 3152 (750×970×595 мм). Плотность прессования кип достигает 460–530 кг/м³ при массе одной кипы 215±15 кг.

Хлопковое волокно отгружается партиями. Партией считается количество кип хлопкового волокна, соответствующее вместимости одного транспортного средства, одного промышленного сорта, цвета, однородного по длине и засоренности, одного селекционного сорта, оформленное документом о качестве (сертификатом).

Упаковка, маркировка, транспортирование хлопкового волокна производится в соответствии с действующим ГОСТом 3152. Кипы хлопкового волокна упаковываются со всех сторон в тару из холсто-прошивного паковочного полотна по нормативно-технической документации или паковочной ткани по ГОСТу 5530. Упаковка кипы состоит из четырех деталей: «шали», покрывающей одну выпуклую и две боковые поверхности кипы; подушки, покрывающей вторую выпуклую поверхность кипы; двух головок, покрывающих торцовые поверхности кипы.

Кипы хлопкового волокна обвязываются поясами из высокопрочной стальной ленты толщиной 0,7–0,8 мм и шириной 19 мм. Прочность ленты в месте соединения пояса должна быть не менее 16 кН. Допускается применять пояса из низкоуглеродистой стальной катаной ленты толщиной 1,4 мм и шириной 20 мм по научно-технической документации, по согласованию изготовителя с потребителем – из высокопрочной стальной проволоки диаметром 3,6–4,0 мм по ГОСТу 9389 или ГОСТу 7372.

Количество поясов на кипе должно быть равным 8 из стальной ленты или 10 из высокопрочной стальной проволоки диаметром 3,6–4,0 мм с замочным соединением. Места соединения (замок) поясов из высокопрочной стальной ленты со штампованными просечками на концах располагаются на одной из выпуклых поверхностей кип. При применении ленточных поясов с соединительными пряжками или проволочных поясов места соединения располагаются на плоской боковой поверхности кип. При этом места соединения концов поясов не должны выступать над плоской поверхностью кипы более чем на 10 мм – при ленточных и на 15 мм – при проволочных поясах. Закручиваемый конец проволоки заправляется

под пояс. Допускается применять другие виды соединительных элементов, обеспечивающие прочные узлы соединения.

На одной из выпуклых поверхностей кипы наносится маркировка с указанием:

- кода завода-изготовителя;
- номера партии;
- номера кипы;
- массы брутто кипы в кг.

Шрифт маркировки должен обеспечивать четкие надписи и иметь размеры: высота – 50 мм, ширина – 30 мм, толщина – 8 мм. Маркировка выполняется водостойкой, светостойкой, быстросыхающей, прочной на истирание краской. Цвет краски должен отличаться от цвета упаковочной ткани.

Под упаковочную ткань в месте маркировки подкладывается плотная оберточная бумага размером 400х500 мм.

Маркировка кип может быть нанесена на торцевой поверхности.

Кипы хлопкового волокна перевозятся в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозки, действующими на данном виде транспорта. Транспортные средства для перевозки кип волокна хлопкового должны быть исправными, чистыми и сухими. Не допускается повреждение поясов и отрыв «головок» при погрузке кип в транспортные средства и выгрузке их.

Кипы должны транспортироваться в условиях, исключающих их загрязнение, нарушение целостности упаковочной ткани и обвязочных поясов, попадание атмосферных осадков. Обнаруженные при осмотре щели и неплотности в дверных проемах и люковых отверстиях, а также кровле должны быть заделаны. При перевозке хлопкового волокна должны быть соблюдены правила пожарной безопасности, исключающие возгорание хлопкового волокна в пути.

Грузоотправитель обязан отказаться от погрузки хлопкового волокна в транспортные средства при наличии в них неисправностей, которые могут повлечь за собой возгорание груза при перевозке.

В документе о качестве, оформляемом для каждой партии волокна, должны быть указаны:

- наименование и местонахождение хлопкоочистительного завода;
- номер партии;
- количество кип в партии;
- номера кип;
- масса брутто каждой кипы;
- масса брутто и нетто партии;
- кондиционная масса партии;
- селекционный и промышленный сорта, тип и класс хлопкового волокна;

– результаты испытаний: штапельная массодлина, линейная плотность, удельная разрывная нагрузка, коэффициент зрелости, массовая доля пороков и сорных примесей, массовое отношение влаги;

– дата выпуска хлопкового волокна.

Один экземпляр сертификата прилагается поставщиком (отправителем) к транспортной накладной. На обороте накладной в графе «особые заявления и отметки отправителя» указывается номер сертификата.

Каждая партия имеет марку с шестизначным цифровым обозначением: первые три цифры – код завода-изготовителя, последние – порядковый номер партии, выпускаемой с начала сезона.

При приемке хлопкового волокна от транспортной организации материально ответственные лица в соответствии с действующими для данного вида транспортных средств правилами обязаны проверить соблюдение условий перевозки и обеспечение сохранности товара, в частности:

– наличие на транспортных средствах пломб отправителя и исправность оттисков на них;

– соответствие количества мест данным, указанным в транспортных документах;

– техническое и коммерческое состояние и исправность технических средств в соответствии с требованиями правил перевозок грузов для этого вида транспортного средства, особое внимание следует обратить на санитарное состояние и отсутствие посторонних предметов, способных вызвать загорание грузов.

3.1.2 Проверка хлопкового волокна по количеству и свойствам

Приемка хлопкового волокна по количеству производится путем просчета мест, сверки трафаретных данных на кипах с данными по кипной спецификации и отгрузочными документами поставщика.

Партию хлопкового волокна принимают по кондиционной массе. Кондиционную массу (M_K) по влажности в килограммах вычисляют по формуле

$$M_K = M_\Phi \frac{100 + W_H}{100 + W_\Phi}, \quad (3.1)$$

где M_Φ – фактическая масса партии хлопкового волокна, предъявленного к приемке, кг; W_H – нормированное массовое отношение влаги, рав-

ное 8,5 %, W_{ϕ} – фактическое массовое отношение влаги в партии волокна хлопкового, %.

Приемка хлопкового волокна по качеству производится путем тщательного внешнего осмотра каждой кипы, сверки соответствия показателей качества хлопкового волокна, указанных в паспорте (сертификате) поставщика, с показателями ГОСТа 3279.

На забракованное хлопковое волокно кроме составления в необходимых случаях коммерческого акта и акта экспертизы составляется акт браковки. В актах должны быть отражены: количество, номера кип, селекция, сорт и марка хлопкового волокна, номер железнодорожной накладной и вагона, наименование хлопкозавода, а также причины браковки. Акты должны быть направлены хлопкозаводу-поставщику и управлению (конторе) по сбыту хлопковой продукции.

Во всех случаях, когда при приемке хлопкового волокна от транспортных организаций обнаружены увлажнение или загрязнение хлопкового волокна или тары, несоответствие количества мест данным, указанным в транспортном документе, а также во всех других случаях, когда это предусмотрено правилами, действующими на этом виде транспортного средства, учреждение обязано в установленном порядке потребовать от транспортной организации составления коммерческого акта, в котором в обязательном порядке указываются состояние пломб и контрольные знаки на них. Отказ от составления коммерческого акта должен быть обжалован в порядке, предусмотренном правилами перевозок грузов и договором.

Для проверки качества хлопкового волокна от каждой 10 кип партии отбирают методом случайного отбора одну кипу. При объеме партии от 5 до 40 кип для испытаний отбирают 5 кип. При объеме партии менее 5 кип пробы отбирают от каждой кипы.

Если в договоре указано соответствие волокна требованиям по показателям, применяемым в международной практике и регламентированным приложением к ГОСТу 3279-95, то при наличии системы NVI проверке подвергаются все кипы партии.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному показателю проводят повторные испытания волокна по этому показателю из вновь отобранных кип в тех же количествах.

Результаты повторных испытаний распространяют на всю партию.

Для хлопкового волокна I и II сортов при значениях удельной разрывной нагрузки ниже установленных норм производят скидку с цены, а при превышении базисной нормы для I сорта – накидку к цене в установленном порядке.

При фактическом массовом отношении влаги менее 5,0 % производят скидку с цены.

3.1.3 Проверка шерстяного волокна по количеству и свойствам

Проверке упаковки и маркировки шерсти на соответствие требованиям нормативно-технической документации подвергают 100 % упаковочных единиц партии.

Для проверки качества шерстяного волокна отбирают 30 % упаковочных единиц (кип), но не менее трех, из которых 10 % кип, но не менее одной, используют для проведения испытаний, 10 % кип, но не менее одной, используют для проведения испытаний с участием поставщика и 10 % кип, но не менее одной, используют для испытаний в случае возникновения разногласий.

Кипы отбирают в выборку по спецификации (документу о качестве) поставщика или по кипной описи получателя систематически через определенный интервал (количество упаковочных единиц). Упаковочные единицы, распавшиеся, подмоченные, со снятыми поясами, имеющие дыры площадью более 100 см², в выборку не отбирают. Результаты испытаний и проверок распространяют на всю партию.

Согласно ГОСТу 20576-88 партию шерсти по количеству принимают по кондиционно-чистой массе, определенной на выборке, описанной выше.

Кондиционно-чистая масса мытой шерсти – фактическая масса мытой шерсти, приведенная к кондиционной влажности и нормам остаточных нешерстяных компонентов.

Кондиционно-чистую массу шерсти по каждой упаковочной единице выборки (m_y) вычисляют в килограммах по формуле

$$m_y = \frac{m_\phi \cdot (100 - x_3 - x_p - x_{ж})}{W_\phi + 100} \cdot 1,2062, \quad (3.2)$$

где m_y – фактическая влажность мытой шерсти каждой упаковочной единицы выборки, %; m_ϕ – фактическая масса мытой шерсти каждой упаковочной единицы выборки, кг; x_3 – фактическое содержание остаточных минеральных примесей в мытой шерсти, %; x_p – фактическое содержание остаточных растительных примесей в мытой шерсти, %; $x_{ж}$ – фактическое содержание жира в мытой шерсти, %; 1,2062 – коэффициент пересчета, учитывающий кондиционную влажность шерстяного волокна, равную 17 %, и нормативное содержание остаточных нешерстяных компонентов жира – 1 %, минеральных примесей – 1 % и растительных примесей – 1 %.

Кондиционно-чистую массу партии шерсти (m) в килограммах вычисляют по формуле

$$m = m_0 \cdot K_1, \quad (3.3)$$

где m_0 – кондиционно-чистая масса партии шерсти по данным отправителя, кг; K_1 – коэффициент, учитывающий отношение кондиционно-чистой массы выборки, определенной получателем ($\sum m_y$), к кондиционно-чистой массе выборки по данным отправителя ($\sum m_{y0}$):

$$K_1 = \frac{\sum m_y}{\sum m_{y0}}. \quad (3.4)$$

Проверка производится по следующим показателям:

- средняя тониная;
- средняя длина;
- средняя разрывная нагрузка;
- содержание подстриги, цветных волокон в неоднородной шерсти, пуховых волокон;
- содержание остаточных нешерстяных компонентов (минеральных примесей и пыли, растительных примесей, жира, спирта, водорастворимых солей);
- наличие недопустимых примесей в шерсти (гудрона, мазута, битума, масляной краски, других несмываемых веществ, ниток, обрезков шпагата из растительных и химических волокон, обрезков кожи и др.).

3.1.4 Проверка химического волокна по количеству и свойствам

Приемка химических штапельных волокон осуществляется в соответствии с ГОСТом 10213.0-2002

Перед отбором упаковочных единиц в выборку следует исключить из партии поврежденные упаковочные единицы.

Отбор упаковочных единиц проводят методом наибольшей объективности по ГОСТу 18321 или методом случайного отбора для штапельного волокна в соответствии с таблицей 3.1 и для жгута в соответствии с таблицей 3.2.

Для определения физико-механических и химических показателей, содержания пороков, а также влажности и массовой доли замасливателя от каждой упаковочной единицы в выборке отбирают четыре точечные пробы массой, зависящей от количества упаковочных единиц в партии.

Отбор точечных проб штапельных волокон проводят в различных местах упаковочной единицы на глубине не менее 20 мм и на расстоянии не менее 100 мм от края упаковочной единицы.

Таблица 3.1 – Отбор упаковочных единиц штапельного волокна

Количество упаковочных единиц в партии	Количество упаковочных единиц в выборке от партии, не менее
1–3	1
4–5	2
6–7	3
8–9	4
10–50	5
более 50	10 % (с округлением до целых единиц)

Таблица 3.2 – Отбор упаковочных единиц жгута

Количество упаковочных единиц в партии	Количество упаковочных единиц в выборке от партии, не менее
1–3	Все упаковочные единицы
4–10	3
11–30	5
31–60	7
61–100	9
более 100	10 % (с округлением до целых единиц)

К основным показателями волокна, проверяемым при приемке, относятся длина, линейная плотность, разрывная нагрузка, удлинение при разрыве, усадка.

Как и при приемке натуральных волокон, результаты испытаний проб штапельного волокна и жгута распространяются на всю партию. При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному показателю по этому показателю проводят повторные испытания того же объема пробы, отобранной из тех же упаковочных единиц.

Количественную приемку штапельного волокна и жгута проводят по кондиционной массе, которая рассчитывается по той же формуле (3.1), что и для хлопкового волокна.

Кондиционную массу штапельного волокна и жгута с учетом массовой доли замасливателя, кг, вычисляют по формуле

$$M'_K = M_K \frac{100 + X_H}{100 + X_\Phi}, \quad (3.5)$$

где X_H – нормированная массовая доля замасливателя штапельного волокна или жгута, %; X_Φ – фактическая массовая доля замасливателя штапельного волокна или жгута, %.

Кондиционную массу штапельного волокна или жгута с учетом массовой доли замасливателя вычисляют, если это предусмотрено нормативным документом на конкретные виды штапельного волокна или жгута.

3.1.5 Организация работы на складах

Требования к хранению текстильных волокон разной природы достаточно близки. Рассмотрим их на примере организации работ на складах хлопкового волокна.

Кипы хлопкового волокна складываются в штабели по разновидностям (селекциям) и промышленным сортам. В штабель укладывается несколько партий с соблюдением порядка, при котором исключается их смешивание. Периметр штабеля формируется из опорных стенок, составленных из двух рядов кип, уложенных торцевой стороной к проходам. Первые ряды опорных стенок укладываются в шесть кип по высоте. Средняя часть штабеля, а также вторые ряды опорных стенок формируются из восьми кип по высоте, при этом учитываются высота склада и противопожарные нормы.

Длина и ширина штабеля определяются размерами и конструкцией склада, а также расположением дверей и колонн. Штабели не должны соприкасаться и давать нагрузку на строительные конструкции склада. Для обеспечения устойчивости штабеля, а также для связи опорных кип между собой через каждые два ряда по высоте, по периметру штабеля на оба ряда кип производится прокладка досок шириной не менее 100 мм, толщиной 20–25 мм, длиной не менее трех метров с выпуском до 200 мм за пределы длины штабеля для связи их между собой поперечными досками.

В складах с асфальтовыми и бетонными полами, которые в течение всего года постоянно бывают сухими, кипы хлопкового волокна складываются на фанеру. В складах, где в отдельные периоды возможно промерзание грунта или попадание на пол грунтовых вод, кипы волокна хлопкового укладываются на деревянные подтоварники высотой не ниже 15 см.

Расстояние от штабеля до электросветильника должно быть не менее 1 м. Проходы между штабелями и вдоль стен (от выступающей конструкции) должны быть не менее 0,8 метра. В складе должны быть оставлены проходы в соответствии с нормами пожарной безопасности и для производства складских работ электропогрузчиком.

Учет наличия хлопкового волокна по штабелям, секциям (складам) ведется по селекциям, сортам, а в книге складского учета – и по срокам изготовления.

Для хранения хлопкового волокна и обеспечения его качественной и количественной сохранности используются склады не ниже третьей степени огнестойкости. В соседних секциях с хлопковым волокном должны размещаться товары и материалы, для тушения которых применяются однотипные, как и для волокна хлопкового, огнегасящие средства (вода, пена и так далее).

Склады должны быть технически исправными, с плотно закрывающимися дверями, чистыми и сухими, с естественной или искусственной вентиляцией. Для обеспечения проветривания склады должны быть оборудованы решетчатыми дверями и продухами, закрывающимися изнутри.

Склады для хранения хлопкового волокна в обязательном порядке оборудуются автоматической охранно-пожарной сигнализацией и телефонной связью с охраной предприятия. Противопожарное водоснабжение складов должно отвечать всем требованиям строительных норм и правил безопасности. Противопожарный запас воды (за счет устройства открытых водоемов) должен обеспечить шестичасовое тушение пожара при одновременном расходе воды 60 л/с.

Склады обеспечиваются пожарным инвентарем и первичными средствами пожаротушения, согласно установленным нормам. Средства тушения хлопкового волокна: распыленная вода, вода со смачивателями, воздушно-механическая пена и другие, пригодные для этих целей средства пожаротушения. В складах с хлопковым волокном запрещается проведение работ, связанных с применением открытого огня или образованием искры. Для работы с хлопковым волокном должны применяться технически исправные электропогрузчики.

Оптимальными условиями хранения хлопкового волокна в неотапливаемых складах являются: относительная влажность воздуха на складе **50–75 %**, температура – **не выше 25°**. Для измерения температуры и относительной влажности воздуха склады должны быть обеспечены контрольно-измерительными приборами – термографами и гигрографами, которые устанавливаются на высоте 15–20 см от пола (на уровне нижнего ряда кип) вдали от дверей и продухов. Запись показаний приборов в журнале производится в зимнее время при установившейся минусовой температуре один раз в неделю, а в остальное время года – ежедневно, а также до и после проветривания.

Во избежание выпадения конденсата не допускается резкий перепад температуры и относительной влажности наружного воздуха и складского воздуха. В целях выравнивания параметров складского и наружного воздуха осуществляется проветривание в соответствии с требованиями инструкции по регулированию температурно-влажностного режима в складах.

Хлопковое волокно является легковоспламеняющимся материалом, способным возгораться от кратковременного воздействия источника тепла незначительной энергии (местного нагрева, искры и так далее). Температура воспламенения – 210 °С, температура самовоспламенения – 407 °С. Хлопок склонен к тепловому самовозгоранию. Температура самонагрева – 120 °С, температура тления – 205 °С. Тление внутри кип может продолжаться длительное время, причем газообразные продукты горения могут поглощаться хлопком. Растительные масла,

попавшие на хлопок, легко окисляются, вызывая его самовозгорание, при этом способностью самовозгораться обладает волокно, содержащее 3–5 % масла. В случае резкого повышения температуры в складе производится тщательный осмотр штабелей и измерение температуры в разных местах штабеля в целях выявления возможных мест локального разогрева.

При хранении, а также при приемке и отпуске хлопкового волокна должны тщательно соблюдаться предупредительные меры против контакта хлопка и его тканевой упаковки с источниками теплового воздействия и с окислителями.

В процессе хранения работниками участка хранения ежедневно производится наружный осмотр штабелей. При этом особое внимание на состояние кип в нижних рядах штабелей в целях выявления увлажненных кип, осевших подтоварников, нарушения устойчивости штабелей, а также кип с лопнувшими поясами. Проверку условий хранения и состояния кип хлопкового волокна, а также технического и противопожарного состояния хранилищ осуществляют не менее двух работников с соответствующей регистрацией результатов проверки в специальных журналах, которые ведутся по каждой секции в отдельности. Выявленные недостатки немедленно устраняются.

Примерная площадь склада фабрики с суточной потребностью около 20 т хлопкового волокна 78×24 м² (трехмесячный запас – 104 вагона или 1560 т).

3.2 Разрыхление текстильных волокон в хлопкопрядении

3.2.1 Организация процесса разрыхления. Разрыхлительное оборудование

Поступающее на предприятие хлопковое волокно в кипах необходимо, прежде всего, разрыхлить, очистить от сорных примесей и подвергнуть смешиванию для создания однородной смеси.

По данным фирмы Rieter затраты на переработку хлопкового волокна на разрыхлительных, очистительных и смесовых машинах составляют от 5 до 10 % от себестоимости выпускаемой пряжи. Однако именно эти процессы оказывают существенное влияние на изменение свойств исходного сырья, стоимость которого достигает 50–70 % от себестоимости пряжи. Именно машины разрыхлительно-очистительного отдела обеспечивают рациональное использование исходного сырья.

Целью разрыхления является повышение эффективности очистки волокон от примесей, разъединения и смешивания волокон.

Сущность разрыхления заключается в уменьшении средней плотности совокупности спутанных волокон и в разделении этой совокупности на более мелкие клочки.

В настоящее время применяется два механических способа разрыхления:

1. Расщипывание, заключающееся в одновременном воздействии на клочок волокон в свободном состоянии поверхностей двух рабочих органов, движущихся в разном направлении или в одном направлении с разными скоростями.

2. Ударное воздействие в зажатом или свободном состоянии. При ударном воздействии на клочок в зажатом состоянии повышается вероятность повреждения волокон, образования пороков, в связи с чем данный способ разрыхления практически не применяется на современном оборудовании.

При разрыхлении, когда разрушается структура совокупности спутанных волокон, происходит выделение сорных примесей, то есть разрыхление сопутствует процессу очистки.

Современный разрыхлительно-очистительный отдел включает следующее оборудование:

1. Машины для разборки кип:
 - автоматические кипные питатели с верхним отбором волокна;
 - питатели-смесители с игольчатыми решетками – при малых объемах партии или переработке регенерированных волокон.
2. Очистители предварительные и тонкой очистки, обеспечивающие бережную очистку, сводящую к минимуму повреждение волокон.
3. Смесовые машины различных типов в зависимости от вида смешиваемых компонентов и требований к качеству смешивания.
4. Отделители посторонних примесей.
5. Обеспыливающие машины и устройства.

Состав разрыхлительно-очистительного агрегата или поточной линии, тип машин, осуществляющих процессы разрыхления, очистки, перемешивания, зависят от характера перерабатываемого сырья. Так, при переработке химических волокон цепочка машин в агрегате укорачивается. При добавлении в смесь хлопкового волокна повышенной засоренности (выше средней засоренности смеси) к агрегату добавляют приставку, назначение которой – дополнительно очистить засоренный компонент, доведя его засоренность до средневзвешенной засоренности смеси. В этом случае цепочка машин агрегата удлиняется.

На начальной стадии технологического процесса используются машины для отбора волокна из кип. В настоящее время для этой цели используются машины трех типов:

- машины с игольчатыми решетками;
- машины с нижним отбором волокна из кип;
- машины с верхним отбором волокна из кип.

Питатели с игольчатыми решетками. Игольчатая решетка представляет собой бесконечное полотно, состоящее из планок, на которых в шахматном порядке под определенным углом закреплены иглы (рисунок 3.1).

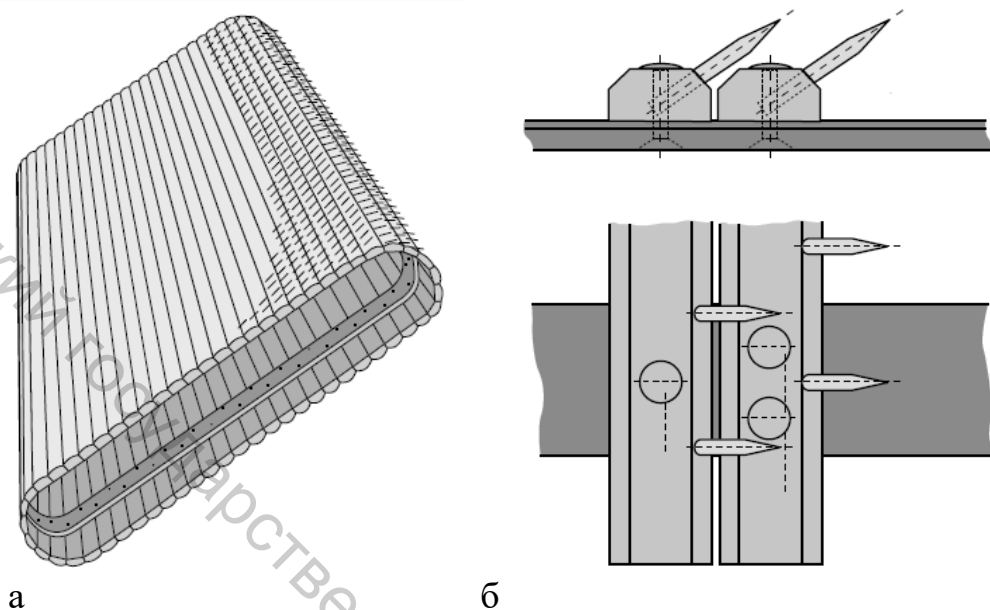


Рисунок 3.1– Игольчатая лента:
а – внешний вид; б – расположение игл на планках

На рисунке 3.2 представлена схема питателя-смесителя ВО-С с игольчатой решеткой, выпускаемого фирмой Trutzschler (Германия).

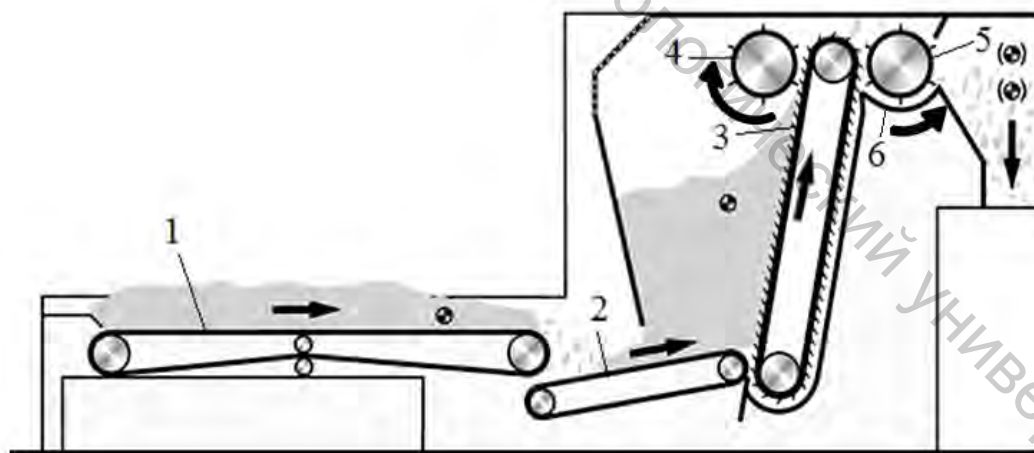


Рисунок 3.2 – Технологическая схема питателя-смесителя ВО-С

Загрузка машины осуществляется через питающий транспортер 1, на который волокно укладывается вручную. Транспортер сбрасывает волокно на питающую решетку 2, с которой игольчатая решетка 3, захватывает иглами клочки волокон по всей своей ширине и подносит их к разравнивающему валику 4, иглы которого движутся навстречу подводимому слою из клочков. Крупные клочки, попав между иглами ре-

щетки и валика, имеющими встречное движение, разделяются на более мелкие части в зависимости от разводки между иглами. Волокно, оставшееся на иглах игольчатой решетки 3, подводится ею к съемному барабану (валику) 5, который сбрасывает клочки вниз на колосниковую решетку 6 и далее выводит из машины.

При ударах о колосники клочки волокон встряхиваются, от них отделяется небольшое количество сорных примесей, которые выпадают через колосниковую решетку в утарную камеру. Клочки волокон, оставшиеся на иглах разравнивающего валика 4, сбрасываются с них обратно в камеру питателя, где смешиваются с вновь подаваемой массой волокон. Уровень заполнения камеры и наличие волокна на питающем транспортере контролируются оптическими датчиками (фотоэлементами). По сигналу от датчиков о переполнении камеры подача волокна в машину прекращается.

Фирма Trutzschler выпускает также питатели-смесители других марок, например:

- ВО-U – питание осуществляется как с помощью питающего транспортера, так и через бункер (рисунок 3.3);
- ВО-R – предназначен для подачи отходов волокна и отличается тем, что вместо разравнивающего колкового барабана используется разравнивающая решетка (рисунок 3.4).

Технические характеристики питателей-смесителей фирмы Trutzschler представлены в таблице 3.3.

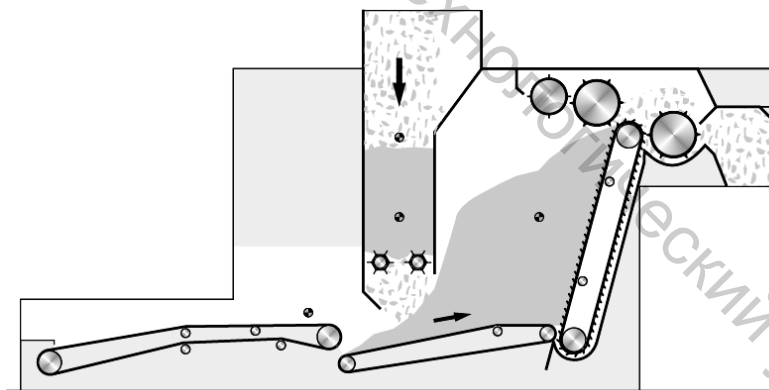


Рисунок 3.3 – Технологическая схема питателя-смесителя ВО-U

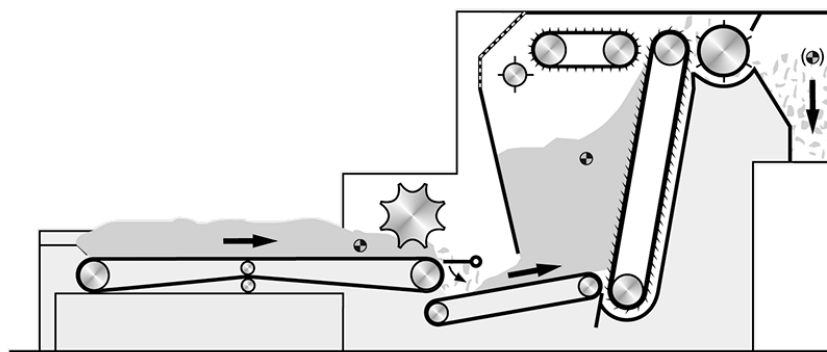


Рисунок 3.4 – Технологическая схема питателя-смесителя ВО-R

Таблица 3.3 – Технические характеристики питателей-смесителей фирмы Trutzschler

Наименование параметра	Значение параметра			
Марка машины	BO-C	BO-R	BO-E	BO-U
Рабочая ширина, мм	1000		1600	
Максимальная производительность, кг/ч	300	100	750	1700
Вместимость камеры, м ³	1,5	1	5	2–6

Фирма Rieter (Швейцария) выпускает питатель-смеситель В34 и его модификации. На рисунке 3.5 представлена схема питателя-смесителя В 34R, особенностью которого является наличие дополнительного узла разрыхления. Принцип действия данного питателя практически аналогичен принципу действия питателя ВО-С. Волокнистый материал укладывается на питающий транспортер 1, который подает волокнистый материал на питающую решетку 2. Питающая решетка подает волокнистый материал к игольчатой решетке 3, которая захватывает клочки волокон из смесительной камеры 4. Между игольчатой решеткой и разравнивающим валиком 5 происходит расщипывание наиболее крупных клочков волокна. Волокнистый материал с помощью очистительного валика 6 снимается с разравнивающего валика и сбрасывает в камеру 4.

Съемный валик 7 снимает клочки волокон с игольчатой решетки и подает их в загрузочную камеру (бункер) 8, уровень загрузки бункера также регулируется с помощью оптических датчиков. Питающие валики 9 подают материал к разрыхлительному барабану 10, под действием которого материал разрыхляется и очищается. Отходы выделяются в угарную камеру 11. После этого волокнистый материал по пневмопроводу 12 подается к последующей машине.

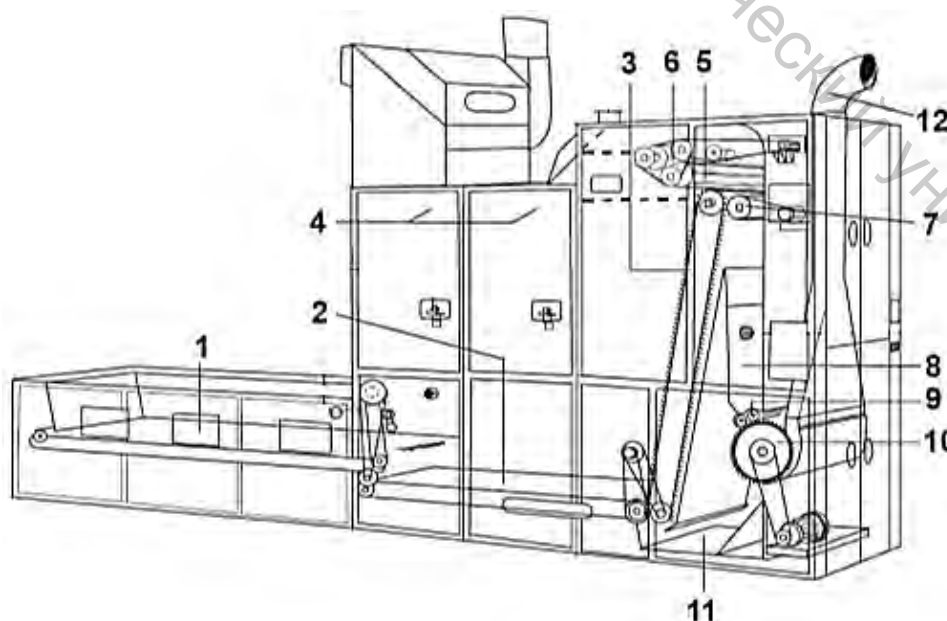


Рисунок 3.5 – Технологическая схема питателя-смесителя В 34R

Питатель-смеситель В 34S отличается тем, что колосниковая решетка под барабаном заменена на сплошной лист, а на питателе-смесителе В 34 узел очистки и разрыхления отсутствует.

Средняя масса клочков, выходящих из машины, составляет 0,5–1 г, что в 5–10 раз больше, чем после автоматических кипоразрыхлителей. На питателе-смесителе выделяется до 0,1 % отходов, преимущественно пуха и сора.

Максимальная производительность питателя В 34 составляет 500 кг/ч, а питателей В 34S и В 34К – 400 кг/ч.

Питатели-смесители имеют следующие недостатки:

- относительно низкая производительность большинства моделей;
- низкая эффективность разрыхления, характеризующаяся большим размером клочка;
- ограниченные возможности регулирования размера клочков.

В связи с этим питатели смесители в настоящее время не используются в качестве основного вида машин, предназначенных для питания волокном поточных линий. Современные питатели-смесители с игольчатыми решетками рекомендуется использовать для переработки малых партий волокна, а также введения в смесь регенерированных отходов волокна или компонентов, процентное содержание которых в смеси невелико.

Такие питатели экономичны, не занимают много места, обеспечивают параллельную загрузку компонентов. Как будет показано далее, при оснащении весовыми питателями они могут быть использованы для дозирования компонентов, подаваемых в смесовые системы.

Машины с нижним отбором волокна из кип. Рассмотрим работу машины с верхним отбором волокон на примере автоматического кипоразрыхлителя РКА-2Х (рисунок 3.6), который предназначен для разрыхления хлопкового волокна, отходов и оборотов непосредственно из кип, частичного смешивания и очистки от сорных примесей.

Распакованные две кипы хлопкового волокна загружают с помощью самоходного аккумуляторного погрузчика в контейнер кипоразрыхлителя 1. В контейнере подвешен груз 2, который создает дополнительную нагрузку на кипы. В нижней части контейнера имеются четыре ролика, на которых он перемещается возвратно-поступательно. Кипы располагаются на решетках 3, представляющих собой сварную конструкцию из связей и прутков. Решетки установлены над барабанами 4 и предназначены для ограничения провисания нижних слоев кипы в зоне отбора клочков волокна.

Положение решетки можно изменять по вертикали, что обеспечивает приближение или удаление провисающих участков кипы относительно колков барабанов. Барабан 4 представляет собой вал, на котором закреплены чугунные диски. На дисках параллельно оси вала располо-

жены 12 стальных планок с колками. Очистительное устройство состоит из колосниковых решеток 5, установленных под каждым барабаном.

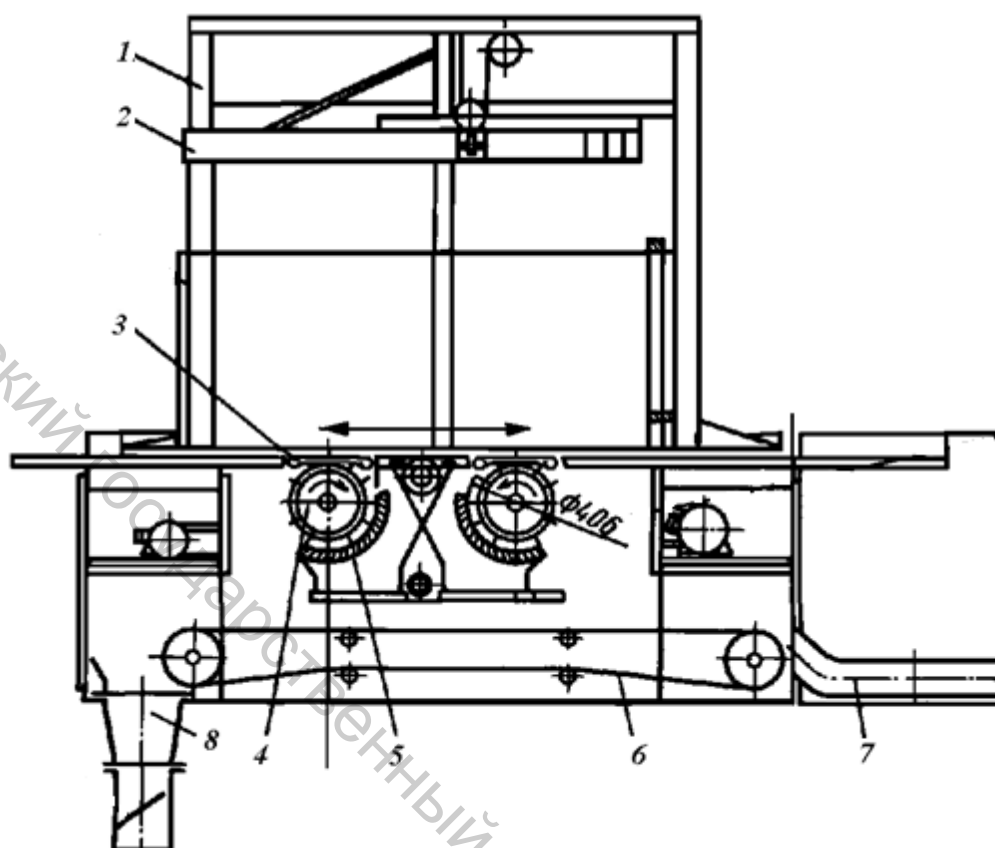


Рисунок 3.6 – Технологическая схема автоматического кипоразрыхлителя РКА-2Х

Колосниковая решетка состоит из сегментов, колосников трехгранного сечения и накладок. Каждая пара решеток с дном и перегородками образует камеру для сбора отходов. Колками барабанов 4 отбираются клочки волокна (рисунок 3.7), которые протаскиваются по колосникам решетки 5 и сбрасываются на ленту транспортера 6. Последний подает продукт в патрубок 7.

Удаление отходов из камер происходит автоматически после получения сигнала от системы управления удалением отходов или кнопки.

В это время происходит сдвиг дна камер, отходы сбрасываются на ленту транспортера 6 и выводятся через патрубок 8 в систему транспортировки отходов. Лента транспортера 6 движется в это время в сторону патрубка 8.

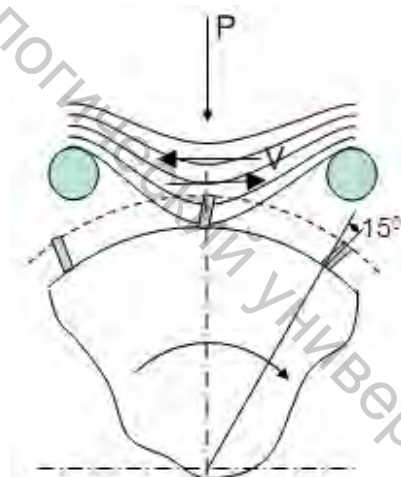


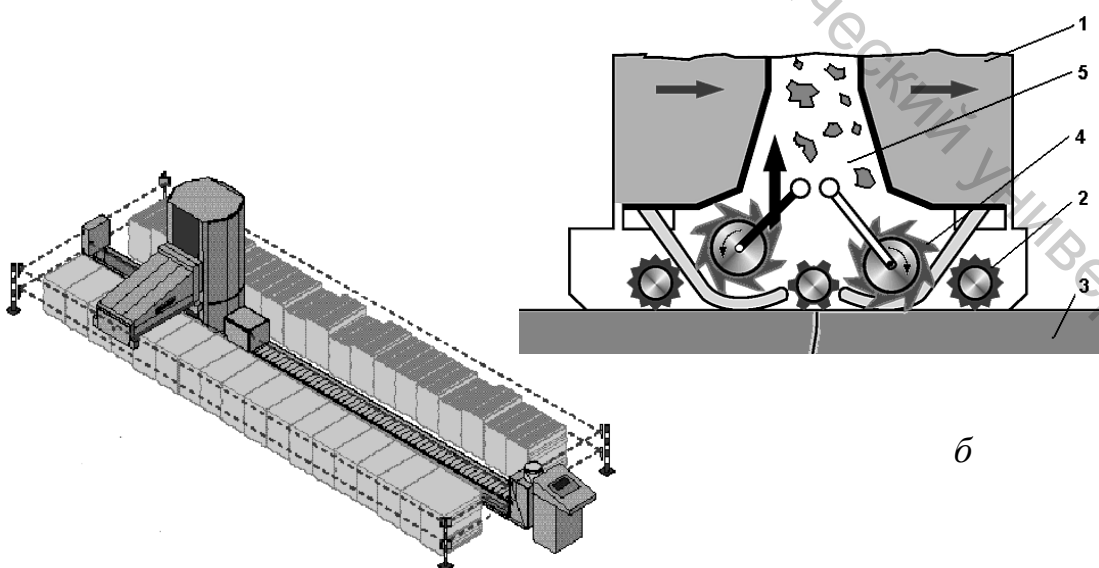
Рисунок 3.7 – Принцип нижнего отбора волокна

К недостаткам машин с нижним отбором волокна можно отнести небольшое количество одновременно перерабатываемых кип волокна, то есть незначительный смешивающий эффект, а также некоторую нестабильность производительности и разрыхлительного эффекта из-за изменения глубины провисания нижних слоев кипы при ее срабатывании. В связи с указанными недостатками кипоразрыхлители данной конструкции сняты с производства и в настоящее время заменены на более прогрессивные кипоразрыхлители с верхним отбором волокон.

Машины с верхним отбором волокна из кип. В настоящее время наибольшее распространение получили машины с верхним отбором волокна из кип. Они не имеют недостатков, характерных для машин с нижним отбором, так как позволяют перерабатывать значительное количество кип, установленных в ставку, где размер клочка не зависит от текущей массы кипы, а определяется величиной погружения разрыхляющих органов в кипу за каждый ход кипоразборщика.

Фирма Trutzschler применяет в своих поточных линиях автоматические кипоразрыхлители Blendomat BO-A (рисунок 3.8), которые могут обрабатывать ставку до 180 кип длиной до 50 м и обеспечивать волокном одновременно 3 поточных линии. Причем ставка может быть разбита на отдельные партии (до 8) с разными свойствами волокна. Смешивание партий и подача их на определенные агрегаты производится автоматически по заданной программе.

Головка кипного питателя (кипоразборщик) 1 (рисунок 3.8 б) содержит опорные валики 2, которые контактируют с поверхностью кип 3, и пару ножевых барабанов 4, вращающихся навстречу друг другу. Каретка с установленной на ней поворотной колонной, несущей кипоразборщик, реверсивно перемещается по рельсовому пути, по обеим сторонам которого на полу располагают две ставки кип (рисунок 3.8 а).



а

б

Рисунок 3.8 – Автоматический кипный питатель Blendomat BO-A

При движении в одну сторону в работе участвует только один (первый) барабан. Под действием дисковых ножей и разрежения воздуха, создаваемого в патрубке 5, клочки волокна из верхних слоев отрываются от поверхности кип и транспортируются по пневмопроводу к следующей машине.

Высота кип может быть неодинакова, головка кипоразборщика автоматически при подходе к кипе подстраивается под ее высоту с тем, чтобы глубина погружения дисковых ножей в хлопковую массу была всегда одинакова.

Наряду с повышением удобства обслуживания улучшается качество смеси, поскольку исключаются ошибки в укладке кип, устраняются прерывания процесса смешивания материала, и подбор кип может осуществляться оптимальным образом на основании учета параметров каждой отдельной кипы.

Работа устройств контролируется автоматизированной системой управления производством, в базе данных которой хранятся сведения о качественных характеристиках волокна в каждой кипе. Кипоразрыхлители снабжаются системами фотоэлектрической блокировки при доступе человека в рабочую зону каретки и автоматическими системами пожаротушения.

Максимальная производительность кипоразрыхлителя Blendomat ВО-А зависит от длины кипоразборщика, с увеличением которой появляется возможность расширить ставку кип. При длине кипоразборщика, равной 1720 мм, максимальная производительность составляет 1500 кг/ч, а при длине 2300 мм – 2000 кг/ч.

Новой разработкой компании Trutzschler стал автоматический кипоразрыхлитель Blendomat ВО-Р, особенностью которого является то, что кипоразборщик установлен не на одной поворотной каретке, а на двух каретках, которые в процессе работы двигаются возвратно-поступательно. Изменение конструкции позволило существенно увеличить длину ножевых барабанов и, как следствие, ширину ставки кип до 3,5 м. В результате на четверть сократилась площадь, занимаемая ставкой кип и кипоразрыхлителем (рисунок 3.9).

В ставке возможно размещение от 5 до 7 кип друг рядом с другом. Рабочая головка с двумя разрыхлительными валиками разрабатывает одновременно до 14 кип. Тем самым обеспечивается основа однородной смеси в линии очистки.

Плотность зубьев на барабанах увеличилась на 25 %, а суммарное количество – в 2 раза, что привело к уменьшению массы отделяемых клочков.

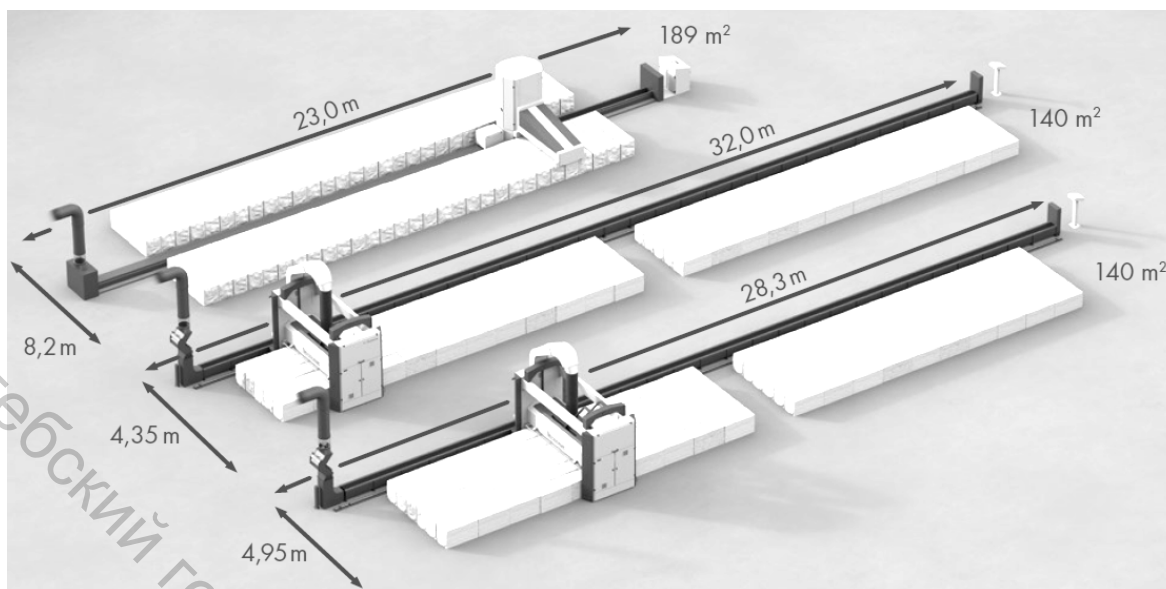


Рисунок 3.9 – Сравнение площадей, занимаемых кипоразрыхлителями разных марок при разной конфигурации ставок кип

В стандартном исполнении кипоразрыхлитель ВО-Р имеет длину 30,25 м. Эта длина может быть увеличена до 74,5 м. Длина ставки кип и рабочая ширина кипоразборщика определяют количество кип в ставке, как показано на графиках, представленных на рисунке 3.10.

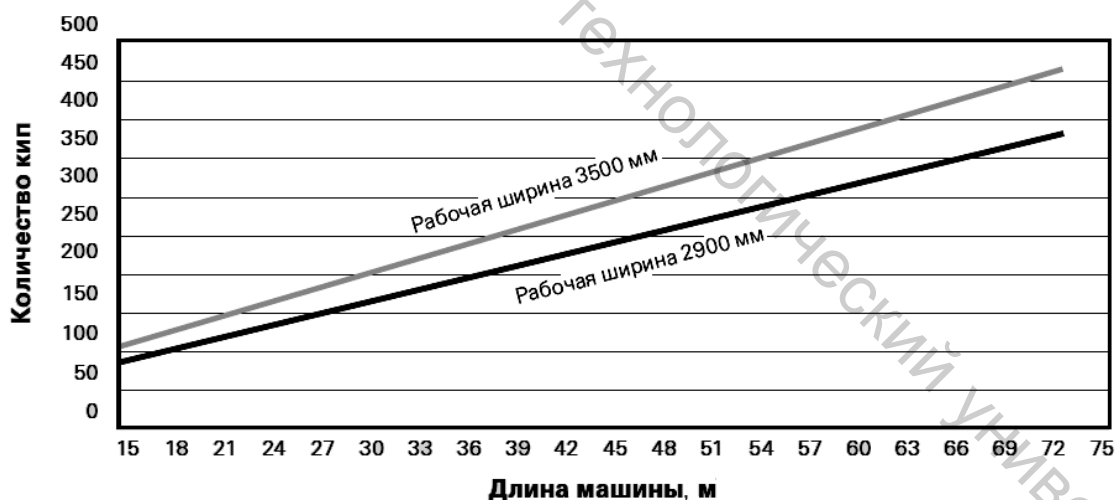


Рисунок 3.10 – Влияние размеров кипного питателя на количество кип в ставке

Повышенная жесткость конструкции способствует повышению долговечности работы кипоразрыхлителя новой конструкции.

Фирма Rieter выпускает автоматические кипные питатели Unifloc A 11, которые отличаются от других машин самым высоким эффектом разрыхления (то есть наименьшей массой клочка волокон), что достигается особым профилем ножей ножевых барабанов (рисунок 3.11 а).

Кипный питатель Unifloc A 11 (рисунок 3.11 *а*) может перерабатывать ставку, состоящую из 120 кип. Возможна одновременная и чередующаяся разборка кип четырех смесок на четыре агрегата.

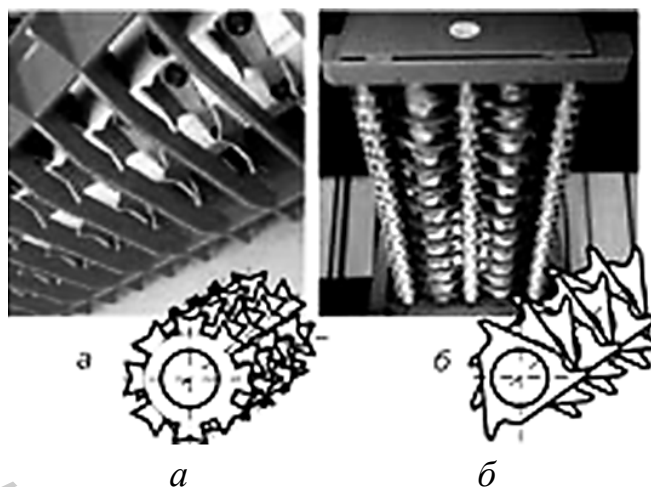


Рисунок 3.11 – Профиль ножевых барабанов кипоразрыхлителей:
а – Unifloc A11; *б* – Blendomat BDT

Максимальная длина ставки кип составляет 47,2 м, а ширина, как и в случае с кипоразрыхлителем Blendomat BO-A, зависит от длины кипоразборщика. Длина ставки определяется в зависимости от максимально планируемой производительности, количества одновременно перерабатываемых сортровок, а также от длины рабочей части кипоразборщика.

Усовершенствованной моделью кипного питателя является Unifloc A12, максимальная производительность которого достигает 2000 кг/ч. Данная модель оснащена запатентованной системой измерения усилия при сканировании ставки, что позволяет достичь требуемой высокой производительности сразу после смены группы кип при обеспечении равномерной подачи волокна. Благодаря запатентованному съемному валику с качающейся шайбой обеспечивается непрерывное щадящее отделение клочков волокон.

После переработки материала на кипных питателях разрыхление на современных поточных линиях продолжается, как правило, на очистителях и смесовых машинах. Специальных машин, отвечающих непосредственно за разрыхление хлопка, не устанавливается.

Для переработки химических волокон и хлопка с низкой засоренностью фирма Trutzschler предлагает использовать разрыхлители, так как в этом случае исключается необходимость установки очистителей. Фирма предлагает серию разрыхлительных машин Tuftomat, схемы которых отличаются от схем очистителей Cleanomat отсутствием зон очистки.

Однобарабанный разрыхлитель Tuftomat TO-T1 (рисунок 3.12 *а*) рекомендуется для переработки химических волокон. Основным рабо-

чим органом разрыхлителя является барабан со штифтовыми иглами, под которым расположен сороотбойный нож и чешущий сегмент. Подача волокна в машину осуществляется с помощью питающей решетки.

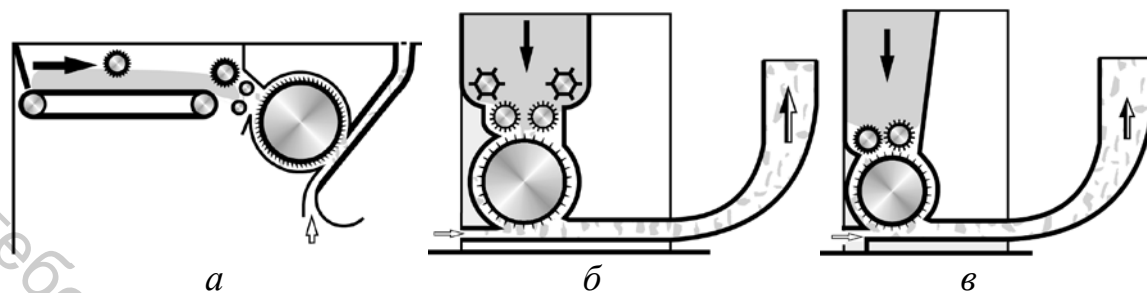


Рисунок 3.12 – Разрыхлители фирмы Trutzschler

При подаче волокна из бункера рекомендуется использовать универсальный разрыхлитель ТО-У (рисунок 3.12 б). В зависимости от вида перерабатываемых волокон фирма предлагает оснащать разрыхлитель барабанами с разной гарнитурой. Также фирма выпускает тонкий разрыхлитель ТО-С (рисунок 3.12 в), подача волокна в который может осуществляться непосредственно от кипного питателя ВО-У.

Достоинствами разрыхлителей Tuftomat являются индивидуальное решение для каждого вида химических волокон, высокая производительность (ТО-У – до 1500 кг/ч), а также бережное разрыхление материала.

3.2.2 Интенсивность и эффективность процесса разрыхления

Под интенсивностью разрыхления понимается степень воздействия на волокнистый материал рабочих органов машин разрыхлительно-очистительного агрегата.

Показатели, характеризующие интенсивность разрыхления разработаны, в первую очередь, для узлов, в которых разрыхление осуществляется методом ударного воздействия в зажатом состоянии. В этом случае интенсивность разрыхления оценивают степенью разрыхления, которая представляет собой число ударов органа разрыхления на единицу длины слоя материала, подаваемого питающими цилиндрами, и определяется по следующей формуле:

$$S_1 = \frac{k \cdot n}{V_{II}}, \quad (3.6)$$

где k – число элементов органа разрыхления (для трепала – число бил, для ножевого барабана – число ножей и т.д.); n – частота вращения органа разрыхления, мин⁻¹; V_{II} – скорость подачи материала, м/мин.

Формула (3.6) не отражает влияния на степень разрыхления линейной плотности подаваемого слоя материала. Более полно степень разрыхления характеризуется числом ударов органа разрыхления, приходящимся на 1 г подаваемого материала,

$$S_2 = \frac{1000k \cdot n}{T \cdot V_{II}}, \quad (3.7)$$

где T – линейная плотность слоя материала, текс.

Масса волокнистого материала, отделяемая при каждом ударе органа разрыхления

$$m = \frac{1}{S_2} = \frac{T \cdot V_{II}}{1000k \cdot n}. \quad (3.8)$$

Для машин, в которых разрыхление осуществляется в свободном состоянии, интенсивность разрыхления можно оценить только косвенно. Можно утверждать, что интенсивность разрыхления тем выше, чем меньше волокна проходит через машину за единицу времени или чем выше скоростной режим ее работы.

Эффективность разрыхления – степень разрыхленности волокнистого материала, то есть степень уменьшения его объемной массы и разделения на более мелкие клочки.

Степень разрыхленности напрямую характеризуется объемной массой материала и средней массой клочков, на которые разделяется волокнистый материал.

Для определения объема волокнистого материала его надо положить в какой-либо сосуд или ящик, причем в материале не должно быть пустот. Удобен сосуд в форме цилиндра, соединенный внизу с усеченным конусом. Все внутренние углы тупые (135°), материал при заполнении сосуда хорошо укладывается, без пустот.

Очень прост второй способ, основанный на определении средней массы клочков. Для этого после каждой машины агрегата отбирают волокнистый материал во взвешенном состоянии на картонку (например, из трубопровода после горизонтального разрыхлителя), из него пинцетом отбирают определенное число клочков (обычно 500), которые взвешивают. Чтобы не было разногласий в отношении того, что считать клочком, условились при отборе клочков пинцетом производить однократное встряхивание рукой, при этом клочок отделяется от наложенных на него других клочков. Результаты оценки степени разрыхленности при использовании поточной линии фирмы Trutzschler представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Изменение массы клочка волокон по ходу технологического процесса

Машина поточной линии	Масса клочка, мг
Автоматический кипный питатель ВО-А	70
Предварительный очиститель Cleanomat CL-P	8
Очиститель Cleanomat CL-C4	
первый барабан	1
второй барабан	0,7
третий барабан	0,5
четвертый барабан	0,1
Шляпочная чесальная машина ТС 07	
первый приемный барабан	0,05
второй приемный барабан	0,01
третий приемный барабан	0,005
главный барабан	0,002–0,005 (1 волокно)

В качестве косвенной характеристики разрыхленности волокнистого материала может рассматриваться и эффективность его очистки при прочих равных условиях. Очевидно, что сорные примеси, находящиеся внутри клочков волокон, не могут быть удалены из него. В результате разделения клочка на несколько частей некоторые примеси оказываются на их поверхности и могут выделяться в отходы. Поэтому справедливо сделать вывод о том, что с повышением степени разрыхленности снижается степень засоренности волокнистого материала.

Эффективность разрыхления зависит от ряда факторов. Чем больше объемная масса волокнистого материала, проходящего через зону разрыхления, тем значительнее усилие, требуемое для его разрыхления. Чем больше влажность волокнистого материала, тем больше сопротивление разрыхлению; для получения определенного эффекта требуются значительные усилия и больше времени. Это объясняется тем, что при увеличении влажности сила упругости волокон в спрессованном волокнистом материале, давление на соседние волокна и стремление волокон занять больший объем уменьшаются.

На сопротивление волокнистого материала разрыхлению большое влияние оказывают длина, тонина, распрямленность и другие характеристики волокон. Сопротивление волокон разрыхлению тем больше, чем больше длина волокон, чем они тоньше, менее распрямлены и чем выше шероховатость их поверхности. Незрелые хлопковые волокна малопруги, так как имеют менее толстые стенки, вследствие чего незрелый хлопок разрыхляется труднее. Существенное влияние на эффективность разрыхления оказывает гарнитура органа разрыхления (колки, ножи, штифтовые иглы, шипы, зубья), а также их количество.

С повышением интенсивности разрыхления увеличиваются степень очистки волокнистого материала и его разрыхленность. Однако зависимость между этими факторами непропорциональная. Кроме того,

повышение интенсивности разрыхления ведет к увеличению потерь и пороков волокна.

Для обеспечения успешного протекания кардочесания необходимо, чтобы в настиле чесальной машины клочки были хорошо разрыхлены, волокна в них не перепутаны, то есть клочки не должны быть зажгучены. В завитке, представляющем собой закрученный клочок, волокна перепутаны, хотя еще не затянуты в узелок. В процессе кардочесания завиток превращается в узелок.

Степень зажгученности волокнистого материала оценивают по числу узелков в 1 г прочеса.

В связи с наличием отрицательного влияния процесса разрыхления на свойства волокнистого материала, желая получить необходимый результат, устанавливают оптимальную скорость органа трепания для перерабатываемого сырья каждого вида (рисунок 3.13).

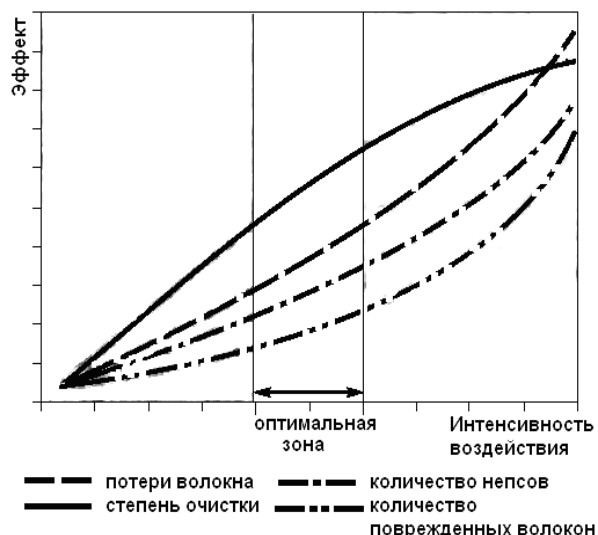


Рисунок 3.13 – Влияние интенсивности воздействия на волокно в процессе очистки на характеристики волокна

3.3 Оборудование, применяемое для очистки хлопкового волокна

3.3.1 Цель и сущность процесса очистки

В поступающем на прядильное производство текстильном сырье содержится значительное количество жестких примесей и мягких пороков. Например, к примесям относятся остатки листочков, створок и стенок коробочек (рисунок 3.14 а), стеблей (рисунок 3.14 б); незрелое, битое и раздавленное семя или кожица с волокном (рисунок 3.14 в), отделяемая зубьями пилы от семени в процессе волокноотделения.

К порокам относятся жгутики, завитки, комбинированные пороки, узелки, получающиеся в процессах волокноотделения и первичной очистки (рисунок 3.14 г). Кроме того, в хлопковом волокне содержатся неорганические примеси: земля, песок, различные металлические и текстильные включения.

Перечисленные примеси и пороки затрудняют получение пряжи, повышают ее обрывность и неровноту, портят внешний вид готовых изделий. Для получения чистой пряжи необходимо выделить из хлопкового волокна все перечисленные примеси и пороки.

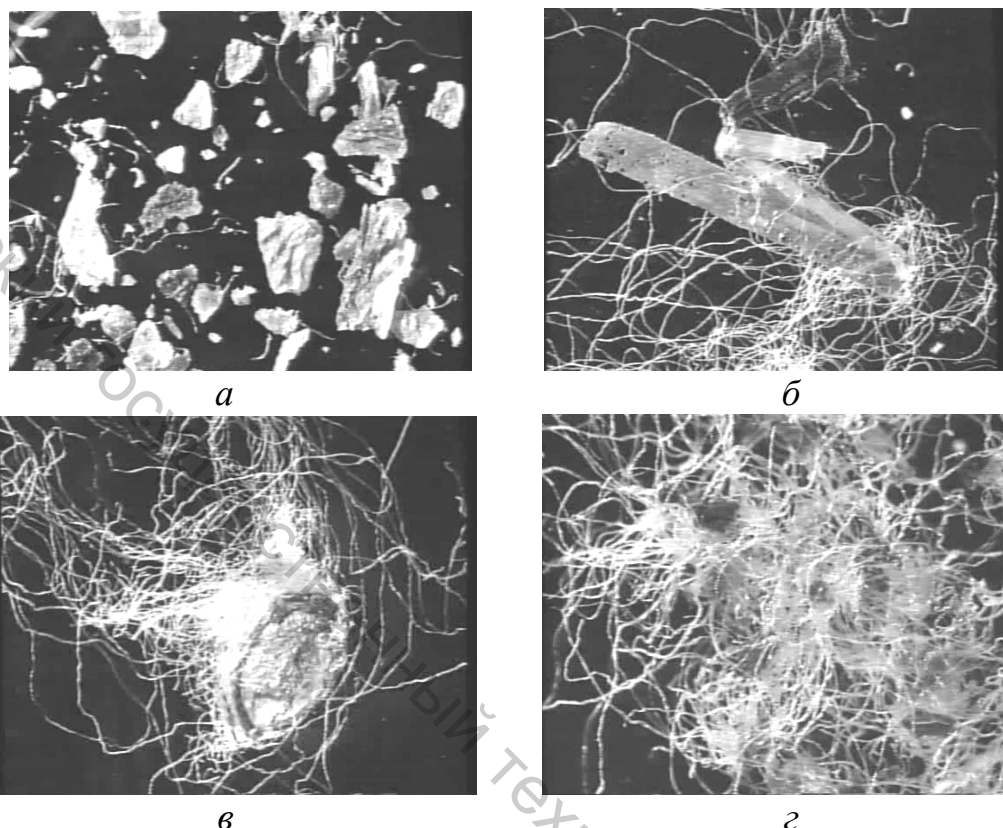


Рисунок 3.14 – Сорные примеси и пороки волокна

Сущность очистки заключается в выделении примесей (жестких и мягких) и пороков волокна из волокнистых материалов.

Цель очистки – получение чистой пряжи и обеспечение стационарности технологических процессов, то есть снижение обрывности и неровноты полуфабрикатов и пряжи.

Очистка волокна происходит не только на машинах, называемых очистителями, но и на других машинах поточных линий (разрыхлителях, смесовых машинах и т.д.), но и на последующих переходах технологического процесса прядильного производства – на чесальных, гребнечесальных и пневмомеханических прядильных машинах. На ленточных машинах также происходит обеспыливание волокнистого продукта, которое можно рассматривать как разновидность процесса очистки. Однако в данной главе будут рассмотрены варианты реализации процесса очистки волокна только на машинах разрыхлительно-очистительного отдела.

В настоящее время практическое применение для разных типов волокон на разных этапах его переработки получили следующие способы очистки:

- механический;
- аэродинамический;
- химический.

Механический способ очистки заключается в ударном воздействии ножей или бил по концу волокнистого слоя (бородке), который зажат питающим устройством и непрерывно подводится в зону действия трепала или ножевого барабана. При этом осуществляется также разрыхление волокнистого материала как сопутствующий процесс.

Аэродинамический способ очистки заключается в различном воздействии сил инерции на движущиеся в воздушном потоке клочки волокон и примеси при резком изменении траектории движения воздушного потока в криволинейном трубопроводе.

Химический способ очистки в хлопкопрядении не используется. Примером его применения является карбонизация шерсти, которая заключается в удалении целлюлозных примесей с использованием слабых растворов серной кислоты.

Также к очистке можно отнести промывку (мойку) шерсти при ее первичной переработке, так как в этом процессе происходит удаление из волокнистого материала различных примесей, в том числе жиропота.

Очистка текстильных волокон состоит из двух операций: разрушение связи между волокнами и примесями и отделение примесей от волокон. Связи между волокнами и примесями разрушаются вследствие приложения усилий, растаскивающих клочки волокна. Отделение примесей от волокон происходит в момент приложения усилий, например в момент приложения центробежных сил к клочку, протаскиваемому по колосниковой решетке.

Важно обратить внимание на то, что в хлопкопрядении понятие «очистка» в ряде случаев относится только к удалению примесей растительного происхождения, а в случае выделения из материала минеральных, металлических и текстильных примесей используется термин «отделение». Соответственно, рассмотрим отдельно очистители волокна и отделители инородных примесей.

3.3.2 Очистительные машины в хлопкопрядении

В настоящее время ведущие фирмы текстильного машиностроения предлагают машины, осуществляющие очистку преимущественно в свободном состоянии, что позволяет снизить отходы дорогостоящего сырья, не ухудшая качественных характеристик волокон.

В большинстве случаев на очистителях для удаления примесей из волокна используются колосниковые решетки, которые изготавливают из прутьев, как правило, треугольного сечения, расположенных по дуге

(рисунок 3.15) и называемых колосниками. В результате взаимодействия клочков волокон с элементами разрыхлительных барабанов (колков, ножей или шипов) и с колосниками происходит интенсивное встряхивание и деление клочка, разрушение связи между волокнами и примесями и отделение последних от волокон.

Колосниковая решетка выполняет двойную функцию. Во-первых, колосники задерживают клочки, на которые воздействуют колки или шипы, в результате чего клочки разделяются на более мелкие или встряхиваются без разделения, что способствует выделению пыли и примесей. Во-вторых, отделяемые от клочков примеси выпадают в утарные камеры в зазоры между колосниками. Между колками или ножами быстро вращающегося барабана и колосниками устанавливается минимальная разводка, что обеспечивает хорошую очистку волокнистого материала.

Верхняя, меньшая грань ab поддерживает клочки волокна и направляет их к заостренному ребру следующего колосника. Передняя, большая рабочая грань ac является отражателем ударяющихся о нее сорных примесей. Рабочий угол cab (50°) обращен навстречу движущимся клочкам хлопкового волокна. При ударе клочка о переднюю грань ac этот угол способствует отделению примесей от волокнистой массы.

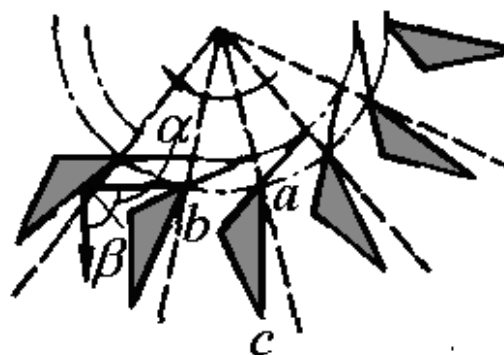


Рисунок 3.15 – Схема колосниковой решетки

Лучшему выделению примесей способствует также расширение каналов между передними и задними гранями колосников.

Сорные примеси ударяются о переднюю грань ac под углом α к нормали и отражаются от нее под углом β . Сорные примеси не являются вполне упругими телами, поэтому угол отражения $\beta > \alpha$, что способствует лучшему их выделению через промежутки между колосниками.

Рассмотрим наиболее распространенные в настоящее время подходы к очистке волокна, используемые на современном оборудовании, устанавливаемом на хлопкопрядильных предприятиях.

В настоящее время фирмы-производители разделяют очистители на 2 группы – предварительные (грубые) и окончательные (тонкие). В ряде случаев в соответствии с рекомендацией производителей достаточно использовать только один этап очистки, чтобы повысить выход пряжи из смеси и не допустить ухудшение свойств волокна.

Большой эффективностью и малыми размерами отличаются однобарабанные предварительные очистители фирмы Rieter UNIClean различных модификаций с барабаном, покрытым проволочными элементами (шипами). На этих машинах волокна движутся по спирали вокруг бара-

бана за счет смещения входного и выходного патрубков. Машины устанавливаются в разрыхлительной цепочке сразу после автоматического кипоразрыхлителя. Машины осуществляют разрыхление и бережную очистку хлопка, льна и отходов прядильного производства с производительностью до 1200 кг/ч при относительно небольшой занимаемой площади. Благодаря высокой обеспыливающей способности машины UNIclean она особенно эффективно используется при подготовке полуфабриката к пневмомеханическому прядению.

Волокно поступает в машину по патрубку 1 (рисунок 3.16) и разрыхляется в свободном состоянии специальными проволоочными элементами (шипами) барабана 2. Выделяемые при этом сорные примеси проваливаются сквозь колосники 3 и на шлюзовую валик (затвор) 4. Шлюзовой затвор представляет собой валик с лопастями, который не позволяет создавать разрежение воздуха в угарной камере и в области колосниковой решетки, что снижает вероятность удаления качественного волокна в отходы.

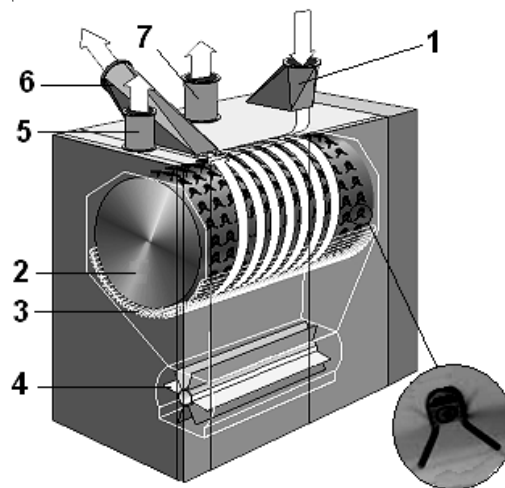


Рисунок 3.16 – Схема предварительного очистителя UNIclean B11

Периодически шлюзовой валик поворачивается, выводя отходы в пневмосистему по патрубку 5. Разрыхленное и очищенное волокно выводится из машины через патрубок 6. За счет смещения патрубка 6 относительно патрубка 5 волокнистый материал движется по спирали, проходя зону очистки неоднократно (5–7 раз – в зависимости от модели). Пыль, выделенная из волокна во время разрыхления, осаждается на сетчатых фильтрах машины, а отработанный воздух удаляется через патрубки 5 и 7.

Небольшой размер разрыхляющего органа (шипа) обеспечивает разрыхление волокнистой массы на очень мелкие клочки, что способствует более эффективной обработке материала на следующей машине.

Выделение в отходы прядомого волокна на UNIclean B11 на 2 % ниже, чем на машинах с колковыми барабанами. Очистка волокна одним барабаном в свободном состоянии исключает повреждение волокон и образование узелков.

Новой разработкой фирмы является предварительный очиститель UNIclean B15 (рисунок 3.17), который отличается высокой производительностью (до 2400 кг/ч) при повышенном очистительном эффекте за счет изменения траектории движения волокнистого материала.

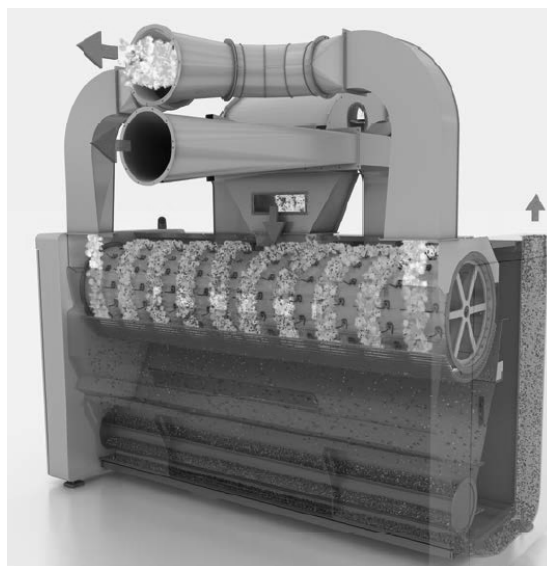


Рисунок 3.17 – Предварительный очиститель UNIclean B15

Все современные разрыхлители полностью автоматизированы. Оптимизация работы разрыхлителей фирмы Rieter в зависимости от вида и засоренности волокна осуществляется общей автоматизированной системой разрыхлительного агрегата VarioSet путем изменения угла расположения колосников и частоты вращения разрыхляющих барабанов. Многочисленные испытания в производственных условиях доказывают, как можно подобрать оптимальную настройку для очистки с учетом свойств волокна и требований к его последующей переработке.

Каждый из 110 рабочих вариантов системы VarioSet соответствует одной настройке скорости прохождения материала и углу колосников. С помощью VarioSet задаются интенсивность очистки и относительное количество отходов. Эти величины могут быть заданы прямо с панели управления машины. Система VarioSet обеспечивает высокую гибкость и простоту обслуживания.

При выборе режима работы машины оператор или мастер может с пульта управления устанавливать не значения частоты вращения барабана и угла поворота колосников, а значения таких параметров, как интенсивность очистки (0–1 с дискретностью 0,1) и относительная масса отходов (1–10 с дискретностью 1). В зависимости от выбранного режима работы очистителя (рисунок 3.18) изменяется количество отходов и доля в них прядомого волокна (рисунок 3.19).

При производительности 1200 кг/ч машины UNIclean B11 частота вращения разрыхлительного барабана равна 480 мин⁻¹ при минимальной интенсивности очистки и 960 мин⁻¹ при максимальной интенсивности очистки.

Содержание волокон в отходах определяется положением колосников (рисунок 3.20). Выбор заправочных параметров работы машин

UNClean осуществляется по диаграмме, представленной на рисунках 3.21 и 3.22, и по данным таблицы 3.5.

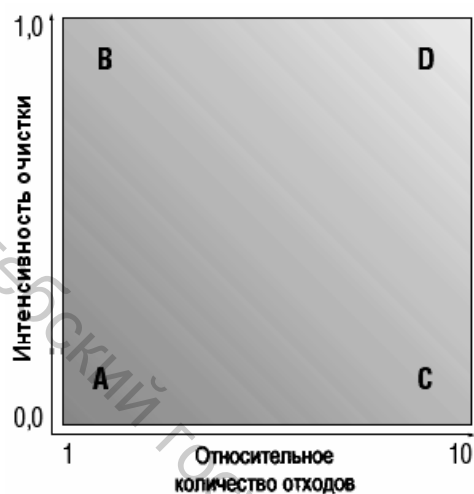


Рисунок 3.18 – Варианты режимов работы очистителя UNClean

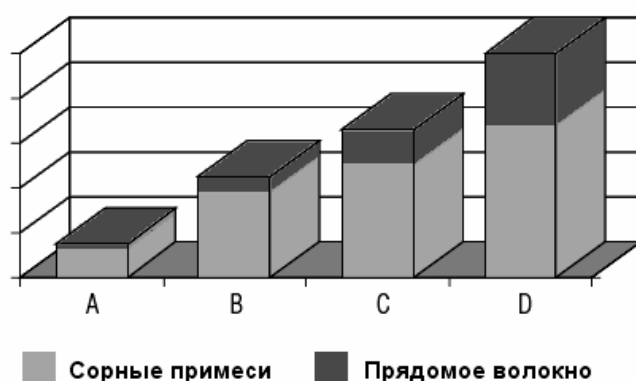


Рисунок 3.19 – Состав отходов при разных вариантах режимов работы очистителя

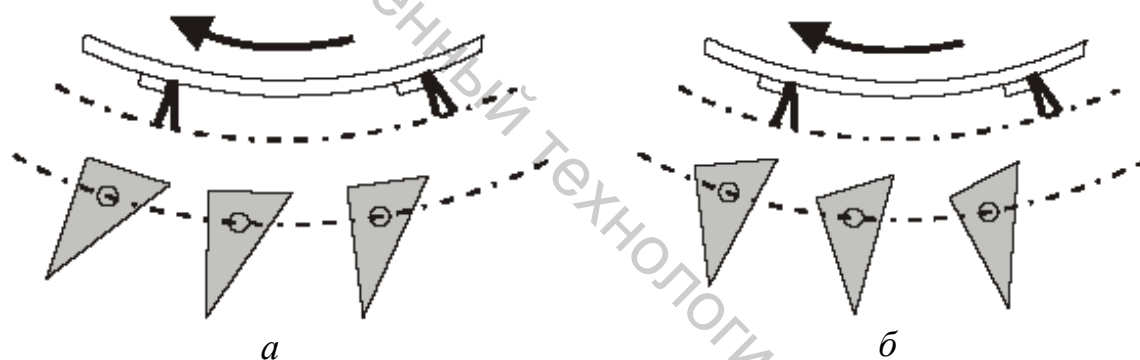


Рисунок 3.20 – Изменение положения колосников:

- а* – колосники закрыты, содержание волокон в отходах минимально;
б – колосники открыты, содержание волокон в отходах максимально

Таблица 3.5 – Характеристика областей, представленных на рисунке 3.21

№ области	Способ прядения	Система прядения	Линейная плотность пряжи, текс
1	кольцевой	гребенная	менее 12,5 текс
2	кольцевой	кардная	от 12,5 текс и выше
3	пневмомеханический	кардная или гребенная	менее 28 текс
4	пневмомеханический	кардная	от 28 текс и выше

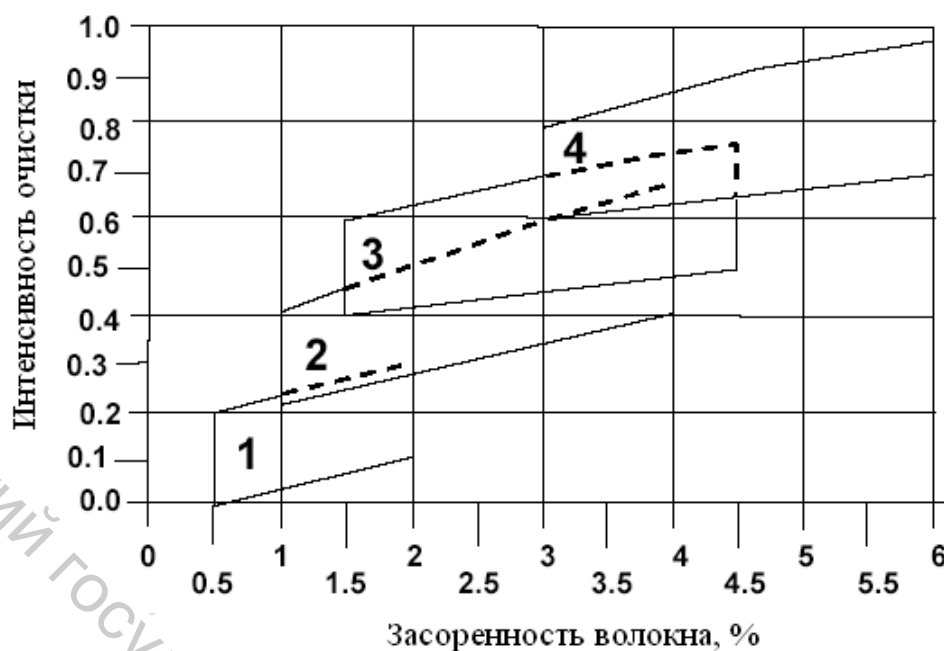


Рисунок 3.21 – Рекомендации по выбору интенсивности очистки в зависимости от засоренности хлопкового волокна на очистителе UNiclean B11

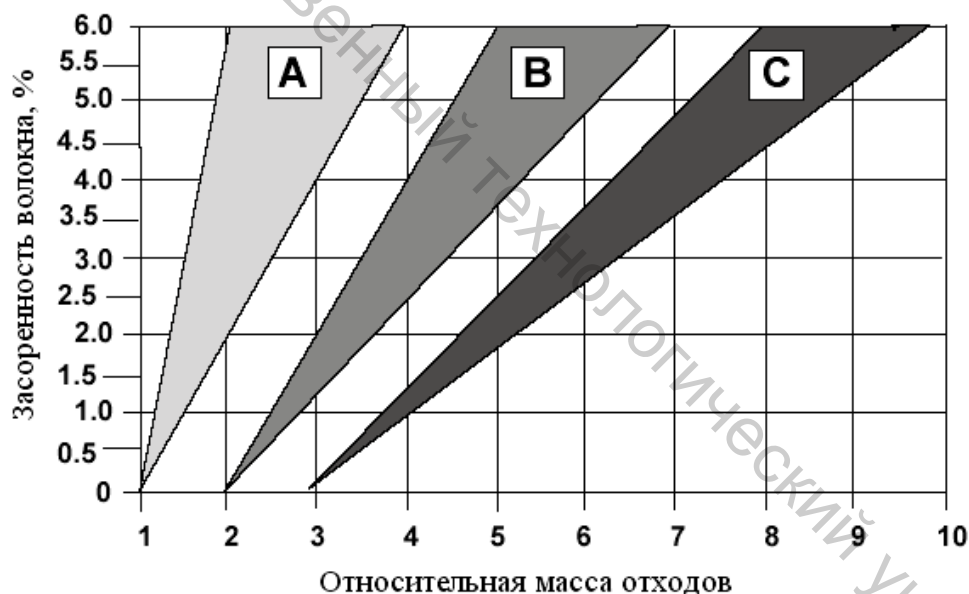


Рисунок 3.22 – Рекомендации по выбору относительной массы отходов в зависимости от засоренности хлопкового волокна на очистителях UNiclean B11 и UNiflex B60:

- A – в сортировку не вкладываются подготовленные отходы;
- B – в сортировку вкладываются подготовленные отходы, засоренность волокна – средняя;
- C – в сортировку вкладываются подготовленные отходы, засоренность – высокая

Фирма Trutzschler предлагает в качестве первой ступени очистки предварительный очиститель модели Cleanomat CL-P, схема которого представлена на рисунке 3.23. Очиститель рекомендуется располагать перед смесителями и тонкими очистителями.

Волокно подается в очиститель с помощью быстроходного конденсера BR-CO 1, протаскивается последовательно двумя колковыми барабанами 2 над колосниковыми решетками 3 и подается по пневмопроводу к следующей машине. Выделяемые сорные примеси подаются шлюзовым валиком 4 в пневмопровод для отходов. Максимальная производительность очистителя Cleanomat CL-P составляет 1000 кг/ч.

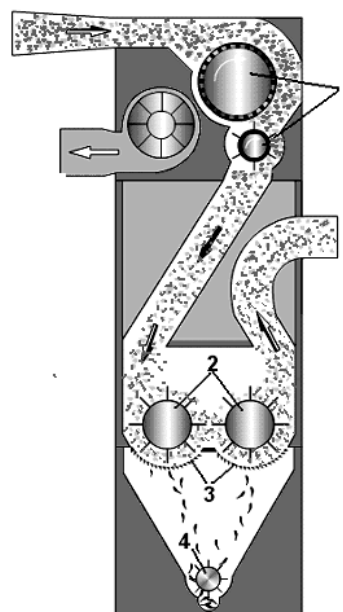


Рисунок 3.23 – Предварительный очиститель Cleanomat CL-P

Для окончательного разрыхления производители прядильного оборудования производят пильчатые очистители, которые в цепочках бесхолстового питания чесальных машин способны заменить трепальные машины, при этом значительно сокращая потребность в производственных площадях и расход электроэнергии.

Воздействие на материал пильчатого барабана аналогично действию игольчатого трепала, а в некоторых случаях способно обеспечить больший очистительный эффект и лучшее разрыхление, поскольку могут использоваться несколько пильчатых барабанов с различной гарнитурой и специфические узлы очистки.

Фирма Rieter предлагает пильчатый разрыхлитель UNIflex B60, который не только позволяет производить тонкую очистку волокна от сорных примесей и пороков, но еще и эффективно обеспыливает его (рисунок 3.24). Питание машины осуществляется через бункер, работающий под избыточным давлением воздуха 1.

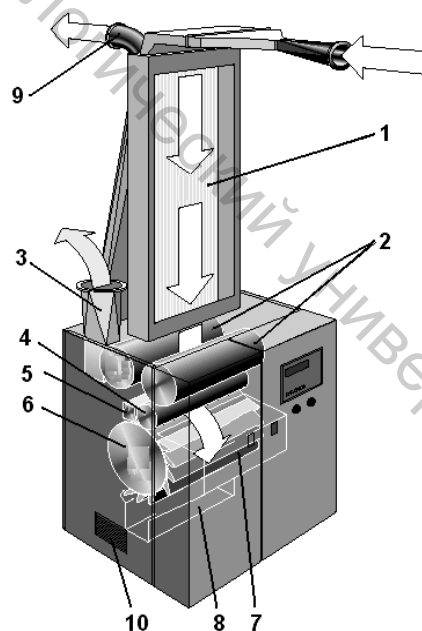


Рисунок 3.24 – Машина для тонкой очистки волокна UNIflex B6

Для удаления воздуха из бункера, обеспыливания волокна и выравнивания волокнистого слоя, подаваемого на разрыхление, в машине используются два перфорированных барабана 2, из внутренней полости которых через патрубок 3 отсасывается воздух.

Сформированный на поверхности барабанов слой волокна через зажим между питающим цилиндром 4 и столиком (лотком) 5 подается под действие разрыхляющего пыльчатого барабана 6. Машина также может комплектоваться игольчатым барабаном (рисунок 3.25).

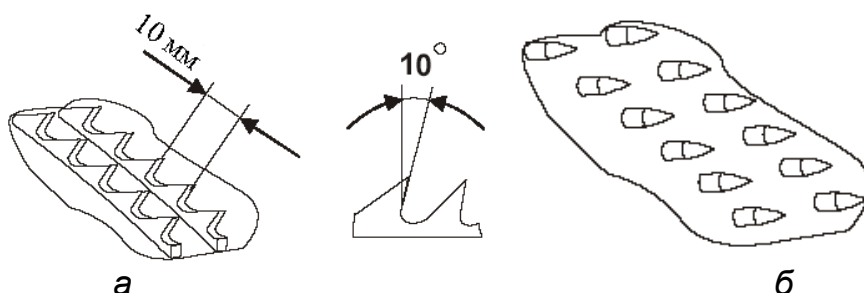


Рисунок 3.25 – Виды гарнитуры, применяемой на разрыхлительном барабане очистителя UNIflex B60:

а – стандартная (пыльчатая); б – игольчатая

Для очистки волокон используется колосниковая решетка 7. Сорные примеси удаляются из машины через патрубок 8. Разрыхленное и очищенное волокно через патрубок 9 подается к следующей машине. Подпитка воздухом пневмотранспортных систем осуществляется через перфорацию в корпусе 10.

Очиститель UNIflex B60 может использоваться для питания волокном чесальных машин. Его производительность составляет 500 кг/ч.

В рамках системы VarioSet можно задавать 10 уровней очистки и выхода отходов для различных видов волокон. Кроме того, оператор задает штапельную длину волокна.

В зависимости от заданного количества отходов изменяется угол наклона колосников, а в зависимости от штапельной длины волокна и интенсивности очистки устанавливается разводка между питающим цилиндром 1 и питающим лотком 2 (рисунок 3.26). При регулировании разводки изменяется положение линии зажима 3 от линии вхождения зубьев гарнитуры в бородку 4. При увеличении интенсивности чесания разводку рекомендуется уменьшать.

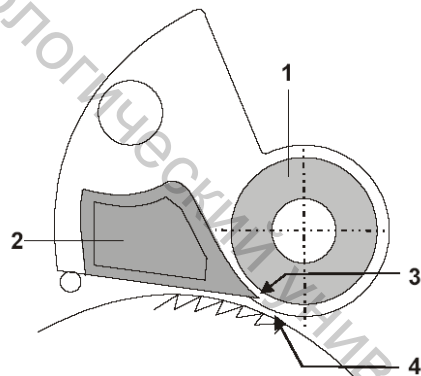


Рисунок 3.26 – Установка разводки между питающим цилиндром и питающим лотком

Выбор заправочных параметров работы машины UNIflex B60 осуществляется по диаграмме, представленной на рисунках 3.22 и 3.27 и по данным таблицы 3.5. При производительности машины до 500 кг/ч частота вращения разрыхлительного барабана равна 500 мин^{-1} при ми-

нимальной интенсивности очистки и 1300 мин^{-1} при максимальной интенсивности очистки.

Кроме того, фирма Rieter в качестве тонкого очистителя для загрязненного сырья рекомендует использовать UNIClean B17, который по конструкции близок к другим моделям UNIClean.

Использование игольчатых и пильчатых барабанов позволяет применять пильчатые очистители вместо двухсекционных трепальных машин в цепочках бесхолстового питания чесальных машин.

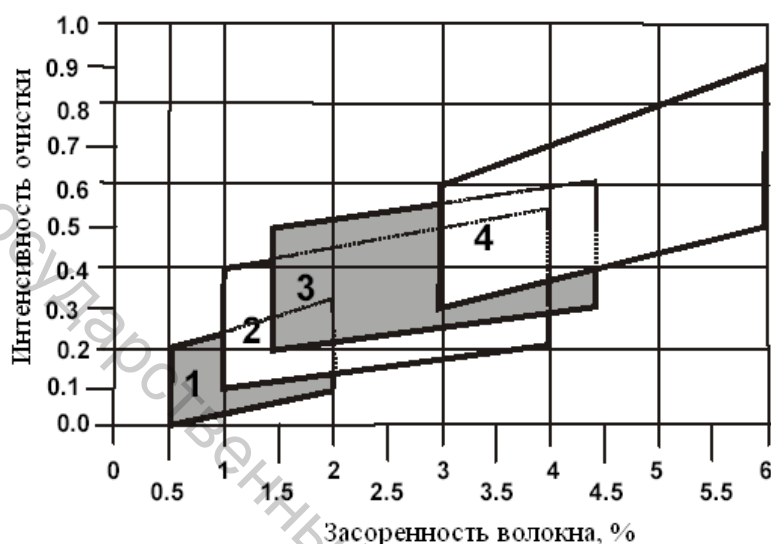


Рисунок 3.27 – Рекомендации по выбору интенсивности очистки в зависимости от засоренности хлопкового волокна на очистителе UNIflex B60

Фирма Trutzschler предлагает серию машин Cleanomat CL-C, отличающихся количеством разрыхляющих барабанов и зон очистки (рисунок 3.28). Для очистки волокна в зоне действия каждого барабана *1* используются узлы, состоящие из сороотбойных ножей *2*, чешущих сегментов *3* и гладких дефлекторов (заслонок) *4*. На каждом последующем барабане плотность расположения зубьев выше, чем на предыдущем, что обеспечивает повышение интенсивности воздействия на волокно при его прохождении через машину (рисунок 3.29). Количество зон очистки на очистителях Cleanomat CL-C на 1 больше, чем количество разрыхлительных барабанов. Очистители Cleanomat обычно агрегируются с камерными смесовыми машинами фирмы Trutzschler.

Очиститель Cleanomat CL-C1 с одним игольчатым барабаном предназначен для очистки длиноволокнистого хлопка и отличается возможностью настройки для максимально бережной обработки материала.

Очиститель Cleanomat CL-C3 может использоваться как единственный очиститель для хлопка со средней засоренностью в компактных поточных линиях. В комбинации с предварительным очистителем Cleanomat CL-P он может применяться для очистки хлопкового волокна

любого сорта и с любой засоренностью, что повышает гибкость производства. Очиститель укомплектован одним игольчатым и двумя пильчатыми барабанами.

Очиститель Cleanomat CL-C4 с одним игольчатым и тремя пильчатыми барабанами обеспечивает самую высокую степень очистки среди всех очистителей данной марки. Он может быть рекомендован для переработки засоренного хлопка, а также при подготовке волокна к пневмомеханическому прядению.

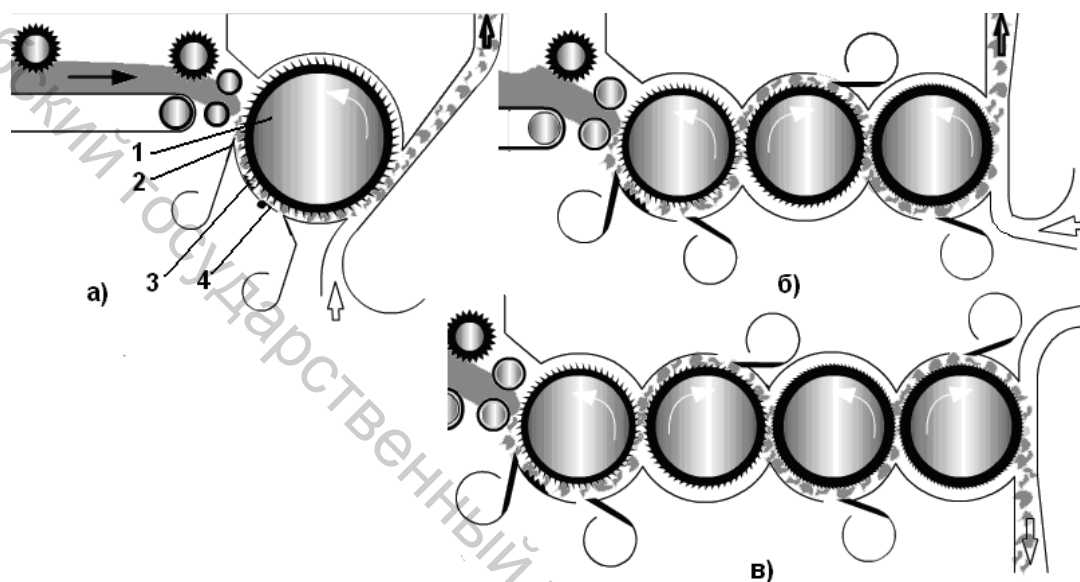


Рисунок 3.28 – Машины серии Cleanomat:
а – CL-C1, б – CL-C3, в – CL-C4



Рисунок 3.29 – Внешний вид гарнитуры на барабанах машины Cleanomat CL-C4 (1–4 – номер барабана в направлении движения волокнистого материала)

Размер щели, через которую выделяются сорные примеси первым барабаном, можно регулировать автоматически с использованием оптического сенсора системы WASTECONTROL. При существенном увеличении количества отходов в зоне первого барабана очистителя по сигналу от сенсора изменяется положение заслонки (рисунок 3.30). Специалисты фирмы Trutzschler подсчитали, что при переработке 20000 тонн хлопка в год система WASTECONTROL позволяет экономить около 320 кип хлопка в год благодаря повышению выхода прядомого волокна приблизительно на 0,4 %.

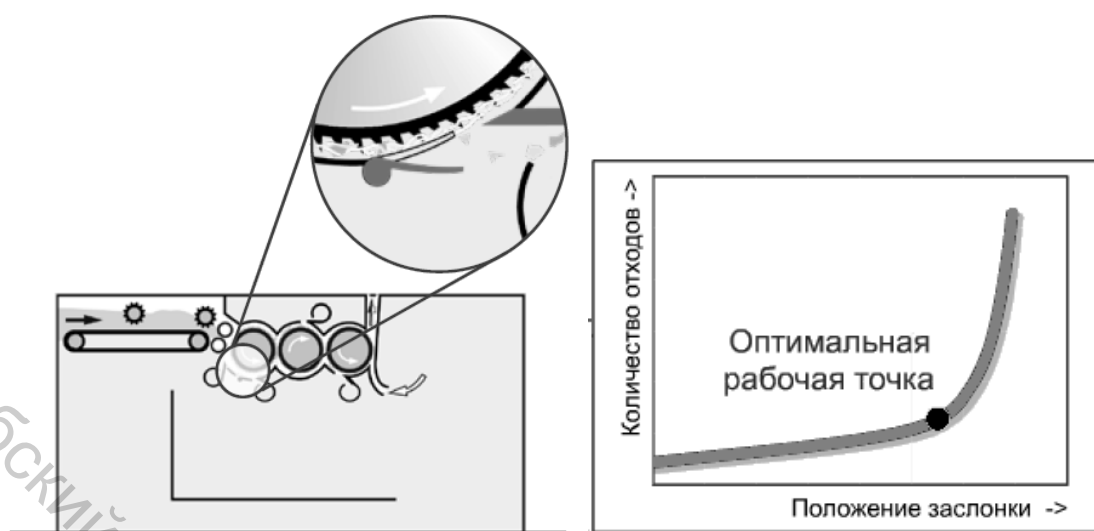


Рисунок 3.30 – Влияние положения заслонки на количество отходов волокна

Достоинствами очистителей Cleanomat CL-C являются высокая экономичность, высокая производительность (до 1000 кг/ч), бережная очистка материала, регулируемая, управляемая компьютером степень очистки, интенсивное обеспыливание материала.

Выбор количества и вида используемых очистителей Cleanomat зависит от способа прядения и линейной плотности пряжи и осуществляется по рекомендациям, представленным в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Рекомендации фирмы Trutzschler по выбору очистителей

Способ прядения	Линейная плотность пряжи, текс	Дополнительные условия	Предварительный очиститель	Окончательный очиститель
кольцевой	5,9–7,4	Сверхдлинное волокно	CL-P	-
	7,4–14,8	Длинноволокнистый хлопок	CL-P	CL-C1
	14,8–19,7	Средневолоконный хлопок валичного джинирования, засоренность менее 5 %	CL-P	CL-C3
	19,7–98,6	Средневолоконный хлопок и короткое волокно пильного джинирования, засоренность менее 3 %	-	CL-C3
пневмо-механический	16,4–32,9	Средневолоконный хлопок, засоренность менее 5 %	-	CL-C3
	32,9–98,6	Средневолоконный хлопок и короткое волокно пильного джинирования, засоренность менее 5 %	CL-P	CL-C4

Процесс очистки происходит не только на очистителях, но и на другом оборудовании, например, на смесовых машинах и резервных питателях. Фирма Rieter производит резервные питатели UNIstore A79 (рисунок 3.31 а) для подачи волокна к чесальным машинам, основными зонами которого являются бункер емкостью до 15 кг и узел разрыхления.

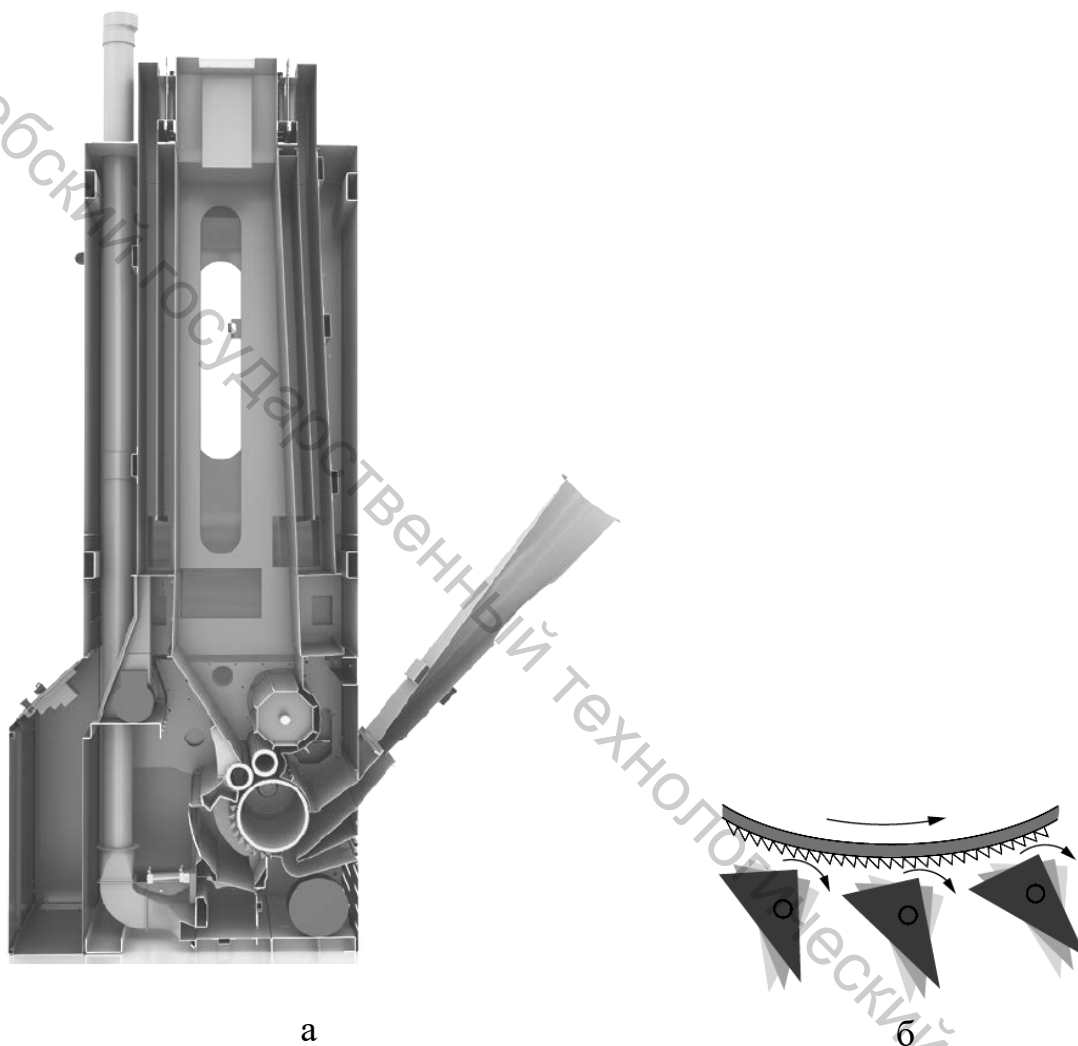


Рисунок 3.31 – Разрез резервного бункера UNIstore A79R

Производительность питателя UNIstore A79 – до 1000 кг/ч. Основным рабочим органом узла разрыхления является разрыхлительный барабан с пальчатой гарнитурой, к которому клочки волокон подаются выпускными валиками. Фирма выпускает резервные питатели, зона разрыхления которых может иметь одну из двух модификаций:

- R – с колосниковой решеткой для переработки натуральных волокон (рисунок 3.31 б). Угол поворота колосников изменяется так же, как и на очистителях UNIclean;
- S – без колосниковой решетки для переработки химических волокон.

3.3.3 Обеспыливание и устранение посторонних примесей

Обеспыливание волокнистой массы в последнее время приобрело большое значение. Связано это не только с тем, что поступающее сейчас сырье имеет повышенную засоренность, но и с возрастающими требованиями к качеству пряжи и с ужесточением требований производственной санитарии. Пряжа, полученная из тщательно обеспыленного волокна, отличается повышенной равномерностью, отсутствием пороков – шишек и узелков, лучшими прочностными характеристиками. Особенно важно обеспыливание волокна при пневмомеханическом прядении, поскольку микропыль вызывает отложения в прядильной камере и приводит к возникновению периодической длинноволновой неровности пряжи, что, в свою очередь, приводит к браку ткани, например появлению «муарового эффекта».

Ранее наибольшее распространение получил конденсерный способ обеспыливания, который реализуется при использовании вращающихся перфорированных или сетчатых барабанов конденсеров и трепальных машин. В современных разрыхлительных линиях вместо трепальных машин используются пыльчатые разрыхлители, в которых отсутствуют линии сетчатых барабанов. Волокно обеспыливается в меньшей степени. Поэтому использование обеспыливающих машин становится необходимостью.

Наибольшее распространение на современных зарубежных машинах получил способ обеспыливания, заключающийся в фильтрации при продувании воздуха через слой волокна на плоской поверхности.

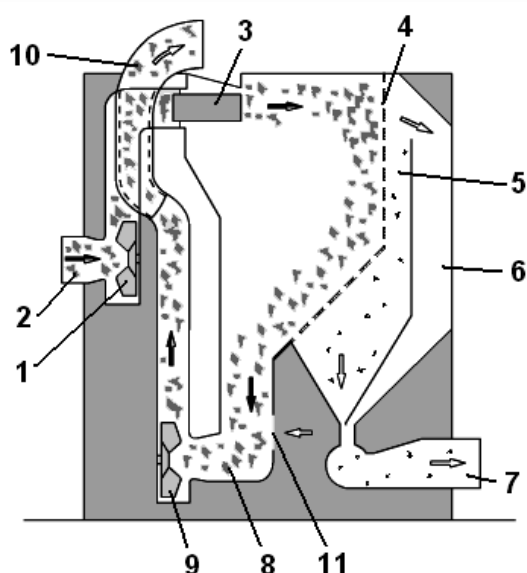


Рисунок 3.32 – Схема обеспыливающей машины Dustex SP-DX

Данный способ используется на обеспыливающей машине Dustex SP-DX фирмы Trutzschler, схема которой представлена на рисунке 3.32. Подача волокна в машину осуществляется вентилятором 1, рабочее колесо которого имеет закругленные кромки, уменьшающие повреждение волокна. Волокно струей воздуха через патрубок 2 и распределительный клапан 3 выбрасывается на перфорированный лист 4. За счет инерционного воздействия и фильтрации воздуха через материал в результате избыточного давления в рабочей камере из волокна выделяется пыль и пух.

Для выравнивания давления воздуха по площади перфорированного листа угарная камера разделена на два отсека 5 и 6. Запыленный воздух через патрубок 7 отводится на централизованные фильтры, а очищенный материал по патрубку 8 посредством вентилятора 9 выводится из машины в пневмотранспортный канал 10.

Подпитка воздухом производится через отверстие 11. Производительность машины составляет 600 кг/ч. Специалистами фирмы отмечается, что машина надежна в работе и практически не требует обслуживания, так как в ней имеется лишь небольшое количество подвижных частей. Установлено, что применение обеспыливающей машины Dustex SP-DX позволяет снизить неровноту полуфабрикатов и пряжи по свойствам и повысить прочность пряжи.

Другие ведущие фирмы не производят обеспыливающих машин, но устанавливают на некоторые разрыхлительные и смесовые машины обеспыливающие устройства. По данным фирмы Rieter при переработке хлопкового волокна на предварительные очистители UNiClean приходится до 60 % общего эффекта обеспыливания поточной линии, на машины тонкой очистки UNiFlex – 30 %, а остальные 10 % – на смесовые машины UNiMix.

Кроме обеспыливающих машин, ряд фирм предлагает оборудование для отделения тяжелых инородных частиц, которое также может содержать обеспыливающие устройства. В этих машинах применяются как традиционные способы отделения сорных примесей, например, инерционно-аэродинамический, так и способы, основанные на их обнаружении и удалении с помощью специальных элементов.

Инерционно-аэродинамический способ используется для отделения тяжелых частиц, содержащихся в материале. По этому принципу работает отделитель (сепаратор) тяжелых частиц SP-H фирмы Trutzschler.

Волокнистая масса подается воздушным потоком в канал 1 (рисунок 3.33), который делится профильной стенкой 2 на два рукава: первый – малоизогнутый, второй – с крутым поворотом. С помощью заслонки 3 волокнистую массу можно направлять для очистки в нижний канал. При быстром движении по изогнутой траектории из волокна под действием центробежных, инерционных сил и сил гравитации выделяются тяжелые

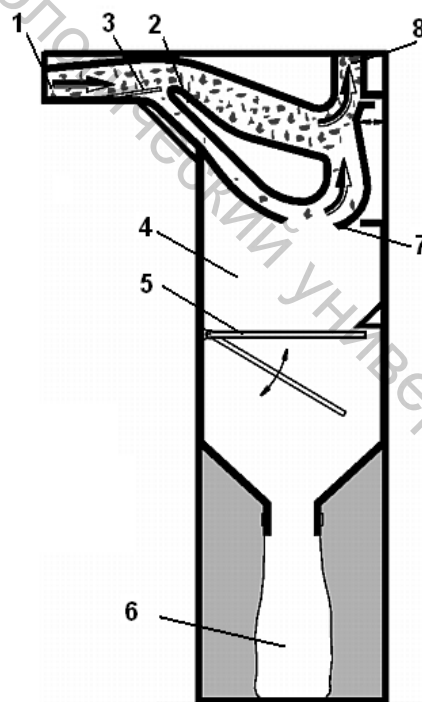


Рисунок 3.33 – Отделители тяжелых частиц SP-H

сорные примеси, которые выпадают в камеру 4 на качающееся днище 5. После накопления определенного количества сорных частиц днище отклоняется, и выделенные примеси падают в мешок 6, который периодически очищается.

Возможно пневматическое удаление отходов. Количество выделяемых отходов можно регулировать положением стенки 7. Очищенная масса выводится через канал 8. Аэродинамический отделитель может быть встроен в любой трубопровод с постоянными параметрами воздушного потока. Он не потребляет энергии, и его использование не приводит к увеличению производственных издержек. Другие фирмы также выпускают аналогичные отделители посторонних примесей. Однако существует ряд отделителей (сепараторов), в которых наличие посторонних примесей определяется с использованием различных датчиков. Например, многофункциональный отделитель посторонних примесей (сепаратор) SP-MF фирмы Trutzschler, схема которого представлена на рисунке 3.34. Этот отделитель состоит из двух модулей, первый из которых по принципу действия близок к сепаратору SP-H.

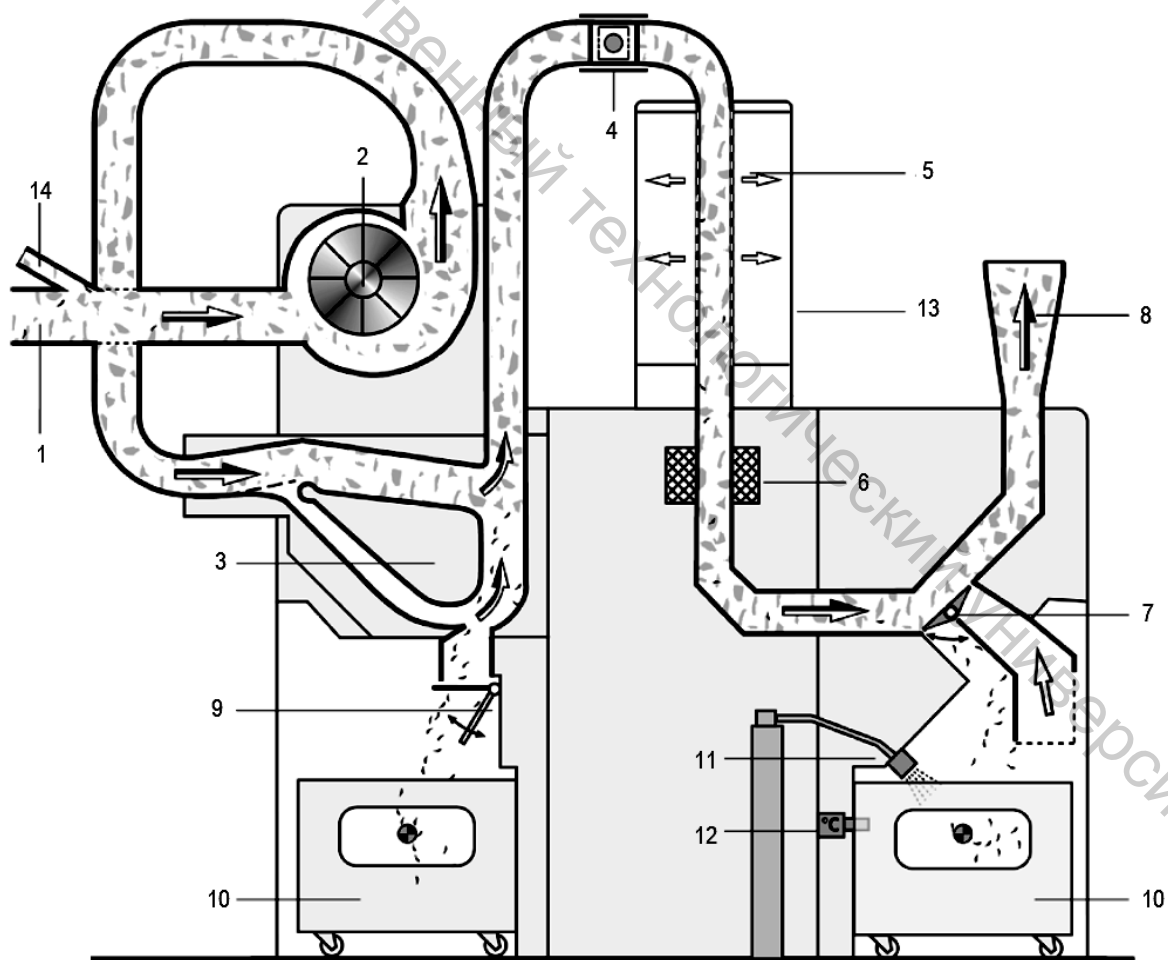


Рисунок 3.34 – Технологическая схема многофункционального отделителя посторонних примесей SP-MF

Воздушный поток подает волокнистый материал в первый модуль через патрубок 1 под действием вентилятора 2. Также возможна подача регенерированных отходов через патрубок 14. Клочки волокон проходят аэродинамический сепаратор 3 через верхний канал, при этом тяжелые частицы выделяются в нижний канал сепаратора, а далее в контейнер (тележку) 10 для сбора отходов при открытии заслонки 9. Далее материал проходит через два датчика искры 4 и металлодетектор 6, между которыми располагается зона обеспыливания 5. Запыленный воздух подается на фильтрующую установку 13. По сигналам от датчика искры и металлодетектора открывается отдельная заслонка 7, позволяя металлическим и другим выявленным инородным примесям выделяться во второй контейнер 10. Температура воздуха в контейнере 10 контролируется датчиком 12. Для предотвращения возгорания установлен спринклер 11. Волокнистый материал выводится через патрубок 8 к следующей машине поточной линии.

Кроме тяжелых металлических или минеральных частиц в волокнистом материале могут содержаться и текстильные примеси, например, фрагменты упаковки. В случае попадания таких примесей в чесальную машину они разволокняются и распределяются на большой длине полуфабрикатов, что приводит к возникновению дефектных участков пряжи. Для удаления подобных дефектов рядом фирм разрабатываются специальные сепараторы. На машине Securomat SP-F (рисунок 3.35 а) той же фирмы используется оптическая система обнаружения цветных инородных, в том числе текстильных примесей.

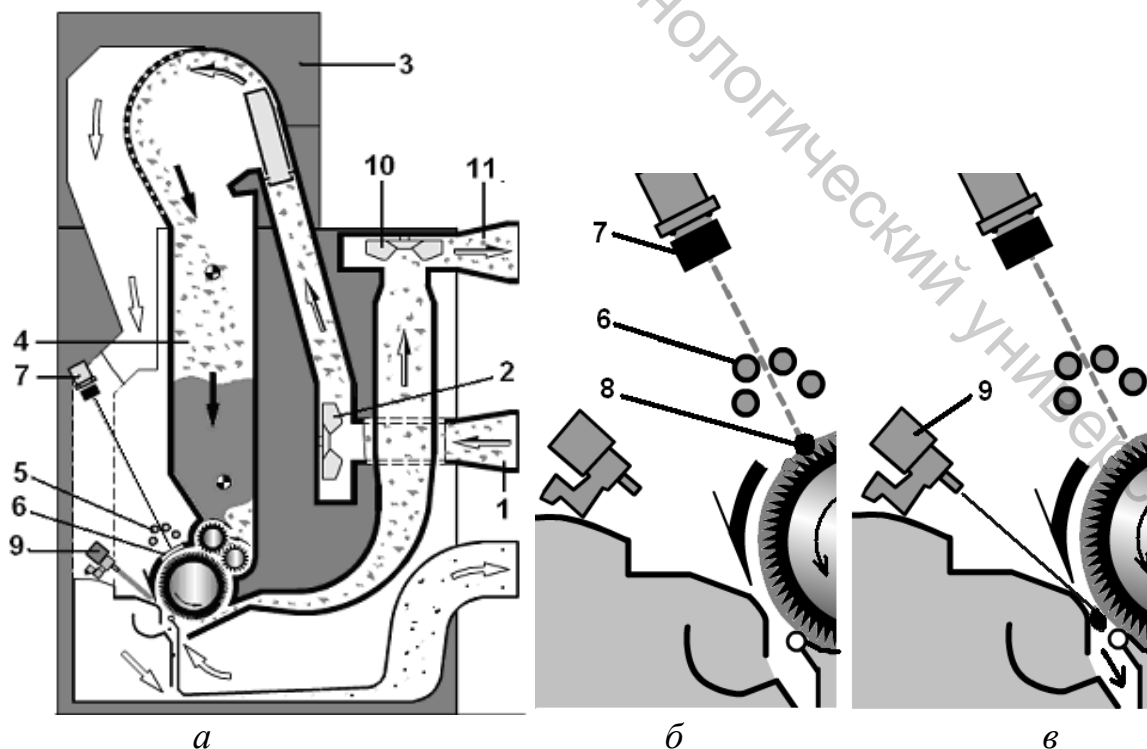


Рисунок 3.35 – Схема отделителя цветных инородных примесей Securomat SP-F

Ключки волокон подаются в патрубок 1 с помощью вентилятора 2, проходят обеспыливающее устройство 3 и поступают в бункер 4. Из бункера волокно выбирается питающими валиками и подается к разрыхлительному барабану. На участке 6 слой волокна на поверхности барабана освещается лампочками 5 и сканируется с помощью камер 7, расположенных в ряд по всей ширине машины. При обнаружении посторонних примесей 8 (рисунок 3.35 б) подается сигнал на соответствующее пневматическое сопло 9, которое удаляет примеси мощной струей воздуха в момент прохождения его в зоне действия сопла с учетом транспортной задержки (рисунок 3.35 в). Очищенное волокно направляется вентилятором 10 через патрубок 11 к следующей машине.

Так как на данной машине возможно удалить только те частицы, которые были обнаружены оптическим методом, то для качественной очистки волокно, поступающее в машину, должно быть максимально разрыхлено. Поэтому Securomat SP-F устанавливается непосредственно перед чесальными машинами. Машина обладает рядом достоинств:

- благодаря встроенной системе обеспыливания исключается необходимость в приобретении обеспыливающей машины, при этом эффективность обеспыливания сравнима с эффективностью машины Dustex DX;

- благодаря точному определению посторонних частиц потери волокна минимальны;

- из-за повышенной чистоты пряжи при использовании машины Securomat SP-F количество срезов нитеочистителем при перематывании пряжи снижается более чем на 50 %.

Основным недостатком отделителя Securomat SP-F является то, что он не удаляет текстильные включения, близкие по цвету к суровому хлопковому волокну, в том числе фрагменты полипропиленовой упаковки.

Благодаря новому, разработанному фирмой в 2008 году, отделителю посторонних частиц Securomat SP-FP (рисунок 3.36), указанная проблема была решена. Этот отделитель обладает полной функциональностью отделителя Securomat SP-F, но имеет дополнительный модуль для обнаружения пленки и фрагментов полипропиленовой упаковки, а также новый модуль для селективного отделения светлых и прозрачных посторонних частиц при минимальной потере волокон.

В верхней части отделителя находится узел обеспыливания 1. Сетка 2 шириной 1600 мм образует поверхность обеспыливания. Заслонки 3 распределяют материал по всей рабочей ширине. Выделяющаяся пыль и мелкие соринки 4 непрерывно удаляются потоком воздуха. Разрыхлительный валик 5 с тонкой гарнитурой имеет покрытие цвета хлопка. Камеры 7 непрерывно сканируют поверхность валика, равномерно освещенную лампочками 6. Тридцать две форсунки 8 целена-

правленно выдувают посторонние частицы и направляют их в систему отсасывания 9.

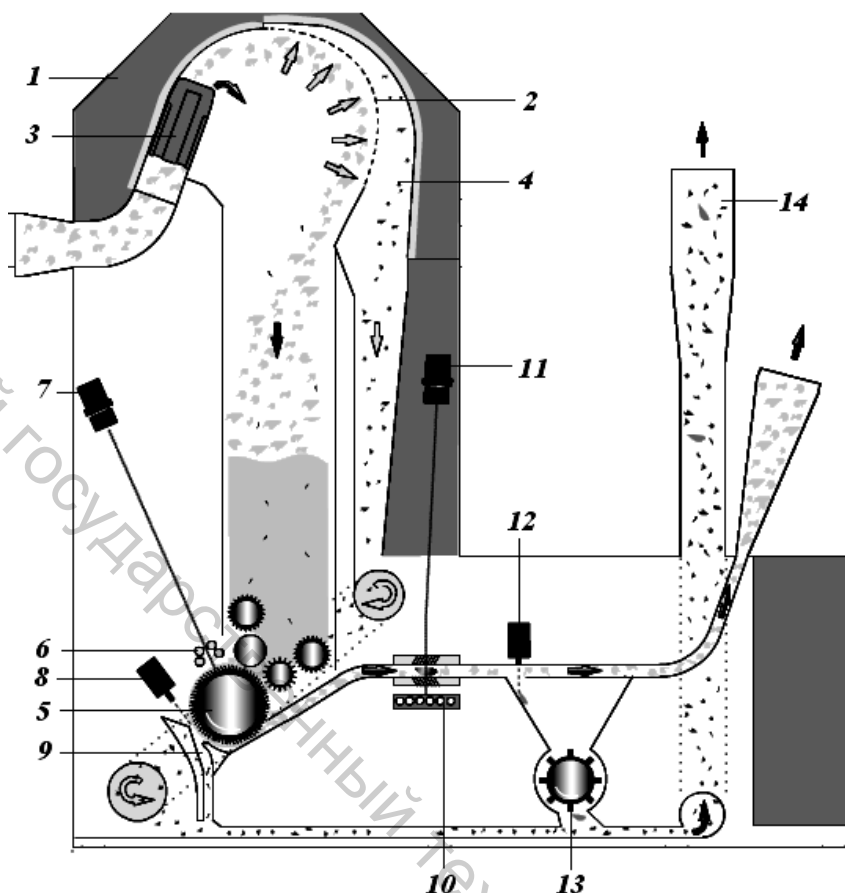


Рисунок 3.36 – Схема отделителя сорных примесей Securoprop SP-FP

Запатентованная технология Securoprop SP-FP использует физические свойства пластмасс становиться цветными в поляризованном свете. Этот свет создается на заднем плане в прямоугольном канале осветителем 10, при этом перемещающиеся мимо клочки сканируются двумя специальными камерами 11. Камеры распознают вызванные поляризацией ложные цвета или контрасты на светлом полипропилене или прозрачной или полупрозрачной полиэтиленовой пленке. Для надежного распознавания достаточно получить цветные эффекты размером 2×2 мм. Система форсунок 12 отделяет обнаруженные примеси. Шлюзовой валик 13 подает частицы в отводимый поток запыленного воздуха 14.

Более современной системой фирмы Trutzschler является отделитель T-SCAN TS-T5, представленный на рисунке 3.37.

Отделитель позволяет выделять из хлопкового волокна не только цветные, но и прозрачные примеси, а также блестящие включения и инородные волокна. Особенностью отделителя также является то, что удаление примесей происходит не с поверхности барабана, а из потока клочков, транспортируемых воздухом через машину.

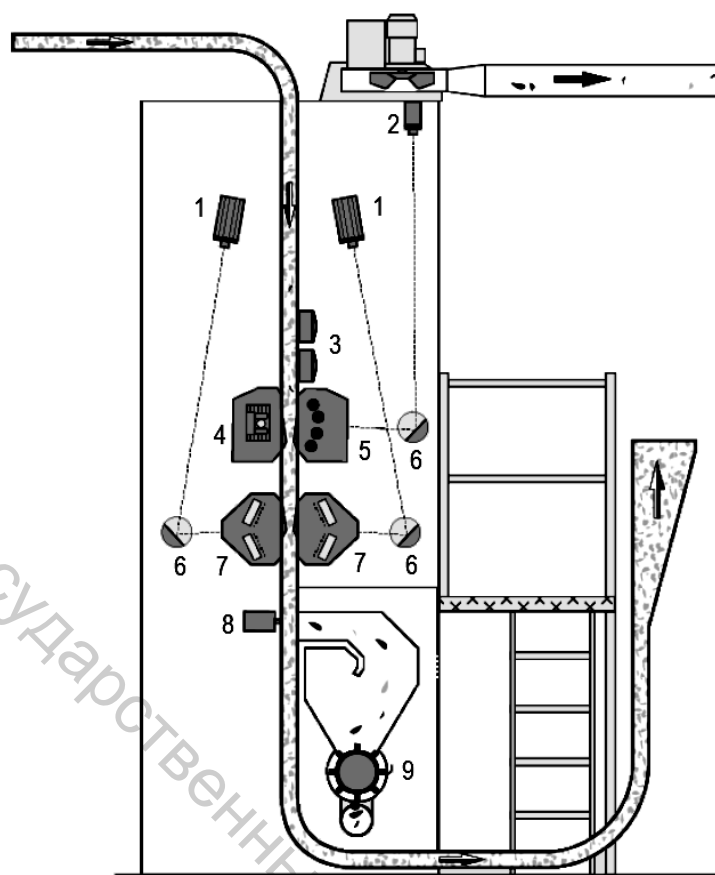


Рисунок 3.37 – Схема отделителя T-SCAN TS-T5:

1 – камеры для распознавания цветных и блестящих примесей; 2 – камера с поляризационным фильтром; 3 – сенсоры скорости; 4 – осветительные устройства с поляризационным фильтром для распознавания прозрачных и частично прозрачных частиц в проходящем свете; 5 – ультрафиолетовое осветительное устройство для распознавания флуоресцентных посторонних включений в отраженном свете; 6 – отражательные зеркала; 7 – светодиодный осветительный модуль с 536 светодиодами и специальными линзами для распознавания небольших тонких посторонних включений; 8 – комплекты с 48 клапанами и 144 соплами; 9 – шлюзовой затвор

Близкую по принципу действия систему TVS DirectMpix фирмы Jossi Systems устанавливает в своих поточных линиях фирма Rieter. Эта система предназначена для определения и удаления различающихся по цвету примесей из волокнистого материала после окончательного очистителя.

Используя расширенную технологию датчиков, система обработки цифровых изображений ColourBrain имеет разрешение несколько квадратных миллиметров при ширине волокнистого потока 0,8–1,2 м. Высокое разрешение используется для значительного увеличения точности определения цвета и эффективности работы машины при меньшем количестве необходимых установок по сравнению с известными устройствами.

Машиной определяются различающиеся по цвету примеси площадью 1 см^2 , более мелкие примеси также могут быть определены в зависи-

мости от цветового контраста. Полностью затемненные волокнистым материалом примеси не определяются.

Во время пневматической транспортировки материала на двух сторонах контролируется цветовая гамма пучков волокна и в случае обнаружения отклонения происходит их выброс за время реакции 3 мс с минимальными потерями материала.

Возможно использование TVS DirectMpix в линиях с максимальной производственной мощностью до 600 кг/час. В TVS DirectMpix используется минимальное количество движущихся частей, и поэтому машина требует минимальное техническое обслуживание.

Принцип работы состоит в следующем. Анализируемый материал транспортируется через канал индикации 1 модуля определения (рисунок 3.38). Через панели 2 осуществляется освещение материала. Побочное освещение предотвращается специальными ламелями и генерируется отраженное освещение. В результате достигается равномерное освещение материала со всех сторон без образования теней.

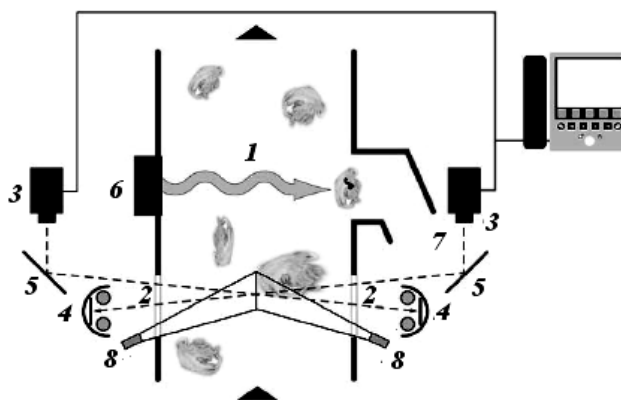


Рисунок 3.38 – Принцип работы системы TVS DirectMpix

Камеры 3 фотографируют материал, который анализируется компьютером примерно 3000 раз в секунду. Оптическая подсветка 4 необходима для калибровки. С помощью зеркал 5 фотокамеры удалось расположить более компактно. Если в процессе анализа изображений, согласно предварительным установкам, проходящий материал определяется как инородное включение, активируются выдувающие форсунки 6.

Для улучшения выделения частиц, близких по цвету к перерабатываемому волокну (например, фрагменты полипропиленовой упаковки), используется дополнительное освещение модулированным ультрафиолетовым светом 8. Выдувающие форсунки 6 удаляют нежелательный материал через патрубок 7. В зависимости от размера и расположения определенной частицы включаются соответствующие форсунки. Нежелательный материал из внутреннего бункера постоянно удаляется.

В процессе накопления информации о выделении инородных частиц происходит автоматическая подстройка параметра «размер частицы». Эти накопленные выбросы иногда происходят, например, за счет кратковременного изменения в окраске хлопка. В этом случае размер частицы подстраивается под наивысшее значение, иными словами, чувствительность определения снижается.

3.3.4 Оценка эффективности очистки волокнистого материала

Для оценки эффективности очистки волокнистого материала используют следующие показатели: выход отходов, качественный состав отходов, эффект очистки, а также степень зажгученности волокнистого материала.

Выход отходов с машин приготовительного отдела определяется по отношению массы выделенных отходов m_y к массе переработанного волокна m_B , выраженному в процентах:

$$B = \frac{m_y}{m_B} \cdot 100\%. \quad (3.9)$$

В большинстве случаев нет возможности определить массу отходов, выделяемых на конкретной машине поточной линии, так как отходы с нескольких или со всех машин смешиваются в трубопроводе. В этом случае остается возможность определения выхода отходов с группы машин. Также возможно определение выхода отходов со всех машин поточной линии.

Эффективность очистки перерабатываемого волокна каждой или несколькими машинами, работающими в составе поточной линии, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_o = \frac{S_y}{S_B} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

где $\mathcal{E}_o$ – эффективность очистки хлопкового волокна, %; S_y – содержание сорных примесей в отходах на 1 т волокна, поступающего в машину (группу машин), кг; S_B – содержание сорных примесей в 1 т волокна, поступающего в машину, кг.

За рубежом для оценки эффективности очистки принято использовать другую формулу:

$$\mathcal{E}_o = \frac{s_B - s_B^I}{s_B} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

где s_B – содержание сорных примесей в волокне, поступающем в машину (группу машин), %; s_B^I – содержание сорных примесей в очищенном волокнистом материале, %.

Эффективность очистки современных поточных линий (без учета эффекта чесальных машин) составляет в среднем 60–80 %.

В таблице 3.7 приведены сведения об эффективности очистки хлопкового волокна на поточных линиях фирмы Rieter.

Таблица 3.7 – Оценка эффективности очистки хлопкового волокна на поточных линиях фирмы Rieter

Качество очистки	Засоренность исходного волокна			
	2,0 %	4,0 %	6,0 %	8,0 %
Высокое	45–60 %	60–80 %	70–90 %	72–95 %
Среднее	35–45 %	42–60 %	50–70 %	52–72 %
Низкое	25–35 %	28–42 %	30–50 %	52–32 %

Важно отметить, что в процессе очистки на очистителях происходит удаление из волокнистого материала сорных примесей, а количество пороков волокна (узелков или непсов) увеличивается, как показано на примере, представленном на рисунке 3.39. Далее в процессе кардочесания происходит уменьшение количества как жестких примесей, так и непсов.

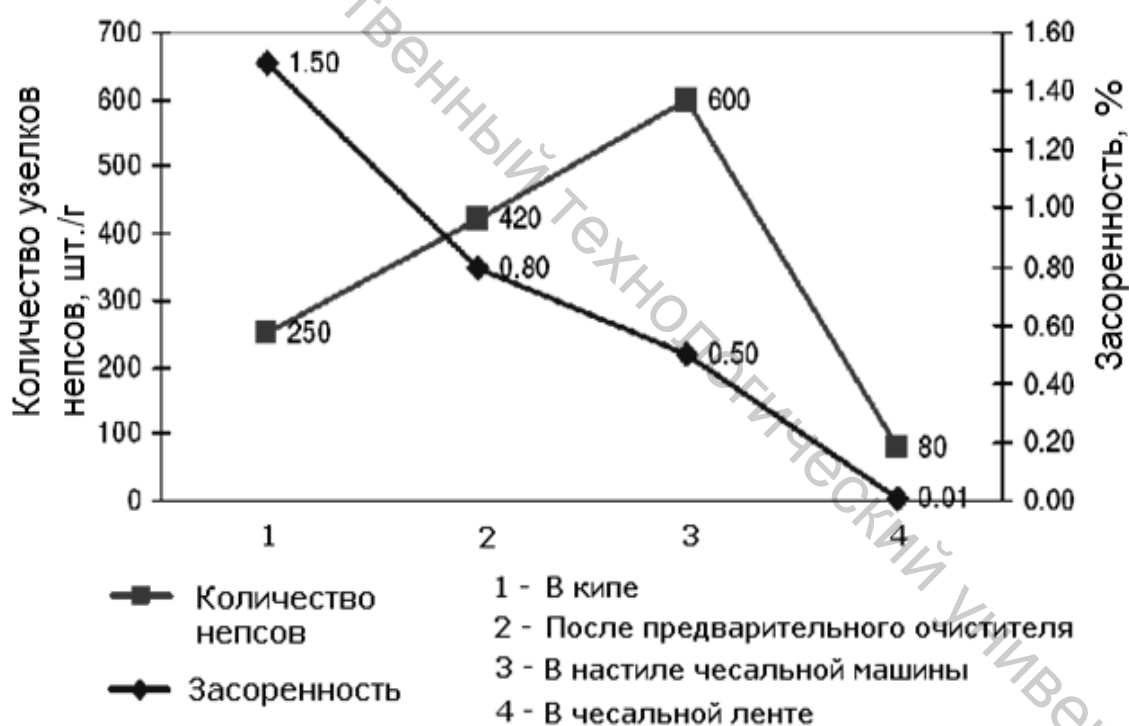


Рисунок 3.39 – Изменение засоренности волокна и количества непсов в нем в процессе очистки

3.4 Смешивание текстильных волокон

3.4.1 Анализ способов смешивания

Смешивание является одним из важнейших процессов прядильного производства. Организация процесса смешивания оказывает существенное влияние на качественные характеристики пряжи: ее разрывную нагрузку и неровноту по свойствам.

Смешиванию подвергаются натуральные волокна одного происхождения (хлопок, шерсть или лен) разных типов, сортов, классов или номеров. Особенное значение смешивание приобретает при производстве пряжи из разнородных волокон. По данным фирмы Rieter примерно половина выпускаемого объема хлопкового волокна используется для производства смешанной пряжи, то есть смешивается с синтетическими и искусственными волокнами. В ассортименте смешанной пряжи, вырабатываемой по системам прядения хлопка, около 50 % объема выпуска составляет хлопкополиэфирная пряжа. Кроме того, хлопок смешивают с другими натуральными волокнами, например, с котонизированным льном, то есть с модифицированным льняным волокном, свойства которого приближены к свойствам хлопка.

Шерсть чаще всего смешивают с полиакрилонитрильным волокном в сочетании 30/70 %. Для получения тканей костюмно-плательного ассортимента часто используются смеси шерсти с полиэфирным волокном.

Химические волокна перерабатываются не только в чистом виде и в смеси с натуральными волокнами. Смешанную пряжу часто получают из химических волокон разного вида. Например, смесь полиэфирных и вискозных волокон часто называют поливискозой.

Сущность процесса смешивания заключается в равномерном распределении волокон с разными свойствами внутри каждого компонента и в равномерном распределении волокон каждого компонента во всей смеси.

Равномерное распределение волокон разных компонентов – это такое распределение, при котором в пробе любого объема содержатся волокна всех компонентов, причем их долевое участие соответствует рецепту смеси.

Целью процесса смешивания является получение более равномерных по составу продуктов прядения и более равномерной пряжи по всем свойствам в любом участке, а также получение пряжи заданной себестоимости и качества.

Процесс смешивания можно разделить на 3 этапа (рисунок 3.40):

- дозирование;
- соединение компонентов (создание смеси);
- перемешивание компонентов (гомогенизация смеси).

В прядении для создания смеси различают случайный, или неорганизованный, и организованный способы смешивания.

В результате неорганизованного смешивания при беспорядочном характере движения частиц смешиваемых компонентов достигается совершенно случайное пребывание каждой частицы в любом участке смеси и наименьшее отклонение состава любой части смеси от заданного рецепта.

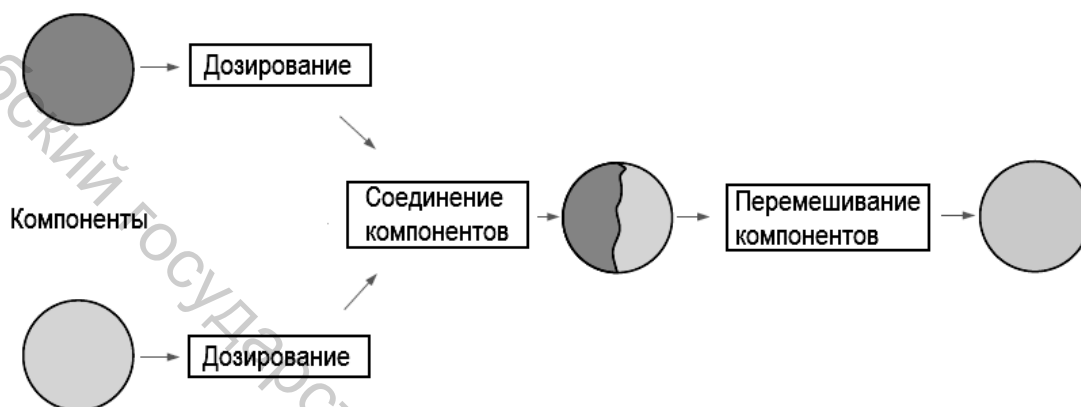


Рисунок 3.40 – Этапы реализации процесса смешивания

Неорганизованный способ смешивания осуществляется при смешивании в камерах питателей с игольчатыми решетками в результате ворошения и случайного расположения клочков и волокон компонентов во всей массе с одинаковой вероятностью в любом объеме ее, а также при сгущении формируемого волокнистого слоя на поверхностях сетчатых барабанов в системах пневмотранспорта волокнистого материала, съемных барабанах чесальных машин. При неорганизованном смешивании происходит не только соединение компонентов, но и их перемешивание.

В результате организованного смешивания в каждом поперечном сечении формируемого потока оказывается число волокон компонентов, равное их суммарному числу в соответствующих поперечных сечениях отдельных складываемых компонентов или в отдельных складываемых поперечных сечениях одного потока волокон. При отсутствии неровности складываемых компонентов в каждом поперечном сечении формируемого волокнистого потока сохраняется заданное рецептом соотношение компонентов. Этот способ необходимо применять при смешивании неоднородных компонентов.

Организованный способ смешивания осуществляется продольным соединением:

- при сложении разных потоков волокон, получаемых с однотипных машин или с разных их выпусков;
- при циклическом сложении одного потока клочков, волокон.

Сложение нескольких потоков клочков и волокон, получаемых с выпусков или машин, осуществляется на смешивающих решетках и полотнох транспортеров и в пневмопроводах, лентами на ленточных, лентосоединительных, гребнечесальных машинах и меланжирах, а также сложением ровниц на ровничных и прядильных машинах.

Процесс циклического сложения одного потока клочков и волокон осуществляется:

- в прямоугольных и цилиндрических камерах смешивающих машин периодического и непрерывного действия, в которых эффект смешивания достигается благодаря:

- а) укладке подводимого материала в камере горизонтальными слоями и выборке вертикальных слоев;

- б) разности путей, которые проходят одновременно поступившие в машину объемы материала;

- в) разности скоростей, с которыми движутся в камере машины одновременно поступившие в нее объемы материала;

- на преобразователе кардочесального аппарата при сложении слоя ватки;

- на сборной поверхности прядильной камеры пневмомеханической прядильной машины.

Комбинация неорганизованного и организованного способов смешивания позволяет улучшить и ускорить смешивание компонентов, резко различающихся по своим свойствам, обеспечивая наибольшую вероятность получения совершенно случайного распределения частиц компонентов. Например, вначале искусственно распределяют определенным образом частицы, формируя компонентный настил, а затем «переваливают» смесь компонентов для случайного распределения частиц смеси в формируемом смесовом настиле. Чем меньше размер частиц, тем полнее может быть осуществлено смешивание компонентов. Поэтому смешиванию должно предшествовать хорошее разрыхление. Из сказанного выше следует, что смешивание в прядении осуществляется от начальной стадии его до стадии формирования ленты, ровницы или даже пряжи.

Для получения же смеси, содержащей заданное рецептурой количество ее компонентов, в прядении хлопкового и химических волокон могут применяться разные способы смешивания. Способ смешивания устанавливают в зависимости от объема перерабатываемой смеси волокон, разницы в свойствах компонентов, их долей в смеси, требований, предъявляемых к качеству пряжи, а также от типа, установленного на прядильной фабрике оборудования.

В поточных линиях наиболее распространены следующие способы смешивания волокон слоями или в камерах машин.

Смешивание слоями заключается в наложении отдельных компонентов смеси слоями друг на друга и одновременном отборе от всех

слоев порций волокнистого материала в направлении, перпендикулярном слоям. При этом для получения хорошего эффекта смешивания отбор порций в продольном направлении настила от всех слоев должен быть на одинаковую величину. Эффективность такого способа смешивания возрастает в том случае, когда слои различных компонентов тоньше и равномернее по всей их длине, а число наложенных друг на друга таких слоев больше.

Такой способ используется в случаях, когда смесь состоит из двух или нескольких более или менее резко отличающихся друг от друга компонентов. Смешивание слоями имеет место на смешивающей решетке разрыхлительного агрегата, на которую подается разрыхленное волокно из нескольких питателей-смесителей. Из-за колебания производительности питателей-смесителей на смешивающей решетке формируется настил, состоящий из наложенных друг на друга неравномерных слоев.

Эффективность смешивания при таком способе смешивания тем выше, чем равномернее производительность питателей-смесителей, меньше и равномернее масса клочков волокнистого материала, выходящего из него, больше скорость смешивающей решетки и меньше число остановов решетки в единицу времени из-за переполнения камеры последующей машины, чем меньше разница в сопротивлении разрыхлению смешиваемых компонентов.

В другом случае смешивание слоями осуществляется при смешивании холстами в меланжевом производстве. Смешивание холстами происходит в малых объемах только в местах наложения холстов друг на друга. Среднее соотношение компонентов в смеси определяется соотношением линейных плотностей и числом холстов отдельных компонентов в общем настиле, а колебания этого соотношения вдоль настила зависят от неровноты толщины каждого холста.

Смешивание в камерах машин также получило широкое распространение как на отечественных разрыхлительно-очистительных агрегатах, так и в зарубежных поточных линиях.

Можно разделить камерные смесовые машины на следующие группы:

- однокамерные машины с игольчатыми решетками;
- однокамерные машины с различными скоростями движения материала;
- многокамерные машины с различной длиной пути движения материала;
- многокамерные машины со ступенчатой загрузкой камер.

3.4.2 Устройство и принцип работы смесовых машин для смешивания однородных компонентов в хлопкопрядении

Однокамерные машины с игольчатыми решетками получили распространение как при переработке хлопка, так и при смешивании других текстильных волокон. В отечественных агрегатах, применяемых в хлопкопрядении, они представлены смесовыми машинами непрерывного действия СН-3.

Однако из-за относительно невысокой эффективности смешивания и возможности рассортировки компонентов с различной цепкостью зарубежными фирмами рекомендуется использовать машины с игольчатыми решетками только для перемешивания химических волокон одного вида.

Для смешивания больших объемов химических волокон фирма Trutzschler предлагает машину MX-R (рисунок 3.41), которая также может использоваться как механизированный лабаз. Волокно проходит обеспыливающее устройство 1 и укладывается слоями на питающую решетку 2, которая подает его к игольчатой решетке 3. Иглы решетки 3 выбирают клочки волокон из различных слоев настила по вертикали, в результате чего осуществляется их смешивание. Разравнивающий валик 4 разрыхляет подведенный к нему волокнистый материал и отбрасывает излишки волокна обратно в смесовую камеру. Гарнитура разравнивающего валика очищается от волокна чистительным валиком 5. Оставшееся на игольчатой решетке волокно снимается валиком 6 и направляется по пневмопроводу к следующей машине. Уровень заполнения смесовой камеры регулируется с помощью фотоэлементов 7.

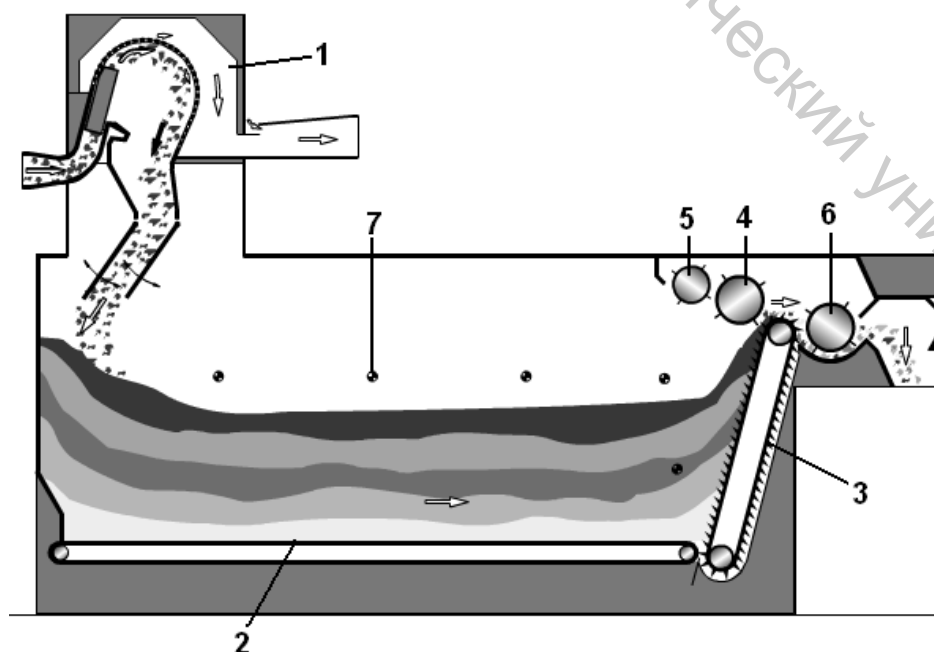


Рисунок 3.41 – Схема смесовой машины MX-R

Фирма Rieter предлагает аналогичные по принципу работы смесители В33. Эти смесители отличаются от питателей В34 соответствующих модификаций только отсутствием питающего транспортера.

К однокамерным машинам с различными скоростями движения материала относится смесовая машина МСП-8 (рисунок 3.42), которая выпускалась с СССР.

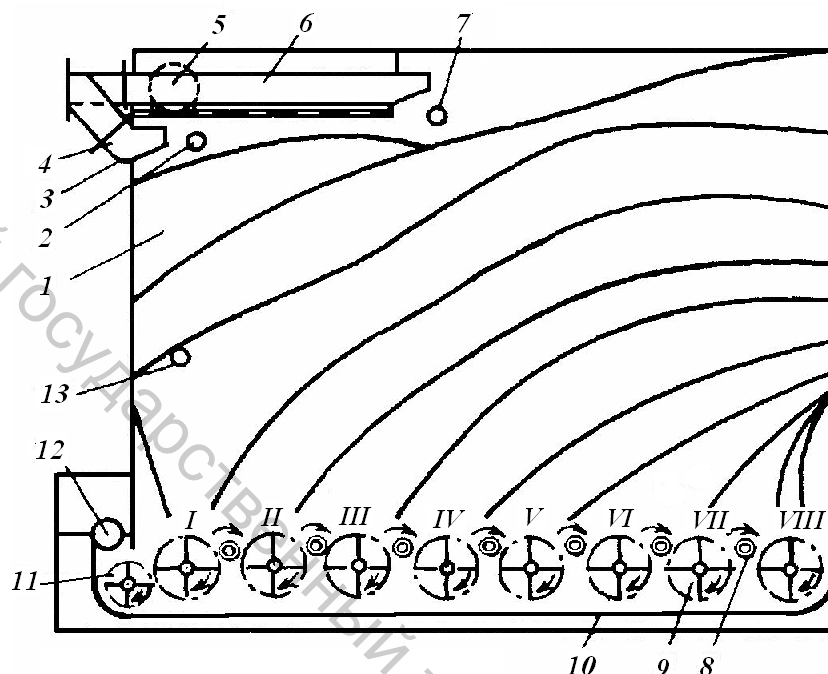


Рисунок 3.42 – Технологическая схема смесовой машины МСП-8

Машина предназначена для непрерывного смешивания компонентов смеси в поточной линии для выработки чесальной ленты из смеси хлопкового волокна низких сортов с отходами хлопкопрядильного производства, а также в меланжевом производстве. При смешивании многокомпонентных смесей смешивающую машину устанавливают после машин, готовящих компоненты к смешиванию с предварительной их дозировкой. В зависимости от требуемого объема смешивания волокон возможны различные варианты применения машин в процессе смешивания: работа отдельной машины, параллельная работа нескольких машин, последовательная работа нескольких машин, комбинированная работа машин (в этом случае две или несколько машин, работающих параллельно, соединяются между собой последовательно).

Смешивающая машина состоит из прямоугольной камеры 1, вдоль днища которой расположены выбирающие лопастные барабаны 9. Между ними, выше линии их центров, расположены подающие рифленные валы 8. На выходе из камеры расположен разрыхлительный барабан 11, снимающий слой волокнистого материала, разрыхляющий и подающий его во всасывающий патрубок пневмосистемы 12.

Волокнистый материал в камеру подается через патрубки 4 и 6, воздух отводится через сетчатый короб и патрубок 5. Волокнистый ма-

териал, поступающий в смесовую камеру 1, образует постель. Раскладка волокнистого материала по всей смесовой камере 1 осуществляется за счет поочередной подачи волокон или через патрубок 4 или патрубок 6. Очередность регулируется клапаном-переключателем. Работой клапана управляют датчики 2 и 7, контролирующие уровень наполнения головной и хвостовой частей смесовой камеры волокнистым материалом. Подающие валы перемещают слой волокнистого материала к лопастям выбирающих барабанов 9, которые, имея окружную скорость значительно большую, чем скорость подающих валов, выбирают клочки волокнистого материала из поданного слоя, отбрасывают их на поддон 10 и продвигают вдоль него к разрыхлительному барабану 11. При этом частота вращения как подающих валов, так и выбирающих барабанов уменьшается от I к VIII. По мере заполнения камеры волокнистым материалом производится одновременная выборка нижних слоев, клочки выводятся через патрубок 12 и далее с помощью вентилятора смесь поступает на последующую машину. В камере установлен также датчик 13, который контролирует технологически необходимый остаток волокнистого материала в камере.

В настоящее время фирмы-производители приготавительного оборудования предлагают для смешивания хлопка использовать многокамерные машины со ступенчатой загрузкой камер или с различной длиной пути движения материала.

Фирма Trutzschler предлагает камерные смесовые машины серии MX-U. На рисунке 3.43 представлена схема машины MX-U6 с шестью смесовыми камерами.

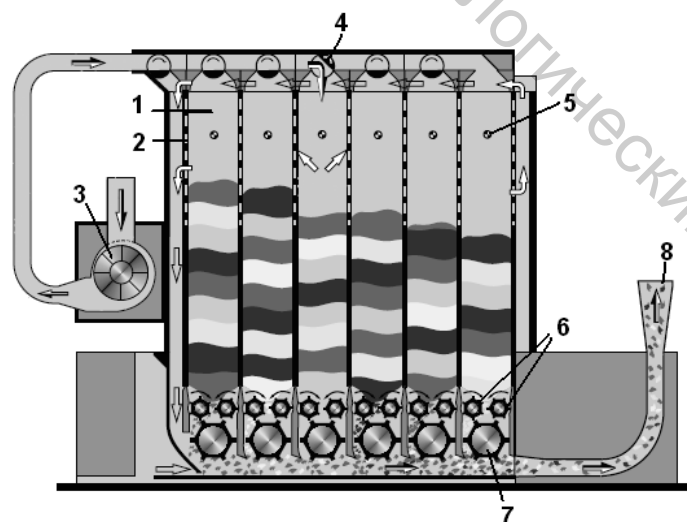


Рисунок 3.43 – Схема смесовой машины MX-U6

Смесовые камеры 1 с перфорированными стенками 2 поочередно заполняются волокном под действием разрежения воздуха, создаваемого вентилятором 3. Заслонки 4 обеспечивают попадание волокна в соответствующие камеры и предотвращают его перемещение к последую-

щим камерам. Камеры заполняются, начиная с последней камеры, ступенчато, то есть уровень заполнения соседних камер отличается на определенную постоянную величину.

После заполнения части каждой камеры (кроме последней) вначале открывается заслонка следующей камеры, а затем закрывается заслонка заполненной камеры. Уровень заполнения камер регулируется с помощью фотоэлементов 5. Клочки волокон выбираются из камер выпускными валиками 6, обрабатываются разрыхлительными валиками 7 и смешиваются в пневмопроводе 8. В зависимости от массы смешиваемого волокна и требований к качеству смешивания машины серии МХ-У могут изготавливаться с 6 или 10 камерами, а также отличаться по высоте. Конструкция машин соответствует конструкции машин прошлого поколения серии МРМ. Для повышения качества смешивания рекомендуется устанавливать последовательно две смесовые машины, причем последняя машина должна агрегироваться с очистителем Cleanomat или разрыхлителем Tuftomat. В этом случае смешивание компонентов осуществляется не в пневмопроводе, а на смесовой решетке, располагающейся под разрыхлительными валиками 7. Такие смесовые машины относятся к серии МХ-І (рисунок 3.44).

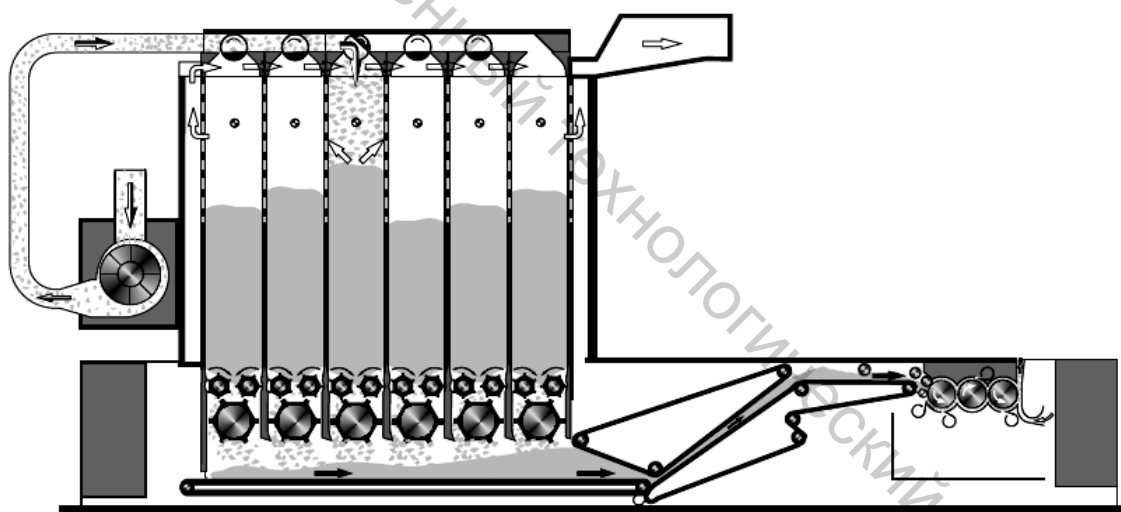


Рисунок 3.44 – Схема смесовой машины МХ-І 6, агрегированной с очистителем Cleanomat CL-C 3

Фирма Rieter также предлагает камерные смесовые машины UNImix различных модификаций (B70 – B76 и т.д.) для смешивания волокон одного вида, в том числе хлопка. Схема машины UNImix B70 представлена на рисунке 3.45. Эта машина имеет ряд отличий от описанных выше. Во-первых, заполнение камер 1 волокном происходит одновременно, а смешивание осуществляется за счет разной длины пути движения материала к линии выборки – до смесовой решетки 2. Во-вторых, количество камер постоянно и равно 8. В-третьих, дополнительное смешивание осуществляется при воздействии игольчатой решетки 3, выбирающей клочки из разных слоев подводимого к ней

настила. Разравнивающий валик 4 снимает излишки волокнистого материала с игольчатой решетки и сбрасывает в камеру машины. Клочки волокон, снимаемые съемным валиком с игольчатой решетки, по пневмопроводу направляются к следующей машине. Если бункер очистителя переполнен, питающая и игольчатая решетки останавливаются.

Смешивание осуществляется в 3 зонах машины UNImix:

I – организованное смешивание за счет разницы дистанций, проходимых клочками, поступившими одновременно в разные камеры машины;

II – неорганизованное смешивание при захвате клочков игольчатой решеткой;

III – дополнительное неорганизованное смешивание за счет сбрасывания части клочков разравнивающим валиком обратно в смесовую камеру.

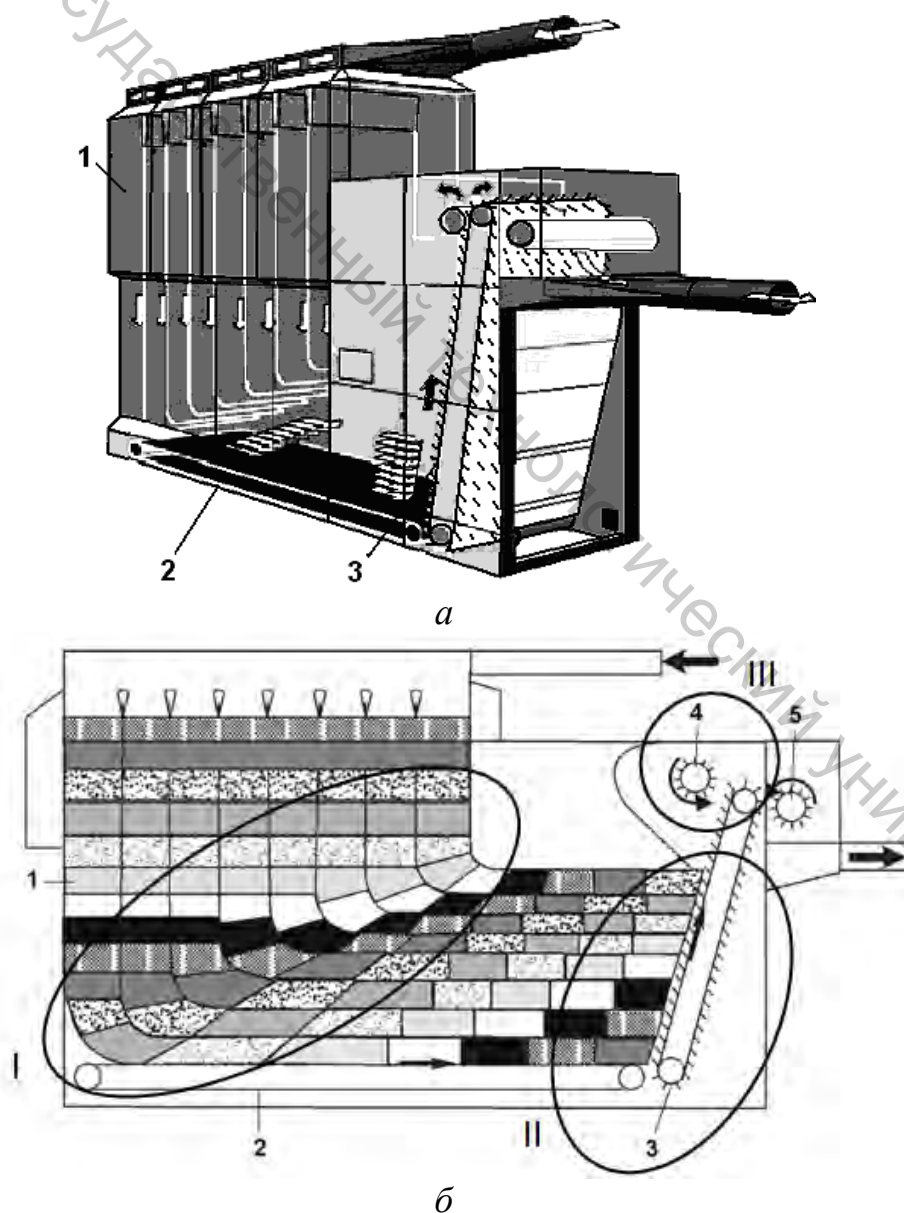


Рисунок 3.45 – Схема смесовой машины UNImix B70

В настоящее время фирма Rieter рекомендует использовать смесовую машину UNImix B72, если ее плановая производительность не превышает 800 кг/ч, или машину UNImix B76, производительность которой может достигать 1200 кг/ч. Эти машины могут комплектоваться очистительным модулем R в случае переработки хлопка или разрыхлительным модулем S для химических волокон.

3.4.3 Устройство и принцип работы смесовых машин для смешивания разнородных компонентов

При смешивании разнородных компонентов особое значение приобретает первый этап смешивания – дозирование, так как различия в свойствах волокон в этом случае оказывают более существенное влияние на неравномерность свойств пряжи, чем при производстве однокомпонентной (хлопчатобумажной или льняной) пряжи.

Точность и гомогенность (однородность) смешивания определяют качество смешанной пряжи и текстильных материалов из нее. Смесии разноокрашенных волокон, например, реагируют весьма чувствительно на колебания состава, потому что разница в оттенке очень хорошо видна в изделии. Важным для производства является стабильность и воспроизводимость производственного процесса. Равномерное распределение волокон позволяет повысить прочность пряжи, снизить обрывность в прядении и ткачестве.

Существует несколько подходов, реализуемых для точного дозирования компонентов. Наиболее часто для этой цели используются весовые питатели (питатели-самовесы). Взвешивание позволяет использовать для управления смешиванием непосредственно массы волокна, вместо результатов косвенных измерений, предотвращает ошибки при смешивании компонентов, позволяет поддерживать точное содержание компонентов.

Современные смесовые машины, оснащенные весовыми питателями, предназначены для смешивания различных натуральных и химических волокон, отличающихся по длине, линейной плотности и цвету, и позволяют получать однородные смеси как с близким процентным содержанием компонентов, так и с их соотношением 1/99 %, что особенно актуально при производстве меланжевой пряжи.

Фирма Trutzschler предлагает несколько различных конструкций весовых питателей. Весовой питатель BO-W может агрегироваться с питателем-смесителем (рисунок 3.46 а). В этом случае волокно подается в чашу с помощью игольчатой решетки.

Весовые питатели BL-HW (рисунок 3.46 б) и BL-EW (рисунок 3.46 в) загружаются пневматически. Клочки подаются в бункер I

под действием разрежения воздуха, создаваемого при отводе воздуха от перфорированных стенок бункера. Волокно выводится из бункера выпускными валиками 2 и подается питающими валиками 3 к разрыхлительному барабану 4. Если масса волокна в чаше 6 меньше заданной величины, то заслонки 5 открыты и волокно загружается в чашу. Заполнение чаши производится с высокой скоростью, а при почти полном заполнении скорость подачи волокна снижается. Это позволяет обеспечить высокую производительность и точное дозирование компонентов.

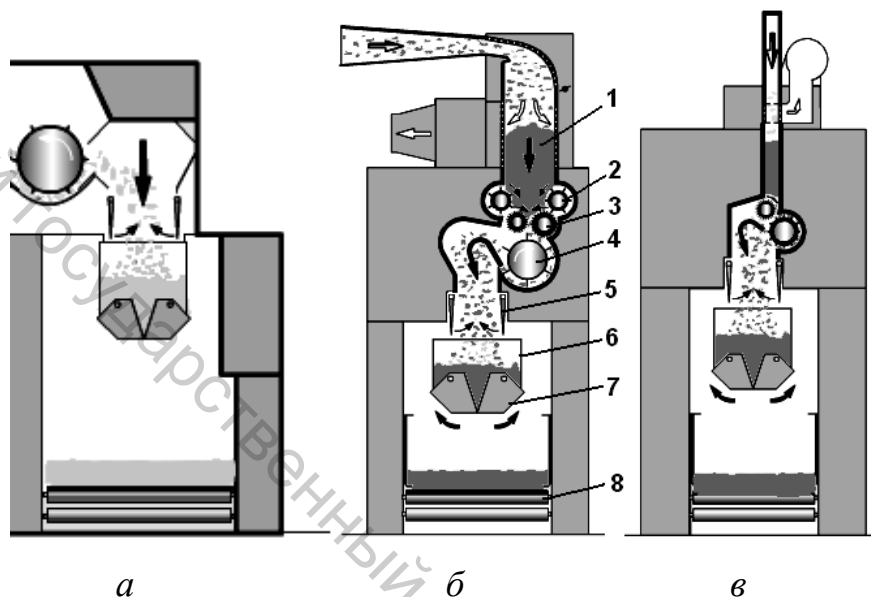


Рисунок 3.46 – Весовые питатели:
а – BO-W, агрегированный с питателем-смесителем;
б – BL-HW; *в* – BL-EW

После достижения требуемой массы волокна в чаше заслонки 5 закрываются и задерживают падающие клочки волокон. С заданной периодичностью створки 7 открываются, и волокно выгружается на смешовой конвейер 8. После этого процесс повторяется.

Важно обратить внимание на то, что раскрытие створок происходит через определенное время, а не после достижения массы волокна в чаше определенного значения. Промежуток времени между заполнением чаши и раскрытием ее створок (выстой) компенсирует неравномерность подачи волокна в нее.

Весовой питатель BL-EW отличается от питателя BL-HW меньшей шириной бункера, отсутствием выпускных валиков и параметрами питающего валика и разрыхлительного барабана. Меньшая ширина бункера позволяет достичь повышенной точности (коэффициент вариации по массе менее 1 %) при дозировании малого количества материала и небольшой производительности.

На рисунке 3.47 представлена система для смешивания 6 компонентов с использованием пяти весовых питателей BO-W 1 и одного питателя BL-EW 2 для точного дозирования.

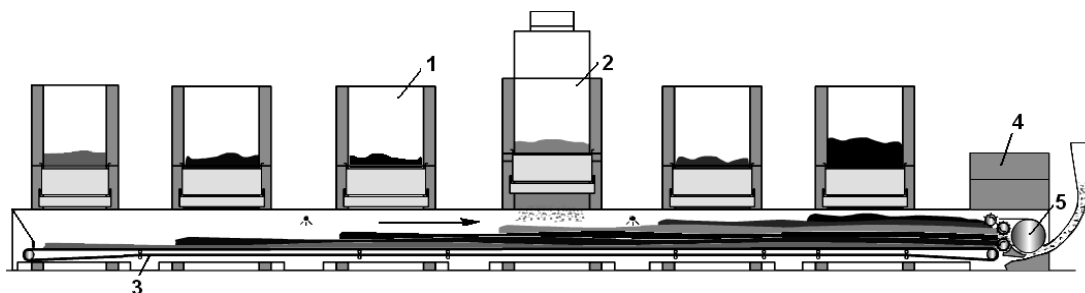


Рисунок 3.47 – Смешивание разнородных волокон с использованием весовых питателей

Клочки волокон выгружаются последовательно на смесовой конвейер 3, накладываясь друг на друга непрерывными слоями в заданной пропорции, что обеспечивается подбором продолжительности цикла работы весового питателя и скорости конвейера. В смесителе 4 модели BL-FC6 клочки волокон всех компонентов подвергаются воздействию разрыхлительного барабана 5 и транспортируются по пневмопроводу к следующей машине.

Фирмой Rieter была разработана новая смешивающая машина UNblend A80. Благодаря новой конструкции можно достичь чрезвычайно гомогенной смеси с самыми различными компонентами. Одна машина объединяет дозирование и смешивание с максимальной производительностью 1000 кг/ч. Благодаря этой концепции достигается большая гибкость во многих отношениях:

- дозирование и смешивание от 2 до 8 компонентов;
- доля каждого компонента в смеси может регулироваться в пределах 0,1 %;
- возможность одновременного получения до 4 составов смесей с использованием одинаковых компонентов.

UNblend поставляется с количеством модулей от 2 до 8 для отдельных компонентов смеси (рисунок 3.48). Основой каждого модуля является регулируемое дозирующее устройство, которое сбрасывает непрерывно регулируемую долю каждого компонента всей смеси на транспортную ленту.

Дозирование производится с помощью питающих валков 1 (рисунок 3.48), которые постоянно измеряют толщину потока материала. Регулирующий импульс поступает прямо в систему управления машины, которая соответственно изменяет скорость подачи компонента из камеры на транспортную ленту 3, смонтированную под дозирующим устройством. На транспортной ленте волокнистый материал образует слоистую структуру 2.

Гомогенизация смеси происходит в разрыхляющем узле 4 в конце машины. Посредством этого разрыхлительного устройства сложенные слои компонентов отводятся в поперечном направлении.

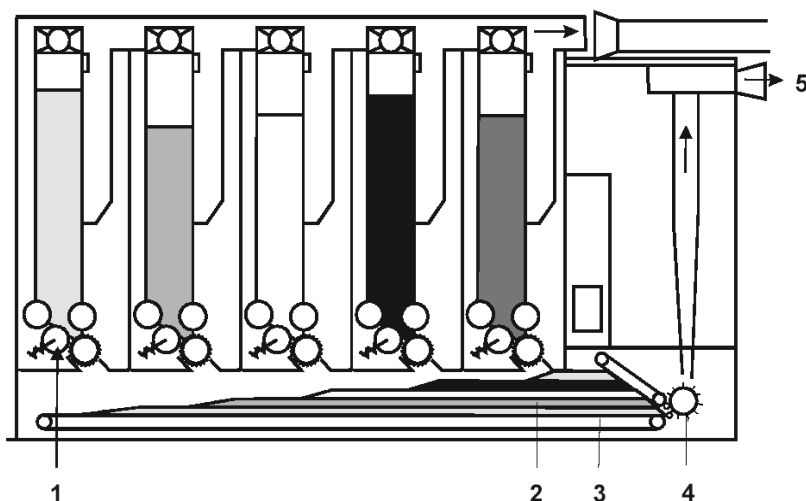
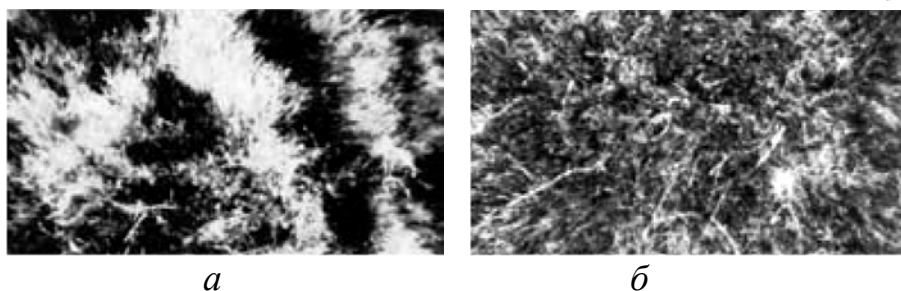


Рисунок 3.48 – Смесовая машина UNblend A80

По мнению специалистов фирмы, это предотвращает расслоение компонентов на следующих переходах. Кроме того, при непрерывной подаче волокна на транспортерную ленту исключается периодическая неровнота продукта, которая возможна при периодическом сбрасывании на смесовой конвейер порций волокна на машинах с весовыми питателями. Полученная смесь выводится в патрубок 5.

Однородность смеси, достигаемая на машине UNblend A80, связана и с тем, что смешиванию подвергаются очень маленькие клочки и даже отдельные волокна, что связано с высоким качеством подготовки материала и интенсивным разрыхлением в смешивающем устройстве.

Несмотря на принципиально различный подход к организации процесса смешивания разнородных волокон, специалисты всех ведущих фирм на основании результатов экспериментальных исследований не рекомендуют осуществлять смешивание хлопка с химическими волокнами на ленточных машинах, так как в этом случае вырабатываемая лента имеет ручьистую структуру (рисунок 3.49 а). Смешивание разнородных волокон на машинах поточной линии обеспечивает равномерное перемешивание волокон (рисунок 3.49 б), что позволяет повысить равномерность пряжи по всем свойствам.



а

б

Рисунок 3.49 – Сечение хлопковискозной ленты со второго перехода ленточных машин (хлопок – 65 %, черное вискозное волокно – 35 %):

а – при смешивании лентами на первом переходе ленточных машин;

б – при смешивании на машинах поточной линии

3.4.4 Оценка интенсивности и эффективности процесса смешивания

Интенсивность процесса смешивания характеризуется следующими параметрами:

- производительностью машин, где осуществляется смешивание;
- длительностью пребывания смеси в смешивающей камере и скоростью рабочих органов, осуществляющих ворошение клочков;
- числом потоков, слоев, лент, ровниц, участвующих в процессе сложения;
- коэффициентом сгущения.

Для оценки степени смешивания волокон разных компонентов или волокон, различающихся по своим свойствам, могут быть использованы различные показатели, из которых наибольший интерес представляют полнота и неровнота смешивания.

Полнота смешивания $S(V)$ или $S(L)$ – относительное отклонение (в %) реального состава смеси от рецепта в разных объемах V смеси или в отрезках разной длины L ленты, ровницы или пряжи.

Полнота смешивания рассчитывается по формуле

$$S(V, L) = 100 - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \Delta_i(V, L), \quad (3.12)$$

где

$$\Delta_i(V, L) = \frac{100}{p_i} |p_{Ri} - \overline{p_i}|, \quad (3.13)$$

p_{Ri} – процентное содержание i -го компонента в смеси или в продукте согласно рецепту; $\overline{p_i}$ – среднее процентное содержание i -го компонента в V единиц объема смеси или в отрезке продукта длиной L единиц.

Неровнота смешивания $C(V)$ или $C(L)$ – квадратическая неровнота распределения компонентов в разных объемах смеси V или в разных отрезках длины L ленты, ровницы, и пряжи.

Квадратическая неровнота смешивания $C(V, L)$ волокон компонентов связана с квадратической неровнотой распределения вдоль продукта i -го компонента $C_i(V, L)$ следующим соотношением

$$C^2(V, L) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_i^2(V, L). \quad (3.14)$$

Квадратическая неровнота распределения вдоль продукта i -го компонента определяется по формуле

$$C_i^2(V, L) = \frac{100}{\bar{p}_i} \sigma_i^2(V, L), \quad (3.15)$$

где $\sigma_i(V, L)$ – среднеквадратическое отклонение доли волокна i -го компонента;

$$\sigma_i^2(V, L) = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m (p_{iu} - \bar{p}_i)^2, \quad (3.16)$$

$\bar{p}_i$ – среднее значение доли i -го компонента

$$\bar{p}_i = \frac{1}{m} \sum_{u=1}^m p_{iu}, \quad (3.17)$$

m – число единиц объема смеси или отрезков продукта; p_{iu} – процентное содержание волокон i -го компонента в u -м объеме, отрезке или сечении продукта при $V=0$ и $L=0$.

Эффективность процесса смешивания оценивают сравнением параметров, характеризующих степень смешивания до и после переработки смеси на смесовой машине (если в смесовую машину подается смесь, а не компоненты по раздельности). Для сравнения могут быть использованы описанные выше показатели. Эффективность смешивания определяется по формулам

$$K_{\text{э.см.}} = \frac{S_2}{S_1} \text{ или } \varepsilon_{\text{см}} = \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right) 100\%, \quad (3.18)$$

где S_1 и S_2 значения полноты или неровноты смешивания до и после его осуществления, $K_{\text{см}}$ – коэффициент эффективности смешивания; $\varepsilon_{\text{см}}$ – эффективность процесса смешивания, %.

3.5 Анализ работы поточных линий при переработке хлопка и химических волокон

Поточная линия – это комплекс машин, выполняющих основные и вспомогательные операции единого технологического процесса, характеризующегося непрерывным движением предмета труда по ходу процесса. По степени охвата производственного процесса поточные линии подразделяются на участковые и полные. Участковые линии включают определенное оборудование, осуществляющее часть технологического процесса (например, подготовку полуфабриката – чесальной ленты, ленты с ленточной машины). Полные поточные линии объединяют все технологическое оборудование, осуществляющее технологические операции от разрыхления кип до изготовления пряжи.

Прядильное производство сложилось как прерывно-поточное с групповым расположением оборудования. Поточное расположение оборудования характерно для процессов разрыхления, очистки и кардочесания волокнистого материала. Ленточное и ровничное оборудование на фабриках располагается параллельными потоками. Возможность применения поточных линий обуславливается также тем, что пряжа широкого ассортимента в основном вырабатывается на однотипном оборудовании, производство имеет массовый характер и крупные объемы.

Применение термина «поточная линия» в прядильном производстве имеет свою специфику. Так, широкое распространение получили термины «разрыхлительно-очистительный агрегат» или «разрыхлительно-трепальный агрегат». Эти агрегаты, представляющие собой комплекс разрыхлительных, очистительных, смесовых машин и другого оборудования, полностью соответствуют определению участковой поточной линии. Однако для них данный термин не используется. Поточными линиями в хлопкопрядении называют комплексы машин, которые начинаются с кипоразрыхлителя, а заканчиваются или чесальной машиной, или машиной одного из следующих за ней перехода.

В случае объединения разрыхлительно-очистительного агрегата и чесальной машины комплекс машин называют поточная линия «кипа – чесальная лента», то есть указывают наименование волокнистого продукта на входе и на выходе из поточной линии. Если в состав комплекса машин включают ленточную машину, его характеризуют как поточную линию «кипа – лента с ленточных машин».

Создание автоматизированных поточных линий началось именно на основе усовершенствования разрыхлительно-очистительных агрегатов и агрегирования трепальной машины с группой чесальных машин.

Основная трудность в создании поточной линии связана со значительными различиями в производительности и габаритных размерах

машин на смежных переходах. По мере утонения продукта по ходу технологического процесса производительность машин уменьшается.

Это хорошо видно на примере хлопкопрядения. 30 лет назад производительность трепальной машины составляла 180–280 кг/ч, чесальной – 20–30 кг/ч, одного выпуска ленточной машины – 150 кг/ч, одного веретена ровничной машины – 0,1–2 кг/ч, одного веретена прядильной – 0,01–0,05 кг/ч. В настоящее время максимальная производительность чесальных машин повысилась до 150–180 кг/ч, что соответствует производительности ленточных машин. Это позволило создать поточные линии «кипа – лента с ленточных машин».

Применение поточных линий позволяет не только уменьшить количество оборудования, но и ликвидировать ряд промежуточных операций (транспортных, взвешивания, учетно-сортировочных).

В зависимости от систем и способов прядения состав поточных линий может быть различным. Специалисты на хлопкопрядильных фабриках традиционно стремились соблюдать аппаратность оборудования, то есть строгое закрепление машин по переходам, исключающее перепутывание продуктов с различных групп машин. При агрегировании машин в автоматизированную поточную линию создаются идеальные условия для такой аппаратности.

Особого внимания заслуживает вопрос стабильности технологического процесса, которая, в конечном счете, характеризуется уровнем обрывности пряжи и постоянством во времени этого уровня. Эти показатели зависят от стабильности линейной плотности и структурной неровности пряжи (от числа волокон в сечении). В свою очередь, эти показатели зависят от неровности полуфабрикатов прядильного производства. В связи с этим обязательным условием внедрения поточной линии является надежность системы автоматического регулирования вытяжки на чесальных машинах.

Применение поточных линий позволяет ликвидировать противоречивые технологические операции: разрыхление и последующее пресование волокнистого материала (на трепальных машинах), наматывание и разматывание холста, укладка ленты в таз и выборка ее из таза.

Развитие техники и технологии хлопкопрядения характеризуется постепенным сокращением технологических переходов. Число переходов в кардной системе прядения сократилось с 12 до 5–6 переходов. Создание поточных линий «кипа – лента» позволило сократить число технологических переходов до 2–3 (таблица 3.8).

Современные поточные линии характеризуются различной степенью универсальности относительно используемого сырья, системы, способа прядения. Основные задачи, решаемые при компоновке поточной линии и выборе параметров работы машин, входящих в ее состав:

- обеспечение максимально бережной переработки исходного сырья без существенного снижения свойств волокон;

Таблица 3.8 – Сокращение технологических переходов по мере развития техники и технологии хлопкопрядения

№ перехода	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Кипоразбиватель	Разрыхлительно-очистительный агрегат	Разрыхлительно-очистительный агрегат	Разрыхлительно-очистительный агрегат	Поточная линия «кипа – чесальная лента»	Поточная линия «кипа – лента с ленточных машин»	Поточная линия «кипа – пряжа»
2	Лабызы	Чесальная машина	Чесальная машина	Чесальная машина	Ленточная машина	Пневмомеханическая прядильная машина	
3	Питатель с горизонтальным разрыхлителем	Ленто-соединительная машина	Ленточная машина (I переход)	Ленточная машина (I переход)	Пневмомеханическая прядильная машина		
4	Трепальная машина I	Ленточная машина	Ленточная машина (II переход)	Ленточная машина (II переход)			
5	Трепальная машина II	Ровничная тазовая машина	Ровничная тазовая машина	Пневмомеханическая прядильная машина			
6	Чесальная машина	Ровничная перегонная машина	Кольцевая прядильная машина				
7	Ленточная машина (I переход)	Кольцевая прядильная машина					
8	Ленточная машина (II переход)						
9	Ровничная тазовая машина						
10	Ровничная перегонная машина						
11	Ровничная тонкая машина						
12	Кольцевая прядильная машина						

- обеспечение равномерности выпускаемого полуфабриката по структуре и составу;
- минимизация выхода отходов волокна с учетом его исходной засоренности и физико-механических свойств.

Фирма Rieter предлагает различные компоновки поточных линии, которые можно разделить на две группы:

1. Поточные линии для переработки однородных волокон (хлопка или химических волокон в чистом виде).

2. Поточные линии для переработки смесей разнородных волокон.

В первом случае концепция поточной линии заключается в разборке кип на автоматическом кипном питателе, предварительной очистке волокна на очистителе, смешивании волокон различных типов и сортов на смесовой машине и окончательной очистке на очистителе или в резервном питателе. Пример подобной линии показан на рисунке 3.50.

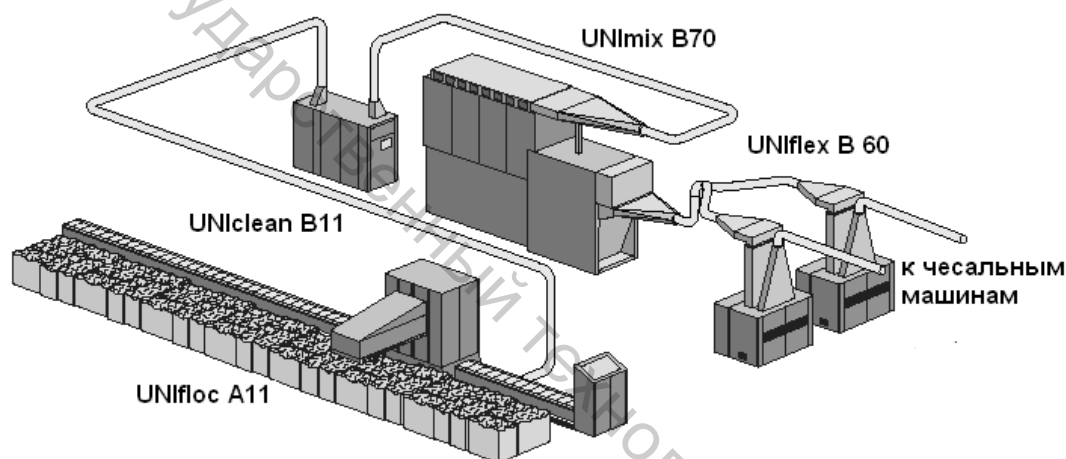


Рисунок 3.50 – Упрощенная схема поточной линии фирмы Rieter для переработки хлопкового волокна

В представленном варианте поточной линии включено только основное оборудование, однако реальные поточные линии состоят из большего количества машин и устройств (рисунок 3.51), в том числе отделителей посторонних примесей разных конструкций и быстроходных конденсеров для пневмотранспортировки потока клочков волокон от одной машине к другой.

Данная поточная линия подходит как для кардной, так и для гребенной системы прядения. При этом важно отметить, что количество и последовательность устанавливаемых машин поточной линии в значительной степени зависят от предполагаемой засоренности перерабатываемого хлопкового волокна и плановой производительности поточной линии (таблица 3.9).

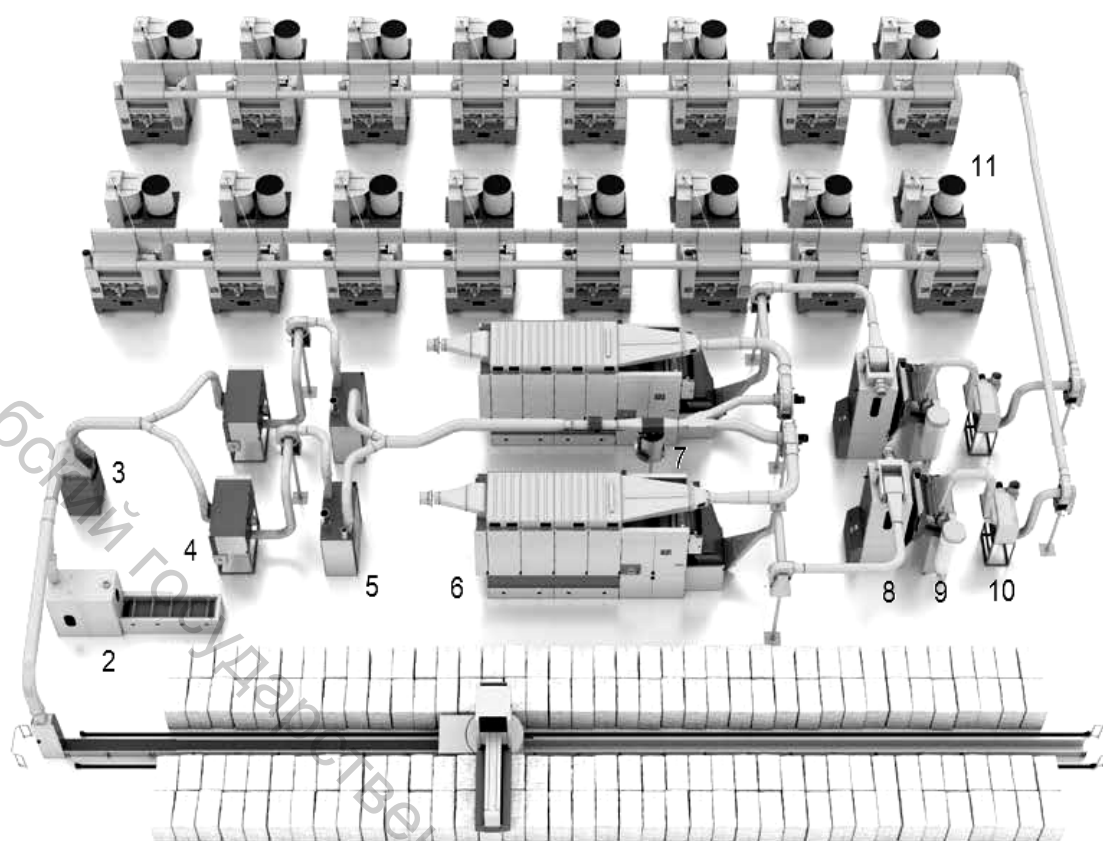


Рисунок 3.51 – Поточная линия фирмы Rieter для переработки хлопкового волокна:

1 – автоматический кипный питатель UNIfloc A12; 2 – питатель для отходов B25; 3 – отделитель твердых примесей A49; 4 – конденсер A22; 5 – очиститель UNIclean B12; 6 – смесовая машина UNImix B76R; 7 – отделитель металлических частиц Combo Shield; 8 – резервный питатель UNIstore A79R; 9 – отделитель мягких примесей Vision Shield; 10 – конденсер A21; 11 – чесальные машины C70

Таблица 3.9 – Рекомендуемые составы поточных линий фирмы Rieter для переработки хлопкового волокна*

Засоренность хлопкового волокна, %	Производительность поточной линии, кг/ч	Рекомендуемое оборудование					
менее 3	800	A12	B12	B72R			
	1000	A12	B12	B76R			
	2000**	A12	B12	B76	A79R		
3–5	800	A12	B12	B72R	A79R		
	1000	A12	B12	B76R	A79R		
	2000**	A12	B12	B12	B76R	A79R	
более 5	800	A12	B12	B72R	B17	A79R	
	1000	A12	B12	B76R	B17	A79R	
	2000**	A12	B12	B12	B76R	B17	A79R

* – в таблицу не включены машины для отделения посторонних примесей, быстроходные конденсеры и чесальные машины.

** – при производительности 2000 кг/ч количество всех указанных машин, кроме UNIfloc A12, увеличивается до 2.

Поточные линии для переработки химических волокон должны содержать значительно меньшее количество очистительных машин в связи с существенно меньшей засоренностью перерабатываемого сырья (таблица 3.10).

При создании агрегата для переработки смесей волокон учтена различная засоренность волокон перерабатываемых компонентов, например, хлопка и вискозы. Упрощенная схема поточной линии, аналогии которой установлены на предприятиях Республики Беларусь, представлена на рисунке 3.52.

Таблица 3.10 – Рекомендуемые составы поточных линий фирмы Rieter для переработки химических волокон

Перерабатываемое сырье	Производительность поточной линии, кг/ч	Рекомендуемое оборудование		
Синтетические волокна	600	A12	B72S	
	900	A12	B76S	
	1400*	A12	B76S	
Искусственные волокна	600	A12	B72S	A79S
	900	A12	B76S	A79S
	1400*	A12	B76S	A79S

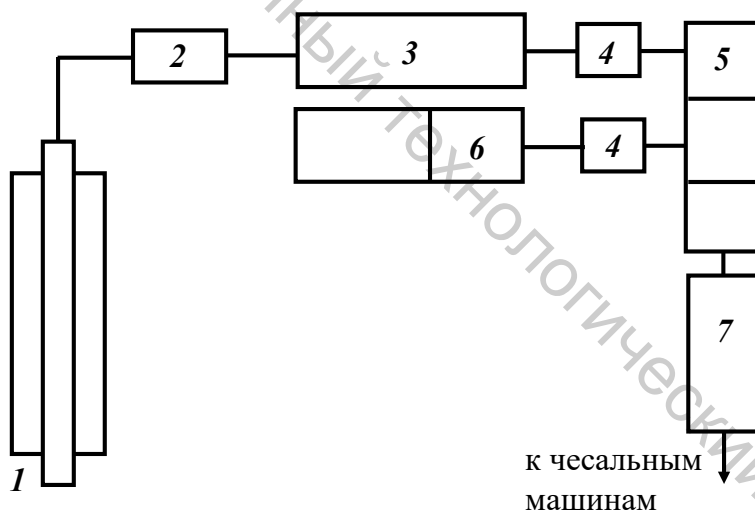


Рисунок 3.52 – Схема поточной линии фирмы Rieter для переработки смесей волокон

Хлопковое волокно, как и на представленных выше линиях, перерабатывается на кипном питателе UNifloc A11 1, очистителе UNIclean B11 2, смесовой машине UNImix B70 3 и очистителе UNIflex B60 4. Второй компонент (химическое волокно) поступает через питатель-смеситель B34 6, подвергается разрыхлению и, если необходимо, очистке на машине очистителе UNIflex B60 4, а далее смешивается с основным компонентом на смесовой машине UNIblend A81 5. Для повышения качества однородности распределения компонентов готовая смесь перед подачей в бункеры чесальных машин дополнительно перемешивается

на питателе-смесителе В34 7 той же или другой модификации. При выборе оборудования для переработки каждого из компонентов новых линий для переработки разнородных волокон целесообразно учитывать фирмы-производители оборудования, представленные в таблицах 3.9 и 3.10.

Фирма Trutzschler предлагает разнообразные варианты компоновок поточных линий в зависимости от вида перерабатываемого сырья и плановой производительности.

На рисунке 3.53 представлены рекомендации по выбору оборудования поточных линий для переработки хлопка. На сером фоне изображена наиболее универсальная последовательность оборудования.

Кипы хлопкового волокна разрыхляются кипоразрыхлителем Blendomat BO-P, далее клочки волокон обрабатываются на отделителе инородных примесей SP-MF, смешиваются в смесовой машине MX-U, очищаются от примесей на очистителе CL-U и после отделения мягких, в том числе текстильных примесей на отделителе T-SCAN TS-T5 подаются в бункера чесальных машин. На рисунке не представлены конденсеры, которые установлены в пневмопроводе поточной линии для транспортировки волокна между ними.

Для поточной линии с малой производительностью может быть выбран кипоразрыхлитель Blendomat BO-E.

Кроме хлопкового волокна, поступающего с хлопкоочистительных заводов, в производстве используются хлопковые отходы различного вида, в том числе отходы (рвань) ленты и регенерированные отходы с разрыхлительных, очистительных, чесальных, гребнечесальных машин. Подготовленные к переработке отходы подаются в поточную линию через отдельные питатели. В зависимости от засоренности волокна дополнительно в поточную линию могут включаться очистители и отделители инородных примесей, как показано на схеме. В случае применения для производства пряжи пневмомеханических прядильных машин перед подачей волокнистого потока на чесальные машины его необходимо обеспылить на машине Dustex SP-DX.

При переработке химических волокон нет необходимости в интенсивной его очистке в связи с отсутствием в сырье примесей, как растительных, так и минеральных.

В волокне могут присутствовать пороки (жгутики, склейки и т.д.), а также инородные примеси, например фрагменты упаковки, которые должны удаляться на машинах поточной линии. Но главной целью данного этапа является максимальное разделение клочков до поступления волокнистого материала на питание чесальных машин.

В связи с этим универсальный вариант поточной линии для переработки химических волокон, представленный на рисунке 3.54 на сером фоне, не содержит очистителей, а включает машины для отделения инородных примесей и разрыхлителей.

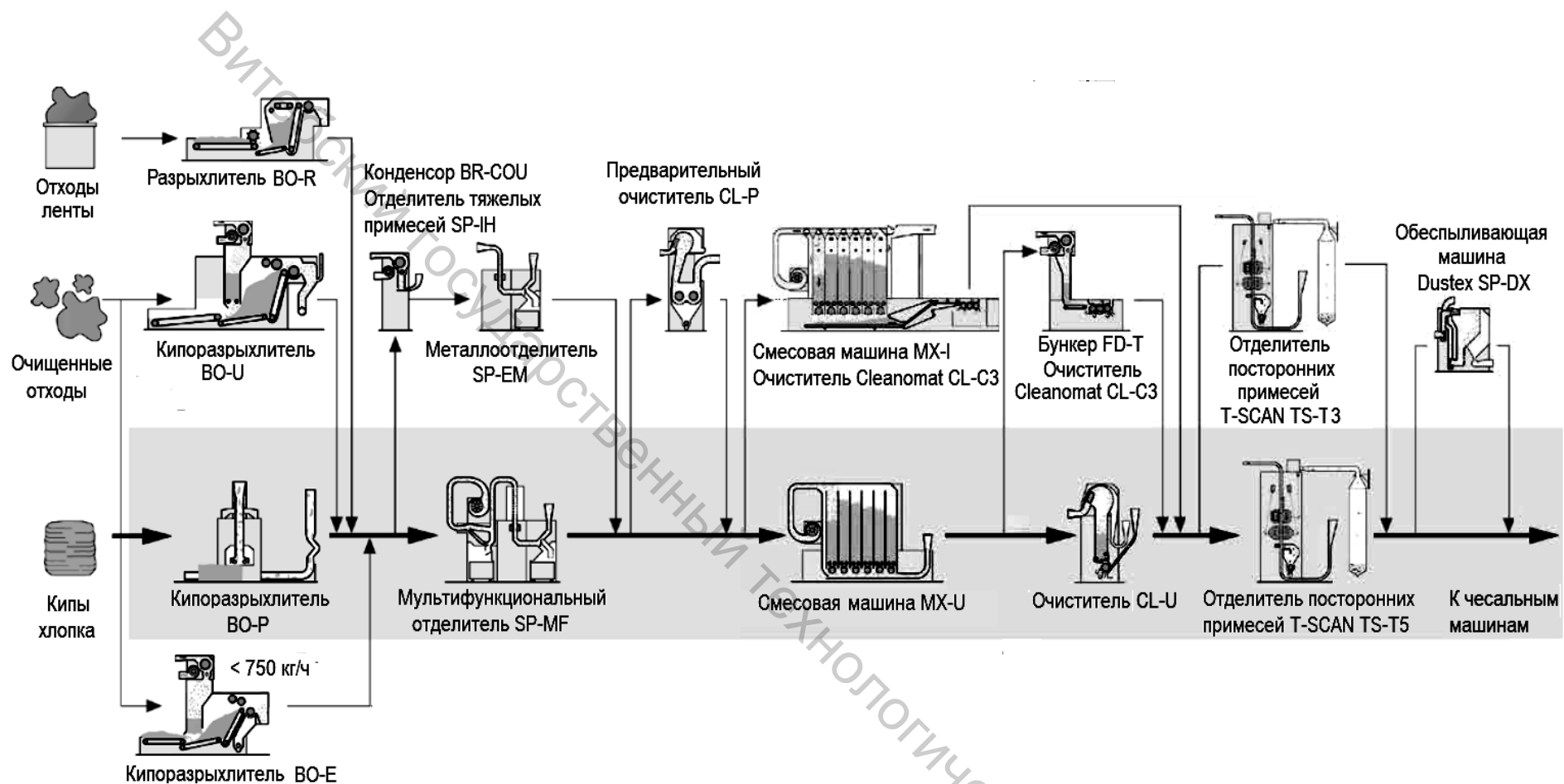


Рисунок 3.53 – Рекомендуемые варианты поточных линий фирмы Trutzschler для переработки хлопка

Также линия включает смесовую машину MX-U, которая осуществляет не только равномерное смешивание, но и разрыхление клочков волокон на выходе из камер.

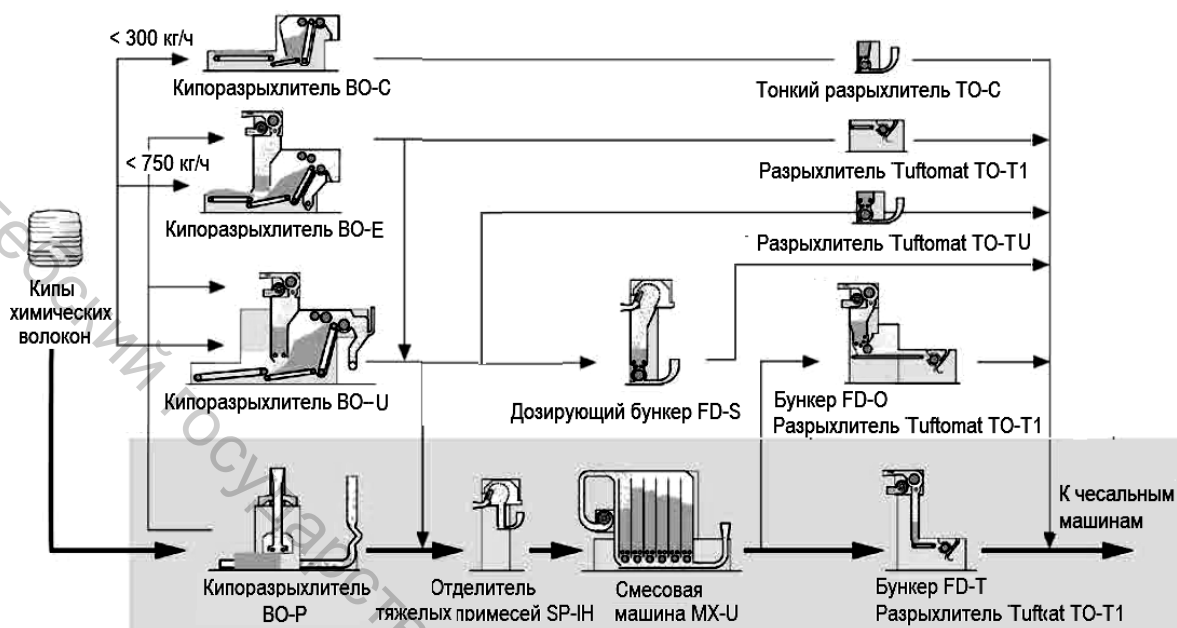


Рисунок 3.54 – Рекомендуемые варианты поточных линий фирмы Trutzschler для переработки химических волокон

На схеме видно, что марка кипоразрыхлителя выбирается в зависимости от производительности поточной линии. Использование кипоразрыхлителя Blendomat BO-P целесообразно при плановой производительности не менее 750 кг/ч. При меньшей производительности рекомендуется использовать кипные питатели (кипоразрыхлители) с игольчатыми решетками. Также в зависимости от вида химических волокон и производительности линии могут выбираться различные марки разрыхлителей на последнем этапе переработки перед подачей клочков волокон на чесальные машины.

При производстве смешанной пряжи особое внимание уделяется не только процессу дозирования, но и выбору разрыхлительных и очистительных машин до процесса смешивания для каждого из компонентов с учетом различий в их свойствах.

Как видно на рисунке 3.55, фирма Trutzschler рекомендует до подачи химических волокон на машины с весовыми питателями особое внимание уделить их разрыхлению, в то время как хлопковые волокна после кипоразрыхлителя поступают на очистительное оборудование. Выбор конкретных марок машин для очистки осуществляется по таблице 3.6.

Смешивание компонентов, предварительно дозированных с помощью весовых питателей, осуществляется на смесовой решетке

BL-ЕС, а перемешивание происходит под действием разрыхлительного валика BL-ТО и на смесовой машине МХ-U10.

Поточные линии, используемые для переработки смесей волокон различного происхождения, наиболее сложны и многообразны.

Необходимо отметить, что фирмы Rieter и Trutzschler являются лидерами европейского рынка приготавительного оборудования для переработки хлопка и химических волокон. Анализируя принцип работы машин этих и других фирм, можно сформулировать основные тенденции развития оборудования поточных линий в мире:

1. Уменьшение количества машин по сравнению с устаревшими агрегатами, устанавливаемыми во второй половине XX века, за счет усовершенствования очистителей и фактического совмещения в них функций разрыхления и очистки в большей степени, чем ранее. Так, в настоящее время, вместо трех очистительных машин (двух наклонных очистителей и осевого очистителя), горизонтального разрыхлителя, бесхолстовой трепальной машины и резервного питателя чесальных машин, в современных поточных линиях используется два очистителя, обеспыливающая машина, а также в ряде случаев и отделитель посторонних примесей.

2. Применение автоматических кипных питателей с отбором клочков волокон сверху, что позволяет повысить производительность оборудования и в большей степени управлять процессом по сравнению с машинами, реализующими отбор снизу. Использование питателей смесителей допускается только для подачи регенерированных волокон, при малом объеме партии или для введения в смесь малого количества одного из компонентов.

3. Осуществление разрыхления и очистки волокна преимущественно в свободном состоянии, а также использование новых видов гарнитур для данного типа оборудования, особенно пыльчатой, что позволяет уменьшить повреждение волокон и лучше подготовить материал к кардочесанию.

4. Применение более сложных и совершенных смесовых машин:
– камерных машин без устройств дозирования при переработке волокон одного вида;

– машин или агрегатов с устройствами дозирования весового или другого типа при переработке разнородных волокон.

5. Применение машин или устройств для отделения посторонних частиц инерционно-аэродинамическим способом или с использованием автоматических систем.

6. Применение обеспыливающих устройств или машин, особенно для пневмомеханического прядения.

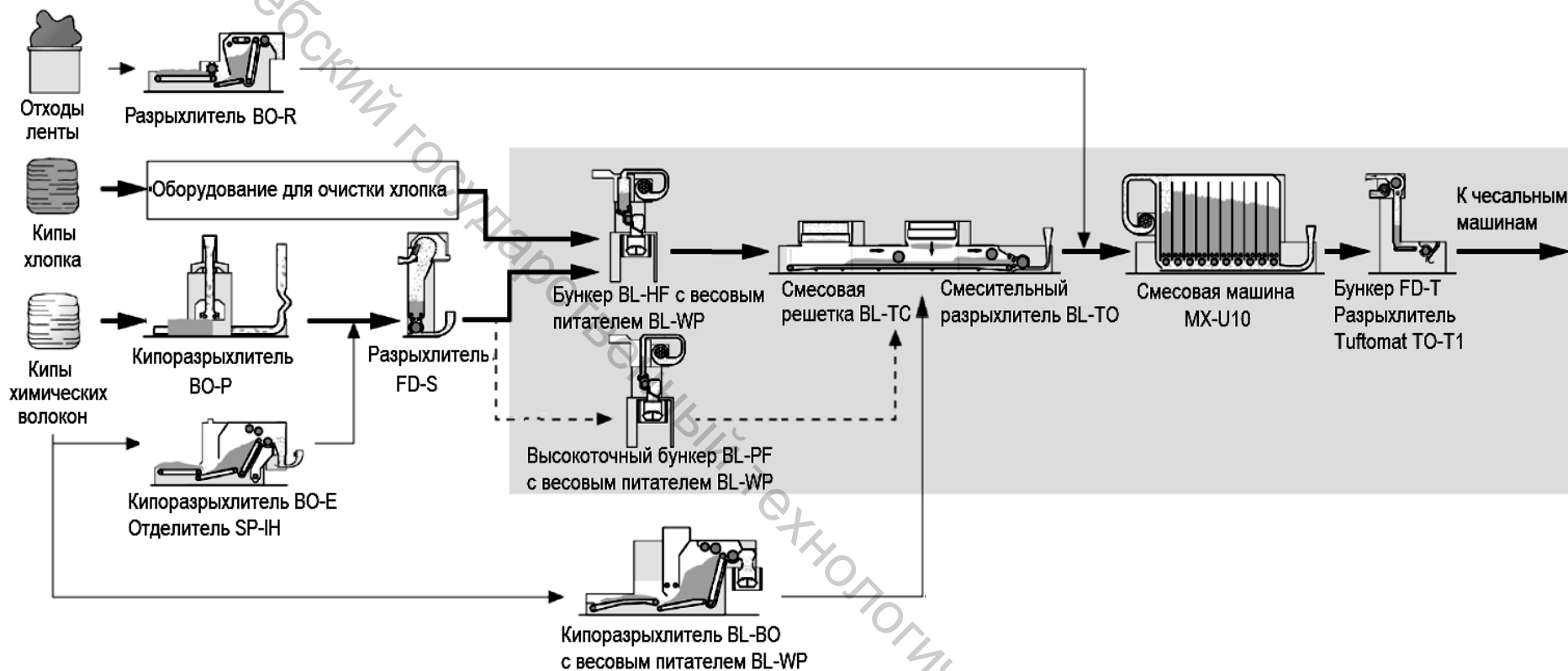


Рисунок 3.55 – Рекомендуемые варианты поточных линий фирмы Trutzschler для переработки неоднородных волокон

3.6 Поточные линии в шерстопрядении

3.6.1 Особенности подготовки компонентов к смешиванию

Мытая шерсть, также как и хлопковое волокно, поступает на предприятия в кипах в сильно спрессованном виде. Объемная масса шерсти в кипах достигает 250–300 кг/м³.

В шерстопрядении организация процессов разрыхления, очистки и смешивания имеет ряд особенностей, связанных с разнообразием используемых смесей.

Подготовка компонентов к смешиванию включает следующие операции:

- подбор компонентов по толщине, длине и цвету волокон;
- тщательное разрыхление каждого компонента, обеспечивающее в дальнейшем лучшее перемешивание компонентов смеси между собой;
- очистку волокнистого материала от непрядомых примесей, что повышает прядильную способность смеси, уменьшает обрывность в прядении и улучшает качество пряжи;
- тщательную обработку (карбонизацию, крашение и др.) каждого из компонентов смеси в соответствии с технологическими требованиями.

При этом повреждение волокон на всех операциях должно быть наименьшим, чтобы сохранить длину волокон, не допустить образования узелков, закатывания волокон.

В гребенном прядении шерсти применяют более однородное, менее засоренное сырье, поэтому подготовку компонентов к смешиванию ограничивают их разрыхлением, трепанием и обеспыливанием. Натуральная шерсть независимо от состояния подвергается трепанию, разрыхлению, перемешиванию и раздельному кардочесанию.

Отходы гребенного производства (концы ленты и ровницы, мычка из воздуховода прядильной машины) используются в гребенных смесях.

В гребенном прядении обезрепеивание шерсти перед смешиванием в приготовительном отделе не производят. Репейная шерсть очищается на чесальных и гребнечесальных машинах. Чесальные машины имеют специальные обезрепеивающие устройства, которые частично удаляют примеси. Окончательно эти примеси удаляются в процессе гребнечесания на гребнечесальных машинах.

В гребенном прядении крашение шерстяного волокна производят, как правило, в ленте до или после гребнечесания. Крашение волокна перед смешиванием в массе не производят.

Химические волокна, если они используются в смеси не более 10–15 %, подвергают разрыхлению на одной из машин приготовительного отдела гребенного производства. В качестве такой машины для разрыхления химического волокна, упакованного в кипы, могут быть

использованы или кипные питатели, или щипальные машины с поднятыми рабочими и съемными валиками, или трепальные машины. Если химические волокна красят перед смешиванием, то они проходят следующие операции: крашение, отжим, разрыхление, высушивание и повторное разрыхление на щипальной машине.

На камвольные предприятия химические волокна поступают в основном в виде жгута, из которого готовят ленту, а затем ее смешивают с шерстяной лентой.

Подготовка сырья к смешиванию в аппаратной системе прядения значительно сложнее, чем в гребенной. В аппаратном прядении кроме натуральной шерсти используют различные виды отходов. Многие из этих разнообразных видов сырья требуют для их подготовки целый ряд сложных процессов, в том числе карбонизацию, крашение, промывку.

3.6.2 Подготовка натуральной шерсти к смешиванию в аппаратной системе прядения

Подготовка натуральной шерсти к смешиванию осуществляется на следующих машинах:

- трепание и разрыхление шерсти – на трепальных агрегатах непрерывного действия (для тонкой и полутонкой шерсти) или трепальных машинах периодического действия (для полугрубой и грубой шерсти);
- механическое обезрепеивание – на обезрепеивающих машинах;
- карбонизация (химическое обезрепеивание) – на карбонизационных агрегатах непрерывного или установках периодического действия;
- крашение и промывка – на красильных аппаратах;
- отжим – на центрифугах;
- сушка после нейтрализации или после крашения – на сушильных машинах;
- расщипывание – на щипальных машинах.

Порядок подготовки шерсти может производиться по одному из шести основных планов (рисунок 3.56):

I. Применяется для неокрашиваемой шерсти нормального состояния, которую разрыхляют на разрыхлительно-трепальных агрегатах или трепальных машинах.

II. Применяется для небольших количеств сорной или репейной неокрашиваемой шерсти. Эту шерсть после разрыхления на трепальных машинах целесообразно подвергать обезрепеиванию на специальных обезрепеивающих машинах.

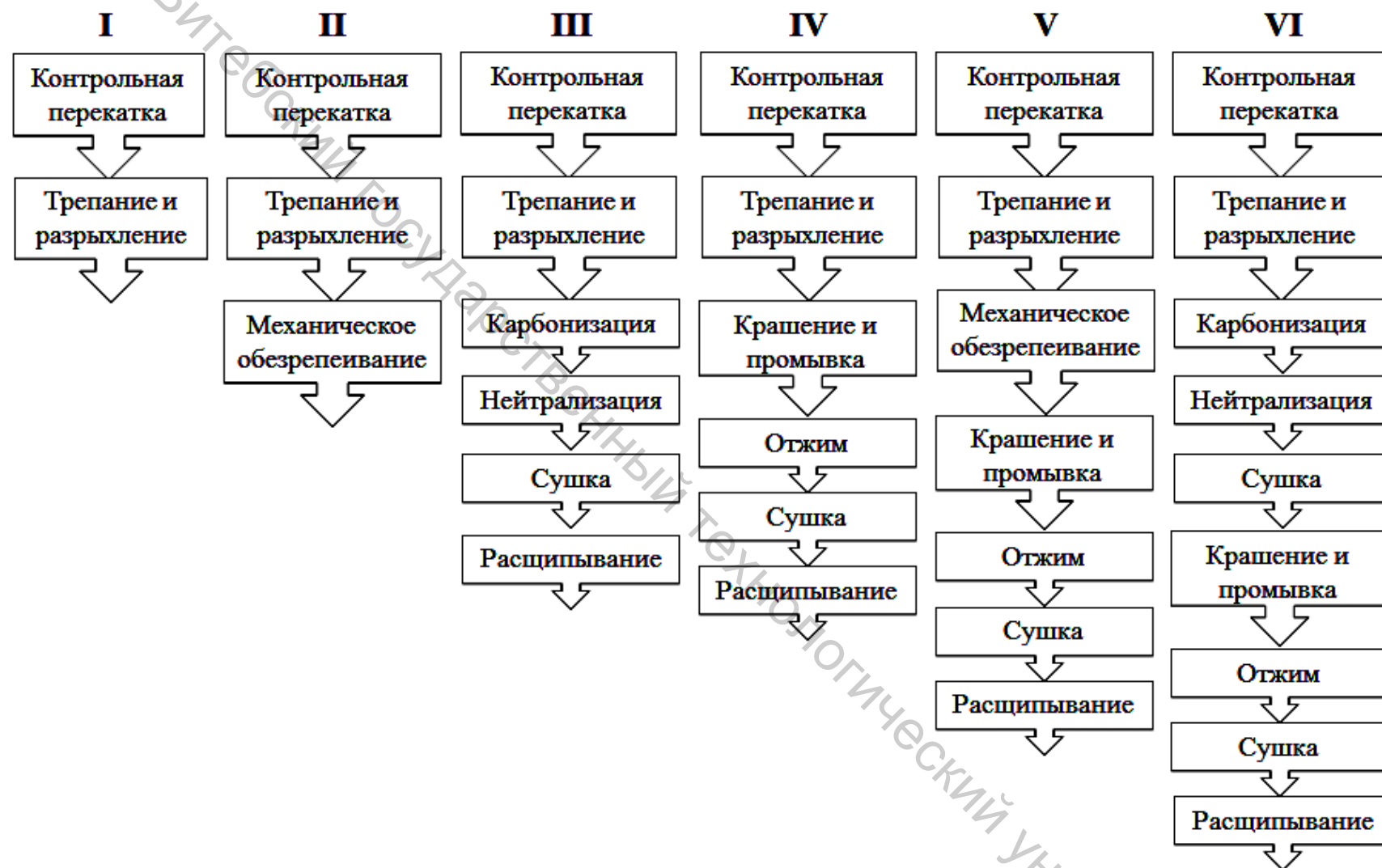


Рисунок 3.56 – Планы подготовки натуральной шерсти

III. Применяется для больших количеств сорной и репейной неокрашиваемой шерсти. Большие количества (по массе волокна) сорной и репейной шерсти нецелесообразно очищать на обезрепеивающих машинах, так как они имеют малую производительность и не обеспечивают полной очистки от растительных примесей. Кроме того, эти машины значительно снижают выход очищенной шерсти, поэтому применяют карбонизацию шерсти с последующей нейтрализацией и сушкой.

IV. Применяется для нормальной шерсти, подвергаемой крашению.

V. Применяется для небольших количеств сорной или репейной шерсти, подвергаемой механическому обезрепеиванию и крашению.

VII. Применяется для больших количеств сорной и репейной шерсти, подвергаемой карбонизации, нейтрализации и крашению.

В представленных планах подготовки натуральной шерсти возможны видоизменения в зависимости от производственных условий.

3.6.3 Подготовка химических волокон

Для штапельных химических волокон, неокрашенных или окрашенных в массу на химических заводах, требуется только легкое рыхление.

При крашении химических волокон на предприятии после разрыхления осуществляются следующие операции:

- крашение и промывка;
- отжим;
- мокрое разрыхление;
- сушка;
- расщипывание.

Химическое волокно, неокрашенное или окрашенное в массу, разрыхляется лишь в тех случаях, когда оно поступает на фабрику в спрессованных кипах. В ряде случаев достаточно легкого разрыхления в кипном питателе при отборе слоев из кипы. Если этого недостаточно, то разрыхление производят на щипальных машинах с поднятыми (или снятыми) рабочими и съемными валиками.

Вискозное волокно перед сушкой после крашения, промывки и отжима необходимо разрыхлять, так как в процессе крашения и промывки вискозное волокно сильно уплотняется. Кроме того, разрыхление необходимо для более быстрой и равномерной сушки влажного волокна.

Для синтетических волокон мокрое разрыхление не применяют, так как они во влажном состоянии сильно не уплотняются.

3.6.4 Подготовка отходов производства

Отходы шерстяного производства делятся на обраты, возвратные и безвозвратные отходы.

Обратами называют те виды отходов, которые вновь используют в смесях того же производства, в котором они образуются (например, ровничный лом, краевые нити на чесальных аппаратах).

Возвратными отходами называют те, которые используют в других производствах. Например, многие гребенные отходы перерабатывают в аппаратной системе прядения (крупный гребенной очес, выпады из-под чесальных машин, кардный сдир и др.).

Обраты и часть возвратных отходов, которые могут быть использованы в прядении для получения пряжи, называются прядомыми отходами. Непрядомые отходы используют для получения нетканых материалов различного назначения. Безвозвратными отходами называют отходы, которые не используются ни в своем, ни в каком-либо другом производстве (например, потери волокон при очистке отходов, при крашении в результате уноса водой отдельных волокон и др.).

В камвольном производстве используется незначительная часть отходов, имеющих определенную длину волокон. К таким отходам относятся концы ленты, ровницы, а также мычка, получаемая в прядильном производстве. Все остальные отходы камвольного производства (выпады из-под трепальных, щипальных, чесальных машин; кардный сдир; крупный и мелкий гребенной очес; крутые концы) используются в аппаратном прядении и в производстве нетканых материалов.

В суконном производстве имеются следующие прядомые отходы, используемые в аппаратной системе прядения: выпады из-под трепальных, щипальных и чесальных машин; кардный сдир, получаемый при чистке кардной гарнитуры аппаратов; ровничный лом – остатки нитей ровницы, получаемых на чесальных аппаратах и прядильных машинах; крутые концы, поступающие из прядильного и ткацкого производств; ткацкий пух и подметь; весовой лоскут и др.

Гребенной очес образуется в процессе гребнечесания натуральной шерсти на гребнечесальных машинах и состоит из коротких шерстяных волокон. Вместе с очесом на гребнечесальной машине из шерсти выделяются растительные примеси, поэтому содержание последних в очесе может достигать до 18 %. При таком большом содержании растительных примесей гребенной очес рекомендуется подвергать карбонизации. Для снижения засоренности и заваленности коротких волокон следует ввести для гребенного очеса дополнительный завершающий процесс – чесание на однопрочесных чесальных машинах.

Подготовка гребенных очесов ведется по четырем основным планам, представленным на рисунке 3.57.

I. Применяется для неокрашиваемого гребенного очеса, идущего в чистошерстяные ткани с просновками и полушерстяные ткани.

II. Применяется для окрашиваемого гребенного очеса, идущего в чистошерстяные ткани, подвергающиеся карбонизация в отделочном производстве.

III. Применяется для окрашиваемого гребенного очеса, применяемого при производстве в чистошерстяных тканей с просновками и полушерстяных тканей.

IV. Применяется для окрашенного гребенного очеса, не содержащего растительных примесей, и для очеса, содержащего не только шерстяные, но и химические волокна.

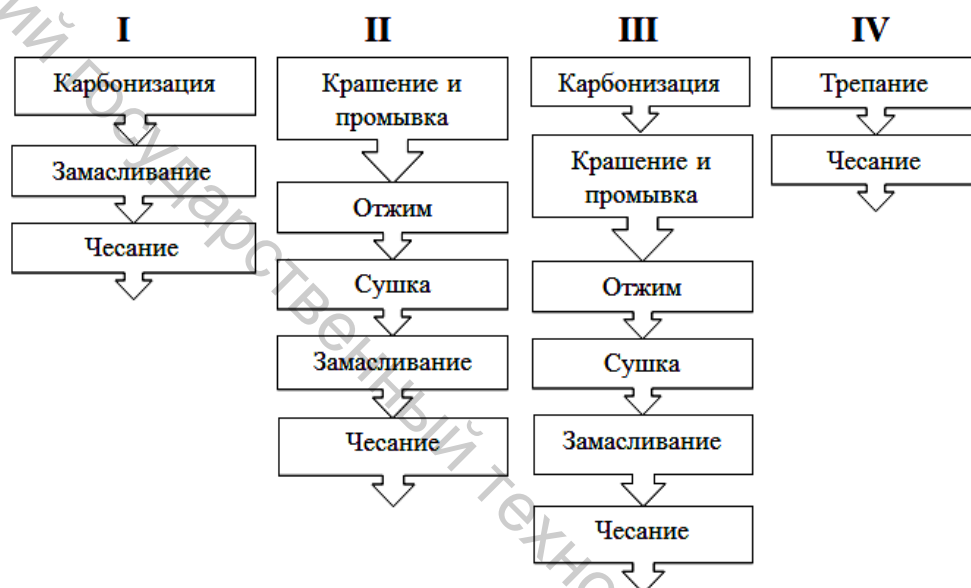


Рисунок 3.57 – Планы подготовки к смешиванию гребенных очесов

При использовании хорошо подготовленного гребенного очеса в смеси он придает аппаратной пряже большую пушистость, а готовой ткани – хороший застил. Плохо подготовленный очес засоряет смеси и ухудшает условия технологического процесса в прядении, а также внешний вид ткани. Другие виды отходов гребенного производства (выпады, кардный очес, сдир, крутые концы) подвергают такой же обработке, что и соответствующие отходы аппаратного производства.

Далее рассмотрим подготовку к смешиванию отходов суконного производства. Наибольший удельный вес имеют следующие обраты и отходы: ровничный лом, выпады из-под чесальных машин, крутые концы. Все остальные отходы суконного производства (выпады из-под машин приготовительного отдела, подметь, осечка, промывной, сукновальный, красильный сбой и др.) подготавливают по одному из планов подготовки выпадов или сдира.

Ровничный лом является одним из наиболее ценных видов обратов, и его подготовка к смешиванию ограничивается лишь разрыхлением на щипальной машине.

Количество и качество выпадов из-под чесальных машин и кардных очесов, получаемых далее с одного чесального аппарата, неодинаково. Вначале на предварительном прочесывателе выпадают более короткие и огрубленные волокна, а затем по мере перехода от первого к третьему прочесывателю – более чистые и тонкие. Поэтому в пределах даже одной партии смеси большое значение имеет порядок сбора отходов по видам, степени их чистоты и цвету. Выпады и очесы следует собирать отдельно из-под различных прочесывателей.

В зависимости от состава смесей и степени их загрязненности подготовка выпадов к смешиванию осуществляется по одному из двух приведенных планов подготовки, представленных на рисунке 3.58:

I. Применяется для обработки малозагрязненных выпадов с большим содержанием химического волокна из-под последнего прочесывателя.

II. Применяется для выпадов из-под чесальных аппаратов при большой их загрязненности.

Кардный сдир содержит хорошее, но сильно загрязненное волокно. Основными загрязнениями кардного сдира являются жир, минеральные и растительные примеси.

Поэтому очистить сдир только механической обработкой на машине по очистке отходов невозможно. Необходима промывка сдира, очистка и кардочесание.

После промывки и сушки сдир вторично подвергают трепанию на машине по очистке отходов. При наличии большого количества растительных примесей сдир необходимо подвергать карбонизации.

Подготовка крутых концов пряжи к смешиванию осуществляется по двум основным планам, зависящим от их состава. Разработка чистошерстяных смешанных концов, содержащих химические волокна, не вызывает затруднений и производится на комбинированной концевальной машине. Крутые концы, в которых шерстяная пряжа скручена с хлопчатобумажной или вискозной нитью, при разработке образуют узлы и мушки; в этом случае необходим процесс карбонизации с последующим замасливанием и разработкой на концевальной машине.

Все подготовленные компоненты поступают в лабазы, откуда и расходуются для составления смесей.

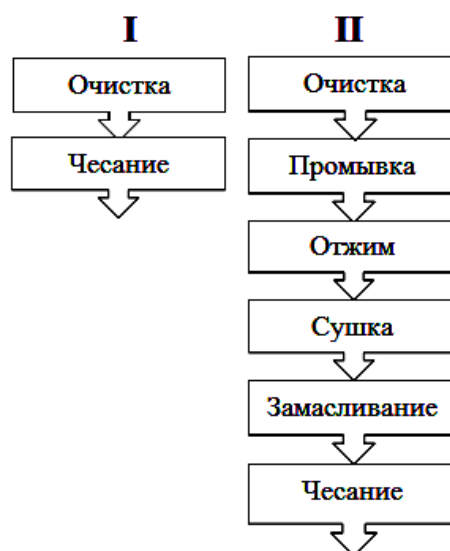


Рисунок 3.58 – Планы подготовки к смешиванию выпадов и кардных очесов

3.6.5 Замасливание в процессах приготовления пряжи

Замасливание (эмульсирование) смеси волокон шерсти в аппаратном и гребенном прядении имеет большое значение для нормального протекания технологического процесса.

Благодаря замасливанию волокон шерсти уменьшается их обрывность в процессе интенсивной обработки (в кардочесании, гребнечесании, при вытягивании на ленточных машинах); уменьшается электризация волокон, пыление и пухообразование. Все это непосредственно влияет на повышение выхода пряжи из смеси и уменьшение отходов в производстве.

Таким образом, цель замасливания волокнистых смесей – уменьшение электризуемости волокон шерсти, повышение их гибкости и удлинения, а, следовательно, обеспечение нормального протекания технологических процессов приготовления пряжи.

При замасливании волокнистого материала эмульсией, состоящей из масла и воды, происходит гидратация солевых связей макромолекул кератина шерсти благодаря прониканию молекул воды внутрь его структуры. В результате снижается внутреннее сопротивление вещества растяжению, облегчается распрямление полипептидных цепей. Все это приводит к тому, что при значительных деформациях, испытываемых волокнистым материалом после замасливания, сокращается обрывность волокон, так как повышается их способность удлиняться.

Потенциальный, или энергетический, барьер характеризует сопротивляемость структуры кератина действию приложенных к ней деформирующих сил и определяет степень ее устойчивости при различных деформациях. Величина потенциального барьера определяется энергией взаимодействия соседних радикалов и связей различных типов.

Под *гидратацией* понимаются реакции, в которых молекулы воды присоединяются к кератину шерсти как целое, не изменяя химического состава волокон.

Под *сольватацией* понимаются реакции, при которых к кератину шерсти присоединяются молекулы масел.

Жесткость влажного волокна по сравнению с сухим уменьшается в несколько раз. Поэтому силы при кардочесании влажной шерсти, а также шерсти, обработанной водной эмульсией, значительно меньше сил при кардочесании сухой шерсти. В результате увлажнения обрывность волокон в процессе кардочесания снижается.

При этом оптимальная влажность шерсти составляет 12–13 %, а полиакрилонитрильных волокон – 1–2 %.

Чтобы замасливающий состав равномерно проникал во всю толщу волокнистого материала (неразработанные клочки) и наиболее полно

осуществлялся процесс гидратации, необходимо вылеживание волокнистого материала после замасливания в течение 10–24 ч в специальных помещениях. При вылеживании жир и влага равномерно распределяются на волокнах.

Эмульсирование волокнистых смесей осуществляется эмульсией, содержание воды в которых варьируется в диапазоне от 70 % до 96 %. Для приготовления замасливающих эмульсий применяют растительные или животные жиры, минеральные масла, смешанные жиры и масла, а также безжировые замасливатели.

Эмульсии могут содержать следующие компоненты:

- смазочные – уменьшают коэффициент трения скольжения волокон, что является очень важным с учетом наличия чешуек на поверхности шерстяного волокна;
- антистатические – способствуют рассеиванию электростатических зарядов, образующихся в процессе обработки волокна;
- когезивные (адгезивные) – увеличивают сцепление волокон друг с другом.

С введением поточных линий приготовления ровницы (ленты) замасливание осуществляется не на щипальных машинах, а в общем пневмопроводе от щипальных машин. Эмульсия с помощью форсунок распыляется и наносится на волокна, движущиеся в пневмопроводе.

На ОАО «Витебские ковры» используется эмульсия, в состав которой входят следующие компоненты (%):

1. Коникс ЖЗ – 2,0 (3,0).
2. Коникс БЖЗ – 2,0 (3,0).
3. Коприн А – 0,3 (0,5).
4. Вода – 95,7 (93,5).

Содержание жировых веществ в эмульсии составляет 4–6 %. Расход эмульсии – 20 % массы смеси.

На ОАО «Камволь» для замасливания применяется эмульсия, приготовленная на основе препаратов компании Pulcra Chemicals:

1. Замасливатель Сельбана UN (придает волокнистому материалу низкое динамическое трение и среднюю статическую адгезию; имеет антистатические свойства) – 5,0 %.
2. Антистатик Катакс 570R – 2,0 %.
3. Вода – 93,0 %.

Расход эмульсии к массе чистошерстяной смеси составляет 12–16 %. Важно обратить внимание на то, что на ряде последующих переходов также осуществляется замасливание чистошерстяных и полушерстяных полуфабрикатов эмульсиями, приготовленными из тех же компонентов, но в другом долевом содержании.

Эффективность процесса замасливания проявляется в следующем:

- снижается выпадение волокон, особенно коротких, под главные барабаны прочесывателей чесальных машин;

- предупреждается пыление и пухообразование;
- уменьшается электризация волокон, в результате чего процесс кардочесания протекает более нормально;
- улучшается качество прочеса, снижается количество неразработанных клочков (узелков), повышается равномерность ватки;
- снижается повреждаемость и обрывность волокон, в результате чего лучше сохраняется средняя длина замасленных волокон;
- предохраняется от коррозии игольчатая гарнитура чесальных, гребнечесальных и ленточных машин.

3.6.6 Поточные линии в аппаратной системе прядения шерсти

С учетом многообразия составов смесей волокон в аппаратной системе прядения применяемые поточные линии могут существенно различаться.

Рассмотрим одну из традиционных поточных линий, представленную на рисунке 3.59.

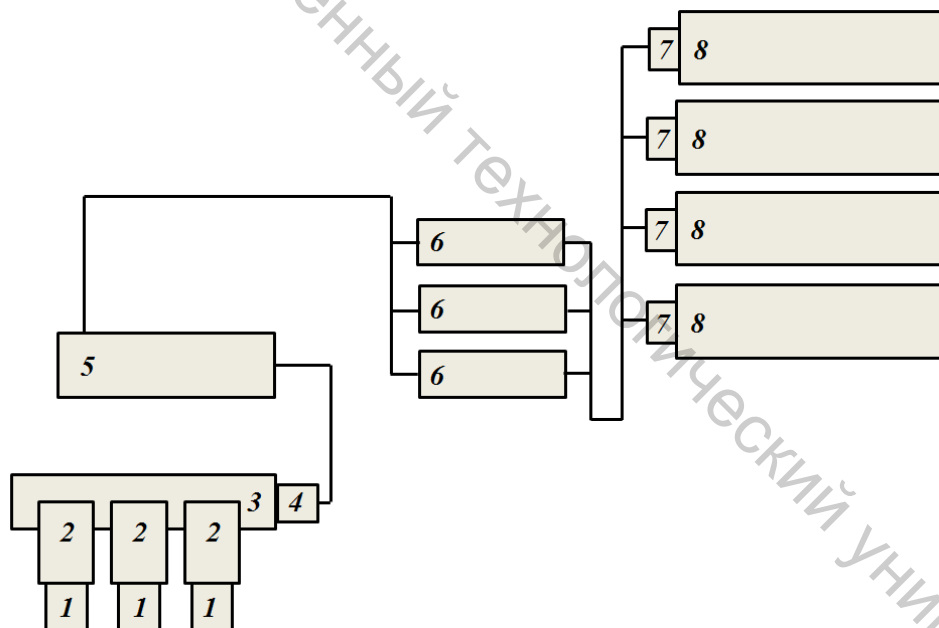


Рисунок 3.59 – Поточная линия для производства аппаратной ровницы

На поточную линию поступают компоненты смеси, подготовленные на специализированном оборудовании или на отдельных поточных линиях. Компоненты предварительно взвешиваются и подаются в количестве, соответствующем рецепту.

Автопитатели 1 подают клочки волокон на щипальные машины 2 для разрыхления. Несколько щипальных машин на выпуске объединяют в группы, используя пневмопровод или компонентный конвейер 3, с ко-

торого волокна поступают в замасливающее устройство 4, а далее по пневмопроводу – в смешивающую машину 5.

Из смешивающей машины подготовленная смесь направляется в механизированные лабазы 6, где смесь выдерживается несколько часов. При заполнении лабазов смесью и извлечении ее волокна дополнительно перемешиваются. Из лабазов смесь равномерно распределяют с помощью автопитателей 7 по чесальным аппаратам 8.

В состав поточной линии могут также дополнительно включаться смесовые машины для повышения равномерности распределения компонентов смеси.

Щипальная машина предназначена для тщательного разрыхления очищенных компонентов, что делает более эффективным процесс смешивания и кардочесания. Также на машине происходит перемешивание волокон.

Важным элементом щипальной машины является рабочая пара, взаимодействие которой с главным барабаном 1 представлено на рисунке 3.60. Рабочая пара валиков состоит из рабочего 2 и съемного 3 валиков. Рабочий валик медленно вращается в направлении движения зубьев барабана. Его поверхность покрыта зубьями, изогнутыми в сторону, обратную его вращению. Клочки смеси, захваченные зубьями барабана и выступающие над его поверхностью, подносятся к рабочему валу с большой скоростью, нанизываются на его зубья, задерживаются ими и разрабатываются зубьями барабана на более мелкие клочки.

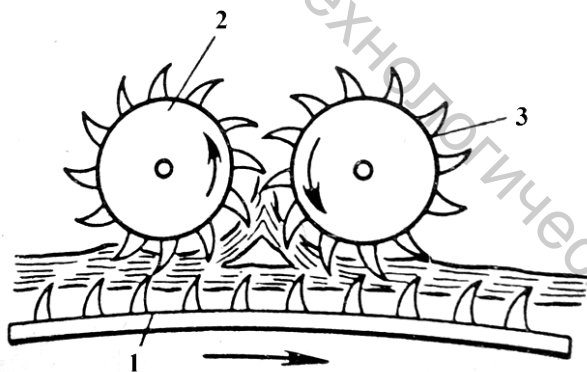


Рисунок 3.60 – Взаимодействие рабочей пары с главным барабаном

Схема щипальной машины с автопитателем АПМ 120-Ш1 представлена на рисунке 3.61.

Волокно загружается в бункер автопитателя 1, откуда оно подается равномерным потоком с помощью игольчатой решетки 2 на питающую решетку 3 щипальной машины. Слой волокон, пройдя под уплотняющим валиком 4, подводится к паре питающих валиков 5. Гарнитура питающих валиков имеет форму криволинейных зубьев, изогнутых в сторону, противоположную вращению валиков. Расстояние между вершинами зубьев валиков составляет 0,05 мм.

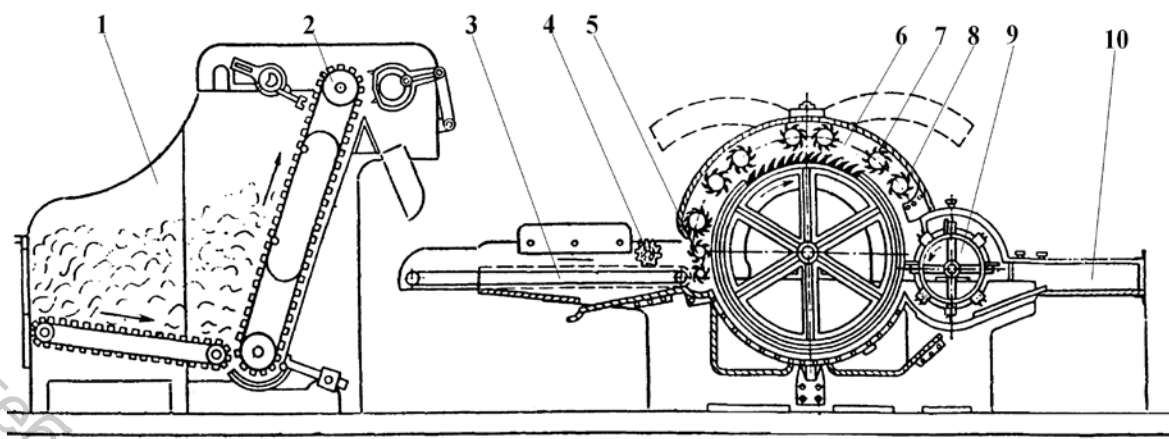


Рисунок 3.61 – Технологическая схема щипальной машины с автопитателем

Валики захватывают слой волокон и перемещают его к вращающемуся главному барабану 6. Окружная скорость главного барабана примерно в 80–100 раз выше скорости питающих валиков. Зубья барабана захватывают волокнистый материал, подаваемый питающими валиками, отделяют от него мелкие клочки и расщипывают их.

Над главным барабаном расположены рабочие пары валиков с криволинейными зубьями. Зубья рабочего валика 7 и главного барабана расположены параллельно, а скорость рабочего валика меньше скорости главного барабана. Клочки волокон, зацепившись за зубья барабана и рабочего валика, растаскиваются. Зубья съемного валика 8 по отношению к зубьям рабочего валика и главного барабана имеют перекрестное расположение, поэтому съемный валик снимает волокна с рабочего валика и возвращает их главному барабану. При этом происходит дополнительное перемешивание волокон. Скорость съемного валика больше скорости рабочего валика, но меньше скорости главного барабана.

На щипальных машинах устанавливаются 3 или 4 пары рабочих и съемных валиков. Для повышения интенсивности расщипывания уменьшают разводку между рабочей парой валиков и главным барабаном. Пройдя последнюю пару, волокна попадают под действие съемного барабана 9, который, быстро вращаясь, сбивает волокна с зубьев главного барабана. Далее волокна поступают в трубопровод 10.

Таким образом, на щипальных машинах интенсивное разрыхление происходит в начале в зажатом состоянии между питающими валиками и барабаном, а затем в свободном состоянии между барабаном и рабочим валиком.

На интенсивность процесса расщипывания на щипальной машине оказывают влияние следующие факторы:

- частота вращения главного барабана;
- частота вращения рабочего валика;
- разводка между главным барабаном и рабочим валиком.

При расщипывании длинной шерсти и химических волокон устанавливается положительная разводка (до +3 мм), для короткой и клочковатой шерсти – отрицательная разводка (до -5 мм).

Приготовленная в смесовых машинах смесь выводится и загружается в механизированные расходные лабазы ЛРМ-40-Ш.

Механизированный расходный лабаз предназначен для хранения, вылеживания смеси перед чесанием и подачи ее к автоматическим питателям самовесов чесальных аппаратов. В лабазах при вылеживании смеси в течение 18–24 часов нанесенная ранее эмульсия равномерно распределяется в волокнистой массе. При отборе смеси (при подаче ее к чесальным аппаратам) происходит дополнительное перемешивание волокон. Лабаз ЛРМ-40-Ш имеет объем 40 м³ и вмещает до 1200 кг волокнистого материала. Используют его как расходный лабаз для готовой смеси и в камвольном прядении как смесовую машину. Лабаз работает периодически. В первом периоде наполняется волокнистым материалом. Во втором периоде – отбор и вывод материала вертикальной решеткой. Схема механизированного лабаза представлена на рисунке 3.62.

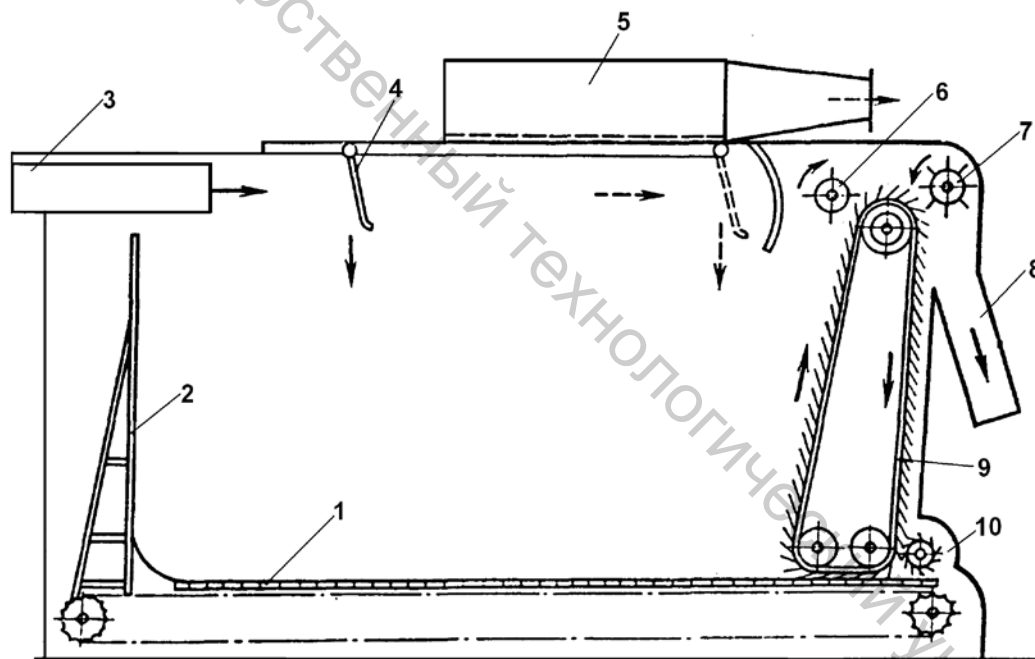


Рисунок 3.62 – Схема механизированного лабаза ЛРМ-40-Ш

В первом периоде лабаз работает следующим образом. Волокнистый материал подается в камеру с помощью рассеивателя 3. Отражатель 4, совершая возвратно-поступательное движение, распределяет волокно по длине камеры. Одновременной работой рассеивателя и отражателя обеспечивается укладка волокнистого материала слоями на транспортер 1. К транспортеру прикреплен вертикальный подпорный щит 2. Во время загрузки пыльный воздух отсасывается через перфорацию 5, предусмотренную в его потолочной части. После наполнения ла-

база волокнистым материалом его загрузка прекращается и загружающий механизм останавливается.

Во втором периоде включается в работу механизм отбора волокнистого материала и грузовой транспортер с подпорным щитом. Горизонтальный грузовой транспортер и подпорный щит, совершая поступательное движение, вперед подают массу материала к вертикальной игольчатой решетке 9. Решетка производит вертикальный отбор клочков материала, слой которых разравнивается крыльчаткой 6. Крыльчатка 7 сбрасывает материал в приемник 8. За игольчатой решеткой над горизонтальным транспортером установлен очищающий валик 10, который удаляет с транспортера оставшиеся клочки и отбрасывает их на игольчатую решетку. В современных зарубежных поточных линиях последовательность оборудования в значительной степени сохранилась при изменении его конструкции с учетом прогресса в текстильном машиностроении.

Итальянские фирмы Mecatex и Cormatex поставляют близкие по компоновке линии, в которых волокнистый материал между машинами от питателя до механизированного лабаза перемещается по пневмопроводу. Линии содержат следующее основное оборудование:

- кипные питатели (один или несколько в зависимости от количества смешиваемых разнородных компонентов) с игольчатыми решетками с рабочей шириной от 1500 до 6000 мм и производительностью от 1000 до 4000 кг/ч;

- трепальную машину с рабочей шириной от 1500 до 3000 мм и производительностью от 700 до 2000 кг/ч для предварительной очистки и разрыхления волокна;

- щипальную машину с рабочей шириной от 1000 до 1800 мм и производительностью до 2500 кг/ч для интенсивного разрыхления и перемешивания волокон. На машине установлены 3 рабочие пары. Диаметр барабана щипальной машины фирмы Cormatex составляет 1000 мм. Подача волокна в машину осуществляется из бункера, куда поступает с помощью конденсера, как показано на рисунке 3.63;

- замасливающее устройство, которое может быть изготовлено в трех исполнениях:

- закрытая камера. Пример замасливающей камеры фирмы Cormatex представлен на рисунке 3.64. Волокнистый материал поступает через патрубок 1 на вращающуюся пластину 2. Датчик 3 обнаруживает наличие волокон в камере, после чего приводятся в действие распыляющие сопла 4, подающие замасливающую эмульсию на вращающийся слой материала. Далее замасленные клочки выводятся через патрубок 5 в пневмопровод;

- открытая система орошения, пример которой представлен в подразделе 3.6.8;

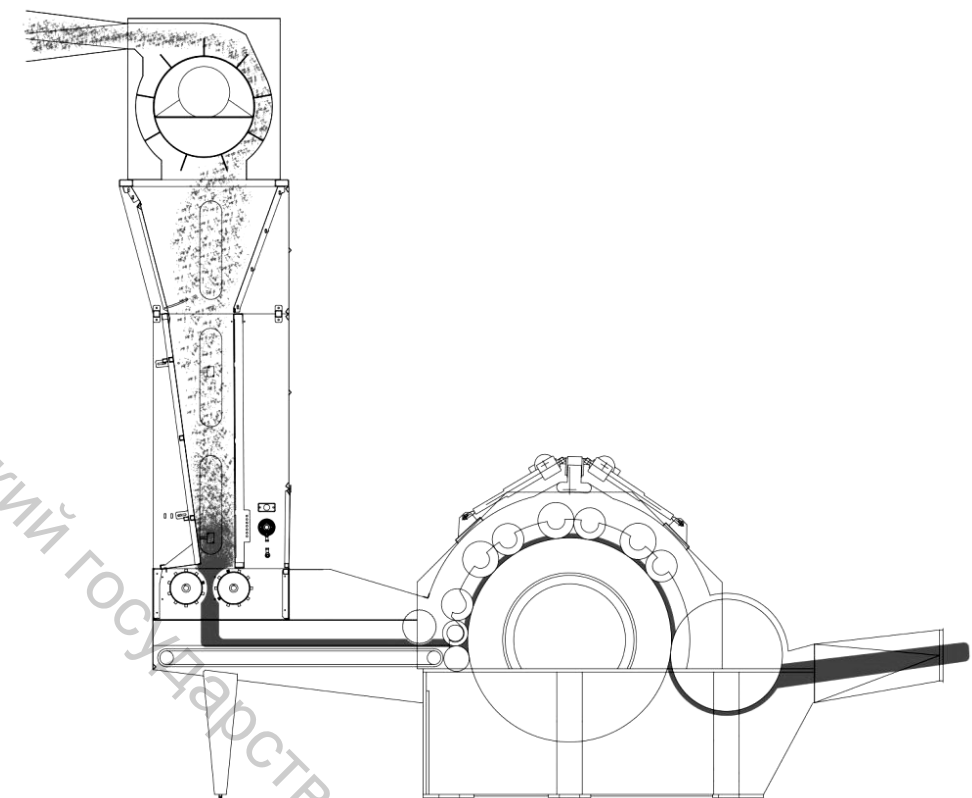


Рисунок 3.63 – Схема щипальной машины фирмы Cormatex

- участок трубопровода, в котором замасливающая эмульсия наносится на движущийся поток волокнистого материала из форсунок, установленных в несколько рядов. В устройстве 1057-Т фирмы Mecatex имеется 6 форсунок (2 ряда по 3 форсунки в каждом);
- смесовые машины различной конструкции;
- механизированные лабазы;
- чесальные машины.

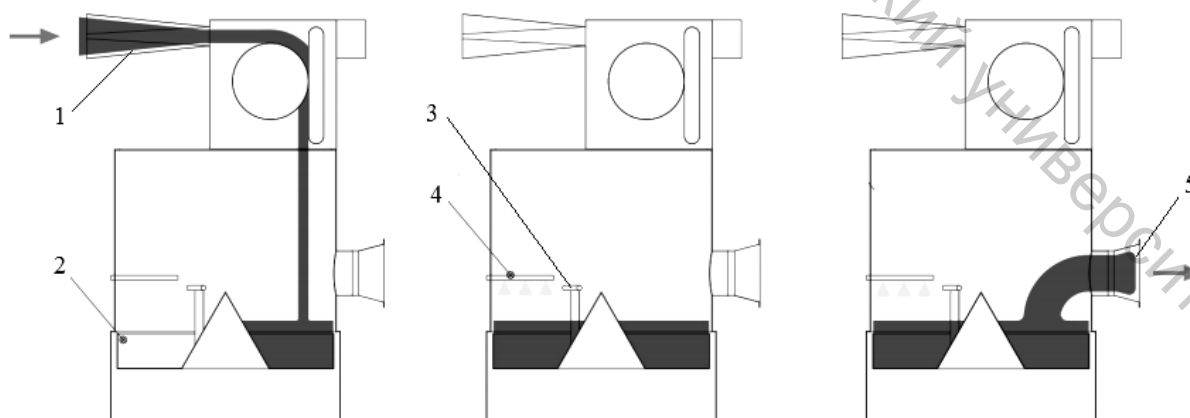


Рисунок 3.64 – Принцип работы замасливающего устройства фирмы Cormatex

3.6.7 Карбонизация шерсти и шерстяных отходов

Химический способ очистки шерсти от примесей целлюлозного происхождения называется карбонизацией.

Цель карбонизации – удаление растительных примесей из массы шерсти; удаление целлюлозных волокон и нитей из волокнистых отходов, содержащих шерсть; удаление волокон и нитей целлюлозного происхождения из полusherстяного лоскута.

Сущность карбонизации заключается в пропитывании шерстяного сырья слабым раствором серной кислоты с последующей термической обработкой, в результате чего сорные примеси и нити целлюлозного происхождения превращаются в хрупкую гидратцеллюлозу, которая легко удаляется при механических воздействиях.

Для карбонизации шерсти используют водные растворы серной кислоты. Для карбонизации лоскута помимо серной кислоты часто применяют газообразный хлористый водород.

Карбонизации подвергают шерсть как в волокне, так и в полотне. Технологические свойства карбонизационной шерсти несколько ниже, чем некарбонизованной. При переработке такой шерсти в прядении и ткачестве выделяется большее количество отходов. Поэтому карбонизацию чистошерстяных тканей целесообразней проводить в полотне. Ткани из смесей шерсти и полиакрилонитрильных волокон также карбонизируют в полотне, так как нитрон подобно шерсти практически не повреждается при карбонизации.

Процесс карбонизации ткани включает следующие стадии:

- пропитывание ткани в растворе серной кислоты,
- удаление избытка раствора механическим путем,
- сушку, термическую обработку,
- удаление продуктов разрушения целлюлозы,
- удаление кислоты.

Карбонизация шерстяного волокна состоит из следующих последовательно проводимых операций:

- пропитывание шерсти в 4–6%-м растворе серной кислоты;
- удаление из шерсти избытка раствора (отжим кислованной шерсти);
- разрыхление влажной кислованной шерсти; подсушивание при температуре до 75 °С; термическая обработка шерсти при температуре 105–110 °С;
- обработка шерсти на дробильных и трепальных машинах;
- удаление кислоты – нейтрализация шерсти;
- сушка шерсти.

Все эти операции карбонизации шерсти выполняются на установках периодического и непрерывного действия.

Карбонизационные установки периодического действия применяют на суконных фабриках малой и средней мощности для карбонизации шерсти, очесов, сдира, крутых концов и иногда малоуваленного лоскута. Производительность карбонизационной установки периодического действия при карбонизации шерсти составляет 150–200 кг/ч.

Карбонизационные установки непрерывного действия применяют на крупных предприятиях. Они представляют собой агрегаты, в которых каждая машина выполняет определенную операцию. Производительность такого агрегата составляет 300–500 кг/ч.

Рассмотрим последовательно этапы процесса карбонизации.

Пропитывание шерсти раствором кислоты. Цель этой операции – насыщение целлюлозных примесей кислотой. Пропитывание шерстяных волокон раствором серной кислоты рекомендуется при концентрации 5,5–6 % не более 5 мин (оптимально 1–2 мин). Для ускорения смачивания и равномерности воздействия в раствор вводят 1–2 г/л неионогенного смачивателя, устойчивого в кислой среде. Пропитку проводят при комнатной температуре. Скорость поглощения кислоты целлюлозными примесями выше, чем шерстью. В первую минуту обработки содержание кислоты в целлюлозных примесях достигает максимума и далее возрастает очень незначительно.

Количество сорбированной кислоты увеличивается, если целлюлозные примеси не подвергались ранее воздействию высоких температур. Поэтому карбонизацию шерсти целесообразно проводить после ее промывки без сушки.

Отжим избытка кислоты. Операция производится механически отжимными валами равномерно по всей толще слоя шерсти до минимального содержания жидкости. Содержание влаги в шерстяных волокнах перед сушкой имеет большое значение для сохранения свойств шерстяных волокон.

Карбонизация протекает хорошо при влагосодержании 50–55 %. При недостаточном отжиге, если влагосодержание превышает 70 %, увеличивается содержание кислоты в шерстяных волокнах, что снижает прочность и удлинение волокна после термообработки. Кроме того, меньшее содержание влаги в волокне перед сушкой позволяет снизить расход энергии, что имеет большее экономическое значение.

Разрыхление кислованной влажной шерсти. Для лучшего доступа горячего воздуха к клочкам кислованной шерсти рекомендуется после отжима избытка раствора слабой кислоты (перед поступлением в сушильную машину) небольшое разрыхление продукта. Легкое разрыхление волокон шерсти может осуществляться на автопитателе, установленном перед сушильной машиной.

Предварительная сушка шерсти. Ее проводят при сравнительно низких температурах. Установлено, что сушка шерсти, пропитанной кислотой при низкой температуре, не снижает прочности шерстяного волокна. Поэтому рекомендуется предварительную сушку осуществлять с постепенным нарастанием температуры по секциям сушильной машины (60–70–80–90 °С) до начала термической обработки шерстяных волокон. Использование высоких температур (90–100 °С) в первых секциях машины при предварительной сушке шерсти резко снижает прочность шерстяных волокон.

Термическая обработка шерсти. Эта операция проводится в последней секции сушильной машины при температуре 100–110 °С в течение 5 мин (но не более 10–15 мин). Влажность шерстяного волокна при входе в термическую часть сушильной машины не должна превышать 10 %. Под влиянием высокой температуры ускоряется образование гидратцеллюлозы и происходит частичное ее обугливание. Влажность шерстяных волокон после термообработки составляет 1–2 % абсолютно сухой массы; при этом они содержат до 8 % кислоты. Потеря прочности волокна после термообработки по сравнению с исходной шерстью составляет от 3 до 7 %.

Удаление целлюлозных примесей. В результате термической обработки целлюлозные примеси, в том числе и репейные, обугливаются полностью или превращаются в хрупкую гидратцеллюлозу (репей, орешек). Продукты разрушения целлюлозных примесей удаляются механическим путем после термической обработки, когда влажность волокнистого материала не превышает 2 %. Обычно волокнистый материал сначала пропускают через ряд пар стальных рифленых цилиндров агрегата, а затем через специальную трепальную машину, входящую в агрегат. Рифленые стальные цилиндры раздавливают хрупкие обуглившиеся остатки целлюлозных примесей, а трепальная машина выколачивает эти примеси из шерсти и удаляет их из машины.

Нейтрализация шерстяных волокон. После термической обработки на шерстяных волокнах содержится (до 6–8 % массы волокна) концентрированная серная кислота, в связи с чем необходимо провести нейтрализацию. Ее осуществляют в нескольких барках. В первой барке шерсть прополаскивают при низкой температуре в большом количестве проточной воды. При этом удаляют серную кислоту, механически связанную с шерстью. В следующих (одной или двух) барках шерсть обрабатывают раствором кальцинированной соды или водным раствором аммиака, чтобы удалить из волокон химически связанную кислоту. В последней барке шерстяные волокна промывают теплой водой для удаления остатков щелочи. После нейтрализации в шерстяных волокнах допускается не более 0,7 % остаточной кислоты.

Сушка. Шерсть сушат при температуре 70–80 °С до содержания влаги в ней не более 15–17 %.

3.6.8 Поточные линии в гребенной системе прядения шерсти

В гребенном прядении шерсти смешивание разнородных компонентов, а также дополнительное перемешивание близких по свойствам компонентов осуществляется на различных этапах производства (при подготовке ленты к гребнечесанию, на ленточных машинах ровничного отдела). В связи с этим требования к однородности смеси по составу после поточной линии могут быть несколько снижены.

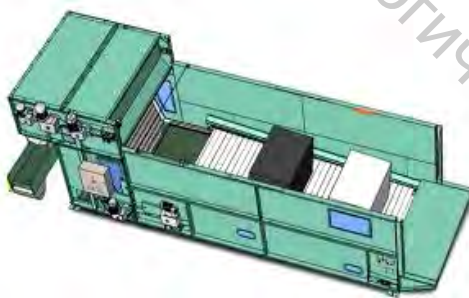
В поточную линию для выработки чесальной ленты, установленной на ОАО «Камволь», включено следующее оборудование:

- питатель ABL 1653 с игольчатой решеткой;
- щипальная машина;
- пятибарабанный наклонный очиститель;
- замасливающее устройство;
- смесовая машина;
- валичная чесальная машина модели 302 фирмы Schlumberger.

Кроме чесальной машины оборудование поточной линии произведено компанией Тесномессанца Biellese (Италия).

Технологические схемы кипных питателей, используемых в камвольном прядении шерсти, близки к схеме питателей с игольчатыми решетками и разравнивающими валиками, применяемых в хлопкопрядении. Как правило, они имеют большие габариты. Рабочая ширина кипного питателя может составлять от 1 до 4 м.

На рисунке 3.65 представлен внешний вид кипного питателя (а) и его агрегирование со щипальной машиной (б).



а



б

Рисунок 3.65 – Внешний вид кипного питателя

Дополнительно кипный питатель может быть оснащен механизмом подачи кип с механическим опрокидыванием, выходным весовым устройством (механическим или электронным), ленточным поперечным транспортером для выпуска, если подача волокнистой массы к следующей машине осуществляется не через пневмопровод.

Схема щипальной машины в данной линии аналогична схеме щипальных машин, применяемых в аппаратной системе прядения шерсти. Внешний вид щипальной машины и поверхности рабочих органов представлены на рисунке 3.66 *а* и *б* соответственно.

Принцип работы пятибарабанного наклонного (также называемого ступенчатым) очистителя (рисунок 3.67) аналогичен принципу работы выпускавшихся в СССР очистителей марки ОН-6 в различных модификациях для очистки хлопкового волокна.

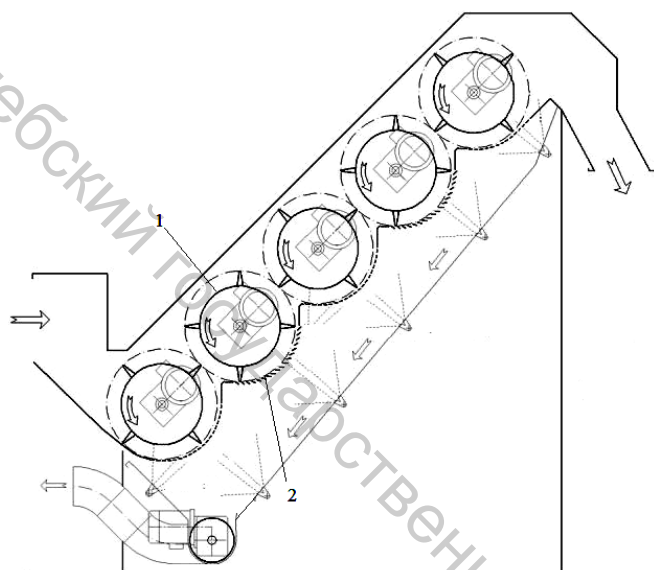


Рисунок 3.66 – Щипальная машина фирмы Tecnomeccanica Biellese

Поступающий в очиститель волокнистый материал последовательно подвергается воздействию пяти коловых барабанов, которые протаскивают клочки по поверхности колосниковой решетки. В результате воздействия на клочки волокна колов в сочетании с колосниками происходит эффективное выделение сорных примесей. В этой зоне осуществляются разрыхление и очистка материала в зажатом состоянии. Если размер клочка волокна превышает разводку между колом и колосниковой решеткой, клочки, взаимодействуя с остриями колосников, разделяются на более мелкие, что способствует очистке волокнистого материала. Разрыхление клочков волокон и очистка от сорных примесей происходят в зоне взаимодействия колов барабана с колосниковой решеткой и в зоне взаимодействия двух соседних барабанов.

Вместо колосниковой решетки под барабанами может быть установлен стальной лист. В этом случае машина используется не для очистки, а для интенсивного разрыхления перерабатываемого волокнистого материала. Фирма Tecnomeccanica Biellese выпускает также трехбарабанные очистители аналогичной конструкции.

Подобные наклонные очистители предлагаются и другими фирмами именно для переработки шерсти. Например, фирма Cormatex выпускает шестибарабанный очиститель для включения в поточную линию, применяемую в получении аппаратной ровницы. Как будет показано далее, фирма Laroche выпускает ступенчатые очистители для включения их в состав линии котонизации льняного волокна.



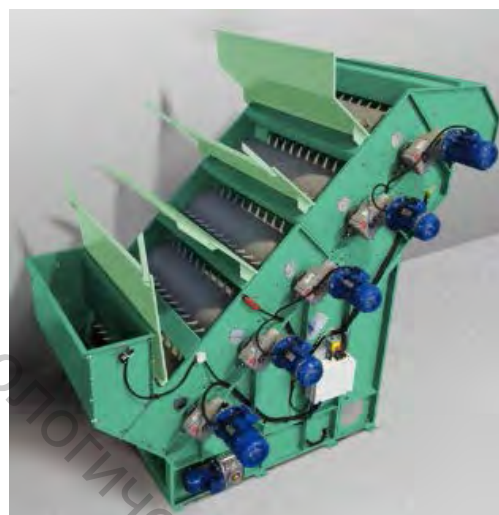
a



б



в



г

Рисунок 3.67 – Пятибарабанный наклонный очиститель:

a – технологическая схема; *б, г* – внешний вид;

в – колосниковая решетка

Подача волокна в замасливающее устройство осуществляется с помощью быстроходного конденсера, как показано на рисунке 3.68 а. Замасливающее устройство, используемое в данной линии, представляет собой открытую систему орошения, в которой нанесение эмульсии осуществляется четырьмя форсунками на слой волокон, уложенный на вращающейся пластине.

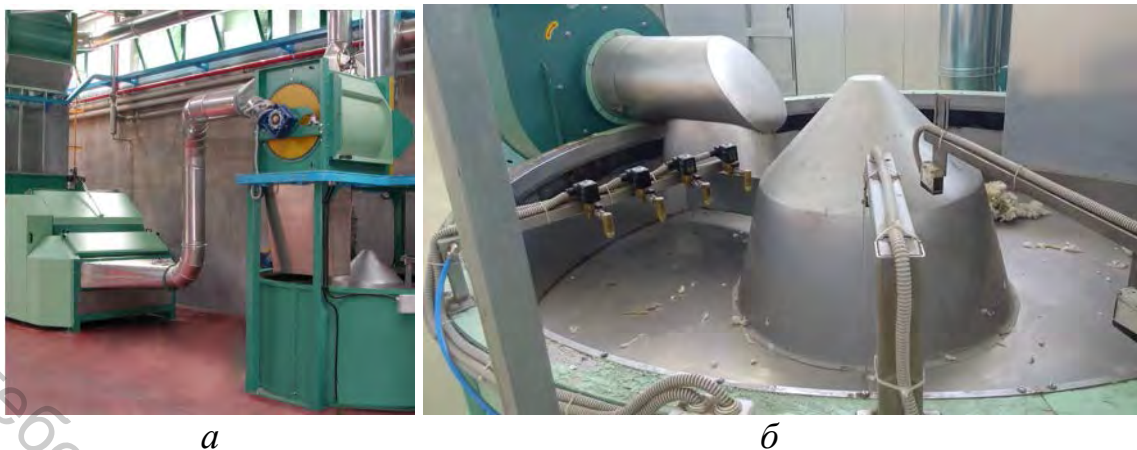


Рисунок 3.68 – Замасливание волокнистого материала

3.7 Особенности подготовки льняного волокна для переработки на оборудовании хлопко- и шерстопрядильного производства

3.7.1 Технологические предпосылки котонизации короткого льняного волокна

Льняное волокно является единственным видом натурального сырья для текстильной промышленности, производимым в Республике Беларусь.

Известно, что ткани из льна характеризуются рядом достоинств по сравнению с тканями из других видов волокон. Льняная одежда, обладая большой гигроскопичностью за счет развитой внутренней структуры волокна, поглощает избыточную влагу, выделяемую телом человека, способствуя созданию комфортного микроклимата льняной одежды. Кожа человека прекрасно дышит, а одежда не прилипает к телу. Доказано, что лен является эффективным теплоизолятором, в связи с чем температура между телом человека и льняной тканью в жаркую погоду остается на 3–4 градуса меньше атмосферной.

В литературе отмечаются антибактериальные и антигрибковые свойства льна, объясняющиеся тем, что льняное волокно содержит в своем составе соединения природных фенолов, безопасных для человека, при этом оказывающих негативное влияние на патогенные микроорганизмы, паразитирующие на коже человека.

В последние десятилетия усилился интерес к решению задачи по разработке технологий переработки льна в ассортимент материалов, традиционно изготавливаемых из других видов текстильных волокон.

В большей степени это касается замены льном хлопкового волокна, что объясняется рядом причин. Во-первых, хлопок является основным видом натурального текстильного сырья в мире, объем переработ-

ки которого почти на порядок превышают суммарный объем переработки остальных натуральных волокон. С другой стороны, имеет место существенная нестабильность мировых цен на хлопок, что сказывается и на стоимости вырабатываемой из него продукции.

Кроме того, одной из причин интереса к замене хлопка льном является сходство химического состава данных волокон. По данным разных исследований в составе чесаного льна от 60 до 80 % составляет целлюлоза. В хлопковом волокне содержание целлюлозы составляет от 90 до 95 %.

С другой стороны, грубое техническое льняное волокно представляет собой пучок связанных между собой в поперечном направлении срединными пластинками элементарных волокон, свойства которых представлены в таблице 3.11. Линейная плотность технического волокна может составлять 5–15 текс, что на 1–2 порядка превышает линейную плотность хлопка.

Таблица 3.11 – Свойства элементарных волокон (по данным ЦНИИЛКА)

Наименование показателя	Значение показателя
Длина, мм	10–26
Коэффициент вариации по длине, %	50–100
Линейная плотность, мтекс	125–557
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	55–80
Относительное разрывное удлинение, %	2,5
Плотность, г/см ³	1,5

Анализируя представленные в таблице 3.11 данные, можно отметить, что характеристики длины и линейной плотности элементарного льняного волокна сопоставимы с аналогичными характеристиками хлопка.

Комплексность строения льняного волокна и отличие его от хлопка видны на фотографиях поперечных сечений волокон, представленных на рисунке 3.69.

Именно комплексное строение льняного волокна стало основной предпосылкой разработки процесса, направленного на приближение геометрических параметров льняного волокна к параметрам хлопка. Данный процесс получил название **котонизация** от английского слова **cotton** (хлопок). После процесса котонизации полученное волокно называют котонин или котонизированный лен. Данное волокно можно перерабатывать как в чистом виде, так и в смеси с хлопком или шерстью с использованием классических систем прядения этих волокон.

Использование котонина открывает новые ассортиментные возможности для создания и освоения на предприятиях современных, экологически чистых текстильных материалов и изделий.

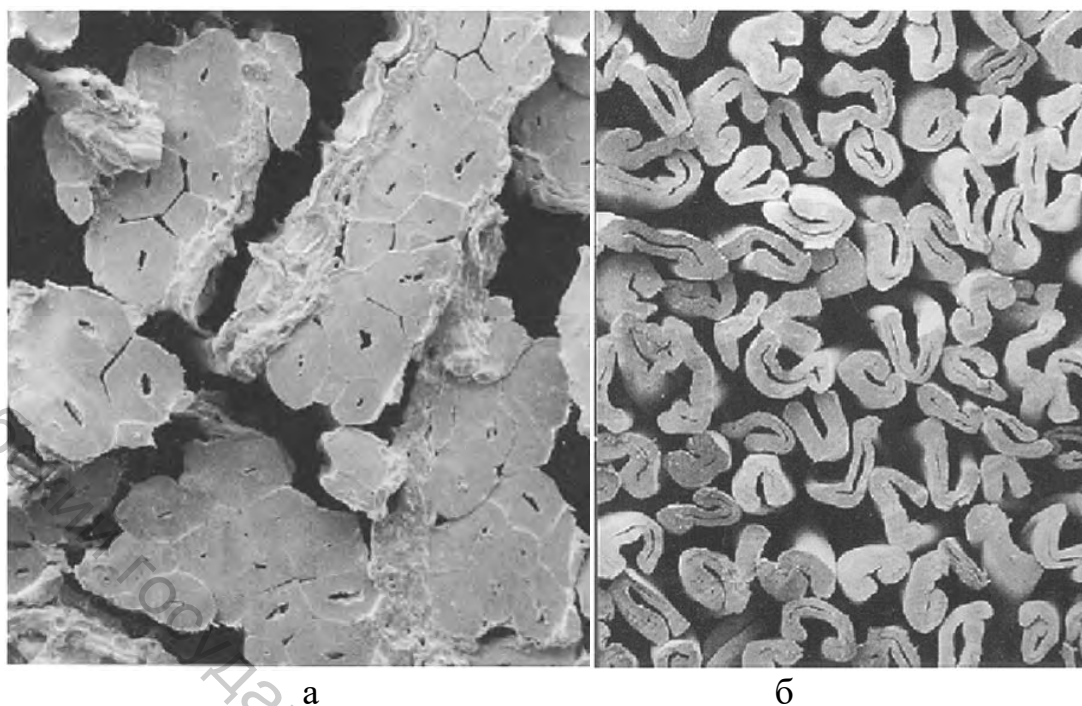


Рисунок 3.69 – Поперечные сечения льняных (а) и хлопковых (б) волокон

Основными предпосылками перспективного использования котонизированного льняного волокна являются следующие:

- применение только низкосортной части льняного сырья отечественного производства, которое в сырьевом балансе льна составляет 70–75 %, и в льняной отрасли используется в основном для производства тарных и технических тканей;
- меньшая стоимость по сравнению с хлопковым волокном;
- наличие установленных и работающих линий по подготовке котонизированного льняного волокна;
- разработанная технология производства пряжи, тканей и трикотажных изделий с использованием котонизированного льняного волокна;
- спрос на мировом и отечественных рынках на продукцию из натурального сырья.

При правильном выборе льняного волокна, в зависимости от ассортимента получаемых изделий и вида применяемого оборудования, а также при соблюдении технологических режимов производства пряжи, тканей и трикотажных полотен, появляется возможность частично решить сырьевую проблему отрасли, расширить ассортимент и объем выпускаемой продукции.

3.7.2 Способы котонизации льняного волокна

Первые упоминания о получении волокнистой хлопкоподобной массы относятся к 17 веку. С тех пор интерес к данному направлению периодически усиливался и исчезал, что было связано как с конъюнктурой рынка, так и с затратами на реализацию разрабатываемых способов.

В настоящее время известны четыре группы способов подготовки льняного волокна:

- механические,
- химические;
- физические;
- биологические.

Также возможно в одной технологии сочетать несколько различных способов котонизации.

Наибольшее распространение, как более технологически простые и экологически чистые, получили **механические способы** подготовки льняного волокна, имеющие ряд разновидностей. Котонизированное льняное волокно (котонин) с помощью механической технологии получают двумя способами: разрывом и разрезанием.

По методу разрывной технологии в большинстве случаев перерабатывают неориентированное волокно в массе. Метод разрезания применяют для волокна в ленте. Также возможно комбинирование нескольких видов воздействия на волокнистую массу.

Каждый из этих способов имеет свои недостатки и преимущества. Различные способы подготовки позволяют получить волокно с разнообразными физико-механическими показателями, что в дальнейшем определяет диапазон вырабатываемой пряжи различных линейных плотностей. Так при разрезании волокон обеспечивается приближение их длины к длине хлопка, что способствует более закономерному движению волокон в вытяжных приборах последующих машин. Однако данный способ не позволяет существенно снизить линейную плотность волокна, в результате чего льняные волокна остаются более грубыми, распределяются в пряже неравномерно, в большей степени выделяются в очес в процессе кардочесания.

Еще одним недостатком способа считается повышенное пылевыведение, ухудшающее условия труда и повышающее огне- и взрывоопасность производства.

Химические способы котонизации возникли раньше остальных. В процессе химической котонизации осуществляется обработка волокнистой массы различными реагентами, под действием которых происходит разрушение срединных пластинок, скрепляющих элементарные волокна. Эффективная котонизация обеспечивается за счет селективного воздействия реагентов на пластинки без повреждения волокон.

Котонин, полученный по химической технологии, может быть максимально приближен по своим геометрическим свойствам к хлопку. Химическая технология дает возможность в зависимости от целевого назначения котонинсодержащего материала вырабатывать и котонин естественного цвета, или отбеленный, а также совмещать котонизацию и крашение кубовыми красителями для выработки меланжевой пряжи, различных пестротканей и разнообразного трикотажа. Использование цветного котонина дает уникальную возможность создания нового направления в колорировании и дизайнерском оформлении тканей и трикотажа различного ассортимента.

Недостатками химической котонизации являются значительные энергозатраты на обработку волокна реагентами и его последующую сушку, а также необходимость решать дополнительные экологические вопросы при химическом способе получения котонина в качестве побочных продуктов в большом количестве могут образовываться диоксины.

Дополнительные расходы являются более существенными при производстве котонина естественного цвета, так как повышение затрат на производство цветного и отбеленного котонина частично компенсируется снижением расходов в процессе крашения пряжи или отделки тканей.

Примером **физического способа котонизации** является ударно-волновой способ. Базовый принцип данного способа – это обработка смеси «вода – волокно» ударно-волновым гидродинамическим воздействием, получаемым от ультразвукового воздействия и электроимпульсного разряда в жидкости.

Разработчики электроимпульсной технологии отмечают следующие ее преимущества:

- технология абсолютно взрывобезопасна (в отличие от механической технологии);
- себестоимость производства в 8 раз ниже, чем химического способа котонизации, а себестоимость производства льняной пряжи снижается на 25 % в сравнении с традиционной технологией;
- практически отсутствуют экологически вредные отходы производства.

К недостаткам данного способа можно отнести высокую энергоемкость процессов обработок и невозможность обеспечения непрерывности технологического процесса.

Биологические способы котонизации основаны на использовании ферментных препаратов, которые в процессе не оказывают существенного воздействия на волокно, но приводят к разрушению пектина, склеивающего элементарные волокна в пучки.

Ферменты – это биологически активные вещества белкового происхождения, являющиеся продуктами жизнедеятельности микроорга-

низмов. Особенностью ферментов является их избирательность и направленность на определенные химические соединения.

Замена химических варочных сред на ферментативные позволяет производить обработку в щадящих и экологически чистых условиях, однако это достаточно длительный по времени процесс.

Однако необходимо обратить внимание на то, что биологические способы котонизации чаще всего рекомендуется сочетать с механическими, то есть применение ферментов позволяет повысить эффективность расщепления волокон в процессе последующих механических воздействий на них.

3.7.3 Оборудование, применяемое для механической котонизации льняного волокна

На прядильных предприятиях Республики Беларусь установлено четыре линии, позволяющие осуществлять механическую котонизацию короткого льняного волокна:

- линия котонизации фирмы Temaфа на ОАО «Гронитекс» (Гродно);
- линия котонизации, скомпонованная из оборудования фирм Temaфа и Rieter на РУПТП «Оршанский льнокомбинат»;
- линия котонизации фирмы Laroche на РУПТП «Оршанский льнокомбинат»;
- линия котонизации Laroche Exel на ОАО «Гронитекс» (Гродно).

Рассмотрим последовательность обработки короткого льняного волокна на второй из перечисленных линий, схема которой представлена на рисунке 3.70.

Короткое льняное волокно



Рисунок 3.70 – Линия котонизации, скомпонованная из оборудования фирм Temafa и Rieter

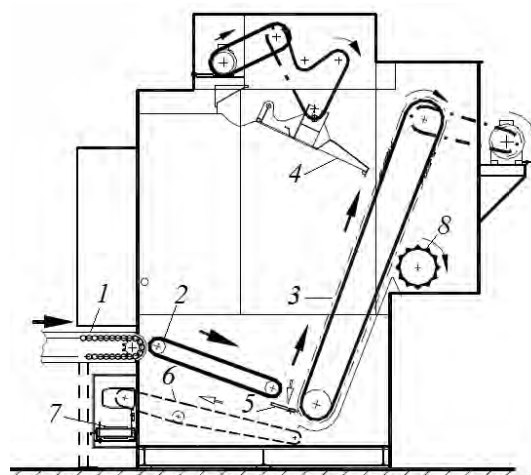


Рисунок 3.71 – Технологическая схема кипоразрыхлителя для льна LBTZ

Кипоразрыхлитель подает материал на трясильную машину, технологическая схема представлена на рисунке 3.72, где удаляются загрязнения, имеющиеся в материале.

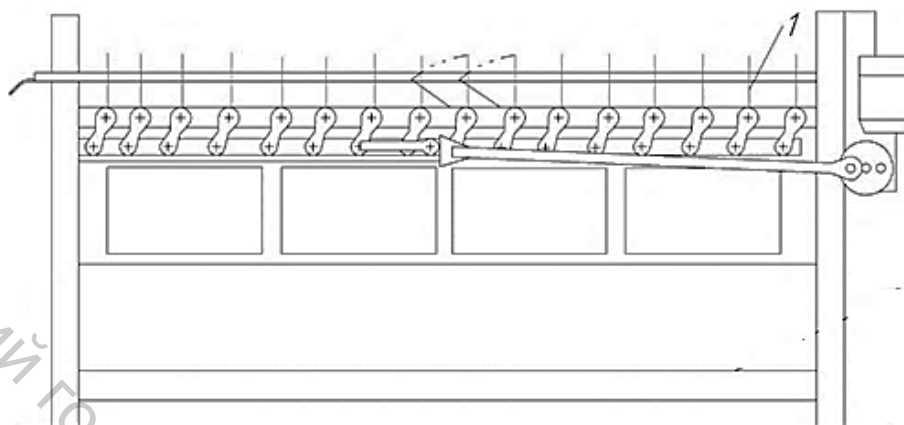


Рисунок 3.72 – Технологическая схема трясильной машины

Целью использования трясильной машины является освобождение крупных клочков от фрагментов дробленого льняного стебля, а также разъединение связанных льняных клочков за счет воздействия качающихся гребней 1 для повышения эффективности подготовки их к дальнейшему разрыхлению.

Далее волокно поступает в зону льноочистителя LRWZ, технологическая схема показана на рисунке 3.73. Льноочиститель предназначен для разрыхления и очистки материала. Подача волокнистого материала от предыдущей машины осуществляется с помощью спускового лотка и питающего устройства. Питающее устройство 1, состоящее из трех питающих валов, захватывает материал и подает его к колковому барабану 2. Барабан выбивает и прочесывает льняные волокна из поступающего слоя и очищает материал от фрагментов костры, которые выпадают в пространства между колосниками решетки 3, называемой грохотом.

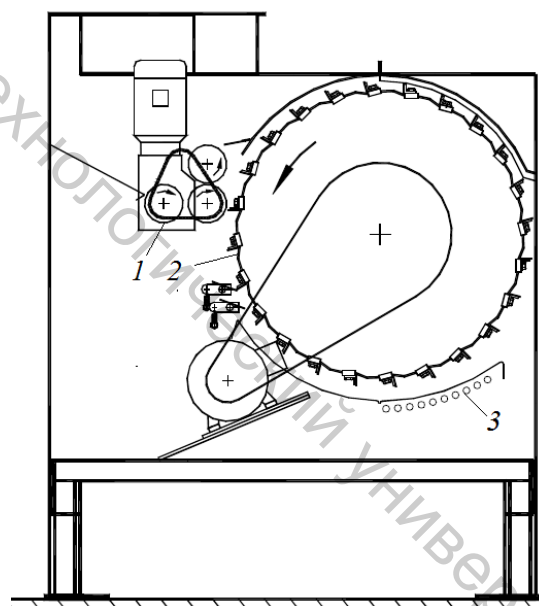


Рисунок 3.73 – Технологическая схема льноочистителя LRWZ

Если на барабан подается слишком большое количество материала, он может блокироваться, что может привести к повреждению машины. В целях предотвращения блокировки барабана на верхнем питающем валу установлено устройство ограничения подачи материала.

С льноочистителя LRWZ волокно пневматически подается на ступенчатый очиститель LICZ, изображенный на рисунке 3.74, в котором происходит отделение плохо закрепленных на клочках сорных примесей от волокнистого материала.

Волокно проходит питающую камеру 1 с устройством контроля уровня. Загруженный материал захватывается очистительными валами 2 и протаскивается над решеткой 3.

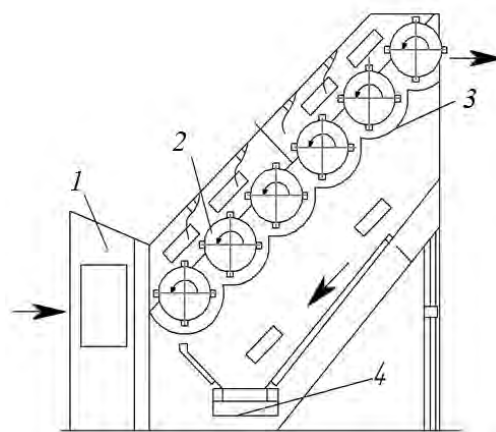


Рисунок 3.74 – Технологическая схема ступенчатого очистителя LICZ

При этом из материала выделяются костра и отходы. Процесс повторяется 6 раз.

Благодаря наклонному расположению машины часть материала падает назад и подвергается повторной очистке. Очищенный материал подается на дальнейшую переработку, отходы отвозятся с помощью транспортера 4.

После ступенчатого очистителя волокно подается на льноразрыхлитель LOMY (рисунок 3.75). Материал подается на поперечный загрузочный стол 1. Лотковый вал 2 и заправочный вал 3 принимают материал с загрузочного стола и через лоток подают его к барабану 4, обтянутому пальчатой гарнитурой. Благодаря заправочному валу и усилию прижима пневмоцилиндров к опорным точкам обеспечивается равномерная обработка материала с помощью барабана.

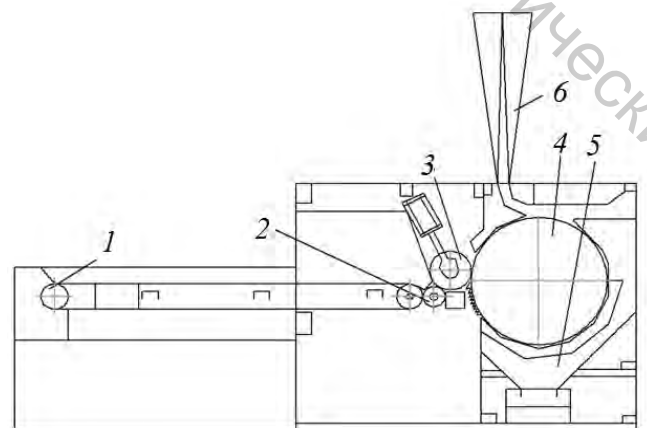


Рисунок 3.75 – Технологическая схема льноразрыхлителя LOMY с загрузочным столом

Барабан разрыхляет материал, укорачивает волокна за счет их разрыва и частичного расщепления. Выделяемые примеси выпадают между прутьев решетки (грохота) 5 на поперечный транспортер, кото-

рый вывозит их из машины. Если на барабан подается больше материала, чем может переработать, он может блокироваться. В целях предотвращения блокировки барабана перед заправочным валом установлено устройство ограничения подаваемого материала. Обработанные волокна отсасываются вертикально вверх через патрубок 6.

Далее волокно поступает на смесовую машину Миксмастер MMNW, схема которой представлена на рисунке 3.76. Данная машина предназначена для смешивания и промежуточного хранения волокон в непрерывном или периодическом режиме. В зависимости от исполнения подача материала в рабочую камеру 1 производится или с помощью одного или нескольких расположенных над крышей рабочей камеры телескопических труб 2 с вращающимся сепаратором или циклоном. Управление подачей материала производится с помощью фотоэлементов, установленных в рабочей камере.

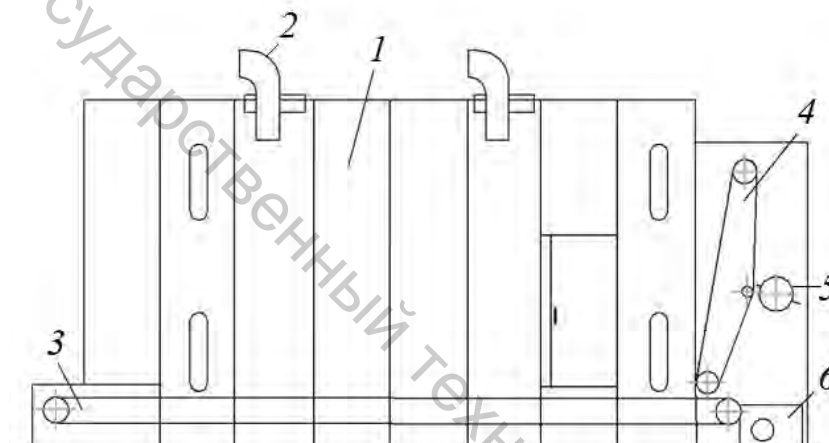


Рисунок 3.76 – Схема смесовой машины MixMaster MMNW

Уложенный слоями волокнистый материал подается питающей решеткой 3 и захватывается наклонной игольчатой решеткой 4 и перемещается вверх. Съемный валик 5 удаляет волокно с игольчатой решетки из игольчатой ленты на поперечный транспортер, который выводит материал из машины.

Затем волокна по трубопроводу подается быстроходным конденсером на предварительный очиститель UNiclean B12, который при помощи барабана с проволочными шипами очищает волокнистый поток от сорных примесей, а также способствует расщеплению технических льняных волокон.

Последующая обработка волокна происходит на резервном питателе UNIstore A78 и двух тонких очистителях UNIflex B60. Перечисленное оборудование фирмы Rieter традиционно используется в поточных линиях для разрыхления и очистки хлопкового волокна. Эффективное расщепление льняного волокна достигается за счет подбора технологических режимов, а также гарнитуры на колосниках очистителей UNIflex B60.

Из очистителя UNiflex B60 волокно поступает на пресс готовой продукции, на котором осуществляется прессование котонина в кипы.

Костра и короткие волокна по пневмосистеме поступают на сепаратор грубой очистки, а далее по пневмосистеме подается на брикетирующий пресс. Пыль и загрязненный воздух с линии вентилятором отсасывается на фильтровальную камеру. Пыль и воздух поступают на сетчатый барабан, где фильтруются. Пыль, которая накапливается на барабане, вентилятором отсасывает сепаратор тонкой очистки, где спрессовывается вместе с кострой в брикет.

Рассмотрим линию котонизации фирмы Lagache Exel, установленную на ОАО «Гронитекс». Внешний вид линии представлен на рисунке 3.77.

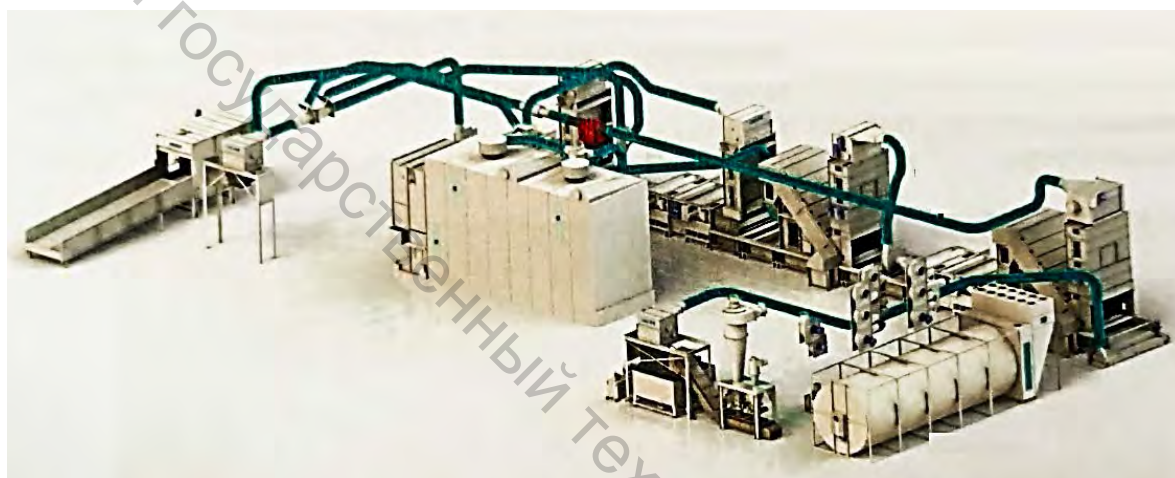


Рисунок 3.77 – Внешний вид линии котонизации фирмы Lagache

Подача волокна на линию котонизации осуществляется через кипный питатель, схема которого представлена на рисунке 3.78.

Кипы с волокном устанавливаются на питающий транспортер 1 разрыхлителя (рисунок 3.78 а), который подает их на питающую решетку 2. Разрыхление происходит за счет воздействия на кипы игольчатой решетки 3, а также разравнивающего валика 4, который возвращает излишки волокна в камеру разрыхлителя. Оставшееся на игольчатой решетке волокно сбивается съемным валиком 5 и по пневмопроводу подается в бункер наклонного (ступенчатого) очистителя.

Разводки между игольчатой решеткой и разравнивающим и съемным валиками регулируются (рисунок 3.78 б). Максимальное погружение колков разравнивающего в гарнитуру игольчатой решетки составляет 6,3 мм, а съемного валика – 11,7 мм.

Перед поступлением на ступенчатый очиститель (рисунок 3.79) волокнистый материал проходит металлодетектор, обеспечивающий выделение в отходы металлических частиц, которые могут находиться в кипах с волокном.

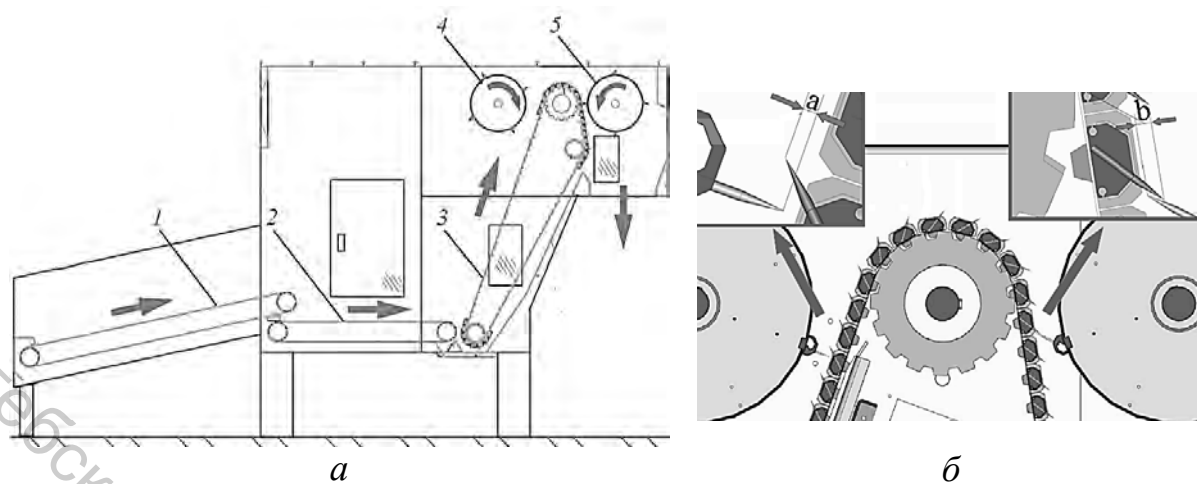


Рисунок 3.78 – Кипный питатель линии котонизации фирмы Laroche:
а – технологическая схема; *б* – регулирование разводов

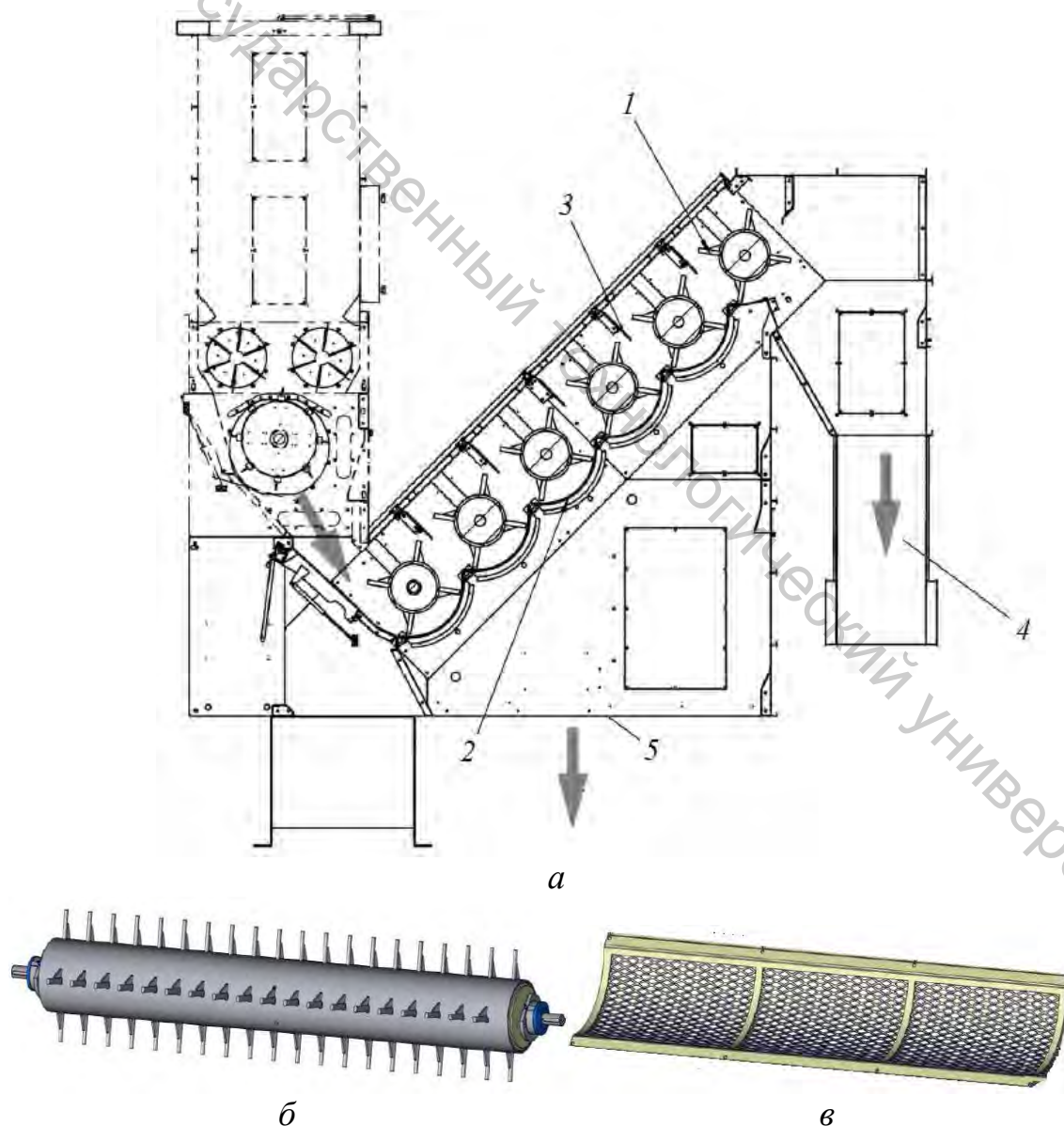


Рисунок 3.79 – Ступенчатый очиститель:
а – технологическая схема; *б* – колковый барабан; *в* – перфорированная пластина

Разрыхляющими элементами ступенчатого очистителя (рисунок 3.79 а) являются шесть колковых барабанов 1. Каждый последующий барабан работает с нарастающей частотой вращения по сравнению с предыдущим, перемещая волокнистый материал по поверхности перфорированной пластины 2, через отверстия которой в бункерный накопитель удаляются отходы, содержащие сорные примеси. Положение заслонок 3, оказывающих влияние на переход волокнистого материала от предыдущего барабана к последующему, регулируется. Волокнистый материал выводится через бункер 4 в пневмопровод или на выпускной транспортер в зависимости от конструкции линии и места расположения в ней наклонного очистителя.

Далее волокнистый материал поступает в машину Exel 2000 по транспортеру 1 (рисунок 3.80). Машина содержит две разрыхлительные секции, близкие по конструкции. Питающий цилиндр 2 опирается на питающий лоток 3 и подает материал к разрыхлительному барабану 4 первой секции, который может быть оснащен колковой гарнитурой. Разводка между питающим лотком и разрыхлительным барабаном регулируется.

Сорные примеси высыпаются на транспортер, располагающийся под машиной, а волокнистый материал перемещается перфорированным барабаном 5 во вторую секцию, где процессы разрыхления и очистки производятся аналогично. Далее очищенное волокно выводится из машин через патрубок 6 в следующий наклонный очиститель.

В результате обработки на данном очистителе производится волокно первого качества, которое поступает на смесовую машину, проходя замасливающее устройство, а далее на пресс.

Для получения волокна второго качества материал после смесовой машины пропускается через следующую машину Exel, разрыхлительные барабаны которого обтянуты пильчатой гарнитурой. Для производства волокна третьего качества необходим третий этап переработки волокна на машине Exel.

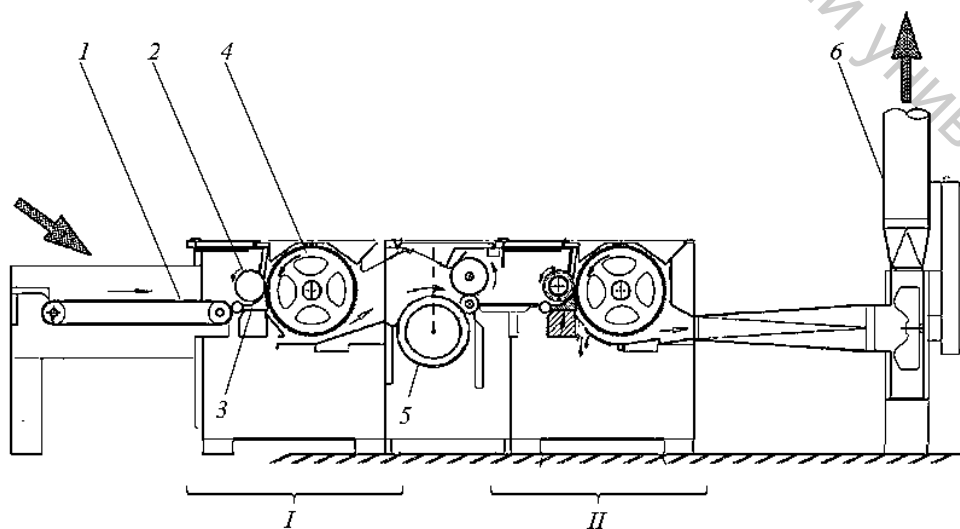


Рисунок 3.80 – Технологическая схема машины Exel

3.7.4 Характеристика льняного волокна, подвергаемого котонизации

Котонизации подвергается только короткое льняное волокна, так как длинное льняное волокно является более ценным видом текстильного сырья и используется для выпуска высокорентабельной продукции.

Короткое льняное волокно в зависимости от разрывной нагрузки скрученной ленточки и заостренности подразделяется на пять номеров – 8, 6, 4, 3 и 2.

Согласно СТБ 1850-2009 «Волокно льняное короткое. Технические условия» волокно каждого номера по разрывной нагрузке и массовой доле костры и сорных примесей должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.12. Номер льняного короткого волокна устанавливают по наихудшему показателю.

Таблица 3.12 – Характеристика короткого льняного волокна разных номеров

Номер льняного короткого волокна	Разрывная нагрузка скрученной ленточки, Н, не менее	Массовая доля костры и сорных примесей, %, не более
2	54	24
3	109	22
4	138	19
6	158	15
8	177	11

Чаще всего для механической котонизации используется волокно № 4 и № 6. Для переработки на линиях котонизации волокна № 3 желательно, чтобы его засоренность была минимальной в пределах установленных условий.

Кроме того, согласно ТУ ВУ100048286.120-2010 котонизации может подвергаться льняной очес, а также другие виды отходов.

3.7.5 Оценка эффективности котонизации

В Республике Беларусь требования, предъявляемые к котонизированному льняному волокну, регламентируются техническими условиями ТУ ВУ 100048286.120-2010, разработанными РУП «Центр научных исследований легкой промышленности», которые учитывают существенные различия линий механической котонизации, установленных на разных предприятиях. Техническими условиями также регламентированы способы испытаний котонизированного волокна.

Согласно техническим условиям котонизированное волокно подразделяется на типы, качества и сорта. В зависимости от технологии производства установлены типы, качества и наименования:

- для линии Laroche (РУПТП «Оршанский льнокомбинат») – типы CoIV, Wa, Wк, W₂, W₄, 0;
- для линии Laroche Exel (ОАО «Гронитекс») – наименования Премиум, Экстра, Стандарт;
- для линии Temafa (ОАО «Гронитекс») – качества 1, 2, 3, 3а;
- для линии, скомпонованной из оборудования фирм Temafa и Rieter (РУПТП «Оршанский льнокомбинат»), – типы CoIII-1, CoIII-2, CoIII;
- для других комплектов оборудования – типы Co, Wa, Wк.

Назначение котонина разных типов, качеств и наименований приведено в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Назначение котонина разных типов и качеств

	Обозначение	Назначение
Типы	CoIII-1, CoIII-2, CoIV	Для переработки на хлопкопрядильном оборудовании, в том числе установленном на льноперерабатывающих предприятиях: CoIII-1 – для выработки смешанной и льняной пряжи линейной плотности ниже 50 текс; CoIII-2 – для выработки смешанной и льняной пряжи линейной плотности выше 50 текс
	Wa, Wк	Для переработки на шерстопрядильном оборудовании: Wa – для аппаратной системы прядения; Wк – для гребенной системы прядения
	CoIII, 0, W ₂ , W ₄ , CoIII-3, O	Для выработки продукции производственно-технического назначения и других целей
Качества	1	Для переработки на шерстопрядильном оборудовании по гребенной системе прядения, производства нетканых текстильных материалов и других целей
	2	Для переработки на шерстопрядильном оборудовании по аппаратной системе прядения, производства нетканых текстильных материалов, ваты и других целей
	3, 3а	Для переработки на хлопкопрядильном оборудовании
Наименование волокна	Премиум	Для переработки на хлопкопрядильном оборудовании
	Экстра	Для переработки нетканых текстильных материалов, ваты и других целей
	Стандарт	Для выработки продукции производственно-технического назначения и других целей

В таблицах 3.14–3.17 представлены требования к котонизированному волокну, получаемому на разных линиях.

Таблица 3.14 – Требования к волокну с линий, скомплектованных из оборудования фирм Temafa и Rieter, при испытании волокна на лабораторном комплексе фирмы Texttechno

Тип волокна	CoIII-1		CoIII-2		CoIII	
Сорт волокна	I	II	I	II	I	II
Линейная плотность льняного волокна котонизированного (без пуха), текс, не более	1,3	1,4	1,5	1,7	1,5	1,6
Массовая доля костры и сорных примесей, %, не более	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
Относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс, не менее	15,5		15,5		15,5	
Массовая доля коротких волокон до 12,7 мм включительно, %, не более	40,0		35,0		30,0	
Средняя массодлина волокна, мм, не менее	22,0		26,0		28,0	

Таблица 3.15 – Требования к волокну с линии фирмы Temafa

Качество волокна		1		2		3		3а
Сорт волокна		I	II	I	II	I	II	I
Линейная плотность льняного волокна котонизированного (без пуха), текс, не более		1,7	2,0	1,2	1,6	0,8	1,0	1,1
Массовая доля костры и сорных примесей, %, не более		8,0	9,0	5,0	7,0	2,0	2,5	4,5
Относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс, не менее		27		27		27		27
Массовая доля коротких волокон, %, не более	для хлопкопрядения до 15 мм	-		-		12,0		30,0
	для шерстопрядения до 30 мм	25,0		12,0		-		-
Массовая доля волокон длиной свыше 40 мм, %, не более		-		-		30,0		45,0
Средняя массодлина волокна, мм, не менее		40,0		36,0		28,0		30,0

Таблица 3.16 – Требования к волокну с линии фирмы Laroche

Качество волокна		CoIV		Wa		Wк		O	W ₄	W ₂
Сорт волокна		I	II	I	II	I	II	-	I	I
Линейная плотность льняного волокна котонизированного (без пуха), текс, не более		1,0	1,4	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0	2,3	3,0
Массовая доля костры и сорных примесей, %, не более		1,0	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	6,0	3,0	4,5
Относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс, не менее		27		27		27		27	27	27
Массовая доля коротких волокон, %, не более	для хлопкопрядения до 15 мм	25,0		-		-		-	-	-
	для шерстопрядения до 30 мм	-		27,0		25,0		-	27,0	27,0
Массовая доля волокон длиной свыше 40 мм, %, не более		18,0		-		-		-	-	-
Средняя массодлина волокна, мм, не менее		22,0		40,0		28,0		55,0	35,0	45,0

Таблица 3.17 – Волокно льняное котонизированное с линии фирмы Laroche Exel

Тип волокна	Премиум		Экстра		Стандарт	
	I	II	I	II	I	II
Сорт волокна						
Линейная плотность льняного волокна котонизированного (без пуха), текс, не более	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,5
Массовая доля костры и сорных примесей, %, не более	2,0	2,5	4,0	6,0	7,0	8,0
Массовая доля коротких волокон до 15 мм включительно, %, не более	20,0		-		-	
Массовая доля волокон длиной свыше 40 мм, %, не более	30		-		-	
Средняя массодлина волокон, мм, не менее	28,0		40,0		55,0	

Анализируя данные, представленные в таблицах 3.15–3.18, можно отметить, что предъявляемые к котонизированному волокну требования существенно различаются в зависимости от области его применения, метода оценки свойств и оборудования, включенного в состав линии котонизации. При этом линейная плотность волокна варьируется в диапазоне от 1 до 3 текс, что существенно ниже линейной плотности короткого льняного волокна.

4 ПРОИЗВОДСТВО ЧЕСАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

4.1 Цель и сущность процесса кардочесания. Функции чесальной машины

После переработки на разрыхлительных, очистительных и смесовых машинах волокнистая масса состоит из клочков спутанных волокон. На современных поточных линиях средняя масса клочка в материале, поступающем на питание чесальной машины, составляет 0,1–1 мг, то есть среднее количество волокон в клочке составляет от 20 до 200. Получить пряжу из неразъединенных волокон невозможно, а рабочие органы машин поточной линии, предшествующие чесальной машине, не способны разделять клочки на отдельные волокна.

Кроме того, в волокнистой массе может содержаться до 30 % сорных примесей из общего количества примесей, содержащихся в исходном сырье. Эти примеси находятся как на поверхности, так и внутри клочков. Поэтому дальнейшая очистка волокнистого материала возможна только при разъединении клочков на отдельные волокна, что осуществляется только при чесании.

Процесс кардочесания может осуществляться не только в прядильном производстве, но и при изготовлении нетканых текстильных материалов.

Целью процесса кардочесания в прядильном производстве является обеспечение индивидуального закономерного движения волокон в вытяжном приборе при осуществлении процесса вытягивания.

Сущность процесса кардочесания заключается в разделении комплексов волокон на отдельные волокна за счет одновременного воздействия на них двух кардных поверхностей.

Одновременно с этим происходит удаление сорных примесей и пороков, смешивание волокон, выравнивание волокнистого потока. Необходимо отметить, что очистка, смешивание, распрямление волокон и другие изменения структуры и свойств волокнистой массы происходят и при реализации других процессов прядильного производства, однако разъединение клочков на отдельные волокна возможно только в процессе кардочесания.

В старину говорили: «Как прочешешь, так и спрядешь». При переработке хлопка по кардной системе прядения практически все неразволокненные комплексы волокон, сорные примеси и пороки волокна, оставшиеся после кардочесания в продукте, переходят в пряжу, что приводит к повышению неровноты и обрывности как в прядении, так при дальнейшей переработке пряжи. Поэтому кардочесание является одним из главных процессов, эффективность которых определяет качество пряжи.

На современной кардочесальной машине осуществляются следующие процессы:

- разьединение клочков (комплексов) спутанных волокон на отдельные волокна, сохраняющие в выпускаемой ленте связь между собой благодаря силам сцепления в местах взаимного контакта;
- очистка волокон от сорных примесей и пороков волокон;
- вычесывание коротких волокон длиной менее 15 мм;
- смешивание волокон;
- незначительное увеличение распрямленности волокон (с 0,5 до 0,6);
- выравнивание волокнистого потока по линейной плотности на коротких отрезках;
- утонение волокнистого настила в 80–200 раз;
- формирование из волокон ленты;
- укладка ленты в таз.

В кардной и гребенной системах прядения хлопкового волокна, как в чистом виде, так и в смеси с химическими волокнами, чесание волокнистого материала производится на шляпочных чесальных машинах. При кардочесании шерсти и льна используются валичные чесальные машины.

4.2 Типы гарнитур, применяемых для обтягивания рабочих органов чесальных машин

Гарнитурой называется пильчатая или игольчатая лента, которой обтягивают рабочие органы чесальной машины. Поверхность рабочего органа машины, обтянутая гарнитурой, называется **кардной поверхностью**.

Параметры и состояние гарнитуры оказывают наиболее существенное влияние на эффективность процесса кардочесания по сравнению со всеми другими элементами чесальной машины. Именно совершенствование гарнитуры стало одним из решающих факторов, позволивших повысить производительность чесальной машины с 5 до 220 кг/ч.

Не существует универсальной гарнитуры, которая могла бы быть использована на различных чесальных машинах при переработке всех видов текстильных волокон. Выбор гарнитуры осуществляется на основе анализа следующих критериев:

- тип и конструкция чесальной машины;
- частота вращения главного барабана;
- производительность машины;

- вид перерабатываемого сырья и его характеристики (линейная плотность или тонина, объемность, засоренность);
- требования к качеству ленты;
- финансовые возможности фабрики;
- дополнительные условия, например, сервис со стороны поставщика гарнитуры.

Классификация типов гарнитуры, применяемой для обтягивания рабочих органов чесальных машин, представлена на рисунке 4.1.

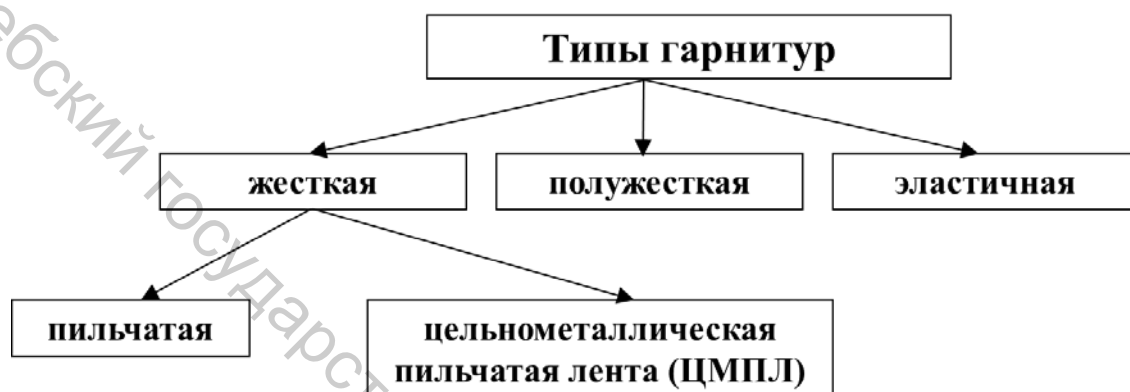


Рисунок 4.1 – Классификация типов гарнитуры

Жесткую гарнитуру изготавливают из стальной проволоки круглого сечения. Проволоку прокатывают в несколько этапов для получения требуемого профиля (рисунок 4.2), а затем на ней насекают зубья.

Жесткая гарнитура условно разделяется на пильчатую, предназначенную для обтягивания приемных барабанов, и цельнометаллическую пильчатую ленту (ЦМПЛ), предназначенную для обтягивания главных и съемных барабанов. Для того чтобы почувствовать, насколько точными должны быть процессы производства гарнитуры, достаточно понять, что толщина зуба у вершины может составлять 0,05–0,06 мм.

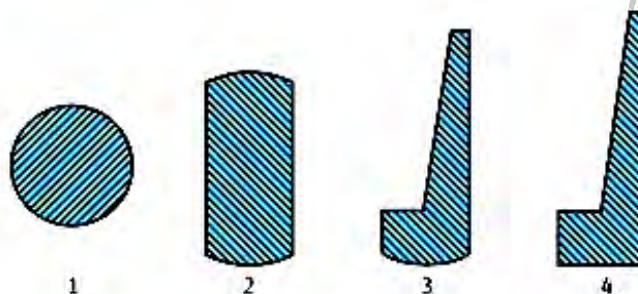


Рисунок 4.2 – Этапы формирования профиля жесткой гарнитуры

Особенностью ЦМПЛ является то, что вершины зубьев подвергаются закалке до твердости $HV = 700 \dots 800$, благодаря чему гарнитура не требует точки. Мягкое основание гарнитуры ($HV = 190 \dots 220$) облегчает процесс обтяжки ею рабочих органов и обеспечивает плотное ее прилегание к поверхности барабана.

Внешний вид жесткой гарнитуры представлен на рисунке 4.3.

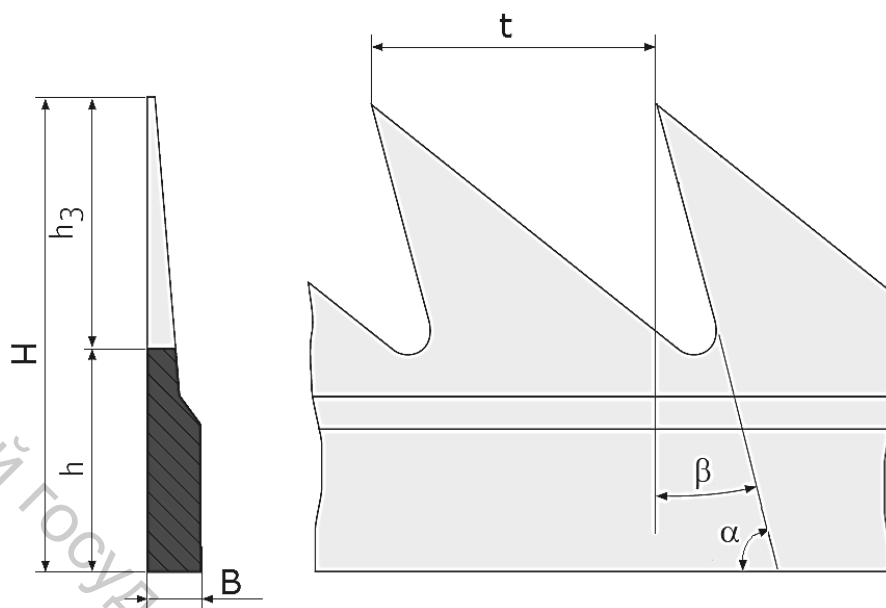


Рисунок 4.3 – Жесткая гарнитура

На рисунке 4.3 показаны основные геометрические параметры жесткой гарнитуры:

- 1) H – высота гарнитуры;
- 2) h_z – высота зуба;
- 3) h – высота основания гарнитуры;
- 4) B – толщина основания;
- 5) α и β – углы наклона зуба;
- 6) t – шаг зубьев.

К важным параметрам относится также плотность гарнитуры, которая характеризуется числом зубьев на 1 см^2

$$Z = \frac{100}{t \cdot b}, \quad (4.1)$$

где t – шаг зубьев, мм; b – расстояние между соседними витками гарнитуры на барабане, мм.

Однако в настоящее время в связи с тем, что гарнитура закупается у европейских компаний, плотность пильчатой гарнитуры может определяться как число зубьев на 1 дюйм^2 . В этом случае плотность рассчитывается по следующей формуле:

$$Z = \frac{645}{t \cdot b}. \quad (4.2)$$

Плотность гарнитуры является параметром, оказывающим наибольшее влияние на эффективность процесса кардочесания. Однако

необходимо обратить внимание на то, что количество зубьев, воздействующих на волокнистый материал, зависит не только от плотности гарнитуры, но и от частоты вращения рабочих органов. Таким образом, пониженная плотность гарнитуры может быть частично компенсирована повышенной частотой вращения барабанов чесальной машины. Важно также помнить о том, что плотности гарнитуры главного и съемного барабанов взаимосвязаны.

Существуют оптимальные значения плотности гарнитуры для каждого рабочего органа машины, определяемые с учетом скоростного режима и вида перерабатываемого сырья. При отклонении от оптимальных значений в большую или меньшую сторону качество прочеса снижается.

Рекомендации по выбору плотности жесткой гарнитуры, применяемой в хлопкопрядении, представлены в таблице 4.1. При переработке более тонких волокон плотность гарнитуры целесообразно повышать, так как необходимо увеличивать количество волокон, проходящих через машину в единицу времени.

Таблица 4.1 – Рекомендуемая плотность гарнитуры различных рабочих органов чесальной машины

Рабочий орган	Вид перерабатываемого сырья	Плотность гарнитуры, зубьев/кв. дюйм
Приемный барабан	Хлопок	36
	Химические волокна	27
Главный барабан	Длинноволокнистый хлопок	800–1000
	Средневолокнистый хлопок	600–800
	Химические волокна	450–650
Съемный барабан	Универсальная гарнитура	340
	Специальная гарнитура для тонких волокон	400

При расчете плотности гарнитуры важно учитывать применяемый способ обтягивания барабанов.

Приемные барабаны могут обтягиваться гарнитурой двумя способами:

- посредством запрессовывания в канавку на барабане (рисунок 4.4 а);
- навиванием пильчатой ленты на гладкую поверхность барабана с плотным прилеганием витков друг к другу (бесканавочное обтягивание) (рисунок 4.4 б–г).

В случае запрессовывания гарнитуры в канавку расстояние между соседними витками равно шагу канавки. При бесканавочном обтягивании данное расстояние равно толщине основания гарнитуры. Главный и съемный барабан обтягиваются только бесканавочным способом.

Высота гарнитуры главного барабана H современных чесальных машин составляет от 2 до 3,8 мм, а для приемного барабана этот пара-

метр может быть увеличен до 6 мм. С увеличением высоты зуба h_3 повышается волокноёмкость гарнитуры, то есть объем свободного пространства между зубьями, приходящийся на единицу площади кардной поверхности. Также волокноёмкость определяется плотностью гарнитуры, то есть зависит от шага зубьев и расстояния между витками пальчатой ленты.

Уменьшение высоты зуба приводит к тому, что волокна в процессе чесания в меньшей степени углубляются в гарнитуру и лучше прочесываются.

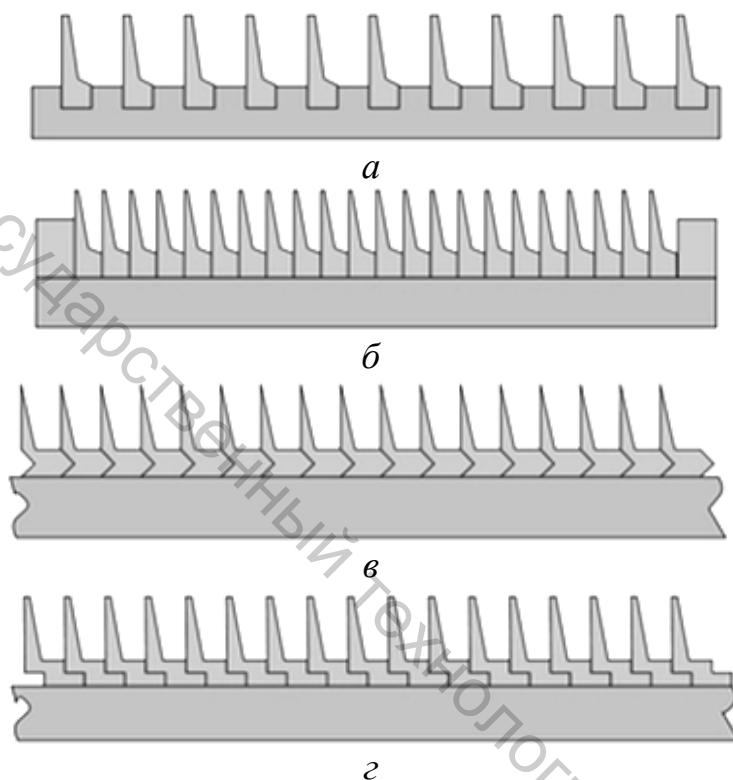


Рисунок 4.4 – Способы обтягивания приемного барабана чесальной машины

Одним из наиболее значимых параметров гарнитуры является угол наклона зубьев β . Он влияет как на процесс растаскивания клочков волокон, так и на удержание волокон на поверхности рабочего органа.

Угол наклона бывает положительный (рисунок 4.5 а) и отрицательный (рисунок 4.5 б). Гарнитура с отрицательным углом β может использоваться только для обтягивания приемных барабанов в случае переработки некоторых видов химических волокон. Применение такой гарнитуры способствует облегчению перехода волокон на главный барабан.

Рекомендуемые диапазоны угла β :

- для приемного барабана $+5^\circ - (-10^\circ)$;
- для главного барабана $+12^\circ - +27^\circ$;
- для съемного барабана $+20^\circ - +40^\circ$.

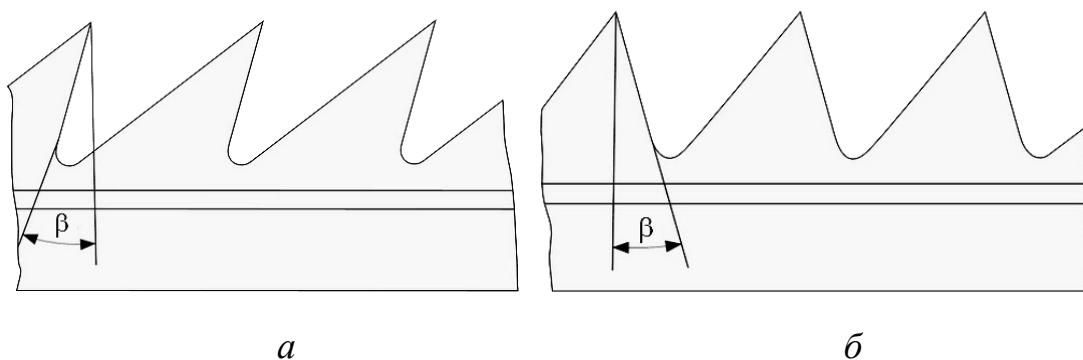


Рисунок 4.5 – Гарнитуры с положительным и отрицательным углами наклона зуба

Эластичная гарнитура (рисунок 4.6), обтягивающая шляпки, представляет собой основание, состоящее из не менее 5 слоев ткани со специальной пропиткой, в котором укреплены тонкие стальные иглы определенной толщины с полированной поверхностью.

Игла имеет колено, поэтому ее верхняя часть расположена по отношению к горизонтальной плоскости основания под углом 75° . Жесткость и изогнутость игл, закрепленных в эластичном основании, позволяют им под действием усилий отклоняться от первоначального положения и вновь восстанавливать его при прекращении действия усилий. Кроме того, благодаря изогнутой форме иглы одной гарнитуры не задевают иглы другой в момент отклонения их от первоначального положения. Кончики игл имеют боковую заточку с двух сторон. Скобы из двух игл равномерно расположены в тканевом основании в определенном порядке и таким образом, что все иглы наклонены в одну сторону, поперек ленты.

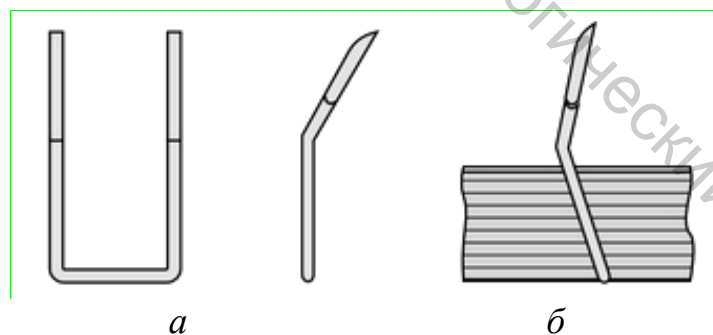


Рисунок 4.6 – Эластичная гарнитура:
а – внешний вид иглы; б – закрепление игл в многослойном основании

Плотность игл на шляпке зависит от вида перерабатываемого сырья следующим образом:

- длиноволокнистый хлопок – 500 игл/кв. дюйм;
- средневолокнистый хлопок – 350–400 игл/кв. дюйм;
- химические волокна – 270 игл/кв. дюйм.

Особенностью эластичной гарнитуры является то, что она во время работы постепенно забивается волокном.

Срок службы эластичной гарнитуры при правильном уходе за ней зависит от вида перерабатываемого волокна и производительности машины. Для современных чесальных ресурс эксплуатации гарнитуры составляет от 100 до 4000 тонн переработанного волокна, что соответствует сроку службы от трех месяцев до пяти лет. Средний срок службы гарнитуры составляет 1–2 года.

Для поддержания работоспособности гарнитуру необходимо затачивать или подшлифовывать. Допускается стачивание до 3 мм от общей высоты верхней части иглы (5,5 мм).

Для обтягивания шляпок может применяться *полужесткая гарнитура* (рисунок 4.7), занимающая среднее положение между жесткой и эластичной. В эластичное основание, состоящее из большого количества слоев ткани по сравнению с эластичной гарнитурой (как правило, 7 или 8), вставляют скобочки из плоской проволоки с заостренным концом. Применение плоской проволоки вместо круглой обеспечивает большую жесткость игл (примерно в 4 раза).

Полужесткая гарнитура обладает меньшей волокноемкостью, поэтому при ее использовании на шляпчном полотне уменьшается выход очеса при большем (примерно в 6 раз) содержании сорных примесей в нем. Это позволяет уменьшить общее количество отходов на чесальной машине за счет уменьшения в них доли волокна. Современная полужесткая гарнитура так же, как и эластичная, имеет колено (рисунок 4.7).

Срок службы полужесткой гарнитуры увеличивается в 2 раза по сравнению со сроком службы эластичной гарнитуры. Однако эффективность применения полужесткой гарнитуры на шляпках в большей степени зависит от качества изготовления гарнитуры, колосников шляпок и их жесткости.

Фирма Graf рекомендует использовать полужесткую гарнитуру плотностью 240–330 игл на кв. дюйм при переработке химических волокон и отбеленного хлопка.



Рисунок 4.7 – Полужесткая гарнитура

4.3 Взаимодействие кардных поверхностей

Действие зубчатых и игольчатых поверхностей зависит от взаимного расположения гарнитур, направления и скорости их движения. На чесальных машинах возможны два типа взаимного расположения зубьев или игл двух смежных поверхностей (рисунок 4.8):

- параллельное расположение – зубья (передние грани) или иглы расположены параллельно и движутся в разные стороны или в одну сторону с разными скоростями;

- перекрестное расположение – зубья или иглы расположены под некоторым углом друг к другу и движутся в одну или в разные стороны.

Рассмотрим случай, когда две движущиеся в разные стороны гарнитуры, зубья гарнитур которых расположены параллельно, захватывают своими зубьями пучок волокон и разъединяют его, растаскивая волокна (рисунок 4.8 *a*). Вследствие трения волокна об иглы в процессе чесания возникает сила P , растаскивающая пучки.

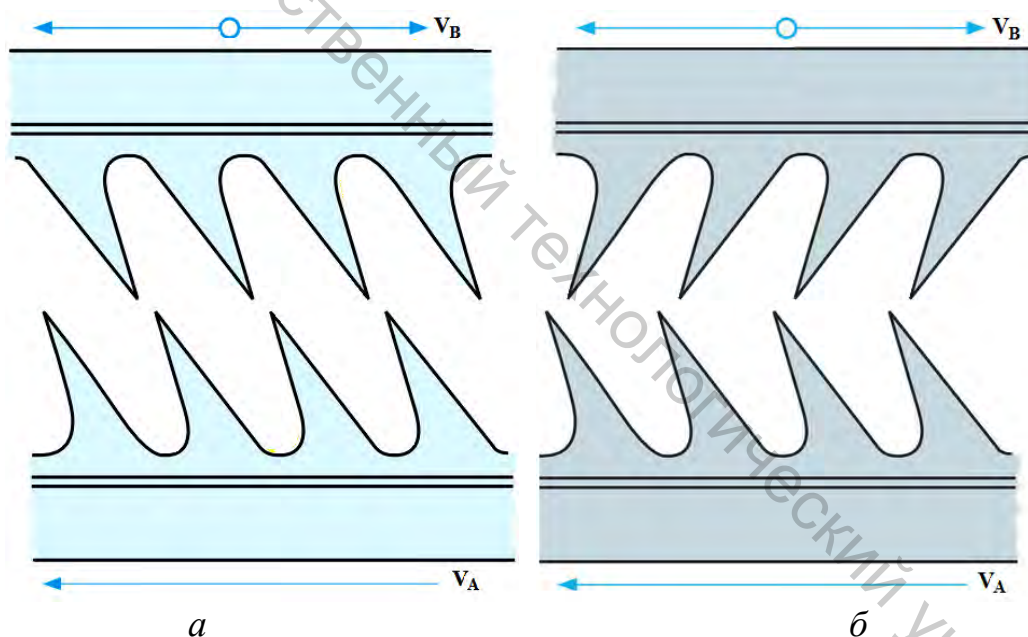


Рисунок 4.8 – Варианты расположения гарнитур рабочих органов чесальной машины:

a – параллельное расположение; *б* – перекрестное расположение

Разложим силу P на две составляющие: S , направленную вдоль передней грани зуба, и N , перпендикулярную к ней (рисунок 4.9). Под действием силы S пучки волокон движутся вдоль передней грани, углубляясь в гарнитуру:

$$S = P \cdot \sin\beta, \quad (4.3)$$

где β – угол наклона передней грани зуба при вершине.

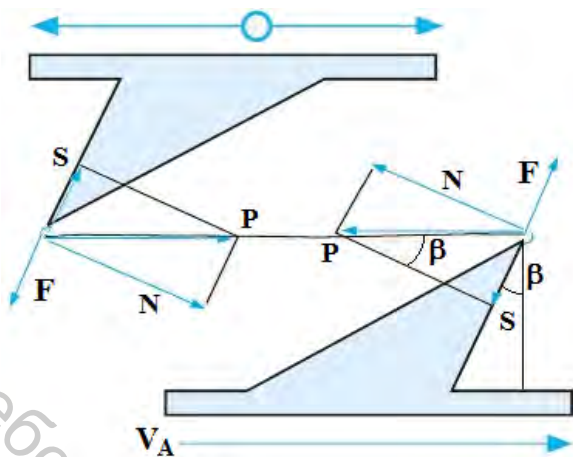


Рисунок 4.9 – Силы, возникающие при воздействии зубьев на клочок волокон при параллельном расположении гарнитур

Сила N прижимает пучки волокон к зубьям гарнитуры:

$$S = P \cdot \cos \beta. \quad (4.4)$$

При движении пучка волокон вдоль передней грани будет возникать сила трения волокон по игле F , препятствующая движению пучка волокон:

$$F = \mu \cdot N, \quad (4.5)$$

где μ – коэффициент трения пучка о переднюю грань.

Чтобы волокна не углублялись в гарнитуру, а держались на ее поверхности, что необходимо для осуществления процесса чесания, сила S должна быть равна силе F :

$$S = F; \mu \cdot N = P \cdot \sin \beta. \quad (4.6)$$

Подставляя в уравнение (4.6) значение N из уравнения (4.4), получаем

$$\mu \cdot P \cdot \cos \beta = P \cdot \sin \beta, \quad (4.7)$$

откуда

$$\mu = \frac{P \cdot \sin \beta}{P \cdot \cos \beta} \text{ или } \mu = \operatorname{tg} \beta. \quad (4.8)$$

Следовательно, выбор угла наклона передней грани зуба при вершине β зависит от коэффициента трения волокнистого материала, прочесываемого гарнитурой. Угол наклона передней грани зуба к поверхности α определяется по формуле $\alpha = 90^\circ - \beta$.

Угол наклона передней грани зуба зависит от коэффициента трения волокнистого материала, прочесываемого гарнитурой. При меньшем угле α сила S будет больше силы трения, и волокна станут нанизываться на иглу. Приняв коэффициент трения хлопка по стали $\mu = 0,2$, получим $\alpha = 79^\circ$. При таком угле наклона передней грани зуба волокна не будут углубляться в гарнитуру, то есть гарнитура будет обладать свойством самоторможения.

Необходимо обратить внимание на то, что при параллельном расположении поверхностей гарнитур и при движении их в одну сторону,

со скоростями $V_A > V_B$ будет происходить процесс чесания потому, что гарнитура A обгоняет гарнитуру B . При $V_A = V_B$ волокнистый материал будет транспортироваться без обработки. При $V_A < V_B$ гарнитура B будет сбрасывать волокнистый материал на поверхность гарнитуры A .

При перекрестном расположении гарнитур, движущихся в разные стороны со скоростями $V_A \neq V_B$, направление сил, действующих на клочок со стороны гарнитуры B , изменяется (рисунок 4.10). При движении гарнитур в противоположные стороны волокнистый материал сбрасывается с гарнитуры B и захватывается гарнитурой A , которая движется в направлении наклона зубьев.

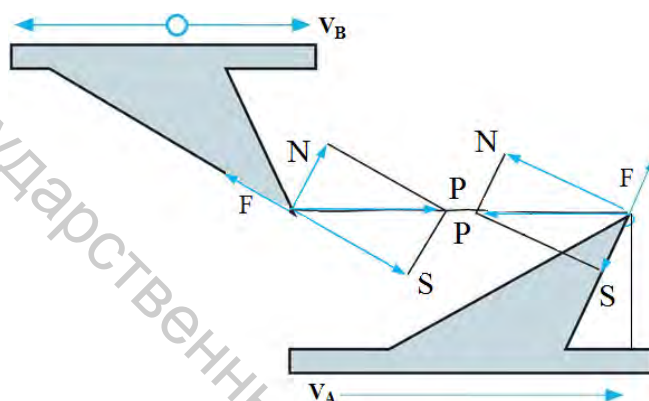


Рисунок 4.10 – Силы, возникающие при воздействии зубьев на клочок волокон при перекрестном расположении гарнитур

Если гарнитуры имеют перекрестное расположение и движутся в одну сторону, то при $V_A > V_B$ гарнитура A также очесывает гарнитуру B и осуществляет сьем.

В результате анализа всей изложенной ранее информации о взаимодействии гарнитуры с клочками волокон можно сформулировать условия, при выполнении которых протекает процесс кардочесания:

- воздействие на клочок волокон в свободном состоянии двух кардных поверхностей;
- параллельное расположение зубьев или игл взаимодействующих гарнитур;
- относительное перемещение гарнитур в направлении наклона зубьев (игл);
- толщина элементов гарнитуры (зубьев или игл) должна быть сопоставима с размерами перерабатываемого волокна.

Полный переход волокон с одной кардной поверхности на другую возможен только при перекрестном расположении зубьев взаимодействующих гарнитур.

Исключение составляет переход волокон с первого приемного барабана чесальных машин советского производства на второй приемный барабан.

Если при перекрестном расположении зубьев гарнитуры движутся в разные стороны, то волокнистый материал после взаимодействия остается на гарнитуре, движущейся в направлении наклона зубьев. Если гарнитуры движутся в одну сторону, то клочки волокон переходят на гарнитуру, окружная скорость зубьев которой выше.

Для обеспечения полного перехода также необходимо выполнение некоторых других условий:

- ограничение высоты зубьев гарнитуры, с которой осуществляется переход волокон;
- минимальная разводка между кардными поверхностями;
- определенное соотношение окружных скоростей зубьев (при движении гарнитур в одном направлении).

4.4 Срок службы и периодичность заточки гарнитуры

Срок службы гарнитуры выражается в количестве переработанного волокнистого материала. Он зависит от вида волокна, а также от рабочего органа, который обтянут гарнитурой. Например, для гарнитуры главного барабана срок службы гарнитуры составляет от 300 до 600 т, но в некоторых случаях он может быть выше.

В течение срока службы зубья гарнитуры изнашиваются, их острые вершины затупляются. Это приводит к существенному ухудшению качества прочеса, что проявляется в значительном повышении количества узелков (непсов) в чесальной ленте. В связи с этим гарнитуру периодически необходимо подвергать заточке. Каждая последующая заточка приводит к снижению количества узелков в прочесе, однако не позволяет создать условия чесания, соответствующие условиям, имеющим место при использовании новой гарнитуры (рисунок 4.11).

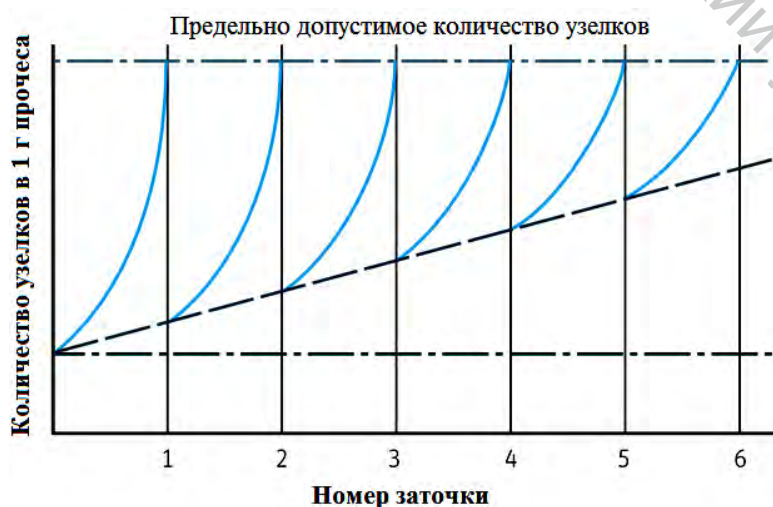


Рисунок 4.11 – Изменение количества узелков в прочесе между заточками гарнитуры главного барабана

Кроме того, для предотвращения превышения предельно допустимого количества узелков интервалы между последующими заточками должны сокращаться. В настоящее время используются интервалы между заточками, приведенные в таблице 4.2. При выборе интервала учитывается предельно допустимое количество непсов в прочесе.

Таблица 4.2 – Рекомендуемые интервалы между заточками гарнитуры

Параметры/рабочие органы	Главный барабан	Шляпки
Масса переработанного волокна до первой заточки, т	80–150	80–150
Масса переработанного волокна до каждой последующей заточки, т	80–120	80–120

Заточка гарнитуры съемного барабана может осуществляться в 2 раза реже, чем для главного барабана, что связано с большим размером зубьев и особенностями его работы. При переработке химических волокон гарнитуру можно затачивать чаще, чем при переработке хлопка, но при меньшей глубине шлифования.

Гарнитуру приемных барабанов рекомендуется не затачивать, а заменять после переработки 100–200 т волокна.

4.5 Анализ конструкции и работы шляпочных чесальных машин

4.5.1 Принцип работы шляпочной чесальной машины

Рассмотрим принцип работы шляпочной чесальной машины на примере машины С60 фирмы Rieter, технологическая схема которой представлена на рисунке 4.12.

Волокнистый материал поступает в верхнюю камеру 1 двухкамерного бункера, захватывается питающим валиком 2 и поступает к разрыхлительному барабану 3. Быстро вращающийся разрыхлительный барабан 3 превращает волокнистый материал в мелкие равномерные хлопья, которые сбрасываются в нижнюю камеру 4. Высота наполнения нижней камеры регулируется специальными датчиками 5, которые подают сигнал на изменение частоты вращения питающего валика 2 при переполнении камеры.

Уплотненный волокнистый материал захватывается выпускными цилиндрами 6 бункера и по питающему столику 7 поступает к питающему цилиндру 8.

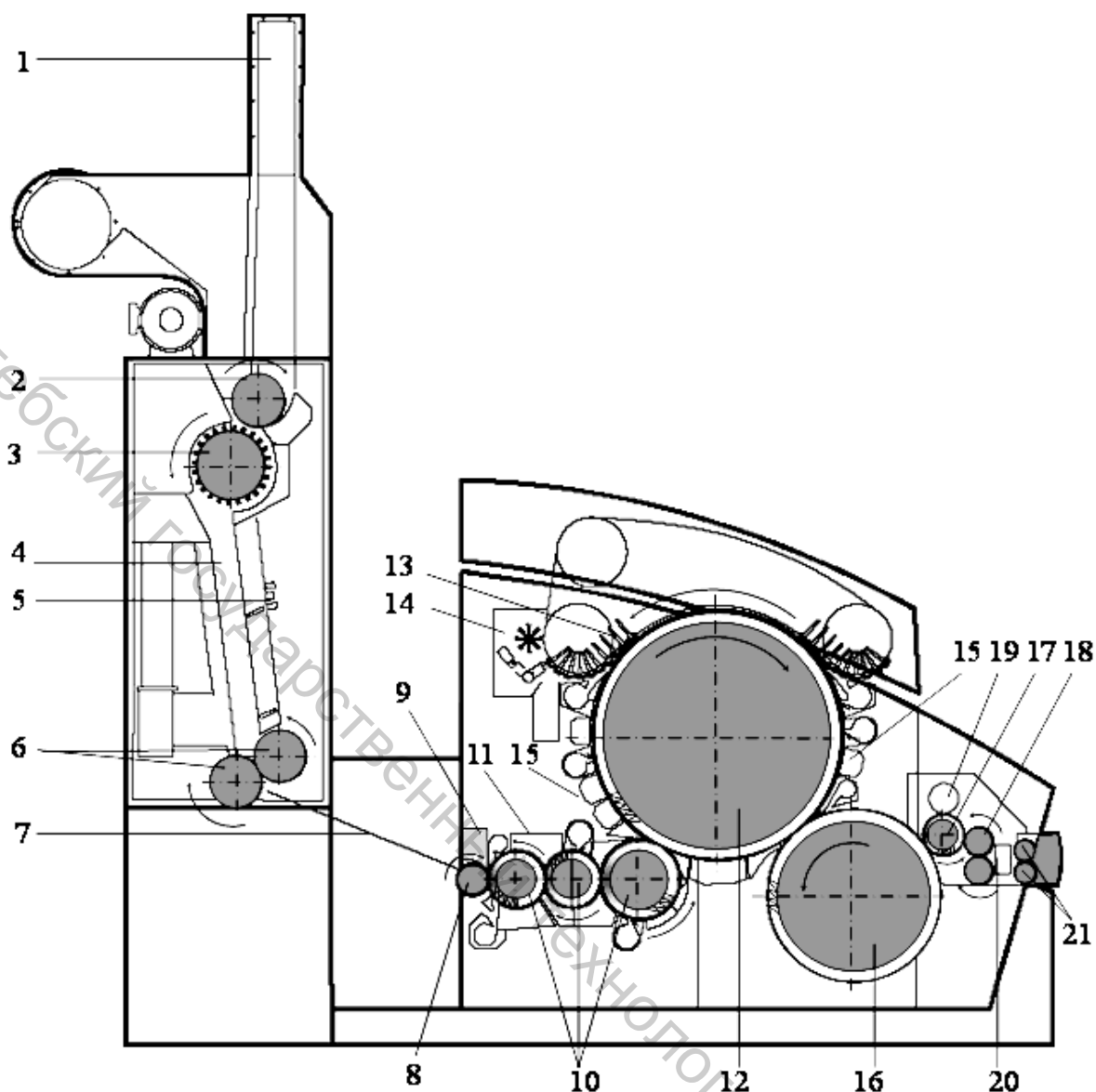


Рисунок 4.12 – Технологическая схема чесальной машины С60 фирмы Rieter

Волокнистый слой прижимается к питающему цилиндру подпружиненными пластинами 9, которые одновременно измеряют его толщину. При неравномерном питании сигнал от измерительных пластин поступает в систему управления машиной, где преобразуется в необходимую частоту вращения питающего цилиндра, и к приемному барабану поступает равномерный поток волокон.

На машине С60 может быть установлен один или три приемных барабана. Приемные барабаны 10 имеют несколько узлов очистки 11, которые включают в себя сороотбойные ножи и прочесывающие сегменты для дополнительного расщепления пучков волокон. Каждый узел очистки оборудован прямым отсосом сорных примесей. В результате на главный барабан 12 поступает более чистое и лучше разрыхленное волокно, что уменьшает изнашивание гарнитуры главного барабана и

шляпок и обеспечивает более длительный срок службы гарнитуры и лучшее качество чесальной ленты.

Между гарнитурой главного барабана 12 и шляпок 13 происходит основное чесание волокон. Гарнитура шляпок вбирает в себя короткие волокна и сорные примеси в виде шляпочного очеса, который удаляется со шляпок с помощью устройства очистки шляпок 14. Шляпки имеют обратный ход. Зона чесания увеличена за счет установки до и после шляпочного полотна неподвижных шляпок и зон очистки 15. Зоны очистки содержат сороотбойные ножи и вытяжные каналы для дополнительного удаления сора и пыли. Использование подобных систем позволяет значительно улучшить качество чесальной ленты при одновременном повышении производительности машины и выхода пряжи за счет уменьшения количества длинных волокон в шляпочном очесе.

Прочесанные волокна частично переходят на съемный барабан 16, где поток волокон уплотняется и снимается с помощью съемного валика 17. Ватка-прочес выводится к плющильным валикам 18. Волокна, оставшиеся в гарнитуре съемного валика 17, снимаются чистительным валиком 19 и удаляются с помощью системы пневмоочистки. Плющильные валики 18 раздавливают оставшиеся в ватке-прочесе сорные примеси и подают ее к лентоформирующей воронке 20 и выпускным валикам 21.

При наработке необходимой длины, чесальная лента отрезается специальным режущим устройством, и полный таз автоматически заменяется пустым с помощью механизма смены тазов.

4.5.2 Бункерное питание чесальных машин

В настоящее время на хлопкопрядильных предприятиях используется только один способ питания чесальных машин – бесхолстовой или бункерный, применение которого позволило интегрировать машины в поточные линии «кипа-лента».

Технологический процесс поточной линии охватывает операции от разрыхления кипы до получения ленты с чесальных или ленточных машин. На рисунке 4.13 представлена схема линии бесхолстовых питателей чесальных машин. Волокнистый материал всасывается транспортным вентилятором 1 с предыдущей машины поточной линии и подается по пневмопроводу 2 на один или несколько бесхолстовых питателей 3.

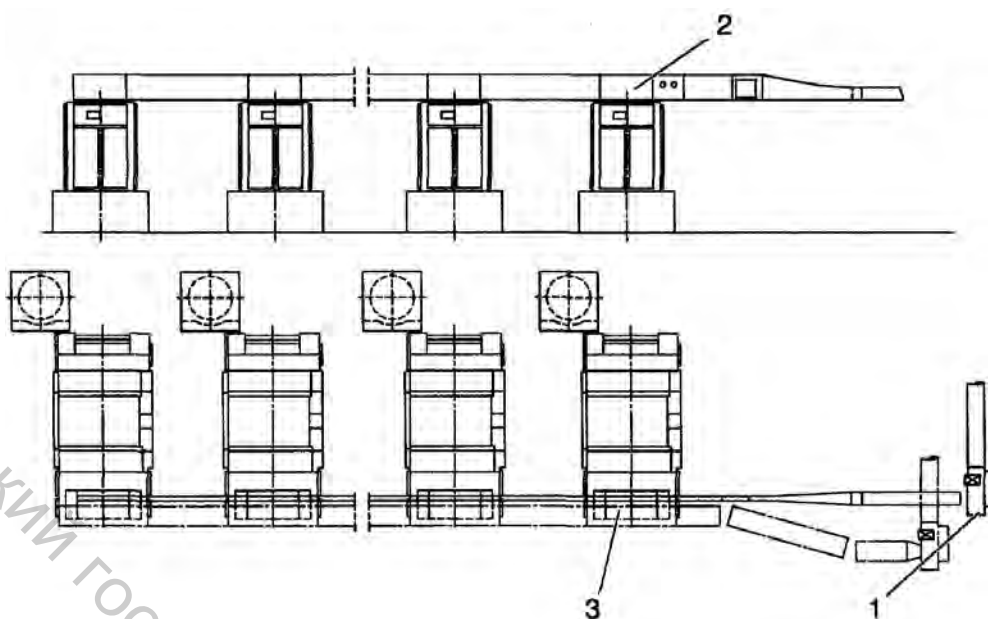


Рисунок 4.13 – Распределение волокнистого материала по бункерам чесальных машин

Бункерное питание имеет следующие достоинства по сравнению с морально устаревшим холстовым питанием:

- сокращаются затраты труда по обслуживанию оборудования и транспортировке волокнистого продукта;
- повышается производительность труда;
- ликвидируется местная неровнота настила на питании чесальной машины, то есть увеличение по массе начальных отрезков при наработке холста и конечных при сьеме его с трепальных машин, где эти отрезки длиной 1–1,5 метра при сходе холстов на питающий столик чесальной машины обычно обрывались операторами оборудования;
- исключаются противоречивые операции, например, наматывание и разматывание;
- увеличивается выход пряжи из смеси за счет исключения рвани холстов.

Однако на начальном этапе внедрения поточных линий были выявлены следующие технологические проблемы:

- увеличение зажгученности волокна вследствие необходимости увеличения количества распределителей волокна в поточной линии;
- исключение процесса взвешивания холстов влекло за собой нестабильность линейной плотности настила и чесальной ленты во времени;
- применение распределителей волокнистого материала в поточной линии, которое приводило к появлению неровноты ленты между параллельно установленными чесальными машинами;

– увеличение неровноты чесальной ленты на отрезках длиной 1 и 5 м из-за исключения педального регулятора, контролирующего формирование настила материала в бункере.

Перечисленные проблемы достаточно были эффективно устранены в процессе совершенствования узлов и машин, входящих в состав поточных линий, в том числе и чесальных машин.

Современные чесальные машины оснащаются двухкамерными бункерами, применение которых позволяет существенно повысить качество ленты по сравнению с использованием однокамерных бункеров.

Рассмотрим работу двухкамерного бункера DIRECTFEED DFK (рисунок 4.14), который является составной частью чесальной машины фирмы Trutzschler. Это означает, что выпускной цилиндр 8 бункера является питающим цилиндром чесальной машины. Настил образуется в нескольких сантиметрах от линии зажима. При этом не возникает скрытая вытяжка слоя волокон, которая была возможна ранее из-за неоптимальной настройки. Клочки хлопковых волокон, находящиеся в верхней камере 3, подаются питающим валиком 4 к разрыхлительному барабану 6. Быстровращающийся разрыхлительный барабан с игольчатой гарнитурой превращает волокнистый материал в мелкие равномерные хлопья, которые сбрасываются в нижнюю камеру 7.

В верхней камере 3 бункера установлены фильтры для отвода транспортного воздуха. Большой запас материала в верхней камере шириной 1200 мм обеспечивает его равномерную бесперебойную подачу.

Частота вращения питающего валика 4 изменяется системой автоматического регулирования в зависимости от толщины слоя волокон, подаваемых выпускным цилиндром бункера 8 к первому приемному барабану машины.

Для равномерного зажима материала по всей ширине машины он подается к разрыхлительному барабану в зажатом состоянии между питающим валиком и подпружиненным столиком 5.

Питающий столик 5 может быть цельным или разделенным на 5 сегментов. Он обеспечивает одновременно эффективный и мягкий зажим клочков волокон. Слой волокон уплотняется потоками воздуха, создаваемыми вентилятором 10 и отводимыми через каналы 7. Активное уплотнение слоя материала снижает влияние уровня заполнения бункера на плотность настила. Для изменения массы питающего слоя можно с помощью рычага изменить ширину нижней камеры 9. Выравнивание волокнистого слоя по длине и ширине происходит в обоих бункерах автоматически.

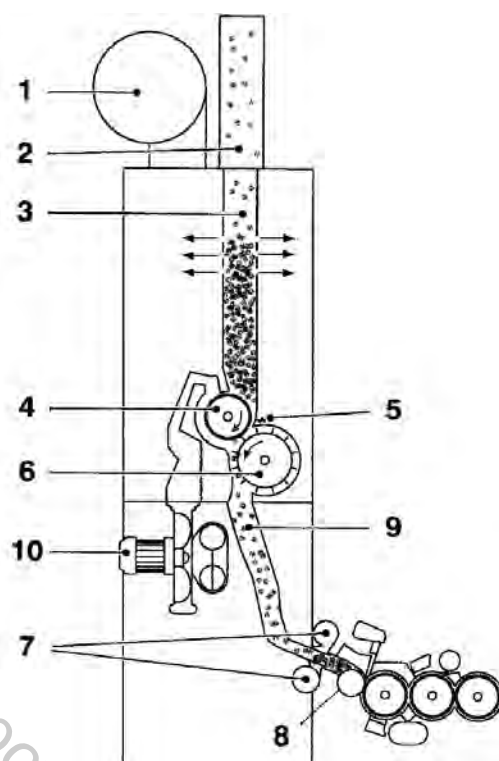


Рисунок 4.14 – Конструкция бесхолстового питателя DIRECTFEED:

- 1 – пылеотсасывающий патрубок; 2 – загрузочная шахта верхней камеры;
 3 – верхняя камера; 4 – питающий валик; 5 – питающий столик нижней камеры;
 6 – разрыхлительный барабан; 7 – каналы для отвода воздуха;
 8 – выпускной цилиндр бункера; 9 – нижняя камера; 10 – вентилятор

Конструкция двухкамерного бункера машины С60 фирмы Rieter несколько отличается от описанной выше. Выпускные валики 2 нижней камеры 1 подают настил на питающий столик машины, а не напрямую к приемному барабану (рисунок 4.15).

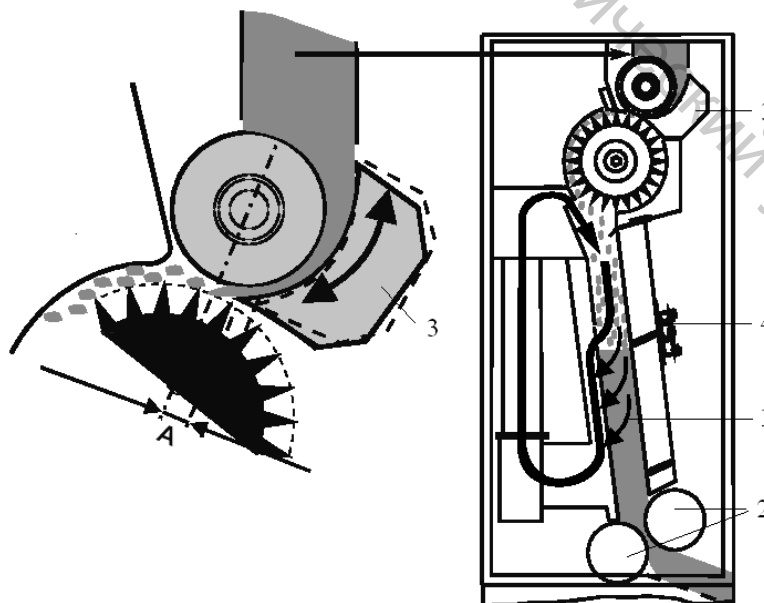


Рисунок 4.15 – Особенности двухкамерного бункера чесальной машины фирмы Rieter

Встроенный вентилятор, так же как и на машинах фирмы Trutzschler, обеспечивает активное уплотнение материала в нижней камере 2, но на большей высоте. Положение питающего столика 3 (величина A) регулируется в зависимости от штапельной длины перерабатываемого волокна. Кроме того, в нижнем бункере установлен фотоэлемент 4, контролирующий уровень заполнения бункера и подающий сигнал на блок управления системы автоматического регулирования машины.

На машине С60 также может быть установлена система CLEANfeed, представляющая собой интегрированное в бункер чесальной машины устройство тонкой очистки (рисунок 4.16).

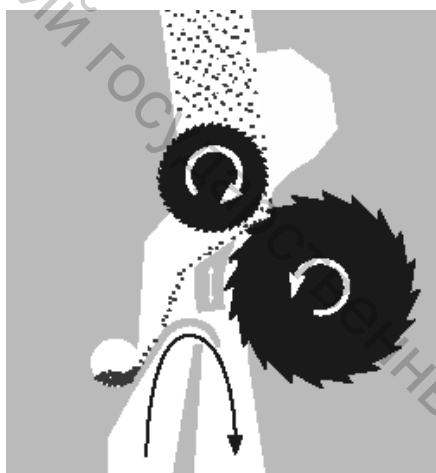


Рисунок 4.16 – Устройство CLEANfeed

При наличии устройства CLEANfeed тонкая очистка происходит не в агрегате, а в бункере чесальной машины. При этом достигается щадящий режим тонкой очистки при увеличенной рабочей ширине, осуществляется дополнительное активное обеспыливание в нижней части бункера чесальной машины. Качество пряжи улучшается за счет уменьшения количества пороков (тонких мест и утолщений и непсов), а также за счет снижения доли коротких волокон.

4.5.3 Анализ работы узла приемного барабана

Узел приемного барабана объединяет питающий цилиндр, питающий столик, один или несколько приемных барабанов с сороотбойным ножом, решетками, неподвижными кардными элементами, зонами пневмоочистки или рабочими парами под ними.

Процесс, осуществляемый в зоне «питающий цилиндр – приемный барабан шляпочной чесальной машины», не может быть классифицирован как предварительное чесание. Он является, в сущности, разновидностью разрыхления волокнистого материала в зажатом состоянии. Однако установка рабочих пар или неподвижных кардных элементов позволяют осуществлять в зоне приемного барабана также и предварительное чесание.

Назначение приемного барабана состоит в следующем:

- в разделении до 70–80 % клочков волокон бородки на отдельные волокна при уменьшении массы и объема остающихся клочков;
- в удалении до 45–60 % сорных примесей и пороков, имеющих в настиле (70–75 % от общей массы, удаляемой чесальной машиной);
- в незначительном распрямлении и продольной ориентации волокон;
- в утонении настила;
- в передаче волокнистого потока главному барабану в основном отдельными волокнами и около 20 % – мелкими клочками.

На современных чесальных машинах питающий столик располагается над питающим цилиндром (рисунок 4.17). В зоне взаимодействия питающего цилиндра и приемного барабана кардные поверхности этих органов движутся в одну сторону, что обеспечивает более бережную обработку волокнистого материала, снижая вероятность повреждения волокон.

На машине TC03 волокнистый материал уплотняется между питающим цилиндром 1, питающим столиком 2 и подпружиненными элементами 3 и подается в зону предварительного чесания.

Подпружиненные элементы и питающий столик прижимают волокнистый слой к питающему цилиндру равномерно по всей ширине, устраняя вытаскивание непрочесанных клочков волокон из бородки.

Десять подпружиненных элементов, расположенных по ширине волокнистого слоя, одновременно измеряют его толщину с высокой точностью.

При колебаниях массы прочеса пружинные элементы отклоняются на различные углы, суммарный сигнал от измерительных элементов 3 поступает в систему управления машиной, где преобразуется в необходимую частоту вращения питающего цилиндра 1 и питающего валика нижнего бункера, таким образом, к приемному барабану всегда поступает равномерный поток волокон.

Узел Sensofeed позволяет уменьшить неровноту слоя по массе на метровых отрезках, благодаря этому стало возможным устранить утолщения и подавать к узлу предварительного чесания максимально равномерный холст.

Два канала для отвода отработанного воздуха 4 дополнительно очищают волокнистый поток от пыли. В качестве дополнительной

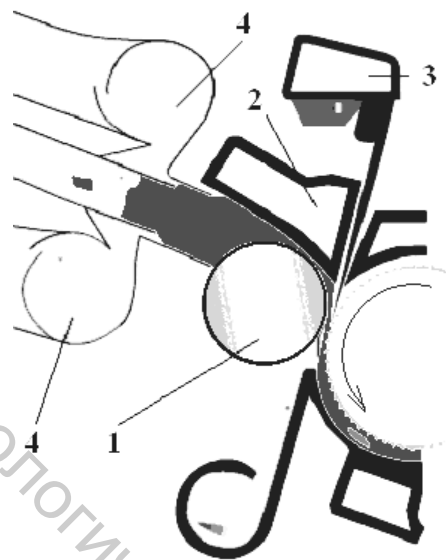


Рисунок 4.17 – Система Sensofeed чесальной машины TC 03

функции узел Sensofeed контролирует попадание в машину металлических примесей и утолщений и при их попадании сразу отключает машину.

Окружная скорость питающего цилиндра зависит от скорости выпуска ленты и общей вытяжки на машине и может изменяться в широких пределах от 0,1 до 10 м/мин. Соотношение окружных скоростей приемного барабана и питающего цилиндра в значительной степени зависит от количества приемных барабанов. На машинах с одним барабаном это соотношение может достигать нескольких тысяч, на машинах с тремя барабанами это значение снижается.

Зубья приемного барабана прочесывают бородку, разъединяя клочки волокон на более мелкие пучки или отдельные волокна.

Прочесав бородку, зубья приемного барабана захватывают мелкие пучки волокон и несут их к главному барабану или к следующему приемному барабану. На пути к главному барабану кончики волокон, выступающие из гарнитуры приемного барабана, ударяются о сороотбойный нож и дополнительно освобождаются от сорных примесей и пороков.

Также в зоне приемных барабанов могут устанавливаться неподвижные кардные элементы, устройства пневмоочистки, повышающие эффективность разъединения волокон и удаления из волокнистого потока примесей и пыли.

От интенсивности работы приемного барабана в большой степени зависят степень разъединения пучков волокон и очистка их от сорных примесей и пороков. Интенсивность воздействия приемного барабана на бородку оценивается числом зубьев приемного барабана, приходящихся на одно волокно. Принимают следующие обозначения:

- 1) n – частота вращения приемного барабана, мин⁻¹;
- 2) Z – число зубьев на поверхности приемного барабана;
- 3) $T_{пит}$ – линейная плотность волокнистого настила, текс;
- 4) l_B – средняя длина волокна, мм;
- 5) T_B – линейная плотность волокна, текс;
- 6) $V_{пц}$ – линейная скорость питающего цилиндра, м/мин.

Число зубьев, воздействующих на бородку за 1 минуту, определяется как

$$N_z = n \cdot Z. \quad (4.9)$$

Питающий цилиндр подает к приемному барабану участок волокнистого настила массой (в граммах)

$$m_H = T_{пит} \cdot V_{пц} \cdot 10^{-3}. \quad (4.10)$$

Количество волокон, поступающих в машину за 1 минуту, равно

$$N_B = \frac{m_H}{m_B}, \quad (4.11)$$

где m_B – масса одного волокна, г, определяется по формуле

$$m_B = T_B \cdot l_B \cdot 10^{-6}. \quad (4.12)$$

Тогда количество волокон, поступающих в машину за 1 минуту, определяется по формуле

$$N_B = \frac{T_{\text{пит}} \cdot V_{\text{пц}} \cdot 1000}{T_B \cdot l_B}. \quad (4.13)$$

Интенсивность воздействия зубьев приемного барабана на бородку рассчитывается по формуле

$$S_{\text{п}} = \frac{N_Z}{N_B} = \frac{n \cdot Z \cdot T_B \cdot l_B}{T_{\text{пит}} \cdot V_{\text{пц}} \cdot 1000}. \quad (4.14)$$

Число зубьев на поверхности приемного барабана

$$Z = \frac{\pi \cdot D_{\text{п}} \cdot H}{b_l \cdot t}, \quad (4.15)$$

где $D_{\text{п}}$ – диаметр приемного барабана, мм; H – рабочая ширина машины, мм; b_l – расстояние между соседними витками пальчатой ленты (шаг канавки на поверхности барабана или толщина пальчатой ленты при бесканавочном обтягивании), мм; t – шаг зубьев пальчатой ленты, мм.

Формула (4.15) учитывает основные параметры, влияющие на разработку пучков и очистку волокнистого материала. Вместе с тем она не учитывает величину клочков в холстах, конструкцию узла приемного барабана, угол наклона, высоту зуба гарнитуры, разводки и т. д.

Из анализа формулы (4.15) видно, что интенсивность воздействия приемного барабана на волокнистую массу повышается при увеличении толщины холста и скорости питающего цилиндра, то есть при уменьшении производительности чесальной машины.

Поэтому для увеличения производительности чесальных машин необходимо внедрять мероприятия по увеличению интенсивности воздействия зубьев приемного барабана на волокнистый материал.

Основными способами увеличения интенсивности работы приемного барабана являются следующие:

1. Увеличение частоты вращения приемного барабана. Экспериментально установлено, что при увеличении частоты вращения приемного барабана улучшается разработка пучков, снижается засоренность прочеса и неровнота чесальной ленты до определенного предела. Но следует помнить, что частота вращения приемного барабана ограничена частотой вращения главного барабана, так как окружная скорость главного барабана должна превышать окружную скорость приемного барабана.

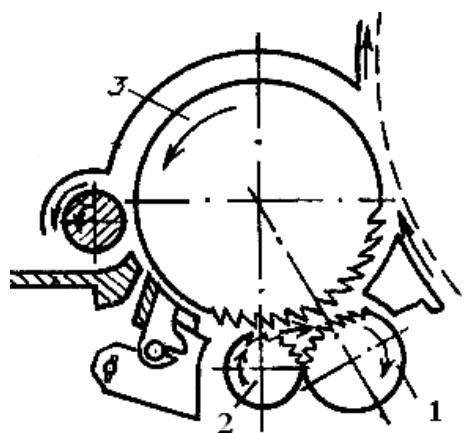
Кроме этого, на скорость приемного барабана оказывают влияние качество волокна и его засоренность. Так, при переработке тонкого малозасоренного хлопкового волокна или химических волокон частоту вращения приемного барабана рекомендуется снижать, чтобы предотвратить обрыв волокон и образование узелков в прочесе.

На высокоскоростных чесальных машинах с одним приемным барабаном частота его вращения может превышать 2300 мин^{-1} .

2. Увеличение числа зубьев на поверхности приемного барабана возможно двумя способами. Во-первых, число зубьев на поверхности барабана существенно повышается при бесканавочном способе обтягивания по сравнению со способом, предполагающим запрессовывание пальчатой ленты в канавку.

Во-вторых, перспективным направлением повышения количества зубьев, воздействующих на волокнистый продукт во всех зонах чесальной машины, является увеличение рабочей ширины барабанов.

3. Применение рабочих пар под приемным барабаном на чесальных машинах советского производства позволяло более интенсивно разъединить пучки волокон и очистить их от сорных примесей. На таких машинах под приемным барабаном установлена одна или две рабочие пары (рисунок 4.18).



Каждая рабочая пара состоит из рабочего валика 1 диаметром 72 мм и съемно-передающего (чистительного) валика 2 диаметром 52 мм. Рабочий валик обтянут пальчатой лентой того же типа, что и главный барабан, и имеет частоту вращения $3-8 \text{ мин}^{-1}$. Зубья рабочего валика и приемного барабана 3 расположены параллельно и движутся в зоне взаимодействия в одну сторону.

Рисунок 4.18 – Узел приемного барабана с рабочей парой

Ввиду параллельного расположения зубьев приемного барабана и рабочего валика, вращающихся с разной скоростью, в месте сближения этих органов происходит прочесывание волокнистого материала и разделение его на отдельные волокна.

Съемно-передающий (чистительный) валик обтянут такой же пильчатой лентой, как и съемный барабан, и имеет частоту вращения 735 мин^{-1} . Этот валик предназначен для снятия волокон с рабочего валика и передачи их обратно на поверхность приемного барабана.

Переход волокон с рабочего валика происходит благодаря перекрестному расположению зубьев рабочего и съемно-передающего валиков и большей скорости съемно-передающего валика. Аналогичные условия обеспечивают переход волокон на поверхность приемного барабана.

Многократный переход волокна с приемного барабана на рабочий валик и обратно способствует дальнейшему разъединению пучков волокон на отдельные волокна, очистке волокнистого материала от сорных примесей и перемешиванию и выравниванию волокнистого материала.

В качестве критерия для оценки выравнивания потока и смешивания волокон в зоне действия рабочей пары может быть использован модуль рабочей пары, который равен числу оборотов приемного барабана за время, в течение которого волокна, перешедшие с барабана на рабочий валик, переходят на съемно-передающий валик и возвращаются к барабану:

$$M = n_{\text{пр}} \cdot \delta \cdot \left(\frac{1}{n_p} + \frac{1}{n_{\text{сп}}} \right), \quad (4.16)$$

где $n_{\text{пр}}$, n_p , $n_{\text{сп}}$ – частота вращения, соответственно, приемного барабана, рабочего и съемно-передающего валика, мин^{-1} ; δ – доля длины окружности рабочего и съемно-передающего валиков, несущая рабочий слой волокон ($\delta \approx 0,75$).

В настоящее время на чесальных машинах, применяемых в хлопкопрядении, рабочие пары не используются. Однако они широко применяются в зонах основного чесания на машинах, предназначенных для переработки шерсти, льна и химических волокон длиной более 60 мм.

4. Применение неподвижных кардных элементов и зон пневмоочистки. Установку неподвижных кардных элементов (неподвижных шляпок) I в зоне приемного барабана в настоящее время осуществляют все ведущие фирмы-производители шляпочных чесальных машин (рисунк 4.19). Шляпки покрыты жесткой гарнитурой с малой волокноемкостью. Зубья кардных элементов и приемных барабанов расположены параллельно. В отличие от обычных шляпок, установленных в зоне основного чесания, назначением неподвижных шляпок является только

чесание без очистки волокна, так как их конструкция не позволяет накапливать и постоянно выводить сорные примеси и короткие волокна из зоны чесания. Как правило, одновременно с установкой неподвижных шляпок машину оснащают зонами пневмоочистки 2.

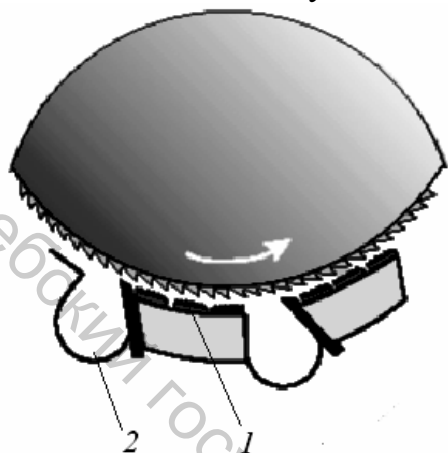
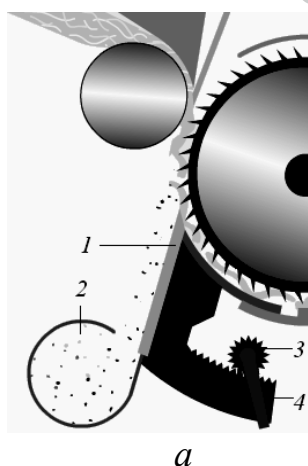


Рисунок 4.19 – Установка неподвижных шляпок и зон очистки

Выделение сорных примесей из слоя волокнистого материала происходит под действием сил инерции и разрежения воздуха. Однако вместе с ними в отходы могут попадать и прядомые волокна.

Для управления процессом очистки на машине ТС 03 установлена система регулировки положения сороотбойного ножа. Сороотбойный нож 1 отделяет сорные примеси. За счет разницы центробежных сил, действующих на волокна и сорные примеси, последние, взаимодействуя с передней острой гранью ножа (рисунок 4.20 а), пневматически удаляются в сороотводящий канал 2.



а



б

Рисунок 4.20 – Прецизионная система регулировки положения сороотбойного ножа PMS:

а – удаление сорных примесей в сороотводящий канал;

б – определение оптимального положения сороотбойного ножа

Регулировка положения сороотбойного ножа производится вручную или автоматически. При вращении зубчатого колеса 3 рейка 4, на которой закреплен сороотбойный нож 1, перемещается, увеличивая или уменьшая ширину канала для отвода сорных примесей.

Для обеспечения возможности автоматического регулирования положения сороотбойного ножа в зоне предварительного чесания устанавливается оптический датчик для определения состава отходов. Он размещается перед смотровым окном сороотводящего канала. В точке концентрации отходов производится выборочное оптическое измере-

ние. Система определяет долю качественных волокон в отходах за счет различного отражения измерительного луча. Программное обеспечение по сигналам анализатора отходов определяет правильное положение сороотбойного ножа (рисунок 4.20 б).

Эта система позволяет значительно снизить количество прядомого волокна в отходах, выделяемых в узле предварительного чесания, и соответственно снизить затраты на сырье.

Дополнительный вентилятор, устанавливаемый в зоне предварительного чесания, позволяет изменять мощность воздушных потоков в сороотводящих каналах, что дает дополнительную возможность регулировки количества выделяемых сорных примесей.

5. Применение нескольких барабанов. Установка нескольких приемных барабанов осуществляется как на отечественных, так и на зарубежных машинах. Однако повышение интенсивности чесания достигается при этом различными способами.

5.1. Применение двух приемных барабанов. Как указывалось ранее, повышение частоты вращения приемного барабана повышает интенсивность воздействия зубьев приемного барабана на бородку, но ограничена частотой вращения главного барабана. Эту проблему позволяет решить установка второго барабана.

При двух приемных барабанах скорость первого барабана практически может быть любой, он разъединяет клочки волокон и очищает волокнистый материал. Второй приемный барабан передает волокна с первого барабана на главный, в связи с чем именно его окружная скорость устанавливается в соответствии со скоростью главного барабана.

Таким образом, при одинаковом диаметре барабанов частота вращения первого барабана ниже, чем частота вращения второго барабана. Например, на чесальной машине ЧММ-450-4М (рисунок 4.21) частота вращения первого приемного барабана 1800 мин^{-1} , второго – 1400 мин^{-1} .

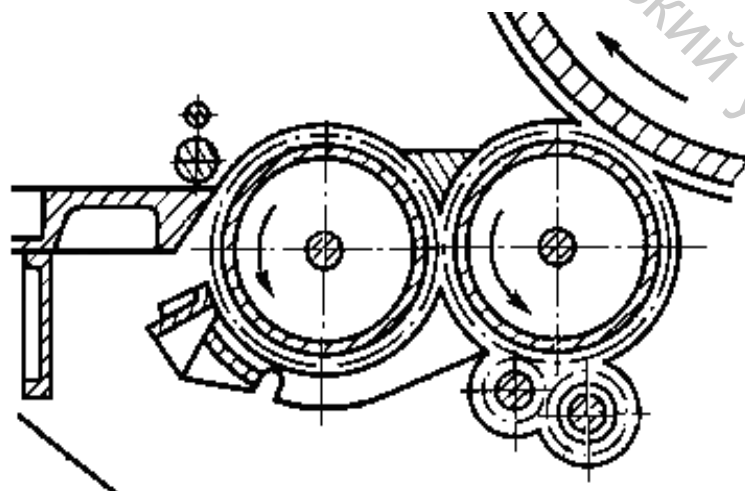


Рисунок 4.21 – Конструкция узла приемного барабана машины ЧММ-450-4М

Высокая скорость приемного барабана обеспечивает интенсивное разъединение пучков на отдельные волокна и очистку волокон от сорных примесей и пороков. Отдельные волокна и пучки волокон, захваченные зубьями перового приемного барабана и затем переданные второму приемному барабану, на своем пути встречают сороотбойный нож, специальную перфорированную решетку и рабочую пару. Это способствует лучшему выделению сорных примесей, коротких и незрелых волокон перед передачей волокон главному барабану.

Недостатком данной конструкции является параллельное расположение передних граней зубьев гарнитур первого и второго приемных барабанов, что затрудняет полный переход волокна с первого приемного барабана на второй. На современных чесальных машинах подобная конструкция не используется.

5.2. Применение трех приемных барабанов.

Установка трех приемных барабанов не является логическим развитием идеи применения двух барабанов. На зарубежных машинах соотношение скоростей приемных барабанов отличается от описанного в пункте 5.1 данного подраздела. Частота вращения барабанов повышается от первого к последнему. Кроме того, повышается плотность и угол наклона зубьев гарнитуры β (рисунок 4.22).

Снижение частоты вращения первого приемного барабана позволяет уменьшить степень воздействия на волокна бородки. Постепенное повышение частоты вращения создает щадящий режим переработки материала.

Зубья гарнитур всех взаимодействующих рабочих органов расположены перекрестно, что обеспечивает переход волокон с одной поверхности на другую без применения дополнительных устройств.

Однако основными преимуществами, которые создаются при использовании трех приемных барабанов, определяются следующие:

- поэтапное уменьшение толщины слоя клочков волокон на поверхности каждого последующего барабана для передачи на главный барабан слоя минимальной линейной плотности;
- возможность установки большего количества неподвижных шляпок и зон пневмоочистки.

На рисунке 4.23 показана система приемных барабанов Webfeed машины ТС 03, которая состоит из трех приемных барабанов с различной гарнитурой, устройства очистки и расчесывающих сегментов.

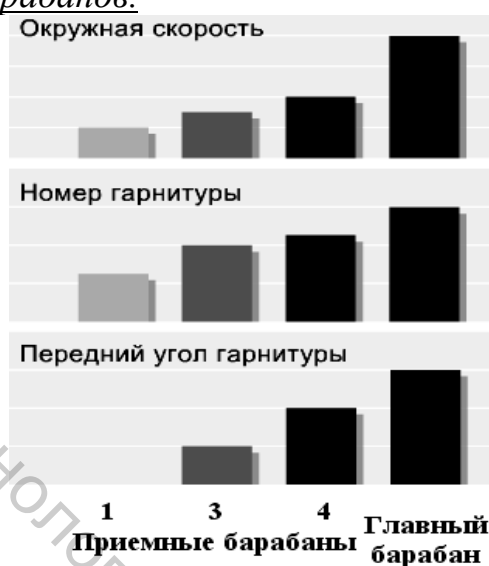


Рисунок 4.22 – Параметры усиленного узла приемных барабанов

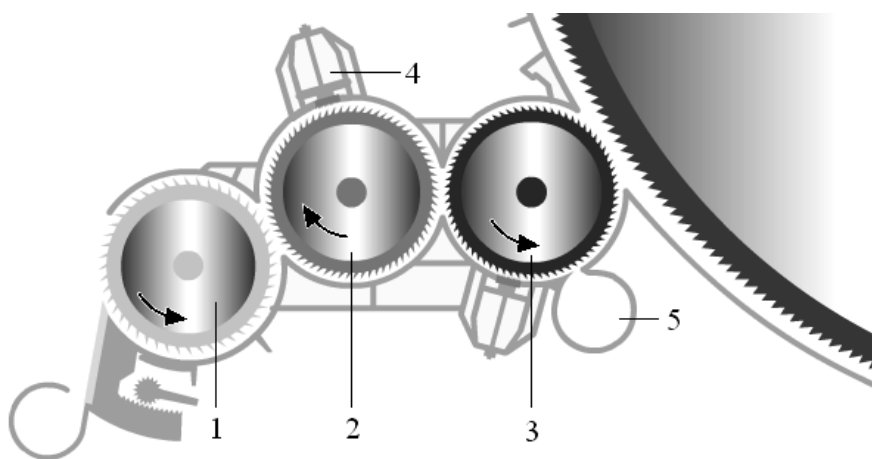


Рисунок 4.23 – Система приемных барабанов Webfeed машины TC 03

Так как барабаны предварительно прочесывают волокнистый слой и подают к главному барабану более равномерный и тонкий поток волокон, машина может работать при более высокой частоте вращения главного барабана с более тонкой гарнитурой и с меньшими разводками в рабочих зонах.

Основная очистка происходит в узле первого приемного барабана 1. Здесь отделяются наиболее грубые сорные примеси. При переработке хлопка первый барабан 1 имеет короткие штифтовые иглы. Эти иглы бережно разрыхляют волокнистый материал, подаваемый интегральным питающим узлом Sensofeed. Второй и третий барабаны 2 и 3 цельнометаллической пильчатой лентой дополнительно расчесывают клочки и формируют прочес. Неподвижные карданные элементы 4 производят переориентацию волокон на поверхности приемных барабанов и дополнительно расчесывают пучки волокон, что улучшает их параллелизацию. Барабаны оборудованы системой пневматического удаления сорных примесей 5. В результате достигается высокая степень очистки, что повышает эффективность работы главного барабана и шляпок, уменьшается изнашивание их гарнитуры и обеспечиваются более длительный срок службы гарнитуры и лучшее качество чесальной ленты.

Фирма Rieter предлагает чесальные машины в двух исполнениях: с одним и с тремя приемными барабанами в зависимости от условий технологического процесса (таблица 4.3). Это связано с тем, что использование одного приемного барабана обеспечивает меньшую потерю волокон и более бережную его обработку при максимальном сохранении характеристик волокна, такие как длина и прочность. Однако при повышенной засоренности исходного сырья, а также при высоких требованиях, предъявляемых к качеству ленты, поступающей на пневмомеханическую прядильную машину, может применяться система с тремя приемными барабанами.

Таблица 4.3 – Области применения различных конструкций узлов приемного барабана

Количество барабанов	Плановая производительность машины	
	меньше 120 кг/ч	больше 120 кг/ч
1	Пряжа кольцевого способа прядения малой и средней линейной плотности	Пряжа кольцевого способа прядения большой линейной плотности и с вложением регенерированных волокон
3	Пряжа из специального сырья	Пряжа пневмомеханического способа прядения

С последнего приемного барабана все волокна переходят на главный барабан. Главный барабан должен снять все волокна с приемного, в противном случае волокна будут возвращаться в бородку и под действием пар сил, возникающих при трении оставшихся на зубьях волокон о волокна бородки, будут появляться узелки. Кроме этого, при неполном съеме гарнитура может забиться волокном, и машина не будет работать.

Съем волокна происходит на открытой поверхности S (рисунок 4.24), где зубья главного и приемного барабанов наиболее близко подходят друг к другу. Для полного съема волокон необходимо выполнение следующих условий:

- минимальная разводка между гарнитурами главного и приемного барабанов (0,15–0,25 мм);
- перекрестное направление передних граней зубьев гарнитур главного и приемного барабанов;
- высота зуба приемного барабана не более 4 мм, чтобы конец волокна выступал из гарнитуры;
- опережение зубьями гарнитуры главного барабана зубьев гарнитуры приемного барабана.

Чтобы определить величину опережения, принимают обозначения: S – дуга съема волокна, мм; l_B – длина волокна, мм; $V_{пр}$, $V_{г}$ – соответственно скорость приемного и главного барабанов, м/мин; η – коэффициент распрямленности волокон.

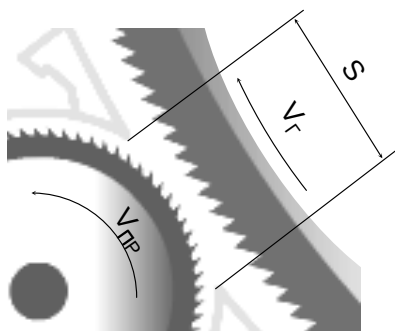


Рисунок 4.24 – Расположение приемного и главного барабанов

Зуб приемного барабана, несущий волокно, пройдет дугу S за время t , при этом

$$t = \frac{S}{V_{пр}}. \quad (4.17)$$

Зуб главного барабана, чтобы успеть снять это волокно, должен за это время пройти путь $(S + \eta \cdot l_B)$.

В этом случае

$$t = \frac{S + \eta \cdot l_B}{V_{\Gamma}}. \quad (4.18)$$

Приравнивая уравнения (4.17) и (4.18), получаем

$$\frac{S}{V_{\Pi}} = \frac{S + \eta \cdot l_B}{V_{\Gamma}}. \quad (4.19)$$

$$\frac{V_{\Gamma}}{V_{\Pi\Pi}} = \frac{S + \eta \cdot l_B}{S}. \quad (4.20)$$

Принимая $S = 60$ мм, $l_B = 30$ мм, $\eta = 0,5$, получим

$$\frac{V_{\Gamma}}{V_{\Pi\Pi}} = \frac{S + \eta \cdot l_B}{S} = \frac{60 + 0,5 \cdot 30}{60} = 1,25. \quad (4.21)$$

Уравнение (4.20) показывает, что скорость приемного барабана ограничена скоростью главного барабана и зависит от длины волокна.

Однако уравнение не учитывает тип и состояние гарнитур главного и приемного барабанов, скорость движения воздуха, центробежную силу, свойств волокнистого материала и так далее, поэтому расчеты по этой формуле не дают точных результатов.

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что при хорошем состоянии гарнитур на переход волокон оказывает центробежная сила, действующая на подводимые к главному барабану волокна, и воздушный поток, создаваемый главным барабаном. Поэтому зубья главного барабана могут захватывать пучки и волокна даже при небольшом опережении зубьев главного барабана зубьями приемного. При хорошем состоянии гарнитур главного и приемного барабанов отношение $V_{\Gamma}/V_{\Pi\Pi}$ может быть уменьшено до 1,2–1,1 и, наоборот, при плохом – должно быть увеличено.

4.5.4 Анализ работы узла «главный барабан – шляпки»

Зубья гарнитуры главного барабана и шляпок образуют основную зону чесания. В узле «главный барабан – шляпки» происходит окончательное разъединение оставшихся пучков (после обработки волокнистого материала в узле приемного барабана) на отдельные волокна, а сор-

ные примеси и оставшиеся неразработанные комплексы центробежной силой отбрасываются к шляпкам, образуя шляпочный очес.

Шляпки, установленные на чесальных машинах советского производства, представляли собой чугунные пластины с ребром жесткости. На современных машинах устанавливаются облегченные шляпки, при изготовлении которых используется алюминиевый профиль. На рисунке 4.25 представлен внешний вид шляпки современной чесальной машины фирмы Trutzschler.

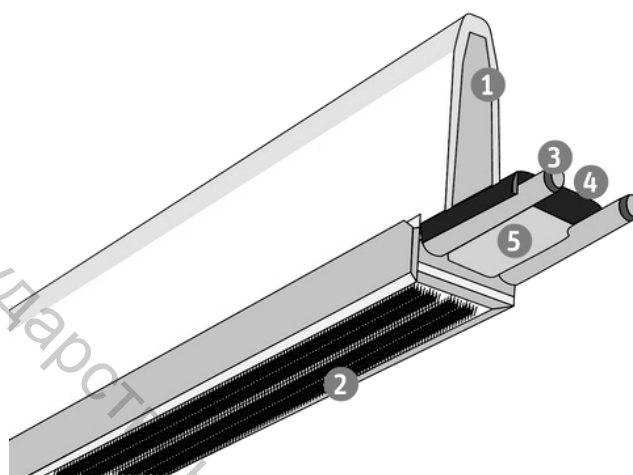


Рисунок 4.25 – Шляпка современной чесальной машины:

- 1 – алюминиевый профиль, 2 – игольчатая лента, 3 – стальные штифты,
4 – пластиковые фиксирующие клипсы, 5 – нетканый материал,
предотвращающий загрязнение штифтов

Поверхность шляпки, обращенная к главному барабану, покрыта эластичной или полужесткой гарнитурой. Длина игольчатой ленты на отечественных чесальных машинах соответствует рабочей ширине главного барабана.

Шляпки на машинах разных конструкций соединены бесконечными цепями или фиксируются на поверхности гибких зубчатых ремней, образуя шляпочное полотно. Концы шляпок с обеих сторон скользят по гибким дугам, установка которых определяет величину разводки между иглами шляпок и зубьями главного барабана.

Иглы шляпок и зубья гарнитуры главного барабана расположены параллельно. Работая совместно, они прочесывают пучки волокон и отдельные волокна.

Свободные кончики волокон, пучков, движущиеся с зубьями барабана, под действием центробежной силы приподнимаются, соприкасаются с гарнитурой шляпок и таким образом прочесываются последними. Часть таких волокон захватывается и удерживается гарнитурой шляпок. Свободные кончики волокон, удерживаемых шляпками, прочесываются гарнитурой барабана, при этом возможен возврат волокон на барабан. Таким образом, волокна, пучки волокон разъединяются и очи-

щаются в процессе чесания при возможном неоднократном переходе с барабана на шляпки и обратно.

Сорные примеси и пороки волокон, отделяемые при чесании из разъединяемых пучков волокон, под действием центробежной силы отбрасываются на шляпки, входя в состав шляпочного очеса, а также выпадают через решетку под барабаном и частично остаются между зубьями барабана. При установившемся режиме работы машины происходит переход волокон с одной гарнитуры на другую, и большинство волокон прочесывается многократно той и другой поверхностью.

Количество шляпочного очеса повышается с увеличением следующих факторов:

- скорость главного барабана и шляпок;
- волокноёмкость гарнитуры шляпок;
- содержание сорных примесей, пороков волокон и коротких волокон в перерабатываемой волокнистой массе;
- разводка между передним ножом и барабаном.

Регулируют количество очеса, изменяя разводку между передним ножом и барабаном, а также скоростью шляпок. Соринки оказывают малое сопротивление потоку воздуха, а действующая на них центробежная сила относительно велика на барабане и равна нулю на шляпках. Отброшенные барабаном соринки застревают в шляпках. Чем лучше разъединены волокна при чесании, тем меньше связь соринок с ними и лучше очистка волокон.

При взаимодействии главного барабана и шляпок разработка пучков волокон и очистка их от сорных примесей протекают непрерывно и одновременно. При этом первые 10–15 шляпок выполняют основную работу по разъединению пучков на отдельные волокна и очистке их от сорных примесей. Последующие 25–30 шляпок не выполняют и десятой доли работы первых шляпок. Однако они разъединяют небольшие комплексы волокон и удаляют мелкие сорные примеси.

На практике установлено, что для успешной работы чесальных машин обычного габарита (диаметр главного барабана более 1200 мм) достаточно иметь 38–40 шляпок в работе, а малогабаритной (диаметр главного барабана менее 700 мм) – 24 шляпки в работе. В связи с этим шляпочное полотно чесальных машин обычного габарита, производимых в СССР, содержало 112 шляпок, из которых 46 постоянно находятся в работе, на малогабаритных машинах советского производства в работе находилось 24 из 74 шляпок. На чесальной машине С60 фирмы Rieter, главный барабан которой диаметром 814 мм занимает промежуточное положение, шляпочное полотно состоит из 79 шляпок. На машине С70 количество шляпок увеличено до 99, из которых 32 шляпки находятся в рабочей зоне.

Часть волокон главный барабан отдает съемному барабану, а часть остается в гарнитуре главного барабана. К ним добавляются но-

вые волокна со стороны приемного барабана, в результате происходит постоянная замена одних волокон другими, что приводит к их интенсивному перемешиванию.

Для наилучшего качества ленты требуется установить и поддерживать на постоянном уровне оптимальные разводки между рабочими органами.

Гарнитура главного барабана должна:

- а) прочесывать кончики волокон, пучков, движущихся с гарнитурой шляпок;
- б) удерживать волокна, пучки, прочесываемые гарнитурой шляпок;
- в) не препятствовать сбросу сорных примесей и пороков волокон на шляпки;
- г) обеспечить такое размещение пучков и волокон, при котором длина выступающих концов волокон будет достаточной для надежных контактов с гарнитурой съемного барабана.

Создание чесальных машин со значительно большей производительностью обусловило изменения параметров ЦМПЛ. Волокнистый материал, снятый главным барабаном с приемного, должен удерживаться на его поверхности. Угол наклона передней грани зуба гарнитуры главного барабана, при котором волокна будут удерживаться на его поверхности

$$\beta = \arctg(C / W) - f, \quad (4.22)$$

при взаимодействии со шляпками

$$\beta = \arctg(C / (W + P)) - f, \quad (4.23)$$

где W – сила давления воздуха; C – центробежная сила; P – сила сопротивления пучка растаскиванию; φ – угол трения ($\mu = \tg \varphi$, $\varphi = \arctg \mu$).

Расчеты по этим формулам показывают, что угол наклона передней грани зуба главного барабана, удерживающего волокна перед зоной «главный барабан – шляпки», должен быть не меньше 14° , а при взаимодействии со шляпками – не меньше 12° . Чтобы гарнитура не забивалась волокном, угол наклона передней грани зуба в указанных зонах должен быть не больше 14° .

В расчетах по формулам не учитывается сила трения волокна о задний нож. Учет этих сил, действующих в направлении движения воздуха, приводит к уменьшению угла β . Поэтому ЦМПЛ главного барабана с наклоном передней грани зуба $10\text{--}14^\circ$ будет удерживать волокно и не забиваться им. Как указывалось выше, на современных чесальных

машинах угол наклона передней грани зуба главного барабана β увеличен $+12^\circ - +27^\circ$, что может быть объяснено уменьшением высоты зуба.

Для успешного съема волокон гарнитурой съемного барабана волокна должны выступать из гарнитуры главного барабана на высоту, большую чем разводка между главным и съемным барабанами. Длина выступающего конца волокна должна быть достаточной для образования прочных контактов сцепления волокна с гарнитурой съемного барабана. Учитывая колебания разводки между главным и съемным барабанами и закрытие данного волокна другими волокнами, можно полагать, что задние концы волокон не могут создать достаточно прочных контактов при высоте зуба 2,3 мм. Переход этих волокон будет задерживаться, что приведет к увеличению остаточного слоя волокна на главном барабане.

Съемный барабан успешно захватывает волокна, концы которых выступают из гарнитуры главного барабана на величину большую половины их длины. Эти условия обеспечиваются при высоте зуба гарнитуры, равной или меньшей 1,2 мм.

Гарнитура шляпок должна:

- 1) обеспечить разработку пучков и чесание отдельных волокон, движущихся с гарнитурой барабана;
- 2) удерживать наброшенные барабаном пучки волокон до разъединения их на отдельные волокна гарнитурой главного барабана;
- 3) удерживать на себе сорные примеси, пороки волокон, короткие волокна для выноса их из зоны чесания в виде шляпочного очеса.

При расчесывании пучка, находящегося на игле шляпки, действуют те же силы, какие действуют на пучки, движущиеся с барабаном, за исключением центробежной силы, которая незначительна из-за малой скорости шляпок.

Угол наклона иглы шляпки к радиусу барабана, обеспечивающий закрепление пучка, волокна на шляпке, должен удовлетворять условию

$$\beta \geq \frac{U - Q}{P} + \varphi, \quad (4.24)$$

где U – сила реакции упругого слоя волокнистой массы, находящейся в гарнитуре шляпок; Q – сила давления волокон потока, находящегося в зоне взаимодействия главного барабана и шляпок; P – сила чесания, то есть сила сопротивления пучка растаскиванию или сопротивления соринки извлечению из волокнистой массы; φ – угол трения.

Экспериментально установлено, что коэффициент трения волокон по стали может иметь величину $\mu = 0,21-0,29$, чему соответствуют углы трения $\varphi = 11,86-16,17^\circ$. Поэтому для наружной части иглы эластичной ленты для шляпок принят угол $\beta = 15^\circ$.

Волокна, удерживаемые шляпками, прочесываются иглами главного барабана, если они располагаются по касательной к окружности главного барабана. Часть волокна на участке AB (рисунок 4.26) не прочесывается зубьями барабана. Из прямоугольного треугольника ABO

$$AO^2 = AB^2 + OB^2. \quad (4.25)$$

Обозначив разводку между главным барабаном и шляпками a , длину непрочесываемой части волокна b , радиус главного барабана R_r , получим

$$(R_r + a)^2 = R_r^2 + b^2. \quad (4.26)$$

Отсюда

$$\begin{aligned} b &= \sqrt{(R_r + a)^2 - R_r^2} = \\ &= \sqrt{2R_r \cdot a + a^2}. \end{aligned} \quad (4.27)$$

Так как a значительно меньше R_r (более, чем в 2000 раз), то, пренебрегая величиной a^2 , получим

$$b = \sqrt{2R_r \cdot a}. \quad (4.28)$$

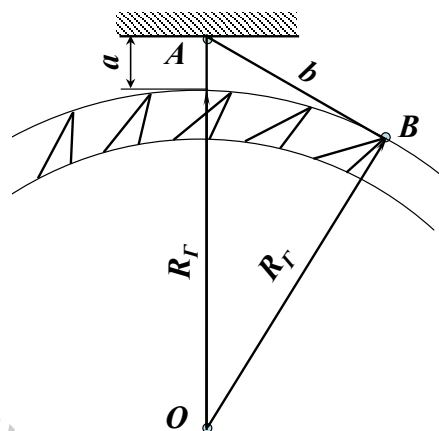


Рисунок 4.26 – Схема для расчета непрочесываемой части волокна

Таким образом, длина непрочесываемой части волокна уменьшается при уменьшении радиуса главного барабана и разводки между ним и шляпками, что ведет к улучшению качества прочеса.

Результаты исследований влияния разводки, подтверждающие указанный вывод для отечественных чесальных машин обычного габарита, приведены на рисунке 4.27. По графикам на рисунке 4.27 видно, что число пороков за вычетом узелков остается приблизительно постоянным при различных значениях развонок и составляет от 59 до 67 штук на грамм. Таким образом, можно сделать вывод о том, что разводка между главным барабаном и шляпками не оказывает существенного влияния на эффективность очистки волокон от сорных примесей, но с ее увеличением существенно повышается количество спутанных комплексов волокон (узелков или непсов), попадающих в прочес.

Для повышения качества прочеса ведущие производители чесальных машин выпускают машины с уменьшенным диаметром главного барабана (на машине С60 – 814 мм, в то время как на С51 – 1290 мм).

Минимальная разводка между главным барабаном и шляпками уменьшена до 0,13 мм.

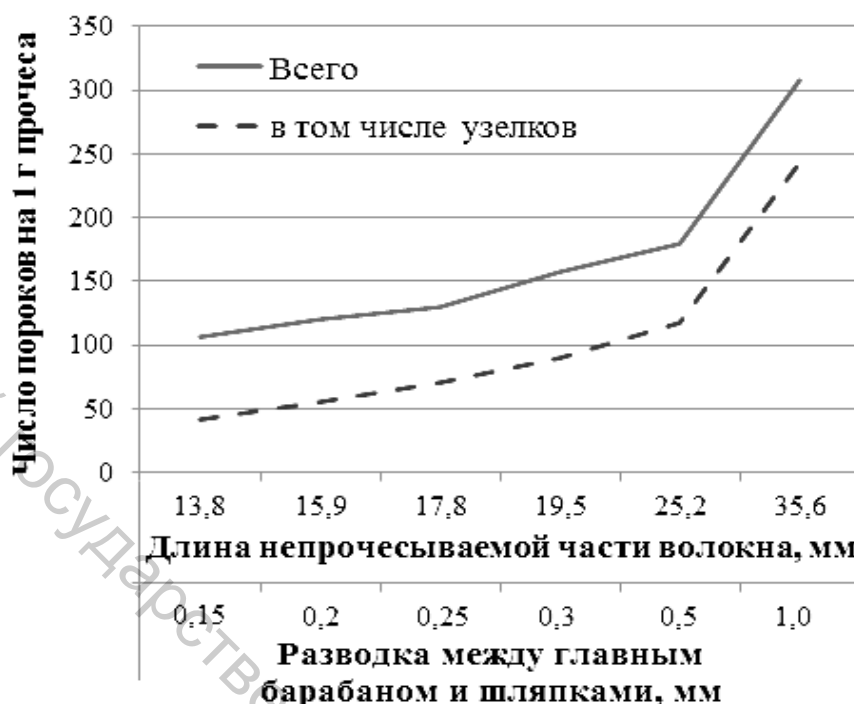


Рисунок 4.27 – Качество прочеса при различной длине непрочесываемой части волокна

На чесальных машинах различных марок оптимальная разводка между главным барабаном и шляпками при переработке хлопка изменяется в пределах 0,2–0,3 мм и зависит от производительности машины.

На рисунке 4.28 представлены рекомендации по выбору развонок между главным барабаном и шляпками чесальной машины С60 в зависимости от вида перерабатываемого волокна и производительности машины.

С увеличением производительности рекомендуется разводку увеличивать. Необходимо также иметь в виду, что на входе шляпок в рабочую зону рекомендуется устанавливать разводку на 0,05 мм меньшую, чем в середине этой зоны и на выходе из нее. При переработке химических волокон разводку необходимо увеличить на 0,1 мм.

На чесальных машинах разных марок используют прямое движение шляпок, при котором шляпки вступают в работу сзади машины и перемещаются в сторону движения главного барабана, или обратное движение, при котором шляпки вступают в работу спереди машины и перемещаются навстречу движению главного барабана.

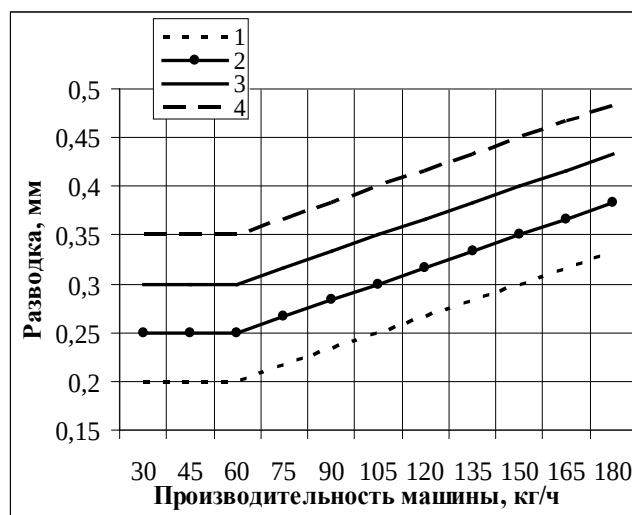


Рисунок 4.28 – Рекомендуемые значения разводки между главным барабаном и шляпками чесальной машины С60:

- 1 – разводка на входе шляпок в работу при переработке хлопка;
- 2 – разводка в середине и на выходе шляпок из работы при переработке хлопка;
- 3 – разводка на входе шляпок в работу при переработке химических волокон;
- 4 – разводка в середине и на выходе шляпок из работы при переработке химических волокон

При прямом движении шляпки вступают в работу со стороны приемного барабана, гарнитура их быстро заполняется волокном и теряет способность успешно прочесывать волокнистый материал (рисунок 4.29).

Обратное движение шляпок раньше применялось, в основном, на малогабаритных чесальных машинах. При обратном движении шляпки вступают в работу со стороны съемного барабана, постепенно заполняются волокном.

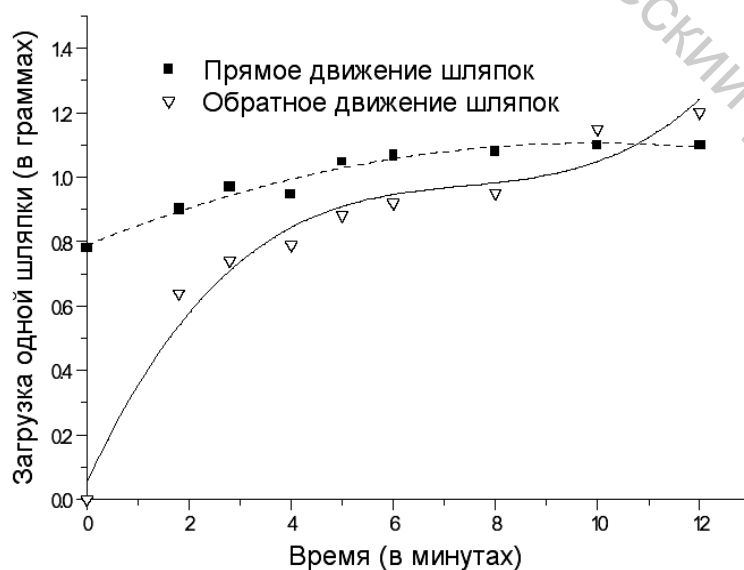


Рисунок 4.29 – Изменение загрузки шляпки в процессе работы

В этом случае они более эффективно и на большем участке поверхности главного барабана сохраняют способность прочесывать волокнистый материал. Однако при выводе шляпок из работы (со стороны приемного барабана) главный барабан набрасывает на шляпки большое количество волокнистого материала, который выносятся ими из машины в виде очеса. Это связано с тем, что в слое волокон, поступающем в зону взаимодействия, содержится большое количество неразволокненных клочков волокон с сорными примесями, как на поверхности, так и внутри. Эти клочки обладают значительно большей массой, чем отдельные волокна и мелкие комплексы, что существенно повышает центробежную силу, действующую на них.

Поэтому при обратном движении шляпок качество прочеса улучшается на 30–50 %, а процент шляпочного очеса при одинаковой скорости шляпок увеличивается в 1,5–2 раза. Для уменьшения количества шляпочного очеса снижают скорость движения шляпок. Так, скорость движения шляпок при прямом ходе устанавливают 70–100 мм/мин, а при обратном – 23–36 мм/мин.

Прямой ход шляпок использовался на машинах обычного габарита, так как большее количество установленных на них шляпок позволяет без существенной потери качества несколько снизить способность каждой из шляпок прочесывать волокнистый слой. Широкому распространению прямого движения шляпок способствовала простота устройства механизма, приводящего шляпки в движение.

В настоящее время на абсолютном большинстве чесальных машин в мире независимо от их габарита используется обратное движение шляпок, так как оно позволяет повысить качество прочеса. Однако проблема экономии сырья решается иным путем.

Как было сказано ранее, повышение процента очеса при обратном движении шляпок связано с повышением центробежных сил, действующих на клочки волокон при входе их в зону взаимодействия гарнитур. Для снижения этих сил необходимо или уменьшить диаметр главного барабана (что и осуществляется на малогабаритных чесальных машинах), или уменьшить массу клочка. С целью уменьшения массы клочка на современных чесальных машинах повышают интенсивность чесания, как в зоне приемных барабанов, так и на участке главного барабана до входа волокон в зону взаимодействия со шляпками. Установка неподвижных кардных элементов и зон очистки позволяет не только не снижать, но и повысить скорость шляпок при их обратном движении без увеличения количества кардных очесов.

Важной особенностью современных чесальных машин является использование стационарных кардных элементов, часто называемых неподвижными шляпками. Их действие аналогично действию неподвижных шляпок, устанавливаемых в зоне приемных барабанов.

В зависимости от модели машины, фирмы-производителя, а также вида перерабатываемого сырья изменяется количество и конструкция неподвижных шляпок в зонах между приемным барабаном и шляпками (зона I) и между шляпками и съемным барабаном (зона II).

Чем больше диаметр главного барабана, тем больше неподвижных шляпок можно поместить в каждую из зон. Так, на машинах фирмы Trutzschler каждая из зон занимает до 0,25 % поверхности главного барабана (рисунок 4.30 а), в то время как на машинах фирмы Rieter, на которых диаметр главного барабана меньше приблизительно в 1,5 раза, длина этих зон также существенно меньше (рисунок 4.30 б).

Неподвижные кардные элементы размещаются на кожухе главного барабана концентрично его поверхности. Органы дополнительного прочесывания содержат очистительные элементы 1, неподвижные шляпки 2, контрольные элементы 3 и заглушки 4, собранные в компактные кассеты (рисунок 4.31).

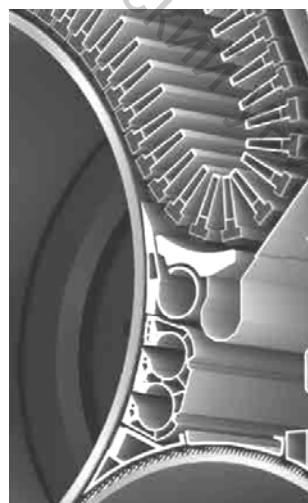
Очистительный элемент состоит из сороотбойного ножа для удаления частиц семенных коробочек и канала с непрерывным удалением отходов. Он вносит основной вклад в удаление мелких сорных примесей, кожицы с волокном и остатков семян. Кроме того, происходит удаление фрагментов волокон и хорошее обеспыливание.

Неподвижная шляпка 2 состоит из двух полосок, покрытых жесткой гарнитурой (рисунок 4.31). Тип и номер гарнитуры выбирается в зависимости от места установки и вида перерабатываемого материала.

Контрольный элемент по своей конструкции напоминает очистительный элемент, но имеет совершенно другое назначение. Благодаря целенаправленному воздействию на распределение воздушных потоков на поверхности главного барабана оптимизируется работа чесальных и очистительных элементов. В результате этого снижается количество отходов при неизменно высоком качестве чесальной ленты.



а



б

Рисунок 4.30 – Зоны установки неподвижных шляпок различных чесальных машин

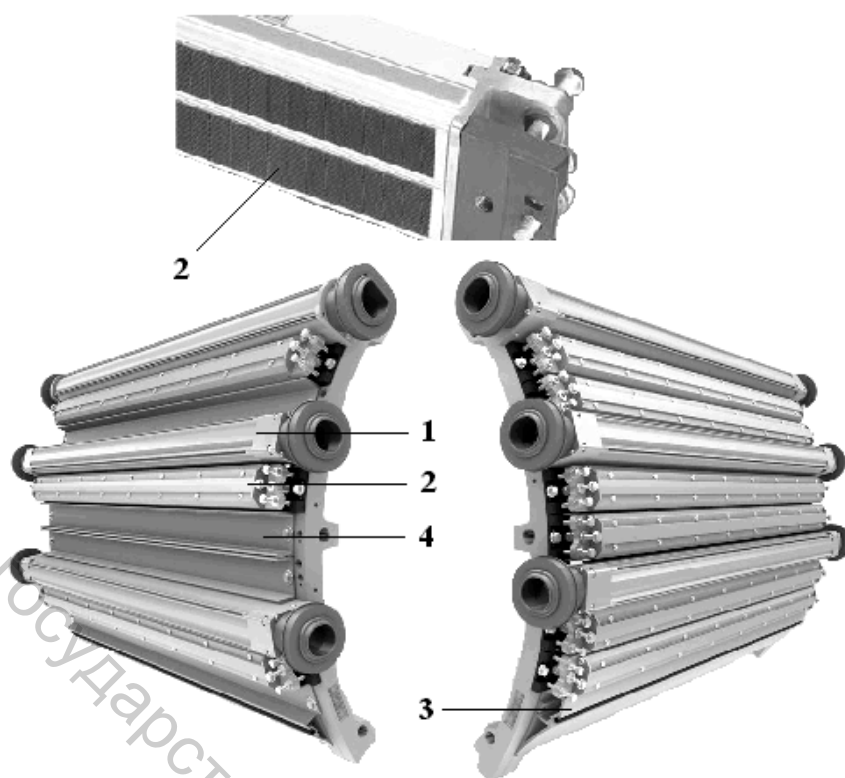


Рисунок 4.31 – Неподвижные кардные элементы Multi Webclean фирмы Trutzschler

Заглушка устанавливается в том случае, если в одной из 8 позиций в зоне предварительного или окончательного чесания не устанавливается какой-либо рабочий элемент. Этот прецизионный алюминиевый профиль с абсолютно гладкой поверхностью предназначен для предотвращения образования турбулентности и извивания волокон.

В зависимости от вида перерабатываемого волокна система Multi Webclean может иметь разное количество расчесывающих сегментов и узлов очистки:

- при стандартном исполнении в зонах I и II располагаются по 3 неподвижные шляпки и по 2 очистительных элемента;

- при выпуске ленты для гребенной системы прядения зона I содержит 3 шляпки и 3 очистительных элемента, а зона II – 6 шляпок и 3 очистительных элемента;

- при переработке химических волокон в зоне I размещается 8 шляпок и 1 очистительный элемент, а в зоне II – 7 шляпок и 1 очистительный элемент;

- при установленной производительности чесальной машины свыше 100 кг/ч зона I содержит 3 шляпки и 3 очистительных элемента, а зона II – 6 шляпок и 3 очистительных элемента (рисунок 4.31).

Использование неподвижных шляпок позволяет значительно улучшить качество чесальной ленты при одновременном повышении производительности машины и выхода пряжи за счет уменьшения количества длинных волокон в шляпочном очесе.

4.5.5 Работа съемного барабана. Переход волокон с главного барабана на съемный барабан

Узел съемного барабана включает в себя съемный барабан, механизм съема прочеса, вытяжной прибор и лентоукладчик.

Назначение съемного барабана:

- 1) снимать с главного барабана прочесанные волокна, движущиеся с большой скоростью (10–30 м/с);
- 2) формирование ватки, сгущаемой в 5–20 раз, в потоке волокон, снимаемом с главного барабана, для последующего формирования ленты.

Главный барабан подносит к съемному барабану волокна, кончики которых выступают из гарнитуры главного. Эти волокна контактируют с зубьями съемного барабана, так как разводка между барабанами очень мала и составляет 0,15–0,18 мм. Зубья гарнитуры съемного барабана, имеющие большой угол наклона, снимают часть волокон с главного барабана, а часть волокон остается в гарнитуре главного (остаточный слой) и возвращается к приемному барабану.

Скорость съемного барабана значительно ниже скорости главного, и поэтому волокна при переходе сильно сгущаются на поверхности съемного барабана. Величина этого сгущения обратно пропорциональна вытяжке между главным и съемным барабанами и равна V_r/V_c .

Волокна переходят с главного на съемный барабан и удерживаются его гарнитурой по следующим причинам: большинство волокон на главном барабане, огибая его зубья, отходят своими концами от поверхности барабана. Когда волокно подходит к съемному барабану на расстояние, равное примерно 0,375 мм, при разводке между главным и съемным барабанами, равной 0,15 мм, главный барабан благодаря большой скорости со значительной силой набрасывает их на зубья съемного барабана. Плотность расположения зубьев на съемном барабане больше, чем на главном, и они, подходя к зоне перехода свободными от волокон, имеют больший угол наклона передней грани зубьев и большую высоту, чем зубья главного барабана.

До перехода волокон на съемный барабан концы их, задевая за его зубья, несколько прочесываются ими. После перехода волокон на съемный барабан концы их прочесываются зубьями главного барабана, однако интенсивность чесания в этой зоне машины невелика. Сгущение потока на съемном барабане помогает переходу на него тех волокон, которые были слабо захвачены его зубьями.

Количество волокна, переходящего из узла «главный барабан – шляпки» на съемный барабан, определяется коэффициентом перехода или съема. При работе чесальной машины за время 1 оборота главного

барабана на съемный барабан переходит количество волокон, равное g_c . Это волокно составляет небольшую часть волокна Q , удерживаемого гарнитурами главного барабана и шляпок. Часть волокна Q_{CB} принято называть «свободными волокнами» и определять массой волокон, выходящих из машины при выключенном питании.

Тогда коэффициент перехода волокон на съемный барабан

$$K_c = \frac{g_c}{Q_{CB} + g_{II}}, \quad (4.29)$$

где g_{II} – масса волокон, поступающих на главный барабан за 1 его оборот.

При установившемся процессе $g_{II} = g_c$, и они различаются только на величину отходов.

При запуске машины, если на гарнитуре главного барабана отсутствует волокнистый материал, формирование полной его загрузки происходит постепенно за некоторое количество циклов, то есть за каждый оборот на гарнитуру барабана переходит определенная масса волокна, большая, чем масса волокна, переходящая на съемный барабан. Количество таких циклов до окончания переходного процесса зависит от коэффициента съема. В таблице 4.4 представлены расчетные значения линейных плотностей слоев волокон на главном барабане без учета выделения отходов в данной зоне, принимая допущение о постоянстве линейной плотности питающего настила.

В литературе приводятся противоречивые сведения о фактических значениях коэффициента съема, что связано с существенными различиями в конструкции исследуемых чесальных машин, режимах их работы, методиках проведения испытаний, а также с влиянием свойств перерабатываемого волокнистого материала на процесс перехода волокон с главного барабана на съемный. Обобщая сведения из источников, можно установить, что коэффициент съема изменяется в диапазоне от 0,1 до 0,3.

С учетом того, что коэффициент съема не превышает 0,3, приведенные в таблице 4.4 формулы свидетельствуют о том, что остаточный слой составляет основную долю загрузки главного барабана.

Остаточная загрузка оказывает существенное влияние на интенсивность и эффективность кардочесания. Во-первых, чем большую долю составляет остаточная загрузка в слое волокон на поверхности главного барабана, тем больше раз волокна будут подвергаться кардочесанию. Во-вторых, при увеличении доли остаточной загрузки усиливается эффект неравномерности по линейной плотности слоя, поступающего с приемного барабана на главный.

Таблица 4.4 – Изменение линейной плотности слоя волокон на главном барабане чесальной машины

Номер оборота главного барабана	Слой волокон, поступающих на главный барабан	Слой волокон на главном барабане со стороны приемного барабана	Слой волокон, переходящих с главного барабана на съемный барабан	Остаточная загрузка главного барабана
1	$T_{гп}$	$T_{гп}$	$T_{гп} \cdot K_c$	$T_{гп} \cdot (1 - K_c)$
2	$T_{гп}$	$T_{гп} + T_{гп} \cdot (1 - K_c)$	$[T_{гп} + T_{гп} \cdot (1 - K_c)] \cdot K_c$	$[T_{гп} + T_{гп} \cdot (1 - K_c)] \cdot (1 - K_c)$
3	$T_{гп}$	$T_{гп} \cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2]$	$T_{гп} \cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2] \cdot K_c$	$T_{гп} \cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2] \cdot (1 - K_c)$
...				
n	$T_{гп}$	$T_{гп} \cdot \frac{[1 - (1 - K_c)^n]}{K_c}$	$T_{гп} \cdot [1 - (1 - K_c)^n]$	$T_{гп} \cdot (1 - K_c) \cdot \frac{[1 - (1 - K_c)^n]}{K_c}$
...				
$n \rightarrow \infty$ $(1 - K_c)^n \rightarrow 0$	$T_{гп}$	$\frac{T_{гп}}{K_c}$	$T_{гп}$	$T_{гп} \cdot \frac{(1 - K_c)}{K_c}$

Однако неправильно утверждать, что необходимо стремиться к минимальному значению коэффициента съема. Существенное уменьшение коэффициента приводит к снижению стабильности перехода волокон на съемный барабан и, как следствие, к повышению неровноты ленты по линейной плотности. Кроме того, повышение линейной плотности слоя на поверхности главного барабана ведет к снижению эффективности чесания и к зажгучиванию волокон.

Следовательно, необходимо таким образом осуществлять настройку машины, чтобы коэффициент перехода находился в некотором рациональном диапазоне, зависящем от конструкции машины и вида перерабатываемых волокон. Чем больше K_C , тем больше можно подать волокна в машину без увеличения загрузки главного барабана и шляпок, а, следовательно, можно повысить производительность чесальной машины.

Увеличить коэффициент перехода K_C можно несколькими способами:

- уменьшить разводку между главным и съемным барабанами, что приведет к лучшему переходу волокон, увеличению загрузки главного барабана, снижению неровноты и улучшению качества чесальной ленты (таблица 4.5);
- уменьшить соотношение окружных скоростей главного и съемного барабанов;
- увеличить захватывающую способность гарнитуры съемного барабана;
- повысить эффективность обработки волокнистого материала в зоне «главный барабан – шляпки», например, за счет применения неподвижных кардных элементов.

Таблица 4.5 – Зависимость коэффициента перехода волокна от разводки между главным и съемным барабанами

Разводка между главным и съемным барабанами, мм	Коэффициент перехода волокна K_C	Загрузка узла «главный барабан – шляпки», г	Неровнота ленты по линейной плотности, %	Количество шляпочных очесов, %	Число пороков в 1 г прочеса
0,15	0,0852	9,58	5,2	1,25	87
0,3	0,0358	14,18	7,8	1,79	119
0,4	0,0156	23,48	11,3	2,57	189
0,5	0,0098	36,12	13,6	3,26	282

Коэффициент съема оказывает влияние и на выравнивающее действие чесальной машины, о чем будет подробнее сказано в пункте 4.5.7.

Как указывалось выше, на коэффициент перехода K_C существенное влияние оказывают параметры гарнитуры съемного барабана.

Если волокно, закрепленное на гарнитуре главного барабана, захватывается зубом съемного барабана, то сила, растягивающая волокно, вызывает реакцию сопротивления волокна P . Для определения требуемого соотношения углов наклона зубьев гарнитур главного и съемного барабанов разложим силу P на две составляющие (рисунок 4.32):

- силу S , направленную по передней грани зуба и стремящуюся углубить волокно в гарнитуру;
- силу N , направленную перпендикулярно передней грани зуба и прижимающую волокно к нему.

Для главного барабана можно записать:

$$S_{\Gamma} = P \cdot \cos \alpha_{\Gamma}, \quad (4.30)$$

$$N_{\Gamma} = P \cdot \sin \alpha_{\Gamma},$$

где α_{Γ} – угол наклона передней грани зуба главного барабана.

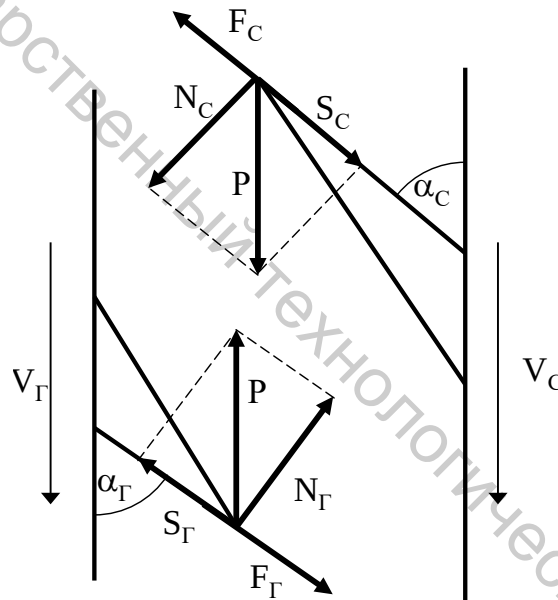


Рисунок 4.32 – Силы, действующие на волокно в зоне взаимодействия гарнитур главного и съемного барабанов

Аналогично для съемного барабана

$$S_C = P \cdot \cos \alpha_C, \quad (4.31)$$

$$N_C = P \cdot \sin \alpha_C.$$

При смещении волокна по поверхности зуба возникает сила трения, которая для зубьев каждого из барабанов рассчитывается по формуле

$$F_G = N_G \cdot \mu,$$

$$F_C = N_C \cdot \mu, \quad (4.32)$$

где μ – коэффициент трения волокна по стали.

Пренебрегая центробежной силой и силой давления воздуха ввиду их малости для единичного волокна, а также силой реакции упругого слоя волокнистой массы, находящейся в гарнитуре главного барабана, которая способствует переходу волокна на съемный барабан, можно утверждать, что переход волокна с главного барабана на съемный возможен при соблюдении неравенства

$$S_C - F_C > S_G - F_G. \quad (4.33)$$

Поле подстановки выражений (4.30)–(4.32) в неравенство (4.33) получим

$$P \cdot \cos \alpha_C - P \cdot \sin \alpha_C \cdot \mu > P \cdot \cos \alpha_G - P \cdot \sin \alpha_G \cdot \mu. \quad (4.34)$$

После сокращения неравенства (4.33) на величину P оно приобретает вид

$$\cos \alpha_C - \sin \alpha_C \cdot \mu > \cos \alpha_G - \sin \alpha_G \cdot \mu. \quad (4.35)$$

Неравенство выполняется, если угол наклона зубьев гарнитуры съемного барабана α_C меньше угла наклона зубьев главного барабана α_G . Так, $\beta_C = 90^\circ - \alpha_C$, а $\beta_G = 90^\circ - \alpha_G$, условие (4.34) выполняется при $\beta_C > \beta_G$.

Расчеты показали, что при угле β , равном 26–34°, силы воздушного потока будут не в состоянии сбросить волокна с гарнитуры съемного барабана. При обтягивании съемного барабана гарнитурой с углом наклона зуба $\beta = 25^\circ$ уменьшается количество волокна в гарнитурах главного барабана и шляпок, т. е. снижается загрузка волокном узла «главный барабан – шляпки».

Съемные барабаны высокопроизводительных чесальных машин обтягивают гарнитурой с углом наклона зубьев $\beta = 25...35^\circ$, а главные барабаны – гарнитурой с углом наклона зубьев $\beta = 12...15^\circ$, что соответствует представленным расчетам.

При переходе волокнистой массы с главного барабана на съемный барабан волокна должны скользить к основанию гарнитуры съемного барабана, так как угол наклона передней грани ее зубьев принимается меньше угла трения. Волокна, перешедшие на съемный барабан, будут расчесываться зубьями гарнитуры главного барабана.

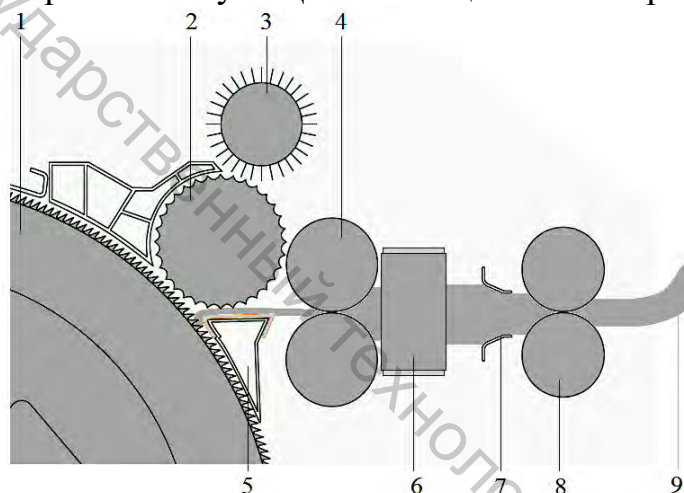
4.5.6 Формирование и укладка чесальной ленты в таз

В настоящее время в хлопкопрядении для съема прочеса со съемного барабана используется только валичный способ (рисунок 4.33), так как применение гребенного съема ограничивает скорость съемного барабана, что не позволяет повысить производительность машины.

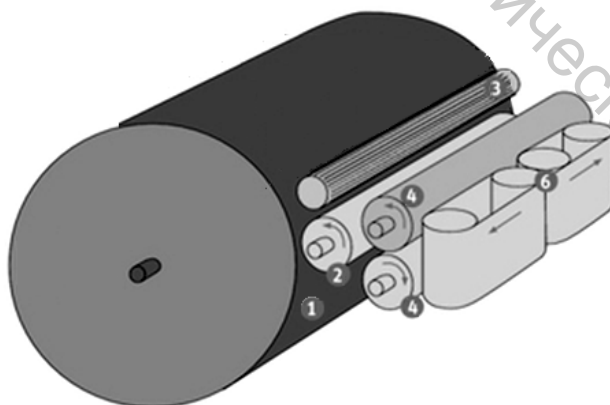
Применяемый ранее гребенной способ характеризуется следующими недостатками:

- частота колебаний съемного гребня чесальной машины;
- при ударах съемного гребня тонкое хлопковое волокно может ослабляться или обрываться, что ухудшает качество прочеса.

Валичный механизм (рисунок 4.33 б) работает следующим образом. Со съемного барабана 1 волокно снимается съемным валиком 2, поверхность которого обтянута ЦМПЛ специального профиля.



а



б

Рисунок 4.33 – Механизм съема прочеса со съемного барабана

Волокна, оставшиеся в гарнитуре съемного валика, снимаются очистительным валиком 3 и удаляются с помощью системы пневмоочистки.

Ватка прочеса поддерживается профилем 5 и подается к давящим валам 4, которые дробят пороки и склейки и уменьшают сцепление их с волокнами. Ширина ватки соответствует рабочей ширине машины, то есть составляет на машинах разных конструкций от 1 до 1,5 м. Для формирования ленты с минимально возможной неровнотой по линейной плотности уменьшение ширины прочеса осуществляют с помощью поперечных ленточных транспортеров 6.

Укладка ленты в таз осуществляется так, чтобы при максимальном использовании объема таза достичь легкой, без излишнего натяжения, выборки ленты из таза на последующем технологическом переходе. Лента, укладываемая в таз, должна быть достаточно плотной, чтобы иметь необходимую прочность. Лента уплотняется воронками соответствующего диаметра у плющильных валов и в крышке лентоукладчика. Рекомендуемые диаметры уплотнительной воронки представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Рекомендуемые диаметры уплотнительной воронки

Линейная плотность ленты, ктекс	2,5	3,0	3,7	4,0	5,9
Диаметр воронки, мм	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

В воронке лентоукладчика возможно забивание ленты вследствие загрязнения воронки, неровноты ленты или неисправности в передаче к валикам лентоукладчика.

Плотность ленты $\delta = 0,018\text{--}0,020 \text{ мг/мм}^3$ достигается при пропуске ленты через воронку. Для еще большего уплотнения чесальной ленты применяют специальные уплотнители (втулочки), вставляемые в воронки; канал уплотнителя круглого сечения переходит в узкую щель шириной 1,5 мм, что позволяет дополнительно уплотнить ленту на 20–40 %. В таблице 4.7 приведены сведения о массе ленты в тазу с чесальных машин по данным фирмы Rieter при высоте таза 1200 мм.

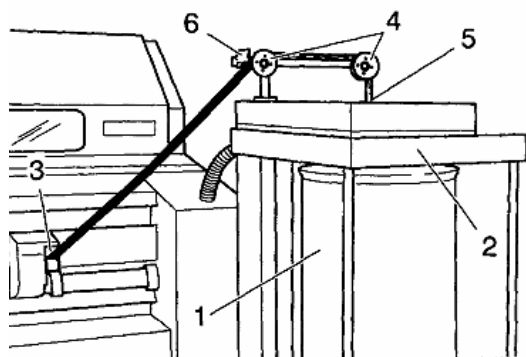


Рисунок 4.34 – Укладка ленты в таз

Упорядоченная укладка чесальной ленты в таз 1 (рисунок 4.34) производится с помощью лентоукладчика 2. Направляющими для ленты служат хомутик 3, направляющий ролик 4, уплотнительная воронка 5, плющильные валы (на рисунке не показаны).

Чесальная лента постоянно находится под контролем датчика 6, который автоматически отключает чесальную машину и лентоукладчик при обрыве ленты.

Таблица 4.7 – Масса ленты в тазу, кг

Состав ленты	Диаметр таза, мм		
	600	800	1000
Хлопок, вискоза	28,0	36,5	49,0
Полиэфирное волокно	23,5	30,0	38,0

Провисание ленты между лентоукладчиком и плющильными валиками возможно из-за неправильной вытяжки между этими органами или вследствие несоответствия толщины ленты диаметру воронки в лентоукладчике.

Основными элементами лентоукладчика является нижняя тарелка 1 (рисунок 4.35), на которую устанавливается таз 2, и верхняя тарелка 3 с наклонным или изогнутым каналом для подачи ленты. Верхняя и нижняя тарелки могут вращаться в одном или противоположных направлениях. При этом верхняя тарелка вращается со значительно большей частотой вращения. Диаметр нижней тарелки соответствует диаметру таза D_T . Ось верхней тарелки смещена относительно оси нижней тарелки на величину эксцентриситета ε .

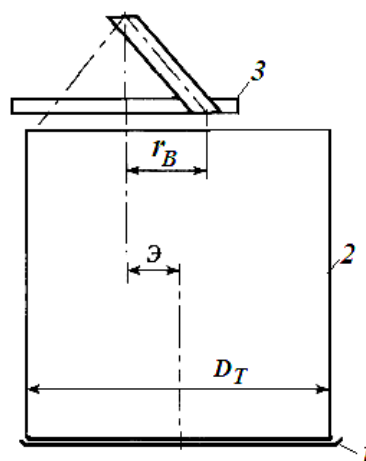


Рисунок 4.35 – Схема лентоукладчика

Выход наклонного канала описывает окружность радиусом r_B , равную радиусу витка, укладываемого в таз за один оборот верхней тарелки.

Лентоукладчик может использоваться с автоматическим устройством смены тазов (рисунок 4.36). Устройство отделяет ленту в процессе смены таза, оставляя выступающий конец ленты точно заданной длины. При наработке необходимой длины, чесальная лента отрезается специальным режущим устройством, и полный таз автоматически заменяется пустым с помощью механизма смены тазов. Привод 1 выводит полный таз с позиции укладки ленты и устанавливает на эту позицию пустой таз.

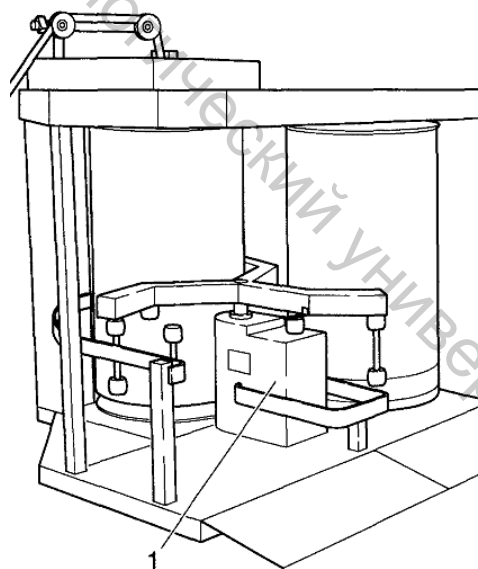


Рисунок 4.36 – Устройство для смены тазов

4.5.7 Оценка интенсивности и эффективности работы чесальной машины

Линейные плотности потоков волокон на гарнитуре рабочих органов чесальной машины. Для оценки интенсивности процессов, протекающих в зоне «главный барабан – шляпки», необходимо определить линейные плотности волокнистых потоков в различных зонах главного барабана и их соотношения с линейными плотностями слоев на других рабочих органах машины.

Схема распределения волокнистого потока на чесальной машине и линейная плотность потоков волокон на рабочих органах приведены на рисунке 4.37.

При расчете линейных плотностей слоев на рабочих органах машины необходимо учитывать количество отходов, выделяемых в отдельных зонах, и неполный переход волокон с главного барабана на съемный барабан.

Общее количество отходов y , в % от массы волокнистого потока, поданного в машину, складывается из следующих составляющих: $y_{пр}$ – отходы под приемным барабаном; $y_{ш}$ – шляпочный очес; y_r – пух под решеткой главного барабана.

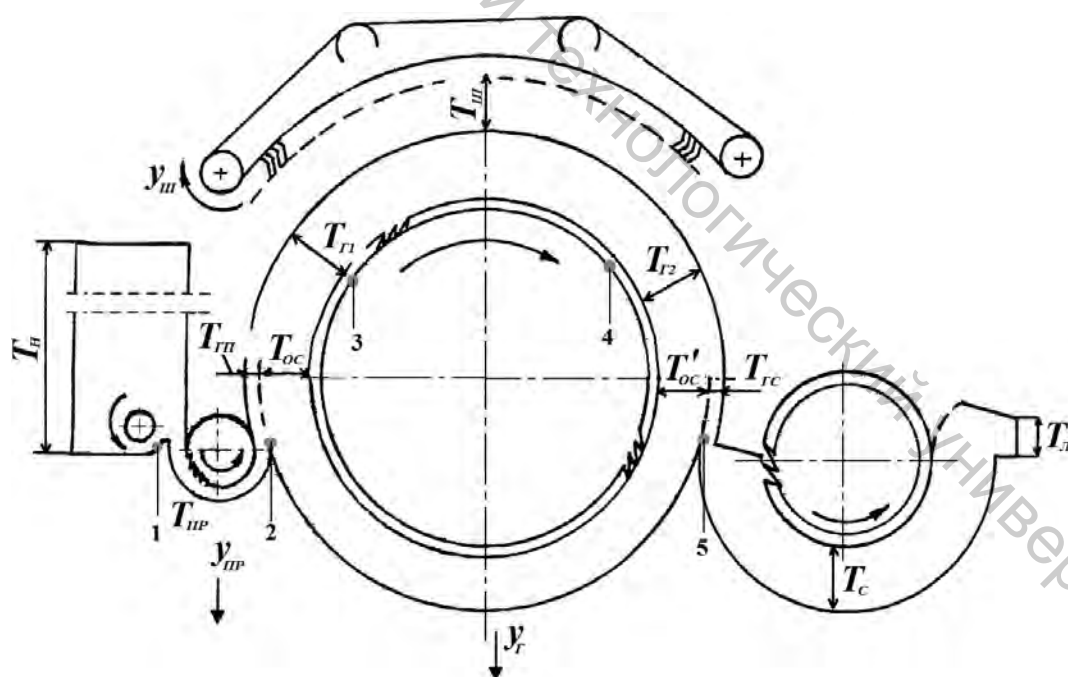


Рисунок 4.37 – Схема распределения волокнистого потока на чесальной машине

Неполный переход волокон с главного барабана на съемный характеризуется коэффициентом съема, который в соответствии с приведенной схемой может быть рассчитан следующим образом:

$$K_c = \frac{T_{ГC}}{T_{Г2}}, \quad (4.36)$$

где $T_{ГC}$ – линейная плотность слоя, передаваемого главным барабаном на съемный барабан в точке 5, ктекс; $T_{Г2}$ – линейная плотность слоя волокон, подводимого главным барабаном к съемному барабану в зоне 4–5, ктекс.

В приведенных расчетах не учитывались «свободные волокна», удерживаемые гарнитурой шляпок. Также в расчетах не учитывались отходы, выделяемые в зонах пневмоочистки между приемным барабаном и шляпками и между шляпками и съемным барабаном.

Питающий цилиндр подает к приемному барабану слой волокон (настил) линейной плотности T_H (точка 1).

За счет утонения этого слоя из-за разности скоростей приемного барабана и питающего цилиндра с учетом удаления отходов в зоне приемного барабана линейную плотность слоя, подводимого к главному барабану в точке 2, можно рассчитывать по формуле

$$T_{ПР} = T_H \cdot \frac{V_{ПЦ}}{V_{ПР}} (1 - 0,01 \cdot y_{ПР}), \quad (4.37)$$

где $V_{ПЦ}$, $V_{ПР}$ – окружные скорости, соответственно, питающего цилиндра, приемного барабана, м/мин.

Все волокна, подаваемые приемным барабаном к главному, должны переходить на его поверхность. Следовательно, линейная плотность волокнистого потока на главном барабане, перешедшего с приемного в точке 2, ктекс:

$$T_{ГП} = T_{ПР} \cdot \frac{V_{ПР}}{V_G} (1 - 0,01 \cdot y_{ПР}), \quad (4.38)$$

где V_G – окружная скорость главного барабана, м/мин.

Этот поток накладывается на остаточный слой волокна $T_{ос}$, формируя полную загрузку главного барабана в зоне 2–3 $T_{Г1}$, то есть

$$T_{Г1} = T_{ГП} + T_{ос}. \quad (4.39)$$

Остаточную загрузку главного барабана, как будет показано далее, проще всего рассчитывать на основе информации о линейной плотности выпускаемой ленты.

С учетом неполного перехода волокна с главного барабана на съемный его обработка в зоне «главный барабан – шляпки» осуществляется многократно, то есть можно говорить о нескольких циклах кардочесания волокна. Для упрощения расчетов можно принять допущение о том, что выделение волокон в очес происходит только при первом цикле воздействия шляпок на волокнистый материал.

В связи с удалением волокон в очес линейная плотность слоя, подводимого главным барабаном к съемному барабану в зоне 4–6, определяется как

$$T_{r2} = T_{rn} \cdot (1 - 0,01 \cdot y_{ш}) + T_{oc}. \quad (4.40)$$

Часть данного слоя, переходящая на съемный барабан, имеет линейную плотность

$$T_{rc} = T_{r2} \cdot K_c. \quad (4.41)$$

В результате частичного перехода волокон на съемный барабан формируется остаточная нагрузка кардной поверхности главного барабана

$$T'_{oc} = T_{r2} - T_{rc} = T_{r2} \cdot (1 - K_c). \quad (4.42)$$

Принимая во внимание тот факт, что за каждый оборот главного барабана выделяется незначительное количество пуха под его решеткой, для приближенных расчетов можно считать

$$T'_{oc} = T_{oc}. \quad (4.43)$$

Слой, поступающий с главного барабана на съемный, в точке 5 подвергается сгущению за счет того, что окружная скорость съемного барабана существенно ниже окружной скорости главного барабана. Линейная плотность слоя на поверхности съемного барабана определяется как

$$T_c = T_{rc} \cdot \frac{V_r}{V_c}. \quad (4.44)$$

С другой стороны, зная линейную плотность ленты и окружные скорости рабочих органов, линейную плотность слоя на поверхности съемного барабана можно определить следующим образом:

$$T_c = T_l \cdot \frac{V_{вл}}{V_c}, \quad (4.45)$$

где $V_{вл}$, V_c – окружные скорости, соответственно, валиков лентоукладчика и съемного барабана, м/мин.

Линейная плотность ленты связана с линейной плотностью настила следующим соотношением:

$$T_l = T_n \cdot \frac{V_{пл}}{V_{вл}} \cdot (1 - 0,01 \cdot y). \quad (4.46)$$

Таким образом, в результате преобразований получаем следующие выражения для расчета линейной плотности слоя, переходящего с главного барабана на съемный

$$T_{гс} = T_l \cdot \frac{V_{вл}}{V_g} \quad (4.47)$$

и

$$T_{гс} = T_n \cdot \frac{V_{пл}}{V_g} \cdot (1 - 0,01 \cdot y). \quad (4.48)$$

Тогда линейная плотность остаточного слоя определяется следующим образом:

$$T_{ос} = T_l \cdot \frac{V_{вл}}{V_g} \cdot \frac{(1 - K_c)}{K_c} \quad (4.49)$$

или

$$T_{ос} = T_n \cdot \frac{V_{пл}}{V_g} \cdot \frac{(1 - K_c)}{K_c} \cdot (1 - 0,01 \cdot y). \quad (4.50)$$

Пользуясь представленными формулами, можно осуществить расчет средней линейной плотности слоев волокон в каждой зоне кардочесальной машины при установившемся процессе. Данные формулы не применимы для начального и заключительного периодов работы машины, то есть при накоплении гарнитурой главного барабана волокнистого материала и при прекращении питания.

Критерии оценки интенсивности чесания в зоне «главный барабан – шляпки». В настоящее время не существует единых подходов к оценке эффективности процесса кардочесания в зоне «главный барабан – шляпки». Это связано с тем, что достаточно сложным является определение коэффициента перехода волокон с главного барабана на съем-

ный, а также учет различий условий чесания волокон в каждом последующем цикле, то есть на каждом обороте от поступления волокна с приемного барабана до его перехода на съемный барабан.

Наиболее простым показателем, характеризующим эффективность кардочесания, является величина, обратная линейной плотности $T_{гп}$ слоя, поступающего на главный барабан с приемного, то есть

$$S = \frac{1}{T_{гп}}. \quad (4.51)$$

Достоинством данного показателя является простота его расчета, а также то, что он действительно в значительной степени определяет эффективность кардочесания.

Однако он не учитывает ряд факторов, в том числе:

- характеристики и состояние гарнитуры главного барабана, подвижных и неподвижных шляпок;
- полную загрузку гарнитуры главного барабана волокном;
- количество циклов (оборотов), в которых волокно в среднем обрабатывается в зоне «главный барабан – шляпки».

Указанные недостатки свидетельствуют о том, что данный показатель может быть использован только в качестве сравнительной характеристики при сопоставлении различных вариантов реализации процесса кардочесания при прочих равных условиях.

Более детальную характеристику для оценки эффективности кардочесания предложил К. И. Бадалов. Он показал, что степень чесания волокон в зоне «главный барабан – шляпки» можно оценить суммой степени чесания волокон зубьями барабана и степени чесания иглами шляпок. Анализ процесса чесания для получения расчетных формул степени чесания сделан при условиях:

- учитывались чешущие воздействия на волокна только тех зубьев барабана и игл шляпок, которые не загружены свободными волокнами, удерживаемыми данным рабочим органом;
- не учитывались свободные волокна, выносимые из зоны чесания и попадающие в шляпочный очес.

Применение формул, предлагаемых К. И. Бадаловым, на практике затруднительно по причинам, указанным в начале данного раздела.

Фирма Rieter для оценки эффективности процесса кардочесания предлагает использовать Индекс активного чесания ACI , который определяется по следующей формуле:

$$ACI = B \cdot n_{ш}, \quad (4.52)$$

где B – рабочая ширина машины, мм; n_{III} – количество шляпок в зоне чесания.

Специалисты фирмы Trutzschler предлагают близкий по смыслу показатель – площадь активной зоны чесания, в том числе и неподвижными кардными элементами.

Указанные два показателя являются конструктивными и не зависят от настроек машины, вида гарнитуры и свойств перерабатываемого сырья. Их целесообразно использовать для сравнения чесальных машин разных марок.

Оценка интенсивности выравнивания потока и смешивания волокон. Выравнивание чесальной ленты по толщине и структуре происходит как за счет большого числа сложений волокон, так и за счет аккумулялирующего свойства гарнитур главного барабана и шляпок.

Под аккумулялирующей способностью чесальной машины понимают то, что гарнитуры главного барабана и шляпок при уменьшении питания отдают в прочес часть волокон со своей поверхности, а при избыточном питании набирают волокнистый материал.

Для оценки интенсивности выравнивания потока и смешивания волокон чесальной машиной можно использовать расчетное среднее время пребывания волокна на гарнитуре барабана, а также на гарнитуре шляпок. Можно утверждать, что чем более длительное время волокна в среднем находятся в машине, тем дольше они прочесываются в зоне «главный барабан – шляпки», так как остальные зоны они проходят однократно и для этого им требуется непродолжительное время.

В настоящее время отсутствует метод экспериментального определения времени пребывания волокна на каждой шляпке и вероятности перехода волокна на отдельные шляпки.

Зная численное значение коэффициента съема, среднее время пребывания волокна в зоне «главный барабан – шляпки» можно приблизительно посчитать по следующей формуле:

$$\bar{t} \approx \frac{1}{n_r} \left(\frac{1}{K_c} - 1 \right). \quad (4.53)$$

Для понимания выравнивающего действия чесальной машины рассмотрим ситуацию, когда на участке ΔL_H настила имеет место утолщенный участок, линейная плотность которого равна $(1 + \alpha) \cdot \bar{T}_H$, где α – коэффициент, характеризующий увеличение линейной плотности настила в долях от среднего (установившегося) значения. Когда этот участок достигает гарнитуры главного барабана, его загрузка также по-

вышается. Однако максимальное увеличение загрузки главного барабана может быть существенно меньше величины $(1 + \alpha) \cdot \bar{T}_{ГЛ}$.

С учетом вытяжки между главным барабаном и питающим цилиндром длина дефектного участка слоя на поверхности главного барабана равна

$$\Delta L_{Г} = \Delta L_{Н} \cdot \frac{V_{пл}}{V_{Г}}. \quad (4.54)$$

Так как вытяжка между данными рабочими органами может превышать 1000, то даже для коротких утолщений настила соответствующая им длина участка слоя может значительно превышать периметр главного барабана. Количество оборотов главного барабана, за которые его загрузка достигает максимального значения, составляет

$$n_{\Delta L} = \frac{\Delta L_{Г}}{\pi \cdot D_{Г}}. \quad (4.55)$$

где $D_{Г}$ – диаметр главного барабана.

Затем за такое же количество оборотов загрузка снижается до первоначального среднего значения.

В таблице 4.8 представлены формулы, показывающие, каким образом изменяется загрузка главного барабана и линейная плотность слоя на съемном барабане по аналогии с таблицей 4.4.

В соответствии с данными формулами для примера проведен расчет изменения линейной плотности слоя снимаемого с главного барабана при $\alpha = 1$, то есть линейная плотность утолщенного участка на питании машины в два раза превышает линейную плотность при установившемся режиме, то есть среднюю линейную плотность настила. Линейная плотность снимаемого слоя пропорциональна линейной плотности чесальной ленты.

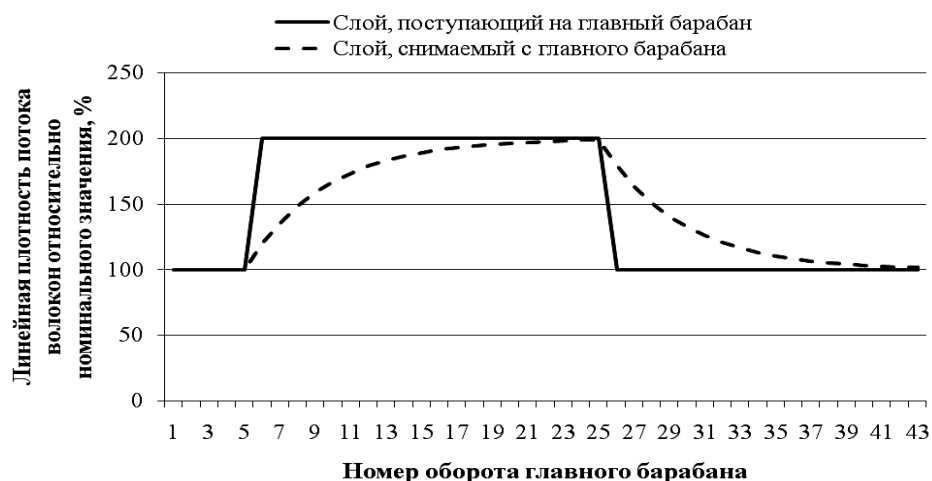
На рисунке 4.38 представлены результаты расчета для двух вариантов длины утолщенного участка:

– вариант 1 – длина участка после вытягивания между питающим цилиндром и главным барабаном равна 20 периметрам главного барабана (рисунок 4.38 а);

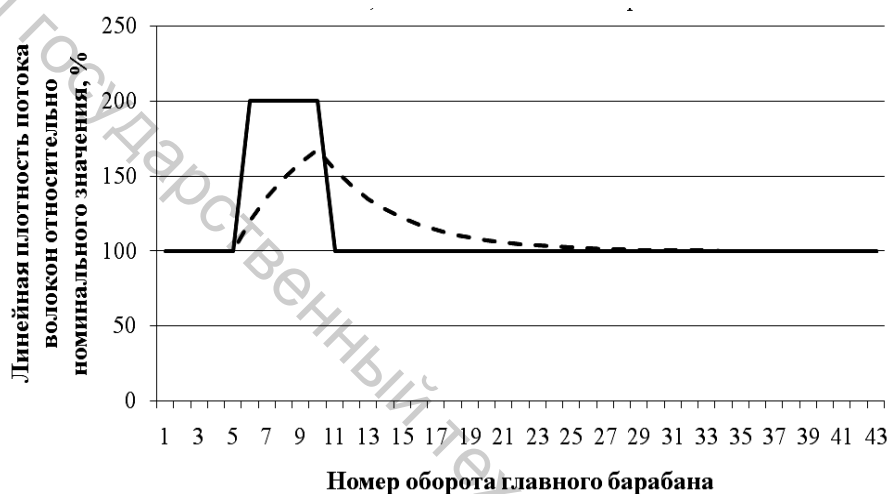
– вариант 2 – длина участка после вытягивания между питающим цилиндром и главным барабаном равна 5 периметрам главного барабана (рисунок 4.38 б).

Таблица 4.8 – Изменение линейной плотности слоя волокон на главном барабане чесальной машины при увеличении линейной плотности настила

Номер оборота главного барабана	Слой волокон, поступающих на главный барабан	Слой волокон на главном барабане со стороны приемного барабана	Слой волокон, переходящих с главного барабана на съемный барабан	Остаточная загрузка главного барабана
1	$(1+a) \cdot \bar{T}_{гн}$	$\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн}$	$(\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн}) \cdot K_c$	$[\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн}] \cdot (1 - K_c) =$ $= \bar{T}_{гн} \cdot (1 - K_c) + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot (1 - K_c)$
2	$(1+a) \cdot \bar{T}_{гн}$	$\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot (1 - K_c) + a \cdot \bar{T}_{гн} =$ $= \bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [1 + (1 - K_c)]$	$[\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot (2 - K_c)] \cdot K_c$	$[\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [1 + (1 - K_c)]] \cdot (1 - K_c) =$ $= \bar{T}_{гн} \cdot (1 - K_c) + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [(1 - K_c) + (1 - K_c)^2]$
3	$(1+a) \cdot \bar{T}_{гн}$	$\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot$ $\cdot [(1 - K_c) + (1 - K_c)^2] + a \cdot \bar{T}_{гн} =$ $= \bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2]$	$[\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2]] \cdot K_c$	$[\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2]] \cdot (1 - K_c) =$ $= \bar{T}_{гн} \cdot (1 - K_c) + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot$ $\cdot [1 + (1 - K_c) + (1 - K_c)^2] \cdot (1 - K_c) =$ $= \bar{T}_{гн} \cdot (1 - K_c) + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot$ $\cdot [(1 - K_c) + (1 - K_c)^2 + (1 - K_c)^3]$
...				
n	$(1+a) \cdot \bar{T}_{гн}$	$\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot \frac{[1 - (1 - K_c)^n]}{K_c}$	$\bar{T}_{гн} \cdot K_c + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot [1 - (1 - K_c)^n]$	$\left[\bar{T}_{гн} + a \cdot \bar{T}_{гн} \cdot \frac{[1 - (1 - K_c)^n]}{K_c} \right] \cdot (1 - K_c)$
...				
$n \rightarrow \infty$ $(1 - K_c)^n \rightarrow 0$	$(1+a) \cdot \bar{T}_{гн}$	$\bar{T}_{гн} + a \cdot \frac{\bar{T}_{гн}}{K_c}$	$\bar{T}_{гн} \cdot K_c + a \cdot \bar{T}_{гн} = (1+a) \cdot \bar{T}_{гн}$	$\left[\bar{T}_{гн} + a \cdot \frac{\bar{T}_{гн}}{K_c} \right] \cdot (1 - K_c)$



а



б

Рисунок 4.38 – Изменение линейной плотности слоя, снимаемого с главного барабана в случае изменения линейной плотности настила

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что чем короче утолщение, тем выше выравнивающий эффект чесальной машины.

Оценка эффективности процесса очистки. Экспериментально установлено, что засоренность прочеса находится в прямо пропорциональной зависимости от производительности чесальной машины.

На эффективность очистки оказывают влияние работа приемных барабанов, главного барабана и шляпок, а также неподвижных кардных элементов и зон пневмоочистки.

Так как возможность удаления соринки возникает только в случае выведения ее на поверхность волокнистого клочка, на эффективность очистки влияет степень подготовки материала к кардочесанию на очистительных и разрыхлительных машинах, а также интенсивность воздействия зубьев приемного барабана на бородку, подаваемую в машину питающим цилиндром.

Это подтверждается зависимостью, представленной на рисунке 4.39. Можно отметить, что с повышением интенсивности воздействия

зубьев приемного барабана на бородку степень снижения засоренности снижается, но при этом повышается обрывность волокон и количество отходов, что является отрицательным результатом.

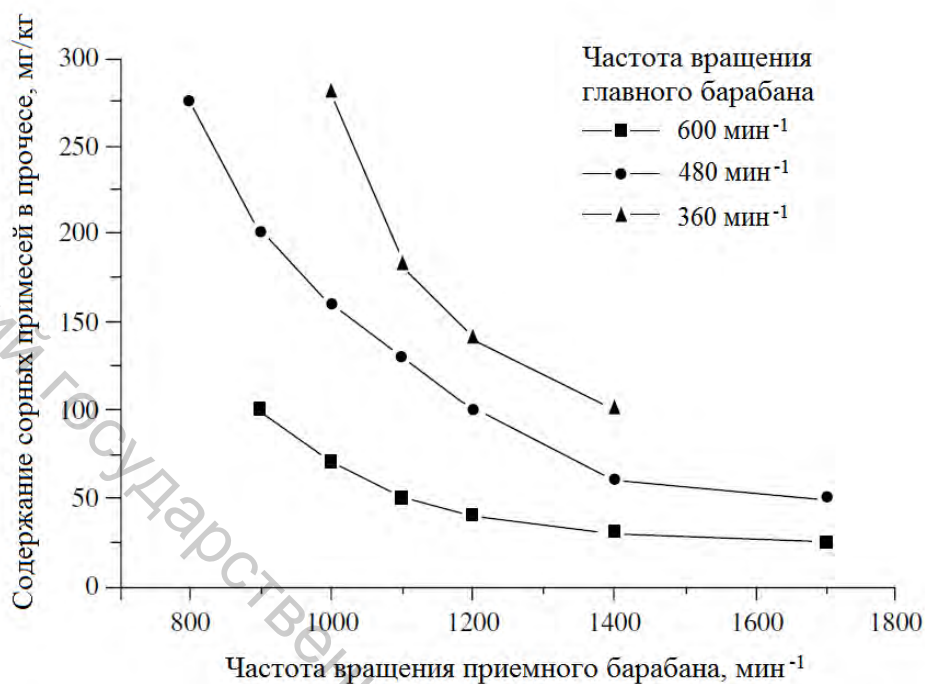


Рисунок 4.39 – Зависимость засоренности прочеса от частоты вращения приемного барабана

Аналогичное влияние оказывает и частота вращения главного барабана (рисунок 4.40).

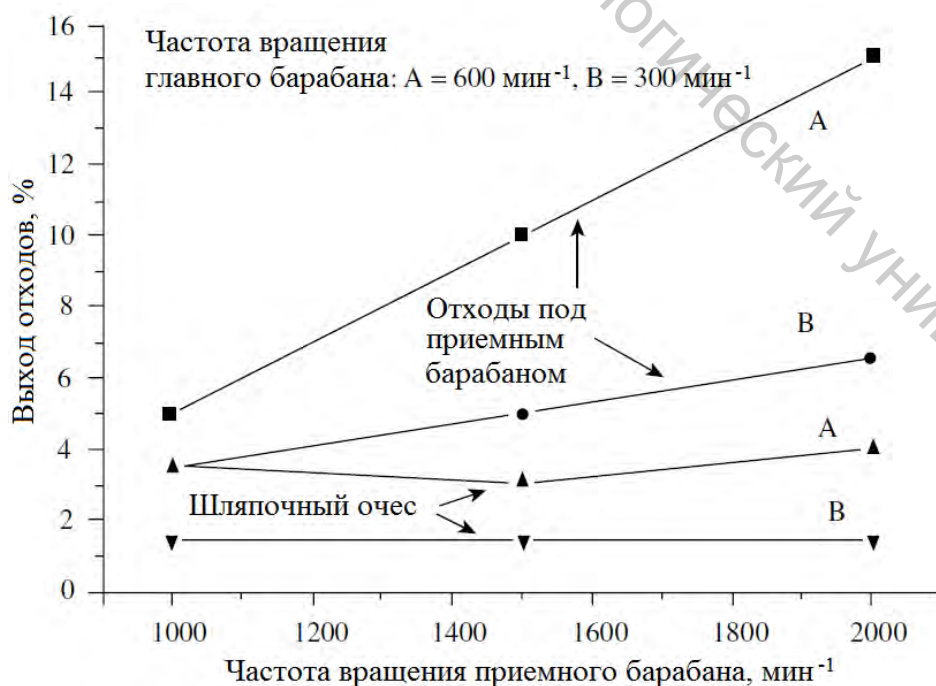


Рисунок 4.40 – Влияние режимов работы чесальной машины на выход отходов

На выход очесов оказывают влияние разводки в зоне главного барабана. Так, уменьшение разводки между главным барабаном и передним ножом приводит к снижению выхода очесов, но при этом уменьшается количество сорных примесей и пороков, выводимых шляпками из зоны чесания, то есть повышается засоренность прочеса.

Уменьшение разводки между главным барабаном и шляпками повышает интенсивность разработки клочков волокон, но не влияет существенно на изменение засоренности ленты.

На эффективность очистки оказывает влияние также скорость движения шляпочного полотна. На рисунке 4.41 представлены экспериментальные данные, полученные специалистами фирмы Rieter при испытаниях машины С70. Можно отметить, что с увеличением скорости шляпок увеличивается выход шляпочных очесов, но одновременно с этим существенно повышается выделение сорных примесей.

Рациональный скоростной режим должен выбираться в зависимости от засоренности и стоимости перерабатываемого сырья.



Рисунок 4.41 – Влияние скорости шляпок на количество и состав шляпочного очеса

Очистительный эффект современной чесальной машины достигает 95 %, что существенно превышает суммарный очистительный эффект предшествующих машин поточной линии (разрыхлительных и очистительных), составляющий около 65 %.

Если рассматривать зоны воздействия на волокно отдельно, то в литературе отмечается, что очистительный эффект в зоне воздействия приемного барабана на бородку составляет около 30 %, для неподвижных кардных элементов – также 30 %, в то время как зона «главный барабан – шляпки» характеризуется эффективностью очистки 90 %.

Повышение эффективности очистки достигается за счет повышения количества зубьев и игл, воздействующих на волокно, уменьшения развонок, повышения частоты вращения главного барабана при выполнении ограничений, накладываемых на параметры процесса из-за обрывности волокон.

Важной проблемой, решаемой при кардочесании, является снижение количества непсов в прочесе. Слово «непс» вошло в терминологию прядильного производства относительно недавно в связи с более широким применением зарубежных испытательных приборов, используемых для оценки качества сырья, полуфабрикатов и пряжи.

Несмотря на то, что чаще всего данное слово используется как синоним слова «узелок», фактически в английском языке слово «пер» имеет более широкое значение. В хлопковом волокне, поступающем в прядильное производство, а также в полуфабрикатах в качестве неспов рассматриваются не только узелки размером до 1 мм, состоящие из спутанных волокон, которые могут быть разъединены или не могут быть разъединены. Доля узелков в общем количестве неспов в хлопковом волокне составляет 25–30 %.

Неспами называют также фрагменты раздробленных хлопковых семян или кожицы семян с оставшимися после джинирования на их поверхности волокнами. В этом случае волокна не могут быть отделены в процессе очистки и кардочесания. Также к неспам относят и сорные примеси, спутанные с волокнами в процессе переработки.

Неспы всех видов, попадая в пряжу, оказываются на ее поверхности, что приводит к формированию коротких утолщений (до 4 мм), существенно превышающих по толщине средний диаметр пряжи. Данный вид дефекта также называют неспом.

Экспериментально установлено, что количество неспов в пряже в значительной степени определяется количеством неспов в прочесе (рисунок 4.42). С другой стороны, известно, что количество неспов при определенных условиях в прочесе может в процессе не снижаться, а повышаться.

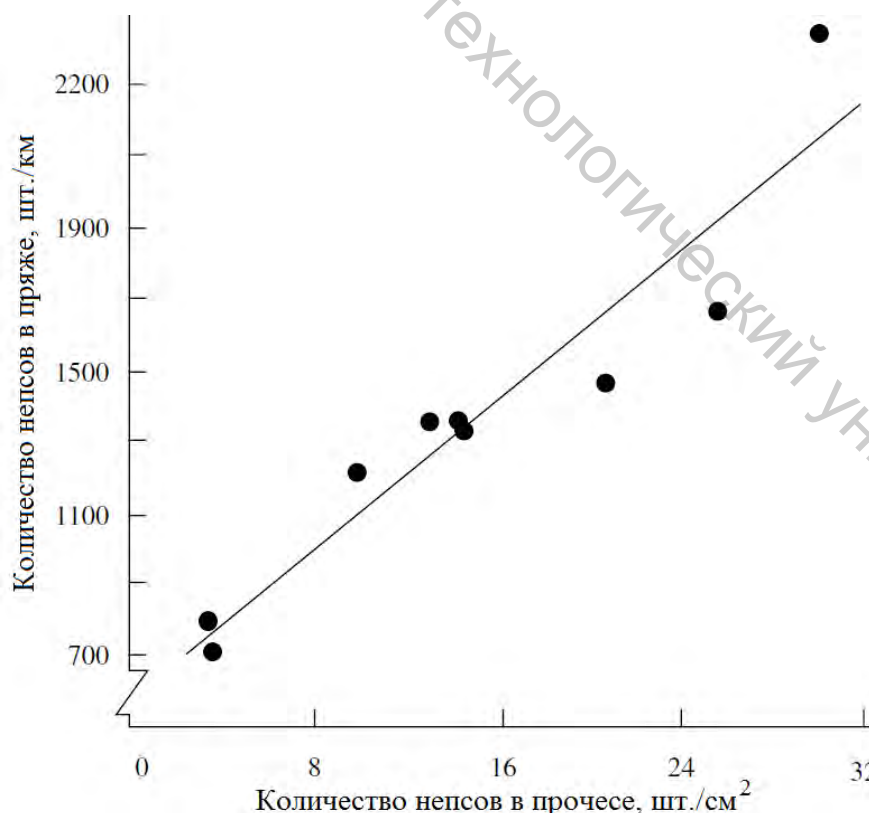


Рисунок 4.42 – Влияние количества неспов в прочесе на количество неспов в пряже

Рассмотрим параметры процесса кардочесания, оказывающие влияние на изменение количества непсов в прочесе и чесальной ленте.

1. **Производительность машины.** С повышением производительности чесальной машины увеличивается количество непсов в прочесе. Этот факт объясняется тем, что рост производительности сопровождается повышением загрузки главного барабана и, как следствие, приводит к снижению эффективности разъединения клочков, а также к повышению обрывности волокон в процессе кардочесания.

2. **Разводка между главным барабаном и шлямпами.** Как указывалось ранее, чем меньше разводка в зоне основного чесания, тем выше эффективность разъединения узелков, удаления сорных примесей в очес и ниже вероятность зажгучивания волокон с образованием новых непсов.

3. **Соотношение скоростей главного и съемного барабанов.** Чем ниже частота вращения съемного барабана, тем эффективнее разъединение клочков волокон в зоне его взаимодействия с главным барабаном. Следовательно, снижается и количество непсов в прочесе. Также данный эффект объясняется повышением коэффициента съема, что приводит к уменьшению загрузки главного барабана.

4. **Плотность гарнитуры.** Чем меньше зубьев располагается на единице площади кардной поверхности, тем выше вероятность того, что неспс погрузится в гарнитуру и не подвергнется кардочесанию со стороны зубьев (игл) взаимодействующей гарнитуры. Однако с увеличением плотности гарнитуры может повыситься обрывность волокон. В связи с этим определяется оптимальная плотность гарнитуры, обеспечивающая высокую эффективность удаления непсов при минимальной обрывности волокон.

5. **Состояние гарнитуры.** Несвоевременная заточка или замена гарнитуры является одной из главных причин повышения количества непсов в прочесе.

4.5.8 Распределение вытяжек на чесальной машине

Общая вытяжка на чесальной машине определяется по формуле

$$E = \frac{V_{ВЛ}}{V_{ПЦ}}, \quad (4.56)$$

где $V_{ВЛ}$ – окружная скорость валиков лентоукладчика, м/мин; $V_{ПЦ}$ – окружная скорость питающего цилиндра, м/мин.

Утонение волокнистого материала рассчитывается по формуле

$$U = \frac{T_{пит}}{T_L}, \quad (4.57)$$

где $T_{пит}$ – линейная плотность настила, ктекс; T_L – линейная плотность ленты, ктекс.

Так как при переработке поступающего в машину материала происходит выделение существенного количества отходов, то уравнение материального баланса можно записать в следующем виде:

$$T_{пит} \cdot V_{пц} \cdot \left(1 - \frac{y}{100}\right) = T_L \cdot V_{вл}, \quad (4.58)$$

где y – количество отходов, выделенных в камеры на машине, % от массы перерабатываемого волокнистого материала: на чесальных машинах разных типов в зависимости от качества сырья и требований, предъявляемых к качеству продукта, выделяют от 3,5 до 5,5 % отходов.

После преобразований выражения (4.57) получим, что вытяжка E и утонение U продукта связаны соотношением

$$U = E \cdot \frac{100}{100 - y} \quad (4.59)$$

или

$$E = U \cdot \frac{100 - y}{100}. \quad (4.60)$$

Следовательно, требуемая общая вытяжка на чесальной машине с учетом формулы (4.56)

$$E = \frac{T_{пит}}{T_L} \cdot \frac{100 - y}{100}. \quad (4.61)$$

Общая вытяжка на машине находится в пределах от 60 до 300 и складывается из следующих частных вытяжек:

- вытяжка между питающим цилиндром и приемным барабаном $E_1 = 500\text{--}3000$;
- вытяжка между приемным и главным барабанами $E_2 = 1,1\text{--}2,5$;
- вытяжка между главным и съёмным барабанами $E_3 = 0,05\text{--}0,1$;
- вытяжка между съёмным барабаном и валиками лентоукладчика $E_4 = 1,35\text{--}1,84$.

Данные значения являются ориентировочными. В случае установки на машине или на лентоукладчике вытяжного прибора величина E_4 увеличивается.

4.5.9 Система автоматического регулирования вытяжки на чесальных машинах

Как указывалось ранее, чесальная машина выравнивает ленту на коротких отрезках, но не уменьшает ее неровноту на длинных отрезках. Поэтому дальнейшее снижение неровноты ленты на длинных отрезках может быть решено при использовании авторегуляторов различного действия.

Чесальные машины, работающие в поточной линии, должны обязательно оснащаться системами автоматического регулирования вытяжки. Современные системы авторегулирования работают на основе практически одинаковых принципов. Линейная плотность выпускаемой ленты поддерживается на стабильном уровне от начала и до конца каждой партии благодаря автоматическому действию совершенной интегрированной системы управления самой машины и лентоукладчика. На рисунке 4.43 представлена система регулирования вытяжки на машине С60 фирмы Rieter.

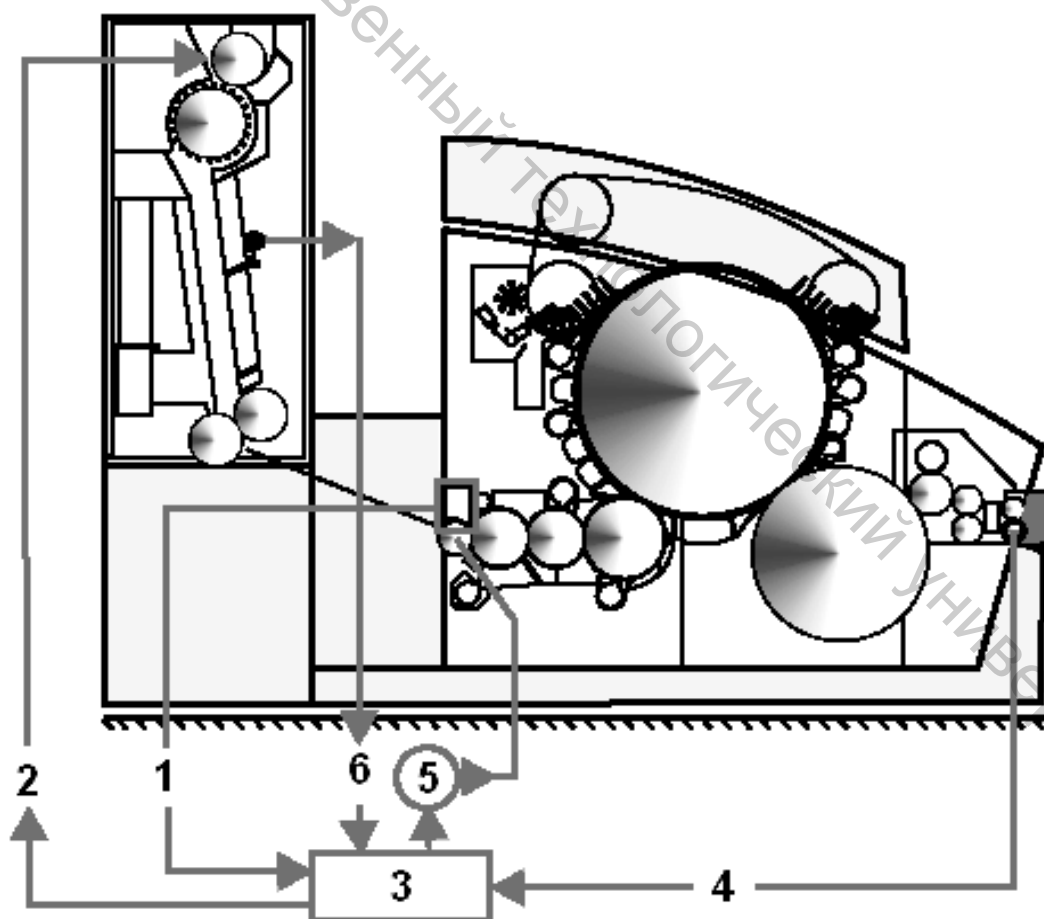


Рисунок 4.43 – Система авторегулирования вытяжки на машине С60

Система автоматического регулирования работает следующим образом. Сигнал 1 поступает от пружинных элементов, измеряющих

толщину слоя волокна на питающем цилиндре (регулирование на коротких отрезках). После обработки сигнала в преобразователе 3 с помощью регулируемых серводвигателей изменяется скорость подающего валика в верхнем бункере (сигнал 2) и питающего цилиндра (сигнал 5). От измерительной воронки в лентоформирующем устройстве, где измеряется толщина чесальной ленты и сравнивается с заданной, сигнал 4 подается после преобразователя 3 для изменения скорости питающего цилиндра (регулирование на длинных отрезках). Сигнал от подпружиненных элементов является более приоритетным по сравнению с сигналом авторегулятора от лентоформирующей воронки. При переполнении нижней шахты бункерного питателя от специального датчика сигнал 6 подается на изменение частоты вращения подающих валиков 2.

4.5.10 Отходы, выделяемые на чесальной машине

Чесальная машина выделяет от 3,5 до 8 % отходов в зависимости от состава перерабатываемой сортировки, скорости рабочих органов, воздушных потоков, типа гарнитур, системы очесывания, остроты гарнитуры и квалификации работницы. В отходах с чесальных машин, кроме сорных примесей, содержатся пряжковые волокна (длиной больше 15 мм), которые можно использовать в прядении.

Отходы, получаемые на чесальных машинах, разделяют на **обраты, возвратные отходы и невозвратные**.

Обраты представляют собой рвань холстов (на машинах с холстовым питанием) и рвань ленты, а также прочес, получаемый при обрыве ленты и прочеса и заправке машины. Обраты являются ценным сырьем и их, как правило, возвращают в свою сортировку.

К возвратным отходам относятся орешек из-под приемного, главного и съемного барабанов, шляпочные и барабанные очесы, пух с чистительного валика и подметь.

Невозвратные отходы представляют собой влагу и пыль, выделяемую в воздух при обработке волокнистого материала.

Орешек из-под приемного барабана состоит из остатков стеблей, листьев хлопчатника, раздробленных створок коробочек, жгутиков, незрелых волокон, комбинированных пороков волокна, земли и пр. Сорные примеси и пороки в орешке составляют от 50 до 60 %. Орешек, получаемый при переработке хлопка первых сортов, после предварительной очистки может быть использован в смеси с хлопком низких сортов для выработки пряжи большой линейной плотности.

Количество отходов под приемным барабаном регулируют, изменяя разводки между приемным барабаном и ножом, между приемным барабаном и решеткой.

Пух, выделяемый в зоне «главный барабан – шляпки», состоит из коротких волокон и незначительного количества в нем мелких сорных примесей. Количество пуха регулируют, изменяя разводки между главным барабаном и решеткой или между главным барабаном и зонами пневматической очистки. При выделении длинных волокон в зоне главного барабана следует уменьшать указанные разводки.

Шляпочный очес содержит примерно 90 % волокон, длина которых на 2 мм короче длины волокон в прочесе, мелкие цепкие сорные примеси и пороки – кожицу с волокном, жгутики, завитки, узелки и др. Количество шляпочного очеса регулируют, изменяя разводки между главным барабаном и другими рабочими органами.

Шляпочный очес после предварительной обработки можно использовать в сортировке для выработки пряжи большей линейной плотности или пониженной сортности. Шляпочный очес, получаемый при переработке хлопкового волокна высших сортов, можно использовать в смеси с хлопковым волокном первых сортов для выработки пряжи до 25 текс, а в смеси с волокном низких сортов – для выработки пряжи до 50 текс.

Подметь состоит из клочков холста (настила), ленты, прочеса и пуха, собираемых при чистке машины и подметании пола.

Мероприятия по уменьшению отходов должны быть направлены на снижение количества прядомых волокон в отходах. Необходимо стремиться, чтобы количество отходов не превышало плановых норм.

Чтобы следить за качеством и количеством отходов, выделяемых на всех машинах, необходимо принимать отходы индивидуально от каждого рабочего или с каждой машины. Каждый рабочий цеха должен знать, какое отрицательное действие оказывает увеличение отходов на стоимость продукции и какие причины влияют на увеличение отходов, мероприятия по их снижению.

Выход шляпочного очеса и отходов из-под приемного барабана проверяют ежемесячно на каждой машине. Выход всех отходов проверяют после каждого ремонта машины.

4.5.11 Оценка качества прочеса и чесальной ленты. Неполадки в работе чесальной машины

Качество прочеса или ватки, снимаемой со съемного барабана, является основным параметром работы чесальной машины. Хорошо налаженная машина с нормальными разводками и правильно выбранным режимом вырабатывает прочес, в котором равномерно распределены волокна по всей площади без сгущений, разрывов, сора и узелков. Следует отметить, что это обеспечивается питанием чесальной машины

волокнистым материалом с нормальной степенью разрыхления и очистки. Однако чесальная машина не может полностью устранить в продукте недостатки, связанные с неудовлетворительной работой разрыхлительного отдела.

Качество прочеса проверяют на каждой чесальной машине 2 раза в месяц по графику, а также после ремонта, выравнивания ими точки гарнитуры.

Качество прочеса определяется числом пороков, содержащихся в 1 г прочеса. Для этого прочес зажимают между двумя стеклами размером 20×30 см, обрезают по краям и подсчитывают число пороков, приходящихся на стекло. Прочес взвешивают и определяют среднюю массу прочеса, приходящуюся на одно стекло. Затем подсчитывают число пороков в 1 г прочеса.

Для определения числа узелков в прочесе может быть использован экспрессный способ. По этому способу прочес из 3 участков по ширине машины отбирают на пластину размером 85×175 мм, имеющую 32 круглых отверстия диаметром 0,98 см. Общая площадь отверстий – 100 см². Подсчитывают число отверстий, в которых есть пороки. После этого по таблице определяют число узелков в прочесе на 100 см². Таблица нанесена на пластину. Это позволяет помощнику мастера или лаборантке быстро определить число узелков в прочесе. На взятие пробы и подсчет числа узелков в прочесе затрачивают 20 с.

Для оценки числа узелков могут быть использованы современные приборы, например AFIS PRO и NepMeter NM100, выпускаемые фирмой Uster Technologies AG.

На чесальных машинах фирмы Trutzschler для обнаружения сора, кожицы с волокном и узелков в прочесе может использоваться система Nepcontrol непосредственно на работающей машине.

Плохой прочес на чесальной машине получается из-за плохого состояния гарнитуры рабочих органов, затупления зубьев гарнитуры, слишком больших разведок между приемным барабаном и питающим столиком, главным барабаном и шляпками, главным барабаном и съемным барабаном, при забивании пухом решетки под приемным и главным барабанами.

Узелки (непсы) в прочесе или ленте свидетельствуют об увеличенных разводках между главным барабаном и шляпками, а также между главным и съемным барабанами, о затуплении игл или неполном переходе волокна с приемного барабана на главный.

Неровный по густоте прочес получается в результате переработки неравномерного по линейной плотности настила, из-за недостаточной нагрузки на питающий цилиндр или его неравномерного движения, или неудовлетворительного состояния гарнитуры рабочих органов при скоплении пуха на решетке под главным барабаном и при увеличенной разводке между ними.

Рваные края прочеса могут возникать вследствие недостаточной ширины настила, испорченной гарнитуры по краям барабанов, накопления пуха у краев решетки под главным и приемным барабанами, неправильной установки этой решетки или из-за заусенцев на ней.

Толстые и тонкие участки в ленте образуются при задирах настила, а также при чрезмерно большой вытяжке между плющильными валиками и валиками лентоукладчика. Толстые и грязные места в ленте возможны из-за неправильного присучивания концов ленты и при работе грязными руками.

Линейную плотность и неровноту чесальной ленты проверяют на каждой чесальной машине через 10 дней. Таз с чесальной лентой берут с машины через 1 ч после очесывания. Кроме того, качество ленты оценивают, сравнивая ее фактическую линейную плотность с номинальной (по плану прядения) при перезаправке и проверке плана прядения.

Для определения линейной плотности чесальной ленты на мотовиле отматывают 10 отрезков по 5 м и затем каждую пробу взвешивают на квадранте или электронных весах. Затем определяют среднюю линейную плотность ленты, значение которой должно находиться в пределах допускаемого картой технологического процесса диапазона.

Неровнота чесальной ленты по массе длинных отрезков для получения пряжи требуемого качества не должна превышать значений, указываемых в карте технологического процесса.

При использовании для оценки качества ленты приборов Uster Tester оценку качества ленты можно проводить по номограммам Uster Statistics (рисунок 4.44).

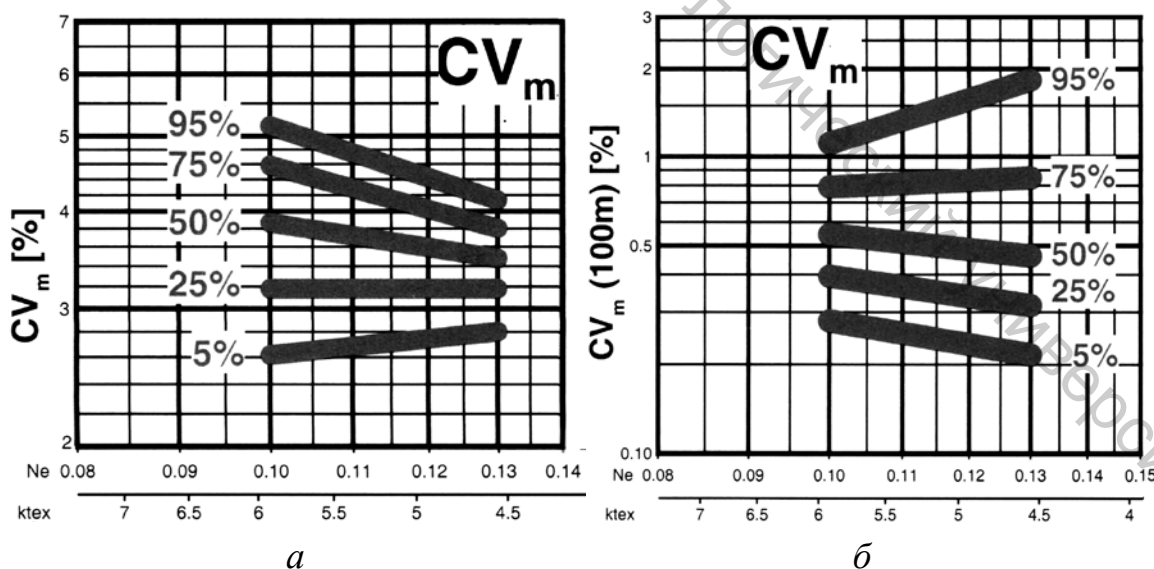


Рисунок 4.44 – Номограмма Uster Statistics для оценки неровноты по линейной плотности хлопчатобумажной чесальной ленты:

а – на коротких отрезках; б – на отрезках длиной 100 м

4.5.12 Производительность чесальной машины

Теоретическая производительность чесальной машины, кг/ч, рассчитывается по формуле

$$P_T = \frac{T_L \cdot V_{ВЛ} \cdot 60}{10^3}, \quad (4.62)$$

где $V_{ВЛ}$ – окружная скорость валиков лентоукладчика, м/мин; T_L – линейная плотность ленты, ктекс.

$$H = P_T \cdot K_{ПВ}, \quad (4.63)$$

где P_T – теоретическая производительность чесальной машины, кг/ч; $K_{ПВ}$ – коэффициент полезного времени чесальной машины, $K_{ПВ} = 0,90–0,96$.

Плановая производительность чесальной машины, кг/ч:

$$P_{пл} = H \cdot K_{РО} = P_T \cdot K_{ИМ}, \quad (4.64)$$

где $K_{РО}$ – коэффициент работающего оборудования; $K_{ИМ}$ – коэффициент использования машины, $K_{ИМ} = K_{ПВ} \cdot K_{РО}$.

Коэффициент работающего оборудования для чесальных машин находится в диапазоне 0,9–0,96.

Время наполнения таза лентой, мин:

$$t_T = \frac{M_L \cdot 60}{P_T \cdot K_{ПВ}}, \quad (4.65)$$

где M_L – масса ленты в тазу, кг.

4.6 Валичные чесальные машины и аппараты в системах прядения шерсти

4.6.1 Особенности конструкции валичных чесальных машин и аппаратов

Для осуществления процесса кардочесания в аппаратной системе прядения шерсти применяют чесальные аппараты, а в гребенной (полугребенной) – чесальные машины.

На чесальном аппарате, как и на чесальной машине, осуществляются процессы кардочесания, то есть разъединение спутанных волокон, выделение примесей и коротких волокон, частичное распрямление волокон и их отдельных участков; смешивание и выравнивание потока волокон, но из полученного прочеса не формируется лента, а происходит утонение потока методом продольного деления ватки прочеса; упрочнение методом сучения; наматывание ровницы на бобины.

Для переработки шерсти и ее смесей с химическими волокнами ранее выпускались аппараты двух типов:

- 1) для переработки смесей из тонкой и полутонкой шерсти рекомендовалось использовать трехпрочесные аппараты, которые имеют три валичные чесальные машины с одним съемным барабаном на каждой;
- 2) для переработки смесей из полугрубой и грубой шерсти использовались двухпрочесные аппараты, имеющие две валичные чесальные машины с двумя или одним съемным барабаном каждая.

Технологическая схема двухпрочесного аппарата представлена на рисунке 4.45.

В состав двухпрочесного чесального аппарата для получения ровницы входят следующие машины:

- 1) питатель-самовес;
- 2) предварительный прочесыватель (предпрочес);
- 3) первый основной прочесыватель (первый прочес);
- 4) лентообразователь;
- 5) лентоукладчик;
- 6) второй основной прочесыватель (второй прочес);
- 7) ровничная каретка.

В настоящее время ведущие фирмы-производители чесального оборудования, используемого в шерстопрядении, такие как Autefa, Bonino, Cormatex, выпускают широкий ассортимент чесальных аппаратов, количество прочесов которых зависит от вида перерабатываемого сырья и назначения пряжи.

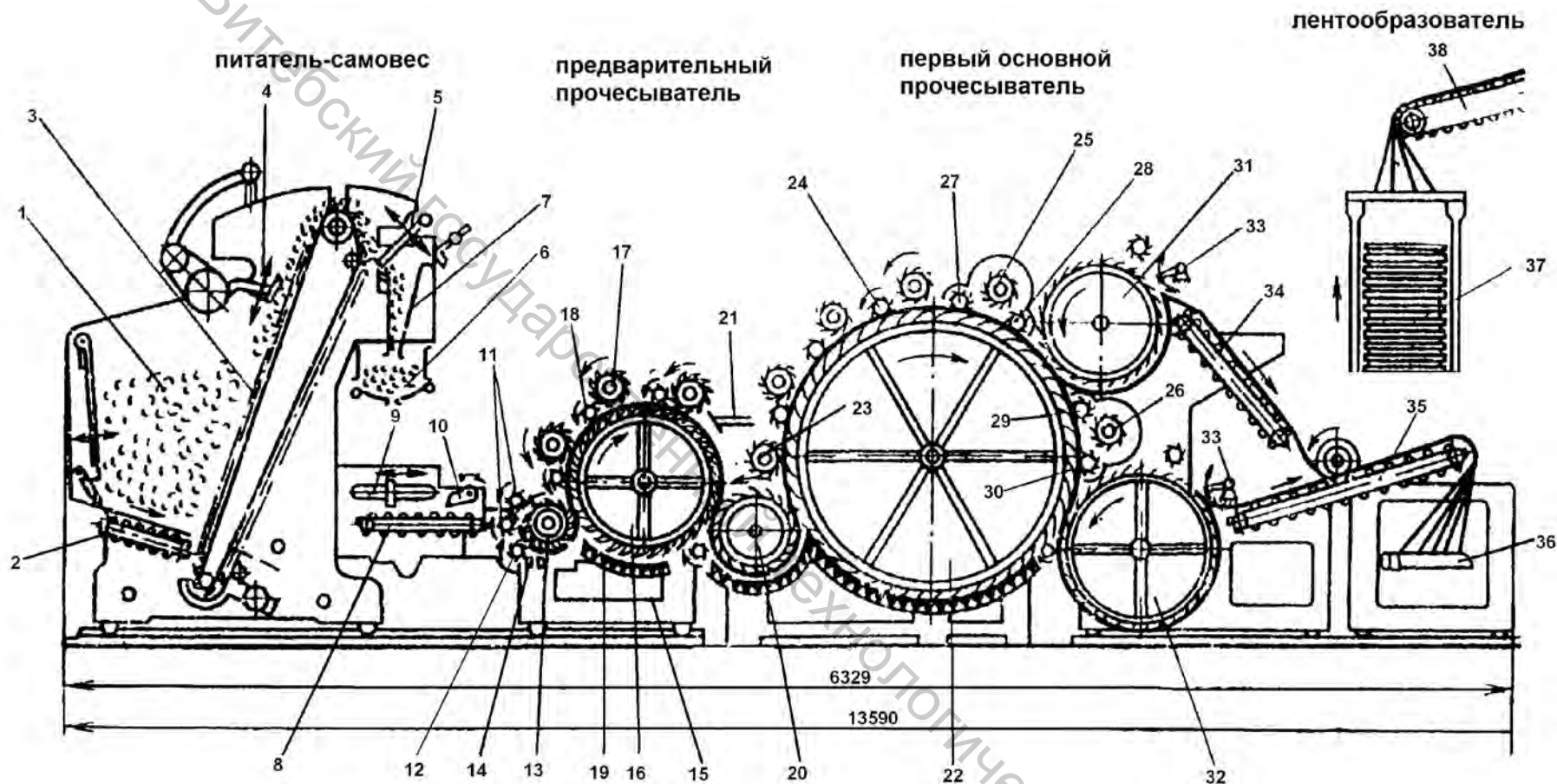


Рисунок 4.45 – Технологическая схема двухпрочесного аппарата:

- 1 – бункер питателя; 2 – горизонтальная игольчатая решетка; 3 – вертикальная игольчатая решетка; 4 – разравнивающий гребень; 5 – съемный гребень; 6 – чаша питателя; 7 – заслонка в чаше; 8 – питающая решетка; 9 – уплотняющая доска; 10 – качающийся угольник; 11 – питающая пара цилиндров; 12 – чистильный валик; 13 – приемный барабан; 14 – сороотбойный нож; 15 – поддон; 16 – барабан предпрочеса; 17 и 23 – рабочий валик; 18 и 24 – съемный валик; 19 – колосниковая решетка; 20 – перегонный валик; 21 – сорная полочка; 22 – главный барабан; 25 и 26 – бегуны; 27 и 29 – надбегунники; 28 и 30 – подбегунник; 31 и 32 – съемные барабаны; 33 – съемный гребень; 34 и 35 – приемная решетка; 36, 37 и 38 – решетки лентообразователя; 39 – решетки лентораскладчика

Продолжение рисунка 4.45

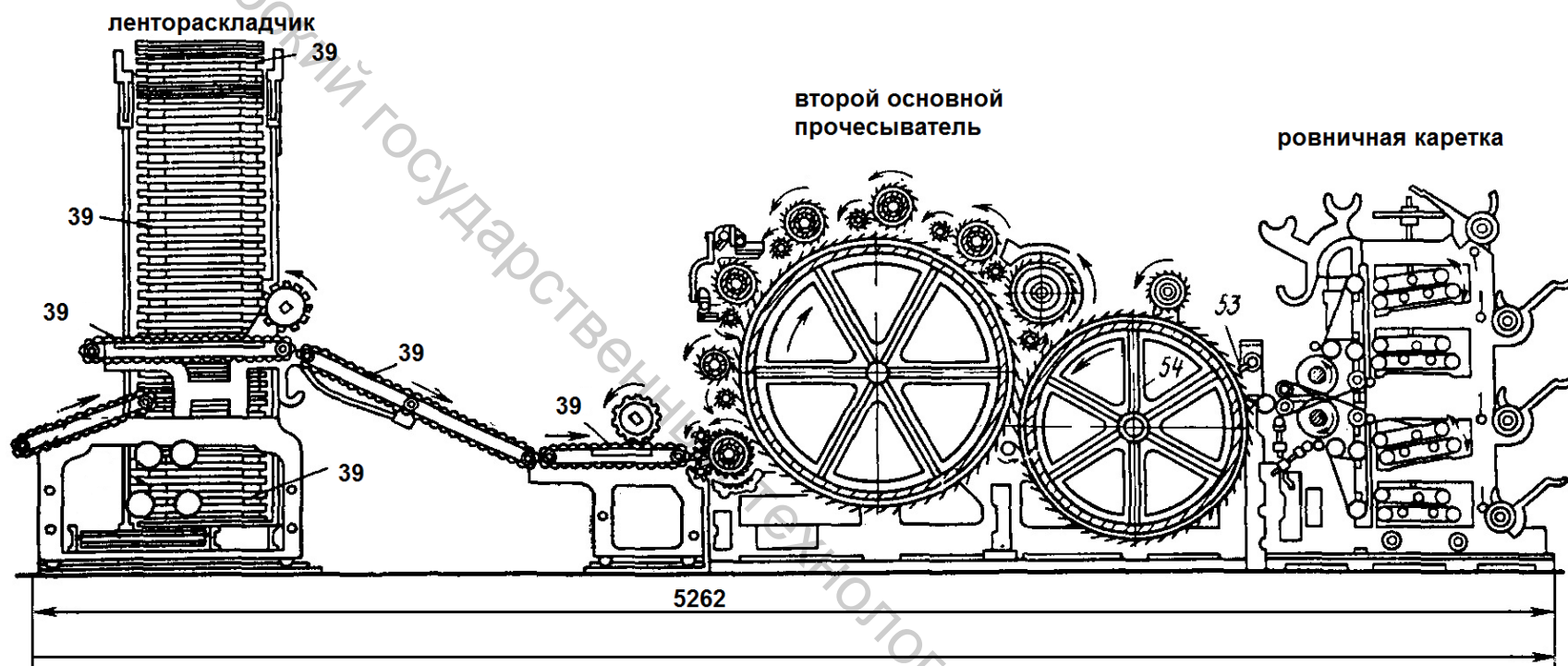


Рисунок 4.45 – Технологическая схема двухпрочесного аппарата

Анализируя представленные на рисунке 4.46 компоновки чесальных аппаратов Oetir фирмы Autefa, можно отметить, что для выработки пряжи, предназначенной для коврового производства, и в настоящее время рекомендуется использовать двухпрочесный аппарат с одним съемным барабаном, а для переработки натуральной шерсти при производстве пряжи для изготовления широкого ассортимента тканей – трехпрочесный аппарат.

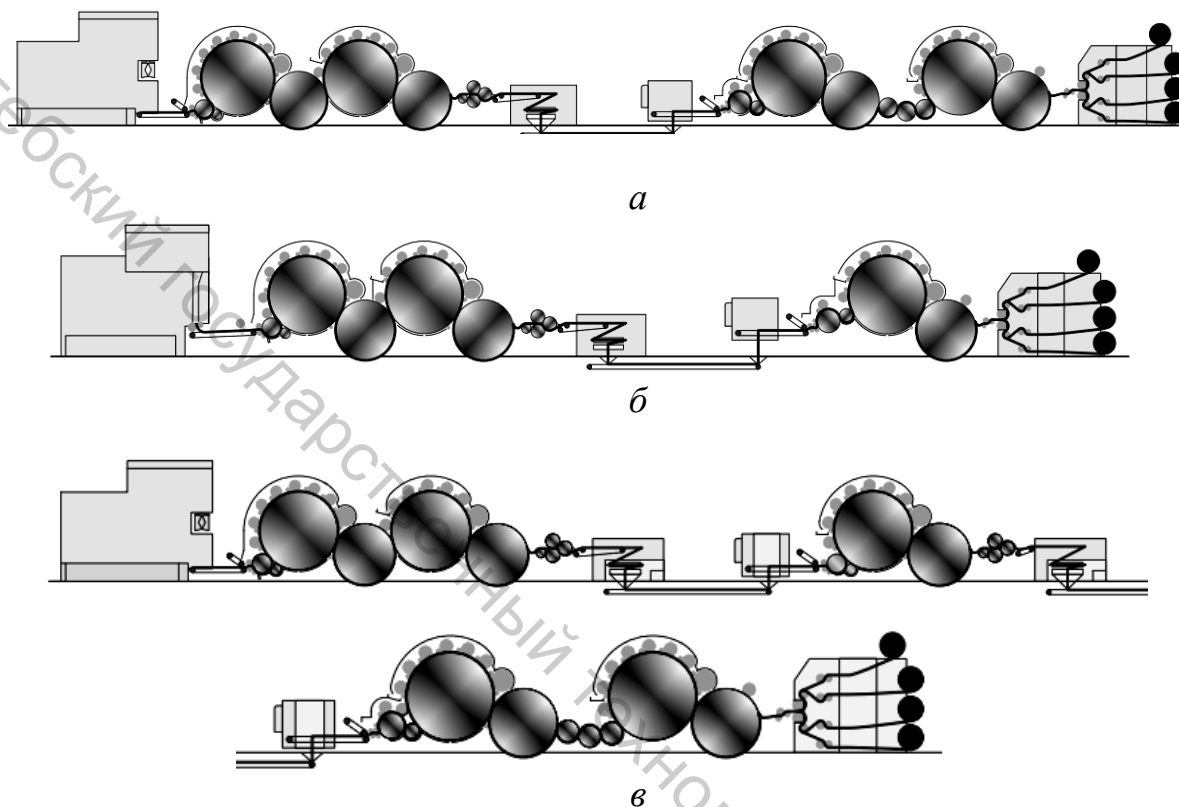


Рисунок 4.46 – Схемы чесальных аппаратов Oetir (Autefa):

- а – для выпуска чистошерстяной пряжи;
- б – для выпуска пряжи для коврового производства;
- в – для выпуска пряжи с вложением регенерированных волокон

Для переработки смесей с высоким содержанием регенерированных волокон из отходов текстильного и швейного производства рекомендуется использовать четырехпрочесные аппараты. В настоящее время данный ассортимент продукции составляет существенную долю всего выпуска пряжи по аппаратной системе прядения. Кроме того, в ряде случаев могут быть использованы и пятипрочесные аппараты.

Кроме вариантов с разным количеством прочесывателей фирмы-производители чесальных аппаратов (Autefa, Bonino, Cormatex, Befama) в настоящее время предлагают различные типоразмеры основных рабочих органов поставляемого оборудования. В зависимости от планируемой производительности аппаратов, площадей, на которых они могут размещаться, а также ограниченности бюджета прядильная фабрика может выбрать оборудование с рабочей шириной от 1000 до 3500 мм.

От рабочей ширины зависит не только производительность аппарата, но и количество одновременно выпускаемых ровничных нитей.

Диаметр главного барабана может варьироваться в диапазоне от 1270 до 2000 мм, а в некоторых случаях и более. В зависимости от диаметра главного барабана в зоне основного чесания может быть установлено от 6 до 8 рабочих пар. При этом размеры рабочих и съемных валиков рабочей пары также могут быть различными. Так, например, на аппаратах Ostir фирмы Autefa устанавливаются рабочие валики диаметром 245 или 302, а съемные валики диаметром 103 или 119. На аппаратах AFP50 фирмы Cormatex диапазон диаметров рабочих валиков составляет 210–240 мм, а съемных валиков – 80–102 мм.

В состав современной чесальной машины гребенной системы прядения шерсти и ее смесей с химическими волокнами обычно входят: предварительный прочесыватель, два обезрепеивающих устройства, основной прочесыватель (с 1 или 2 съемными барабанами). Питание машины осуществляется с помощью питателя-самовеса или бункерного питателя. Укладка полученной ленты лентоукладчиком в таз (или используется клубочный механизм). Передача волокнистого материала между прочесывателями происходит по всей рабочей ширине с помощью перегонных (передающих) барабанов или валиков, поэтому в гребенной системе прядения говорят о чесальной машине, а не аппарате.

Технологическая схема чесальной машины гребенной системы прядения (фирма N. Schlumberger модель 302) представлена на рисунке 4.47.

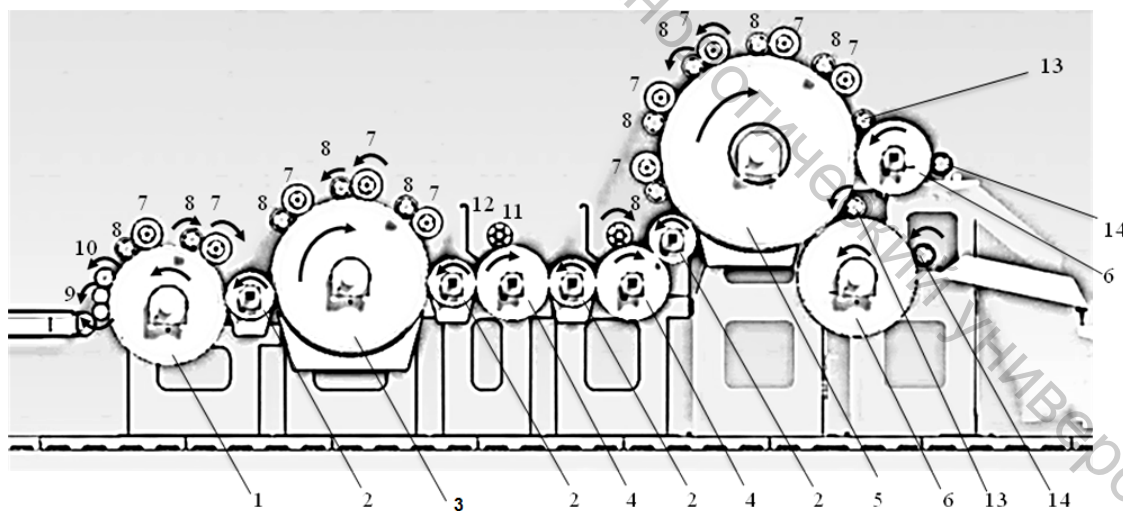


Рисунок 4.47 – Технологическая схема чесальной машины гребенной системы прядения шерсти и ее смесей:

- 1 – приемный барабан; 2 – передающий барабан; 3 – барабан предварительного прочесывателя; 4 – репьеудаляющий барабан устройства системы Мореля;
- 5 – главный барабан основного прочесывателя; 6 – съемный барабан; 7 – рабочий валик; 8 – съемный валик, 9 – питающая пара; 10 – чистильный валик;
- 11 и 12 – отбойный валик и сорная полочка устройства системы Мореля соответственно; 13 – чистильные валики (бегуны); 14 – съемный валик

Фирма N. Schlumberger выпускает чесальные машины модели 302 с рабочей шириной до 3500 мм. На рисунке 4.48 представлена чесальная машина фирмы N. Schlumberger с питателем и лентоукладчиком.



Рисунок 4.48 – Чесальная машина фирмы N. Schlumberger модели 302 с питателем и лентоукладчиком

В гребенной системе прядения сильно засоренная шерсть часто является основным компонентом смеси. Очистку такого компонента от репья и посторонних растительных примесей наиболее целесообразно осуществлять на чесальных машинах путем установки специальных приспособлений или устройств системы Мореля. В процессе чесания на чесальных машинах гребенной системы прядения необходимо добиваться максимальной сохранности волокон. Этому должны способствовать конструкция машины и выбираемые параметры технологического процесса. Уменьшение длины волокон и их повреждение в процессе чесания на чесальных машинах гребенной системы прядения увеличивает содержание коротких волокон в чесальной ленте, следовательно, повышает выход гребенного очеса и уменьшает выход пряжи из смеси.

Чесальные машины гребенной системы прядения должны быть оснащены специальными устройствами для эффективного обезрепсивания волокнистого материала; последующий процесс гребнечесания завершает очистку его от растительных примесей.

Пряжа, получаемая по полугребенной системе прядения, применяется для производства ковровых и трикотажных изделий. Для ее производства не применяется процесс гребнечесания. Полугребенная пряжа менее ровная, чем гребенная, более пушистая, имеет небольшую засоренность. В сравнении с аппаратной пряжей полугребенная более прочная и ровная. Для производства чесальной ленты для такой пряжи применяют чесальные машины с менее интенсивной обработкой волокон.

В состав чесальной машины полугребенной системы прядения шерсти и ее смесей с химическими волокнами обычно входят: предварительный прочесыватель, основной прочесыватель (с 1 или 2 съемными барабанами). Технологическая схема чесальной машины полугребенной системы прядения представлена на рисунке 4.49.

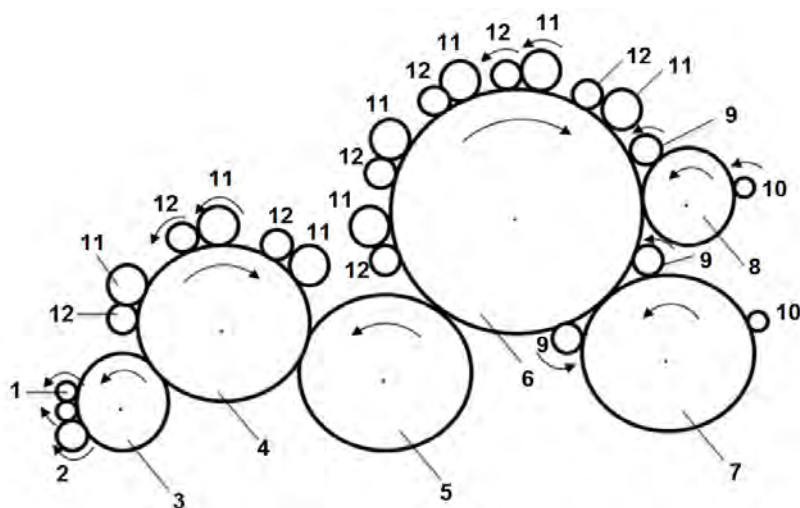


Рисунок 4.49 – Технологическая схема чесальной машины полутребенной системы прядения шерсти и ее смесей:

1 – питающая пара; 2 – чистильный валик; 3 – приемный барабан;
 4 – главный барабан предварительного прочесывателя; 5 – передающий барабан;
 6 – главный барабан основного прочесывателя; 7 и 8 – нижний и верхний съемные барабаны, соответственно; 9 – чистильный валик (бегун); 10 – съемный валик;
 11 – рабочий валик; 12 – съемный валик

4.6.2 Работа питателей-самовесов

Питатель-самовес служит для автоматического отвешивания порций смеси и подачи их через равные интервалы времени на питающую решетку предпрочеса.

Технологическая схема бункера чесального аппарата с питателем-самовесом изображена на рисунке 4.50. Питатель-самовес служит для автоматического отвешивания порций смеси и подачи их через равные интервалы времени на питающую решетку предпрочеса.

Работа самовеса осуществляется периодически.

Первый период – питание. Игольчатая решетка 3 захватывает волокна из бункера 1. Разравнивающий гребень 4 сбивает излишки, а съемный гребень 5 сбрасывает волокна в чашу 6. Чаша располагается на коромысле весов, на другом конце которого располагаются грузы для установки заданной массы смеси в чаше. После заполнения чаши она опускается, игольчатая решетка 2 останавливается, и чаша сверху закрывается заслонкой 7.

Продолжительность питания зависит от ряда факторов: степени разрыхленности смеси, скорости игольчатой решетки, высоты наполнения камеры волокном и др. Продолжительность этого периода неодинакова в каждом цикле.

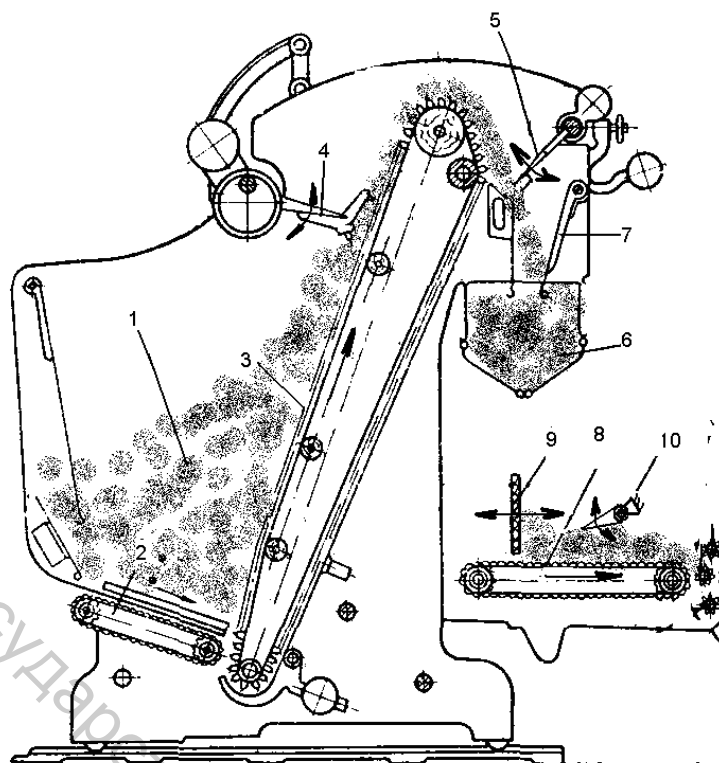


Рисунок 4.50 – Технологическая схема бункера чесального аппарата с питателем-самовесом

Второй период – выстой (резервная часть времени питания). Вистой продолжается с момента закрытия заслонки до момента раскрытия нижних створок чаши, игольчатая решетка останавливается.

Чаша весов раскрывается через равные интервалы времени независимо от продолжительности периода питания

$$t_{\Pi} + t_B = \text{const}, \quad (4.66)$$

где t_{Π} – продолжительность первого периода (питания); t_B – продолжительность второго периода (выстоя).

Если скорость заполнения чаши питателя снижается, то t_{Π} увеличивается, а t_B уменьшается, и наоборот.

Благодаря выстою весовая чаша к моменту выбрасывания порции всегда успеет наполниться до заданной массы.

Третий период – раскрытие створок чаши и выброс взвешенной порции смеси на питающую решетку 8.

Четвертый период – закрытие створок чаши весов, подъем ее вверх под действием грузов, включение игольчатой решетки и открытие чаши.

Все четыре периода составляют один цикл работы самовеса, в течение которого взвешивается и выбрасывается на питающую решетку одна порция смеси. Сброшенная порция придвигается уплотняющей до-

ской 9 к образованному ранее слою и уплотняется качающимся угольником 10.

Количество смеси, г, подаваемой для чесания в машину за 1 мин

$$Q = M \cdot k, \quad (4.67)$$

где M – масса броска, г; k – число бросков в 1 мин.

От массы порции (броска) и количества бросков в 1 мин зависит линейная плотность ровницы, загрузка волокном рабочих органов чесальной машины и, следовательно, качество прочеса и производительность чесального аппарата.

4.6.3 Работа предварительных прочесывателей чесальных аппаратов и машин

Назначение предварительного прочесывателя – проделать основную работу по разрыхлению крупных и запутанных клочков смеси на более мелкие и менее запутанные клочки и превратить их в несколько распрямленные пучки, перемещать клочки и пучки волокон и очистить их от сорных примесей.

Рассмотрим работу предварительного прочесывателя, входящего в состав чесального аппарата. Питающая решетка 8 подает слой волокон к питающей паре 11 (рисунки 4.45 и 4.51).

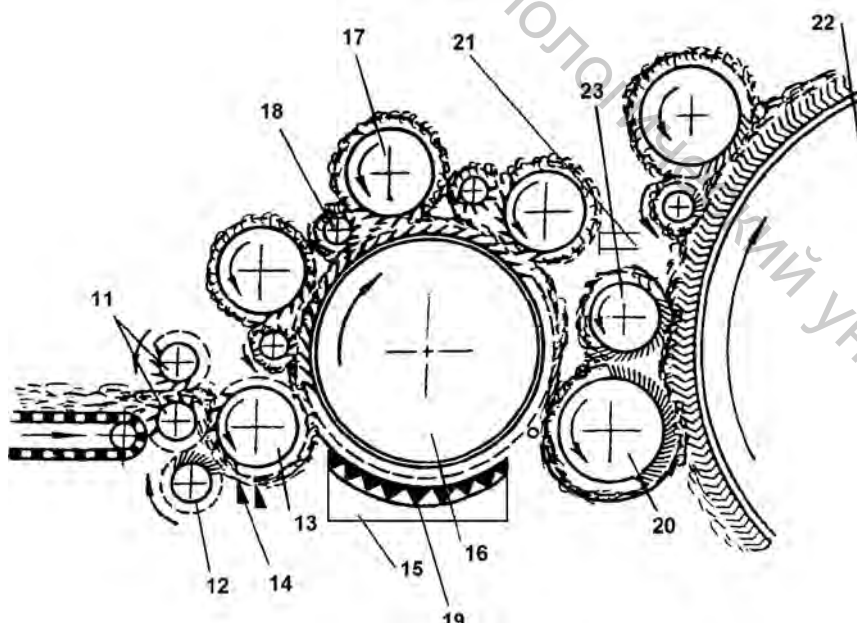


Рисунок 4.51 – Схема предварительного прочесывателя:

- 11 – питающая пара цилиндров; 12 – чистильный валик;
13 – приемный барабан; 14 – сороотбойные ножи; 15 – поддон; 16 – барабан предпрочеса; 17 – рабочий валик; 18 – съемный валик; 19 – колосниковая решетка;
20 – перегонный валик; 21 – сорная полочка; 22 – главный барабан

Броски продвигаются друг к другу уплотняющей доской 9, имеющей возвратно-поступательное движение. Качающийся уголок 10 уплотняет слой, чтобы он не был выше верхнего питающего валика.

Гарнитура у рабочих органов предпрочеса чесальных аппаратов и машин – пильчатая. Гарнитура питающих валиков направлена в сторону, противоположную вращению, что обеспечивает прочный захват продукта и тщательное разделение клочков при воздействии приемного барабана 13.

На некоторых чесальных аппаратах установлены две пары питающих валиков, благодаря чему не только усиливается зажим волокон между валиками, но волокна несколько распрямляются и их обрывность при взаимодействии с приемным барабаном несколько уменьшается.

Окружная скорость приемного барабана примерно в 100 раз больше, чем у питающих валиков, поэтому в зоне «питающие валики – приемный барабан» происходит чесание и волокнистый слой толщиной примерно в 100 раз меньше, чем на питающей решетке, поступает на барабан предпрочеса 16. Дальнейшее чесание происходит при взаимодействии барабана 16 с рабочими парами: рабочим валиком 17 и съемным валиком 18. В зоне зубья рабочего валика и барабана расположены параллельно, скорость барабана значительно больше, поэтому происходит чесание. Съемный валик снимает волокна с рабочего валика, перешедшие на него при чесании, за счет перекрестного расположения гарнитур. Затем съемный валик передает волокно барабану. При передаче волокон главному барабану происходит интенсивное перемешивание волокон. Для очистки волокон от сорных примесей служит сороотбойный нож 14 и для поддержания волокон – поддон 15 и поддерживающая колосниковая решетка 19.

Особенностью конструкции предпрочеса чесальной машины гребенной системы прядения является то, что узел приемного барабана может быть усилен рабочими парами над его поверхностью (рисунок 4.47) или рабочими парами и отбойным валиком с сорной полочкой.

4.6.4 Работа обезрепеивающих устройств чесальных машин

Очищающая способность современных чесальных машин значительно усиливается благодаря установке после предпрочеса двух обезрепеивающих устройств системы Мореля (рисунок 4.52). У этих устройств репьеудаляющие барабаны обтягивают специальной трапецидальной пильчатой лентой. Благодаря очень большой плотности зубьев на поверхностях репьеудаляющих барабанов происходит очень тщательная очистка волокнистого материала, так как даже очень мелкие части репья и сора не могут проникнуть в междурядья зубьев и остаются

на поверхности гарнитуры и при подходе к отбойному валу удаляются.

Окружная скорость репьеудаляющих барабанов превышает скорость щеток (перегонных валиков), передающих волокнистый материал соответствующему репьеудаляющему барабану 1,2–1,9 раза.

Это опережение увеличивается от 1-го ко 2-му устройству системы Мореля. Быстровращающийся отбойный валик, расположенный над репьеудаляющим барабаном, снабжен билами (рифлями), которые отбивают на сорную полочку репей и сор, оказавшийся на поверхности репьеудаляющего барабана.

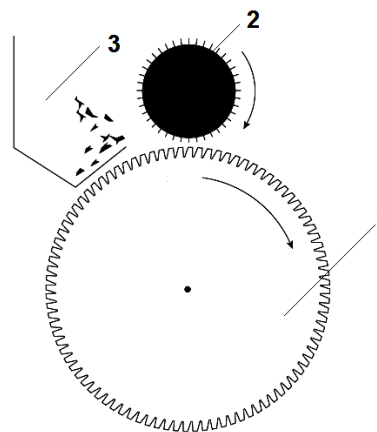


Рисунок 4.52 – Обезрепеивающее устройство системы Мореля:

- 1 – репьеудаляющий барабан;
- 2 – отбойный валик;
- 3 – сорная полочка

4.6.5 Работа основных прочесывателей

Назначение основных прочесывателей чесальных аппаратов и машин – чесание волокнистого материала, в результате чего происходит интенсивное разделение крупных пучков на более мелкие и на отдельные волокна, а также некоторая параллелизация пучков и волокон; перемешивание пучков и волокон, в результате чего происходит смешивание их по составу и выравнивание выходящего из машины продукта по массе; очистка волокнистого материала от сорных примесей и коротких волокон. Основные прочесыватели можно рассматривать как различные чесальные машины. Гарнитура, покрывающая рабочие органы машины, – игольчатая эластичная.

Рассмотрим работу предварительного прочесывателя, входящего в состав чесального аппарата. Волокна поступают на главный барабан 22 основного прочеса с барабана 16 предпрочеса с помощью перегонного валика 20 с игольчатой гарнитурой (рисунок 4.45).

Над главным барабаном установлены 4 рабочие пары, причем в первой паре роль съемного валика выполняет перегонный 20, то есть он снимает волокна с рабочего валика 23 и с барабана предпрочеса.

Сорная полочка 21 установлена у второй рабочей пары. Волокна, переходя с рабочего валика на съемный, образуют более разреженный слой.

При разрезании отделяются сорные примеси и благодаря центробежной силе выпадают на полочку, где скребком удаляются.

На рисунке 4.53 показано взаимодействие главного барабана с рабочей парой. Волокна подносятся главным барабаном 1 к рабочему валлику 3.

Благодаря параллельному расположению гарнитур и меньшей скорости рабочего валика происходит чесание. При разъединении пучка волокон часть из них остается на поверхности рабочего валика. При взаимодействии рабочего валика 3 со съемным валиком 2 происходит полный переход волокон на съемный валик и чесание задних концов длинных волокон, так как окружная скорость съемного валика V_C больше скорости рабочего валика V_P , разводка между валиками небольшая и расположение гарнитур перекрестное.

Съемный валик взаимодействует с главным барабаном и передает волокна на главный барабан, так как расположение зубьев гарнитуры перекрестное, малая разводка и скорость главного барабана V_T больше скорости съемного валика V_C (рисунок 4.54).

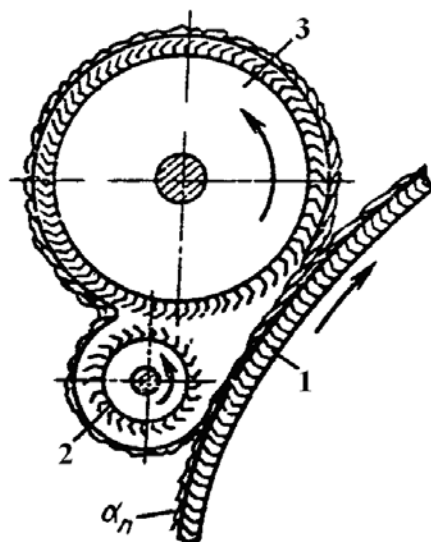


Рисунок 4.53 – Схема взаимодействия рабочей пары и главного барабана с волокнистым материалом

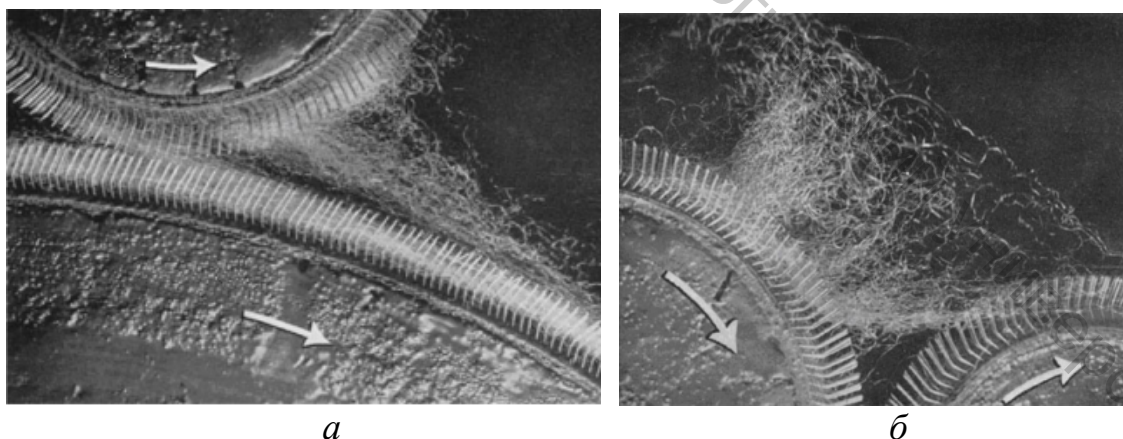


Рисунок 4.54 – Переход волокон:
а – с главного барабана на рабочий валик;
б – с рабочего валика на съемный валик

Очевидно, что кроме чесания в зоне рабочей пары происходит и процесс смешивания волокон на поверхности главного барабана.

Особенностью игольчатой гарнитуры, используемой для обтягивания рабочих органов основных прочесывателей, является то, что она в отличие от жесткой гарнитуры достаточно быстро заполняется волокнами, которые под давлением вновь поступающих волокон постепенно оседают в гарнитуре, образуя *сдир*.

Сдир не участвует в чесании. Его необходимо извлекать, так как увеличение сдира приводит к ухудшению протекания процесса чесания. Сдир удаляют при чистке аппарата с определенной периодичностью, например, 1 раз в сутки. Для уменьшения загрузки барабана сдиром и остаточным слоем служат бегуны 25, 26 (рисунки 4.45 и 4.55). Иглы бегуна гибкие, длинные и входят в гарнитуру главного барабана. Вращаясь быстрее главного барабана, бегун сдвигает волокна из глубины гарнитуры, что способствует переходу их на съемный барабан.



Рисунок 4.55 – Взаимодействие бегуна с главным барабаном

Надбегунники 27, 29, подбегунники 28, 30 очищают бегун от случайно приставших к нему волокон и передают их главному барабану.

Прочесанный волокнистый слой поступает к съемному барабану 31 (рисунок 4.45). Съемный барабан вращается медленнее, чем главный. Гарнитура между главным и съемным барабанами – параллельная (взаимодействие такое же, как у рабочего валика с главным барабаном). Происходит дополнительное чесание. При переходе на съемный барабан волокнистый слой сгущается, происходит смешивание. Оставшийся остаточный слой возвращается после взаимодействия со вторым съемным барабаном к узлу питания, соединяется с вновь поступившим волокном (происходит смешивание) и вновь подвергается чесанию рабочими парами. Благодаря остаточной загрузке, которая примерно в 12 раз превышает загрузку от питания, происходит выравнивание волокнистого потока. Со съемного барабана волокна в виде тонкой ватки снимаются быстро качающимся съемным гребнем 33 и подаются на приемную решетку.

На рисунке 4.56 изображена валичная чесальная машина с одним съёмным барабаном, входящая в состав трехпрочесного чесального аппарата.

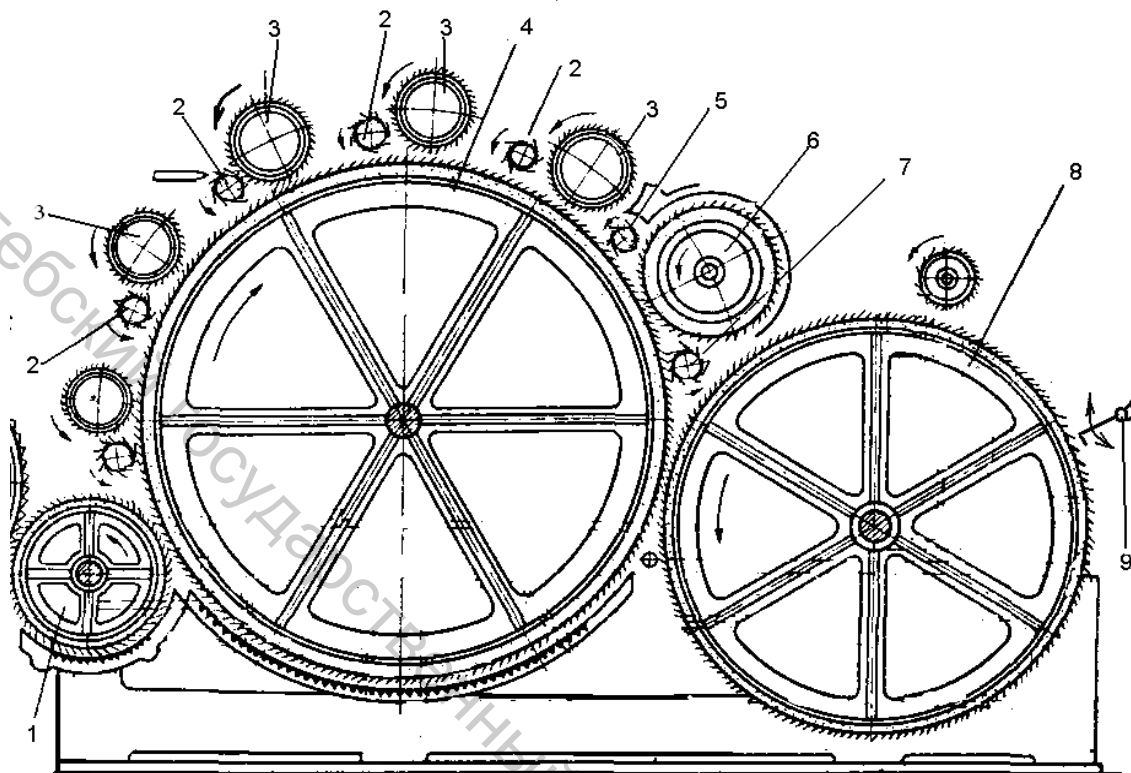


Рисунок 4.56 – Валичная чесальная машина

Волокна перегонным валиком 1 передаются на главный барабан валичной чесальной машины. В зоне основного чесания над главным барабаном 4 расположено пять рабочих пар, состоящих из рабочего 2 и съёмного 3 валиков. С главным барабаном взаимодействует бегун 6 с надбегунником 5 и подбегунником 7, а также съёмный барабан 8. Со съёмного барабана прочес снимается качающимся гребнем 9. На более современных чесальных машинах со съёмного барабана прочес снимается съёмным валиком.

Отличия каждого последующего основного прочесывателя от предыдущего:

- номер гарнитуры рабочих органов выше (то есть иглы тоньше и располагаются чаще);
- частота вращения рабочих валиков меньше;
- частота вращения главного барабана больше;
- разводки между рабочими органами меньше.

4.6.6 Оценка интенсивности чесания, эффективности смешивания и выравнивания слоя на валичной чесальной машине

С учетом особенностей конструкции зон основного чесания валичных чесальных аппаратов и машин для оценки интенсивности и эффективности процессов предлагается использовать показатели, отличающиеся от критериев, применяемых при анализе работы шляпочных чесальных машин.

Важной характеристикой, оказывающей влияние на эффективность смешивания, является **прочесное число**, которое определяется как соотношение окружных скоростей главного барабана и рабочего валика (V_B / V_P).

С увеличением прочесного числа повышается эффективность выравнивания по линейной плотности и смешивания волокон. Это связано с несколькими факторами. Во-первых, из-за существенно меньшей скорости рабочего валика на его поверхности происходит сгущение волокнистого материала. С другой стороны, чем медленнее скорость валика, тем большее время будет находиться волокно на его поверхности, что также приводит к повышению эффективности смешивания.

Прочесные числа увеличиваются на каждом последующем прочесывателе за счет увеличения скорости главного барабана и уменьшения скорости рабочих валиков. На каждом прочесе они увеличиваются от первой к последней рабочей паре. Это обеспечивает постепенное увеличение интенсивности чесания с наименьшим разрывом волокна.

При установившемся режиме работы машины, если не учитывать потерь материала в рабочих парах, сколько волокнистого материала переходит на рабочий валик с 1 м² поверхности главного барабана, столько же материала и возвращается съёмным валиком на главный барабан.

В зоне взаимодействия рабочей пары с главным барабаном происходит не только расчесывание волокон, но и интенсивное смешивание и выравнивание в результате соединения двух потоков волокон.

Для оценки интенсивности чесания, эффективности смешивания и выравнивания Н.Я. Канарский ввел понятие о **коэффициенте распределения** K_p материала между главным барабаном и рабочим валиком.

$$K_p = \frac{\beta}{L_n + \beta}, \quad (4.68)$$

где L_n – загрузка главного барабана волокнистым материалом, г/м², которую он получает от органов питания приемного барабана; β – загрузка главного барабана, г/м², волокнистым материалом, переходящим со съёмного валика рабочей пары.

Фактически коэффициент распределения соответствует доле загрузки гарнитуры главного барабана, переходившей на рабочий валик. Чем больше K_p , тем выше интенсивность чесания, эффект смешивания и выравнивания слоя волокон.

При установившемся режиме работы чесальной машины коэффициент распределения постоянен для каждого рабочего валика. Он снижается от первой рабочей пары к последней. Уменьшение разводки между рабочим валиком и главным барабаном приводит к увеличению K_p , так как при этом увеличивается количество волокон, захватываемых рабочим валиком. С повышением загрузки поверхности главного барабана со стороны питания K_p также увеличивается, но незначительно.

Волокнистый материал, прочесанный на рабочих парах, подносится главным барабаном к съемному барабану. В зоне взаимодействия главного и съемного барабанов иглы гарнитуры расположены параллельно, а скорость съемного барабана меньше скорости главного ($V_{сб} < V_{г}$), как и на шляпочных чесальных машинах.

Съемный барабан выполняет такую же задачу, как рабочие валики, с той лишь разницей, что материал, снятый гребнем со съемного барабана, не возвращается на главный барабан, а образует ватку-прочес.

На поверхности главного барабана после взаимодействия его со съемным барабаном остается слой волокон, который образует остаточную загрузку барабана (L_0 , г/м²). Остаточная загрузка барабана в 12–20 раз превышает загрузку питания – L_n .

Учитывая, что в чесании и смешивании участвуют волокна остаточной загрузки, М. В. Эммануэль предложил рассчитывать коэффициент распределения K_p по формуле

$$K_p = \frac{\beta}{L_n + L_0 + \beta}, \quad (4.69)$$

где β – загрузка главного барабана, г/м², волокнистым материалом, переходящим на рабочий валик и затем возвращаемым съемным валиком на главный барабан, L_n – загрузка главного барабана волокнистым материалом, г/м², полученная им от органов питания, L_0 – загрузка главного барабана волокнистым материалом, г/м², остающаяся на нем после взаимодействия со съемными барабанами (остаточная загрузка).

Эффект смешивания и выравнивания при взаимодействии главного барабана с рабочей парой валиков также можно оценивать и числом оборотов главного барабана, в течение которых волокнистый материал находится на поверхности валиков рабочей пары с момента перехода на рабочий валик до его возвращения на главный барабан. Чем позже осуществится передача волокнистого материала со съемного валика, то есть чем большее число оборотов сделает главный барабан, тем эффект смешивания и выравнивания будет выше.

4.6.7 Лентообразователь и лентоукладчик чесального аппарата

Передача волокнистого материала от одного прочесывателя к другому осуществляется с помощью решеток-транспортеров лентообразователя и лентораскладчика.

Конструкция этих узлов между разными секциями чесального аппарата может отличаться на разных участках, так как решетки-транспортеры, установленные между прочесывателями аппарата, не только передают продукт с одной машины на другую, но и преобразуют ватку-прочес в плоские ленты, меняют структуру продукта, смешивая слои.

При этом возможны три вида расположения волокон относительно направления движения питающей решетки и передачи ватки с одной машины на другую:

- поперечное (рисунок 4.57 а);
- продольное (рисунок 4.57 б);
- диагональное (рисунок 4.57 в).

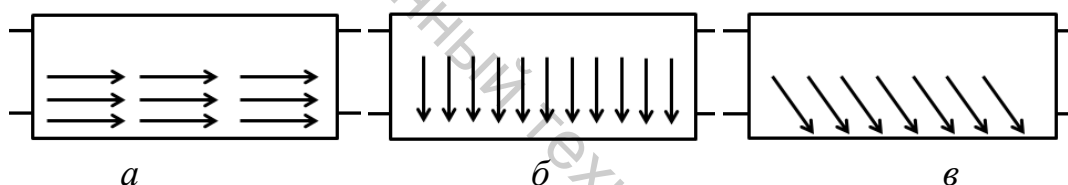


Рисунок 4.57 – Схемы расположения волокон на решетках-транспортерах

Поперечное расположение настила применяют тогда, когда требуется интенсивное чесание и перемешивание волокон между собой. При воздействии зубьев приемного барабана на волокна, расположенные поперек решетки, волокно меняют свою ориентацию, интенсивно прочесываются и перемешиваются. В результате из материала выделяется значительное количество сорных примесей.

При продольном расположении волокон перемешивание практически отсутствует. Этот способ применим при питании последней чесальной машины, так как в этом случае процесс деления ватки на отдельные ленточки протекает более благоприятно.

При диагональном расположении волокон волокна подаются в следующую машину под некоторым углом. В результате достигается промежуточный эффект воздействия зубьев приемного барабана на волокнистый материал по сравнению с продольным и поперечным расположением волокон.

Рассмотрим пример схемы лентообразователя и лентораскладчика, представленный на рисунке 4.58.

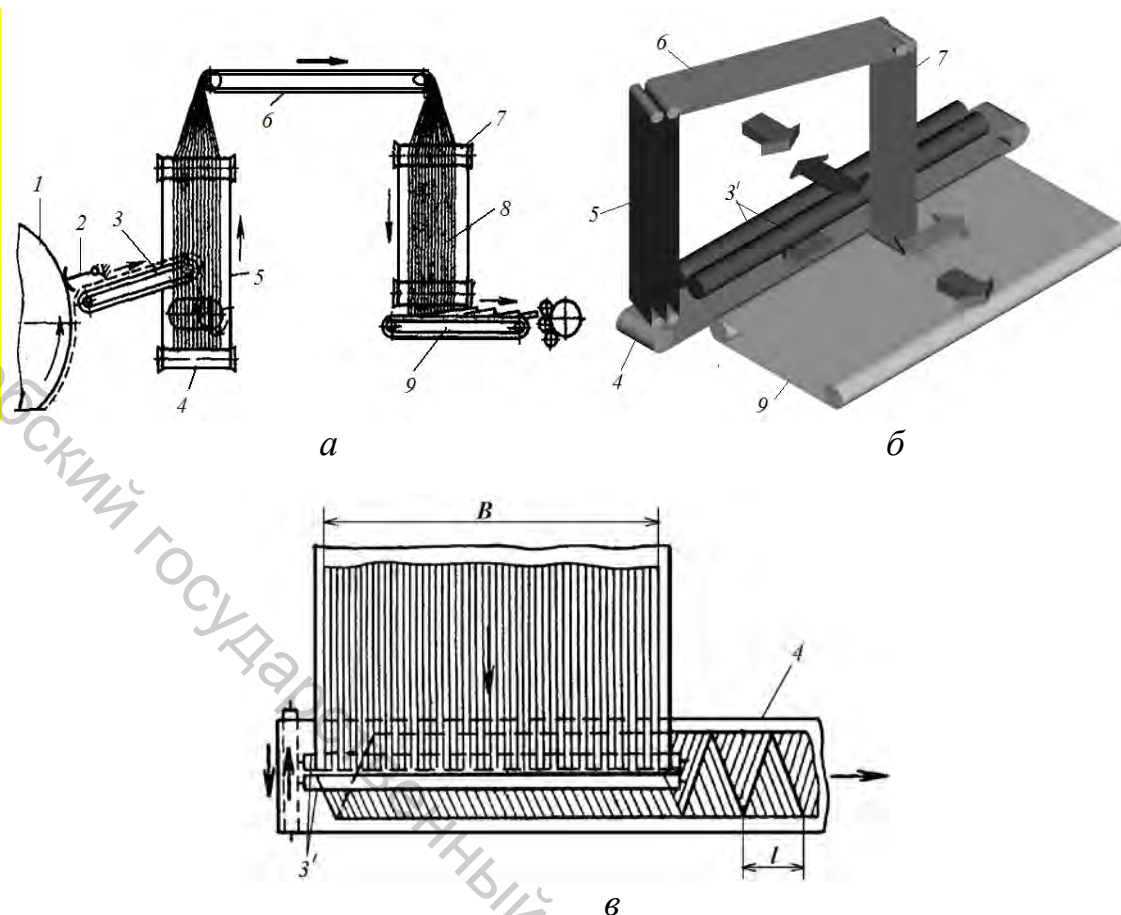


Рисунок 4.58 – Решетки лентообразователя и лентораскладчика:
а – схема; *б* – 3D-модель; *в* – схема образования ленты

Ватка-прочес снимается с поверхности съемного барабана *1* с помощью быстро качающегося съемного гребня *2*. Лентообразователь формирует ленту из широкой ватки, сходящей с решетки *3*. Ватка попадает на решетку *4*. Решетка *4* движется поперек машины. Ватка ложится на нее в виде узкой ленты, в каждом поперечном сечении которой собраны волокна, находящиеся в разных местах ватки по ее ширине. Ватка раскладывается по ширине решетки валиками *3'*. Решетка *4* подводит ленту к двум вертикальным решеткам *5*, которые передают ее к перекидному транспортеру *6*, откуда лента поступает в лентоукладчик.

Кроме поперечного смешивания происходит выравнивание потока волокон. Лентоукладчик с помощью качающейся решетки *7* и двух вертикальных раскладывающих решеток *8* раскладывает ленту поперек питающей решетки *9* второго основного прочесывателя.

Благодаря поперечному движению валиков *3'* и продольному движению решетки *4* волокна располагаются на ней под некоторым углом. Этот угол зависит от соотношения скоростей указанных органов машины. При формировании ленты на транспортере ватка укладывается слоями, количество которых определяется по следующей формуле:

$$m = \frac{B}{l}, \quad (4.70)$$

где B – ширина подаваемой ватки, мм; l – среднее смещение слоев друг относительно друга, мм.

И.В. Будниковым доказано, что наименьшая неравномерность по толщине ленты достигается в случае, если m является целым числом. При этом число сложений ватки по всей длине ленты постоянно.

На рисунке 4.59 представлен внешний вид решеток лентообразователя и лентораскладчика чесального аппарата фирмы Bonino.



Рисунок 4.59 – Решетки лентообразователя и лентораскладчика фирмы Bonino

4.7 Формирование ровницы и ленты на чесальных машинах и аппаратах

4.7.1 Ровничная каретка чесального аппарата

Ровничная каретка предназначена для утонения ватки-прочеса в процессе деления, упрочнения полученных ленточек и превращения их в ровницу в процессе сучения, наматывания ровницы в кружки.

Сущность деления продукта заключается в продольном разделении его на отдельные полосы (рисунок 4.60). В процессе деления не происходит распрямления и ориентации волокон.

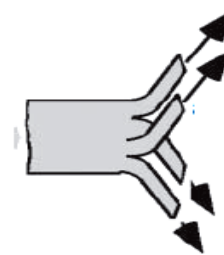


Рисунок 4.60 – Деление ватки-прочеса

На ровничной каретке происходит утонение ватки-прочеса ремешковым делителем. Величина утонения зависит от числа делительных ремешков, участвующих в работе.

Утонение продукта с большой неровнотой по длине волокон в вытяжных приборах чрезвычайно затруднительно, поэтому для достижения большего эффекта этот процесс осуществляется методом продольного деления прочесанной ватки. Разделение ватки на отдельные полосы приводит к некоторому нарушению ориентации волокон, отчего ровница получается еще более пушистой.

Далее разделенные полосы волокнистого материала подвергаются сучению, проходя между двумя сучильными ремешками, которые, продвигая их вперед, совершают возвратно-поступательные движения в поперечном направлении (рисунок 4.61).

Целью процесса сучения является придание необходимой прочности ровничным нитям для проведения последующих операций наматывания и транспортировки. Сущность сучения заключается в закатывании волокнистой ленточки под давлением при реверсивном движении вокруг своей продольной оси.

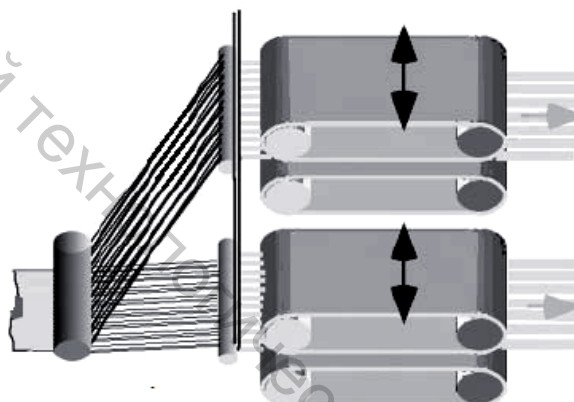


Рисунок 4.61 – Сучение ровничных нитей

На рисунке 4.62 приведена технологическая схема ровничной каретки, состоящей из ремешкового делителя, сучильных рукавов и накатного механизма.

Ватка-прочес с последней валичной чесальной машины поступает в ремешковый делитель, содержащий некоторое количество ремешков. Одна группа ремешков огибает верхний приемный валик 1, другая – нижний приемный валик 15. Ватка-прочес оказывается зажатой между ремешками (сечение I-I). Для разделения продукта все ремешки, расположенные сверху, должны идти вниз, а ремешки, расположенные снизу продукта, – вверх. При расхождении ремешков происходит разделение продукта. Вверх и вниз ремешки направляются делительными цилиндрами 2 и 14 (сечение II-II).

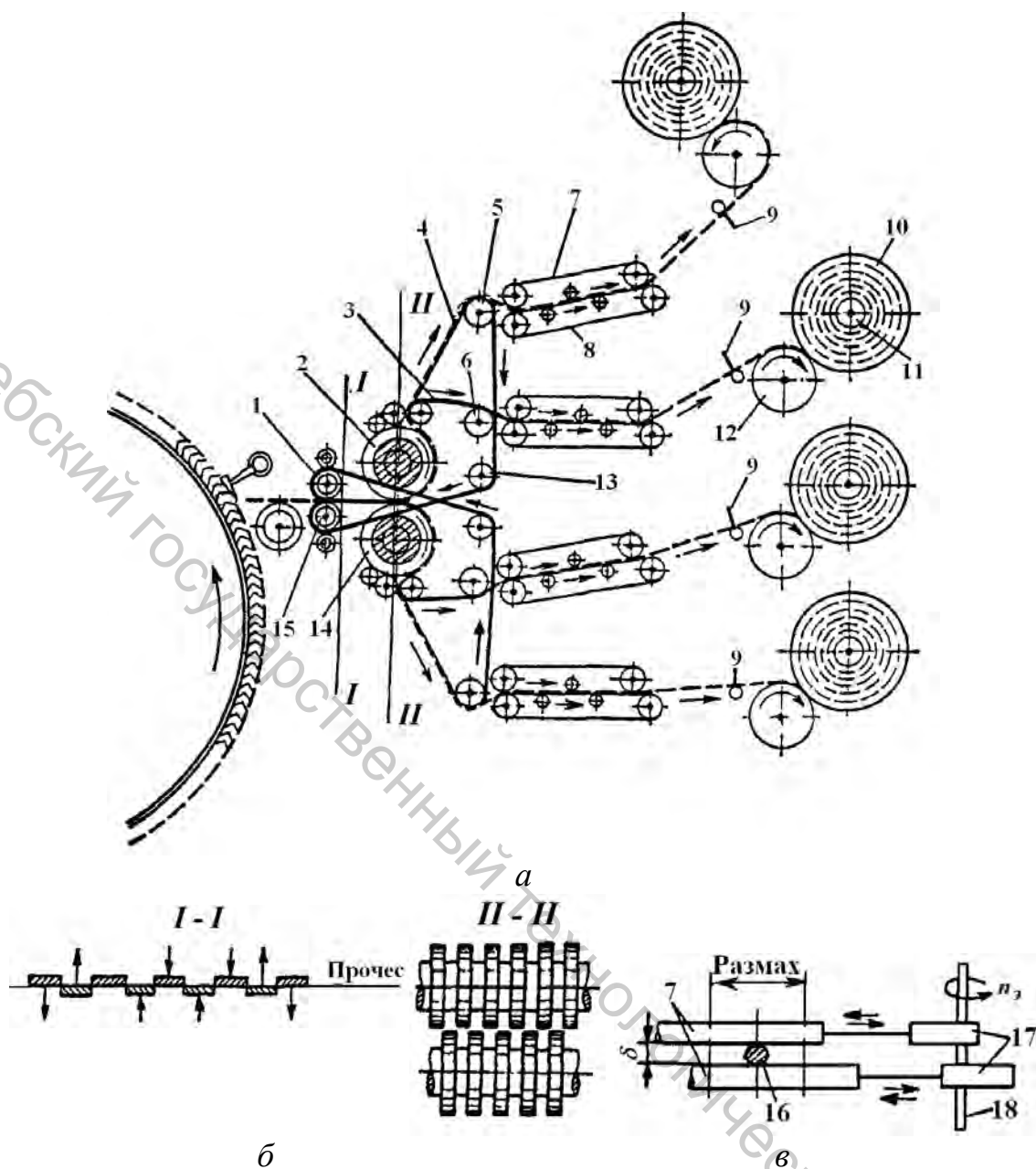


Рисунок 4.62 – Ровничная каретка чесального аппарата

а – технологическая схема; *б* – схема деления ватки-прочеса;

в – сучение ровницы

Делительные цилиндры состоят из дисков, ширина которых равна ширине ремешка. Диски верхнего и нижнего делительных цилиндров чередуются в шахматном порядке. Каждый ремешок располагается в одной плоскости, поэтому напротив диска в другом делительном цилиндре имеется промежуток между дисками.

Все ремешки, расположенные снизу ватки-прочеса, огибают диски верхнего делительного цилиндра 2, а ремешки, расположенные сверху ватки-прочеса, огибают нижний делительный цилиндр 14. Следовательно, волокна оказываются зажатыми между ремешками и дисками делительных цилиндров и в точке расхождения делительных цилиндров

происходит деление продукта на узкие полосы шириной, равной ширине ремешка.

Ремешки верхней группы так же, как и нижней, разделены через один ремешок на длинные 4, огибающие натяжной валик 5, и короткие 3, огибающие натяжной валик 6. Верхние длинные ремешки 4 отдают полосы продукта верхней паре сучильных рукавов 7, 8, и, огибая направляющий валик 13, проходят между дисками нижнего цилиндра и возвращаются к приемному валику 15. Аналогично работают и другие ремешки. Ремешки каждой из четырех групп (двух верхних – короткий и длинный – и двух нижних – короткий и длинный) должны быть одинаково натянуты с помощью натяжных валиков, которые могут перемещаться в вертикальной плоскости.

Существуют варианты ровничных кареток и с другой конфигурацией делительных ремешков. На рисунке 4.63 *а* представлена схема ремешкового делителя, на котором один ремешок отделяет от прочеса две ровничные нити, а на рисунке 4.63 *б* – делитель с одним бесконечным ремешком, разделяющим на отдельные нити весь прочес.

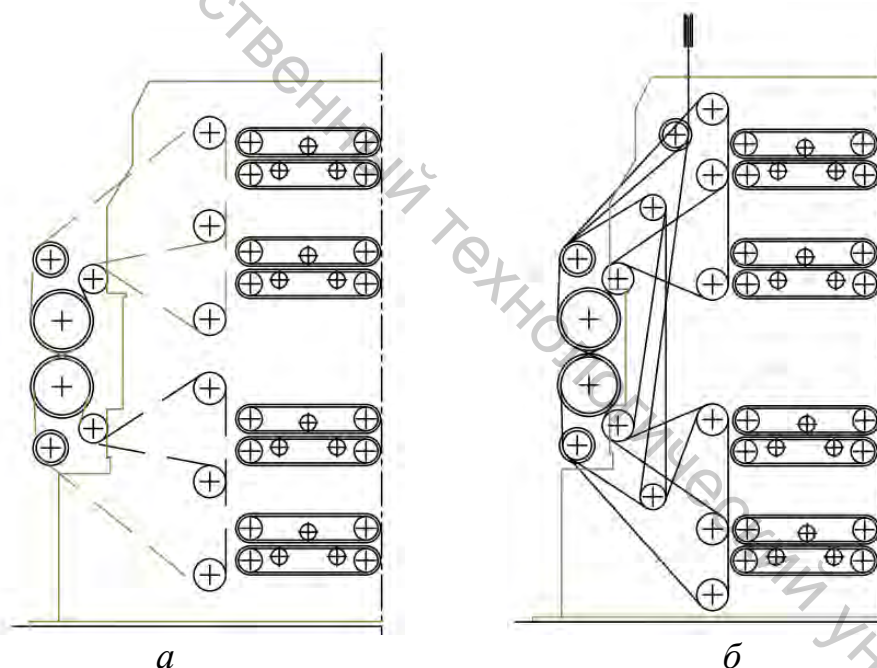


Рисунок 4.63 – Альтернативные варианты ремешковых делителей

Данный делитель рекомендован в случае получения ровницы малой линейной плотности, так как его конструкция обеспечивает максимально равномерное натяжение ремешка на всей ширине машины, в то время как при использовании большого количества ремешков равномерного их натяжения добиться значительно сложнее.

Ширина ремешка зависит от линейной плотности вырабатываемой ровницы. Чем шире ремешок, тем больше ширина прочеса отделяемого для формирования одной ровничной нити. Рекомендации по выбору ширины ремешка в зависимости от линейной плотности (или мет-

рического номера) ровницы приведены на рисунке 4.64. По диаграмме видно, что ремешок определенной ширины подходит для выработки ровницы в некотором диапазоне линейных плотностей. При постоянной ширине ремешка линейная плотность ровницы регулируется изменением линейной плотности прочеса.

Количество ремешков определяется как их шириной, так и рабочей шириной аппарата. Например, при рабочей ширине аппарата 2,5 м делитель может содержать 168 ремешков шириной 14 мм или 240 ремешков шириной 9,5 мм.

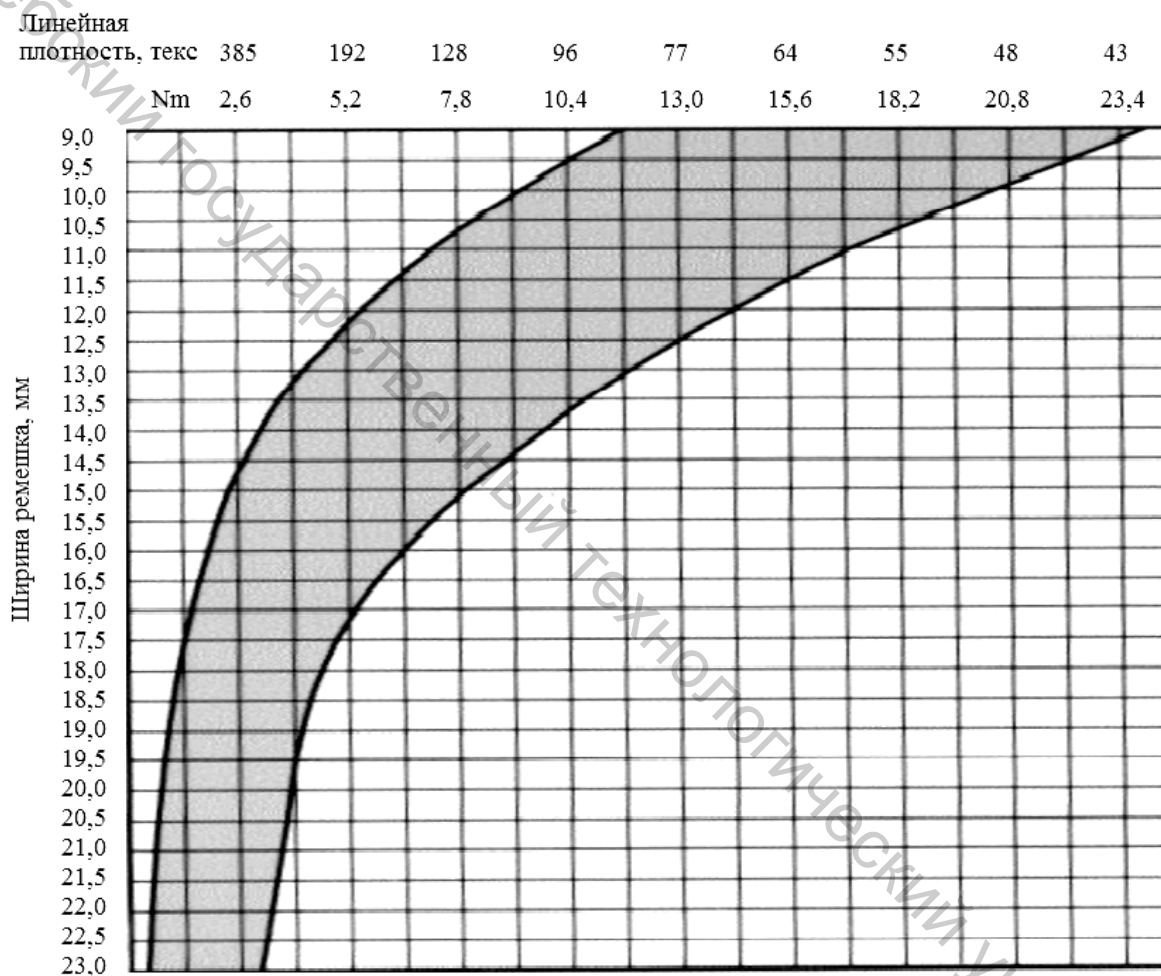


Рисунок 4.64 – Номограмма для выбора ширины ремешков в зависимости от линейной плотности ровницы

Одним из наиболее важных условий нормальной работы делительных ремешков является их достаточное и равномерное натяжение. Натяжение определяет величину давления, с которым ремешки прижимают полосы прочеса к дискам делительных цилиндров. В зоне между ремешками создается поле сил трения. Поле сил трения каждого ремешка должно быть таким, чтобы во время растаскивания прочеса на полосы удержать волокна в зоне контакта и не дать им возможности перейти на соседние ремешки.

На кардочесальном аппарате сучение производится сучильными рукавами. Каждая из пар сучильных рукавов имеет двойное движение: поступательное движение рукавов со скоростью V_p для вывода проходящих между ними нитей ровницы и возвратно-поступательное движение одного рукава относительно другого в направлении, перпендикулярном первому движению. Возвратно-поступательное движение рукава получают от эксцентриков 17, сидящих на вертикальном валу 18. Прочность ровницы 16 зависит от интенсивности сучения, которая характеризуется степенью сучения S_c , то есть числом поворотов любого сечения ровницы в обоих направлениях за время нахождения его в зоне сучильных рукавов. От степени сучения S_c в значительной степени зависят уплотнение ровницы и ее прочность.

Ровницу из волокон различных видов подвергают сучению с различной интенсивностью. Интенсивность сучения регулируют изменением амплитуды колебания сучильных рукавов, которая зависит от эксцентриситета эксцентриков, а также изменением частоты вращения эксцентрикового вала и разводки между сучильными рукавами.

Размах сучильных рукавов равен удвоенному эксцентриситету эксцентрика (2ε) (рисунок 4.65).

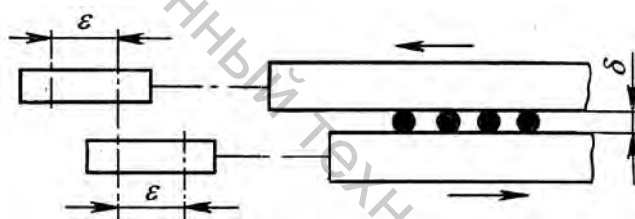


Рисунок 4.65 – Схема сучения ровницы

Число закатываний ровницы за 1 оборот вертикального вала зависит от толщины ровницы, которая определяется разводкой между сучильными рукавами δ_p .

$$n_{c1} = \frac{4 \cdot \varepsilon}{\pi \cdot \delta_p}. \quad (4.71)$$

Число оборотов закатывания ровницы за 1 минуту зависит также от частоты вращения вертикального вала n_ω :

$$n_c = \frac{4 \cdot \varepsilon \cdot n_\omega}{\pi \cdot \delta_p}. \quad (4.72)$$

Ровница проходит между сучильными рукавами за интервал времени, рассчитываемый по формуле

$$n_c = \frac{B}{V_p}, \quad (4.73)$$

где B – ширина сучильных рукавов, м; V_p – скорость движения сучильных рукавов, м/мин.

Степень сучения рассчитывается по следующей формуле:

$$S_c = n_c \cdot t_c = \frac{4 \cdot \varepsilon \cdot n_{\varepsilon}}{\pi \cdot \delta_p} \frac{B}{V_p}. \quad (4.74)$$

Ровница, выходящая из сучильных рукавов, заправляется в нитеводитель 9. Нитеводитель 9 и валик 12 направляют каждую ровницу так, что она распределяется по определенной ширине части скалки 11 и образует кружок ровницы с крестовой укладкой витков.

На каждую скалку наматывается 30 или 40 кружков, которые вместе образуют бобину ровницы 10. Когда наматываются бобины с заданной длиной ровницы, их снимают без останова машины и устанавливают новые скалки.

4.7.2 Особенности формирования выпускной паковки на чесальных машинах гребенной системы прядения

На чесальной машине ватка-прочес, снятый со съемного барабана, собирается в воронке в ленту, уплотняется плющильными валиками, дополнительно уплотняется вьюрком и поступает на накатные валики клубочного механизма, где наматывается в клубок (рисунок 4.66).



Рисунок 4.66 – Клубок ленты

При наматывании ленты в клубок она испытывает несколько изменяющееся натяжение, что отражается на ее равномерности.

Кроме того, масса клубка относительно не велика (до 10 кг), что при больших скоростях наматывания вызывает частую смену.

Поэтому некоторые фирмы рекомендуют в настоящее время для современных чесальных машин гребенной системы прядения укладку ленты в тазы с помощью лентоукладчика, аналогично тому, как это делается при производстве ленты из хлопка. Современные лентоукладчики могут быть оснащены вытяжной головкой и автоматическим регуля-

тором вытяжки. Диаметр и высота тазов 1000–1200 мм и 1200–1400 мм соответственно.

На чесальных аппаратах выпускаемым полуфабрикатом является ровница, которая при выходе из каждой пары сучильных рукавов проходит между прутками нитераскладчика и наматывается на скалку, лежащую на накатном валике, соответствующем каждой паре рукавов. Так как нитераскладчик получает возвратно-поступательное движение вдоль накатных валиков, то нити ровницы наматываются крестообразно на скалку отдельными, примыкающими друг к другу кружками, образуя на скалке бобину (рисунок 4.67), состоящую из кружков, число которых зависит от общего числа рабочих ремешков и числа пар сучильных рукавов.



Рисунок 4.67 – Скалки с ровничными бобинами

4.7.3 Контроль качества чесальной ленты и ровницы с чесальных аппаратов

Контроль линейной плотности ровницы на чесальном агрегате осуществляют не менее одного раза в смену путем взвешивания отрезков ленты длиной в 5 м или 10 м.

Линейная плотность ленты с каждой чесальной машины определяется не менее одного раза в смену путем взвешивания отрезков ленты длиной в 1 м; при этом допускаемые отклонения не должны превышать: для 1 сорта $\pm 1,5$ ктекс; для 2 сорта $\pm 2,0$ ктекс.

Качество прочеса ленты определяется с каждой чесальной машины не менее одного раза в смену по количеству мушек в 1 г ленты. Нормы мушек в чесальной ленте представлены в таблице 4.9. При работе с репейной шерстью допускается на 4 мушки больше нормы.

Неровнота по линейной плотности ровницы в аппаратном прядении шерсти не должна превышать 3 %.

Таблица 4.9 – Оценка качества прочеса

Вид смеси	Количество мушек на 1 г ватки, не более	
	1 сорт	2 сорт
Шерсть 70 качества южно-американская и австралийская	31	35
Шерсть австралийская, кроме 70 качества, смесь этой шерсти с капроновым волокном и другими видами шерсти в количестве не более 70 %, концевые чистошерстяные партии и с вискозным волокном, трехкомпонентные смеси	23	27
Шерсть южно-американская, кроме 70 качества, смесь этой шерсти с капроновым волокном, австралийской шерстью (не более 30 %) и другими волокнами, смесь союзной шерсти с австралийской или кроссбредной (не более 30 %)	35	39
Шерсть российская, в т. ч. с капроновым волокном	69	75

4.7.4 Производительность чесальных аппаратов и машин

Производительность чесального аппарата определяют в кг/ч:

$$P = \frac{m \cdot V_H \cdot T_P \cdot 60}{1000 \cdot 1000} \cdot K_{ПВ}, \quad (4.75)$$

где m – число ремешков; V_H – скорость наматывания ровницы, м/мин; T_P – линейная плотность ровницы, текс.

Производительность чесальных аппаратов варьируется в широком диапазоне с учетом существенной взаимосвязи между линейной плотностью ровницы и скоростью ее выпуска. Так, ровница для производства относительно тонкой пряжи выпускается со скоростью 15 м/мин, а при выпуске ровницы для изготовления ковровой пряжи скорость может достигать 50 м/мин.

Принимая в первом случае линейную плотность ровницы 80 текс и количество ремешков 240, получаем теоретическую производительность чесального аппарата (без учета $K_{ПВ}$) 17,2 кг/ч. Во втором случае при линейной плотности ровницы 300 текс и количестве ремешков 168 теоретическая производительность достигает 151,2 кг/ч.

Производительность чесальной машины гребенной (полугребенной) системы прядения определяют в кг/ч:

$$P = \frac{V_{B(H)} \cdot T_L \cdot 60}{1000 \cdot 1000} \cdot K_{ПВ}, \quad (4.76)$$

где $V_{B(H)}$ – скорость выпуска (наматывания) ленты, м/мин; T_L – линейная плотность ленты, текс.

Максимальная скорость выпуска современных чесальных машин составляет 400 м/мин, что обеспечивает при линейной плотности ленты до 36 ктекс теоретическую производительность более 800 кг/ч.

4.8 Перспективы развития технологии и техники кардочесания

4.8.1 Направления совершенствования чесальных машин

Современные чесальные машины характеризуются высокой эффективностью осуществляемых на них процессов, выражающейся в улучшенном качестве чесальной ленты при повышении производительности машины до 200 кг/ч, увеличенном выходе ленты из волокнистого настила, а также облегченном управлении параметрами процесса. Основными факторами совершенствования чесальных машин в хлопкопрядении являются:

- повышение равномерности бункерного питания чесальных машин;
- усиление зоны предварительного чесания и максимальная очистка волокна в этой зоне;
- повышение частоты вращения главного барабана с целью снижения загрузки волокнистым материалом узла «главный барабан – шляпки»;
- установка минимальных разводов между рабочими органами чесальной машины и обеспечение устойчивости этих разводов;
- увеличение зоны активного чесания путем применения неподвижных расчесывающих сегментов с соро- и пылеудаляющими устройствами;
- повышение жесткости конструкций машины и точности изготовления всех узлов (биение главного барабана не должно превышать 0,02 мм, а отклонение по высоте шляпчного колосника – 0,025 мм);
- применение вытяжного прибора, позволяющего увеличить параллелизацию и распрямление волокон и производительность машины без увеличения частоты вращения съемного валика;
- автоматизация операций (регулировка разводки, чистка, заточка гарнитуры, замена наработанных тазов пустыми без останова машины и др.), в том числе автоматическое изменение вытяжки для уменьшения неровноты ленты;
- применение индивидуальных приводов для бесступенчатого регулирования частот вращения рабочих органов;
- контроль качества полуфабриката непосредственно на машине (измерение неровноты ленты, построение штапельных диаграмм, подсчет количества непсов, соринок и др.);

- увеличение размеров таза для увеличения массы ленты в тазу;
- агрегирование чесальных и ленточных машин для сокращения производственной цепочки;
- оснащение чесальных машин централизованными системами пневмоудаления отходов и обеспыливания;
- применение устройств самоостанова машины при обрыве и повышенной неровноте питающего потока волокон и чесальной ленты.

Частично указанные направления совершенствования чесальных машин описаны в предыдущих разделах.

Направления совершенствования чесальных аппаратов и машин, применяемых в системах прядения шерсти, во многом совпадают с описанными выше тенденциями для оборудования в хлопкопрядении. Кроме того, уделяется внимание повышению точности взвешивания порций питателями-самовесами.

4.8.2 Повышение производительности чесальной машины

За последние десятилетия производительность чесальной машины существенно возросла. За 45 лет максимальная производительность машины выросла почти в десять раз.

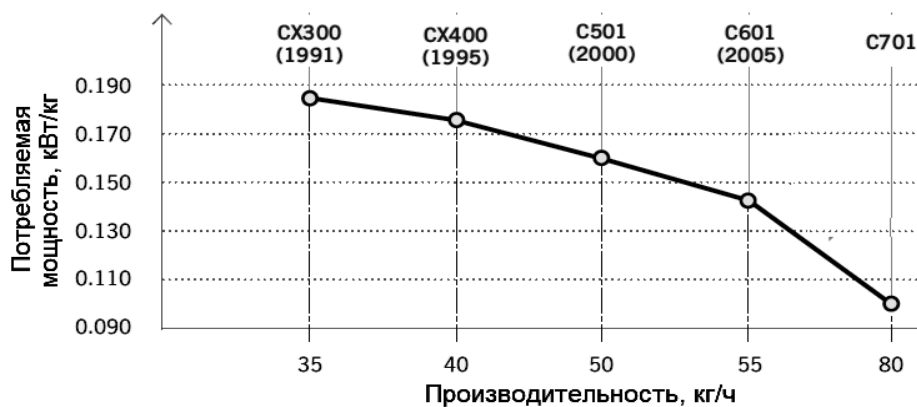
Увеличение производительности позволяет снизить затраты на производство продукции за счет уменьшения количества необходимого оборудования и производственных площадей. При этом снижается и потребление электроэнергии на 1 кг выпускаемой ленты. На рисунке 4.68 представлены данные фирмы Marzoli о снижении энергопотребления в процессе совершенствования чесальных машин (а), а также при использовании машины C701 с увеличением ее производительности.

Аналогичные данные приводятся и специалистами фирмы Rieter (рисунок 4.69).

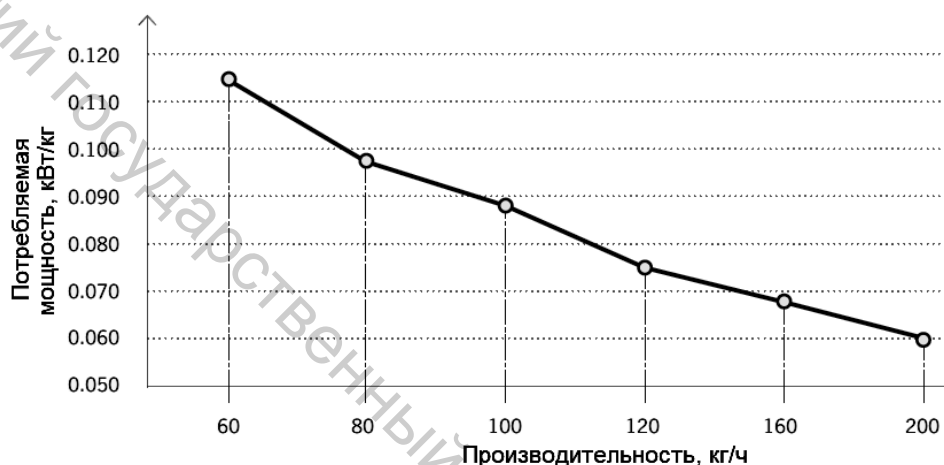
Одним из направлений повышения производительности чесальных машин без снижения качества прочеса является увеличение рабочей ширины машины (рисунок 4.70).

Повышение производительности чесальной машины связано с увеличением скорости выпуска ленты со 140 до 400 м/мин и максимальной линейной плотности ленты с 5 до 9 ктекс при ширине главного барабана 1 м и до 20 ктекс при ширине главного барабана 1,5 м.

Однако специалисты фирмы Trutzschler утверждают, что с увеличением рабочей ширины машины себестоимость производства ленты также растет, так как повышается стоимость машины, а также затраты на ее обслуживание. В результате проведенных расчетов установлено, что максимальное значение соотношения «Качество/затраты» достигается при рабочей ширине, равной 1,28 м (рисунок 4.71).



а



б

Рисунок 4.68 – Снижение энергопотребления на 1 кг чесальной ленты при увеличении производительности чесальной машины по данным фирмы Marzoli

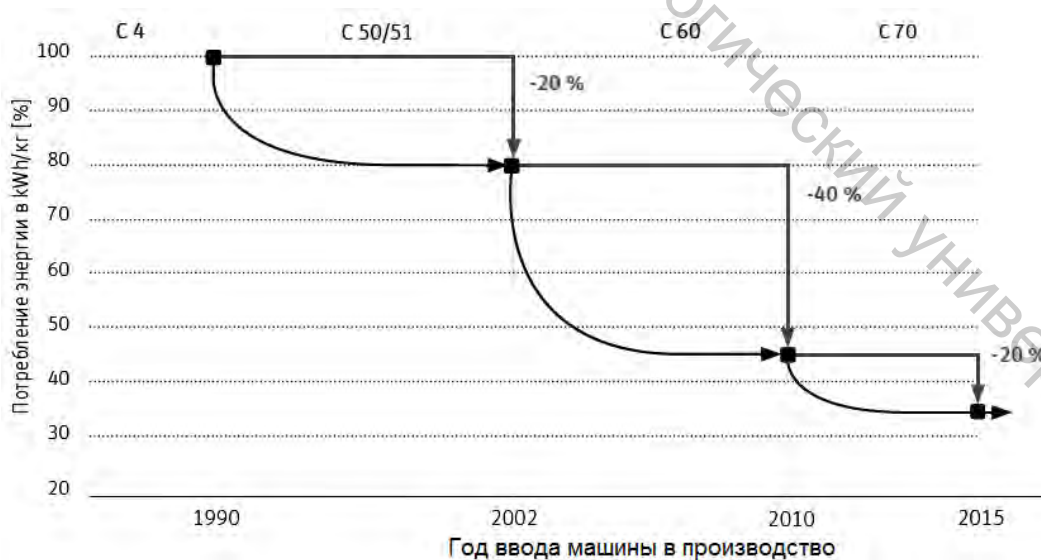


Рисунок 4.69 – Снижение энергопотребления на 1 кг чесальной ленты при увеличении производительности чесальной машины по данным фирмы Rieter

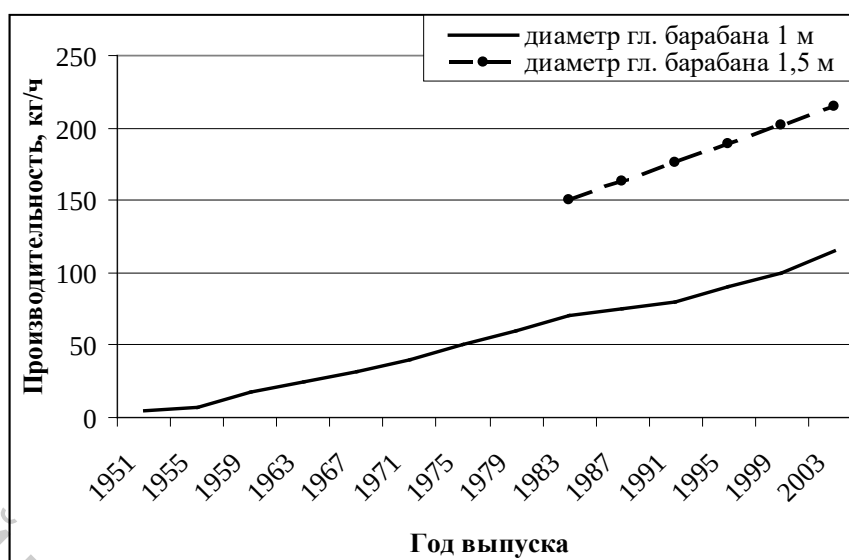


Рисунок 4.70 – Динамика изменения производительности чесальных машин для хлопка по данным фирмы Rieter

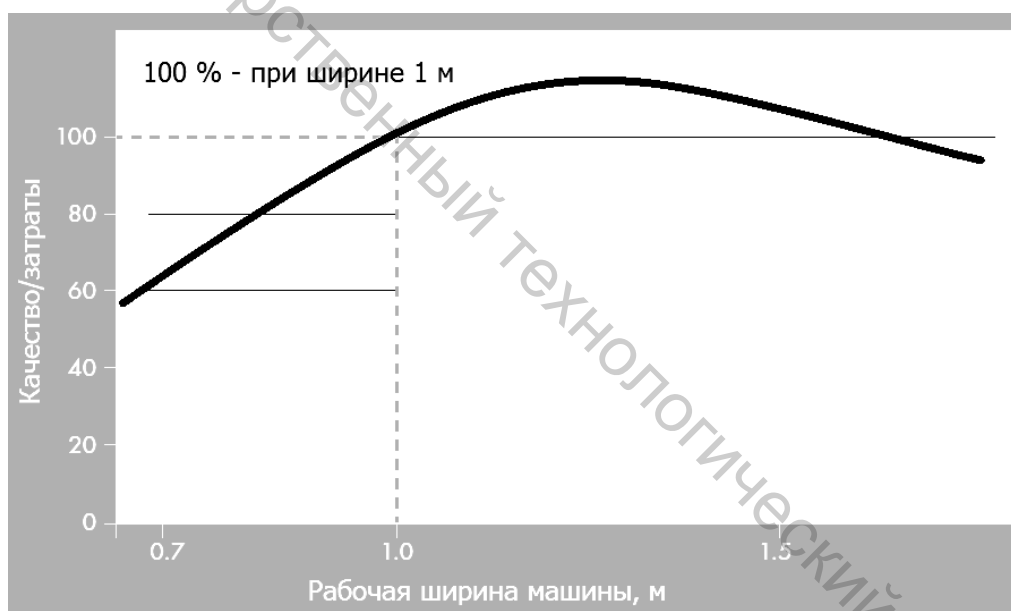


Рисунок 4.71 – Влияние ширины машина на соотношение «Качество/затраты» по данным фирмы Trutzschler

Производительность чесальной машины в гребенной системе пря-
дения шерсти также существенно выросла – с 50–100 кг/ч до 800 кг/ч.

Повышение производительности чесальной машины связано с
увеличением скорости выпуска ленты с 50–60 до 350 м/мин и макси-
мальной линейной плотности ленты с 18–22 текс при рабочей ширине
машины 1,5–1,8 м и до 25–36 ктекс при рабочей ширине машины
2,5–3,5 м.

4.8.3 Автоматизация операций

Производители чесальных машин предлагают установку на них ряда устройств, применение которых позволяет автоматизировать ряд операций.

Заточка гарнитуры шляпок и главного барабана. На машинах С60 и С70 фирмы Rieter более ранних моделей установлена интегрированная шлифовальная система IGS (Integrated Grinding System) (рисунок 4.72), которая включает устройство для заточки гарнитуры главного барабана IGS-Classic 1 и устройство для заточки гарнитуры шляпок 2.

В системе IGS-Classic имеется точильный камень, который в процессе производства автоматически проводится по гарнитуре главного барабана. Этот процесс производится в период предусмотренного срока службы гарнитуры приблизительно 400 раз. Программа рассчитывает план шлифования с оптимальным распределением циклов шлифования по всему сроку службы гарнитуры главного барабана (рисунок 4.73).

Срок службы гарнитуры главного барабана благодаря использованию IGS-Classic повышается на 10–20 % во всех областях применения. Сокращаются затраты на обслуживание и исключаются простои машины, которые необходимы при шлифовании вручную.

Система IGS-top (рисунок 4.74) шлифует гарнитуру шляпок автоматически. Система IGS-top устанавливается над шляпочным полотном после устройства его очистки.

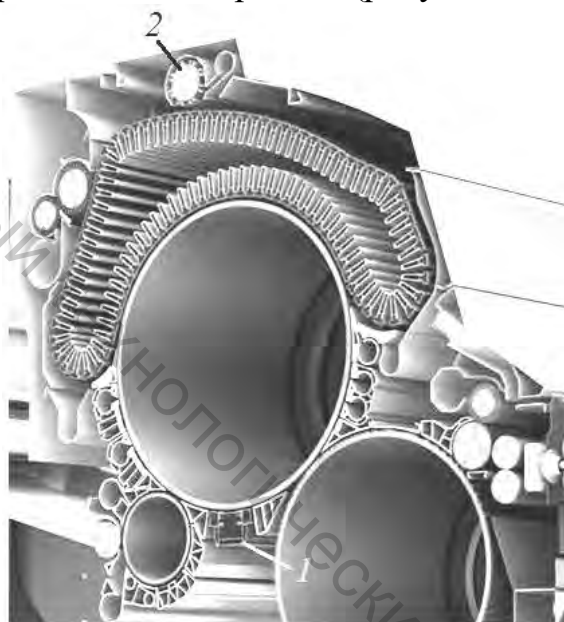


Рисунок 4.72 – Устройства шлифования гарнитуры главного барабана и шляпок на машине С70

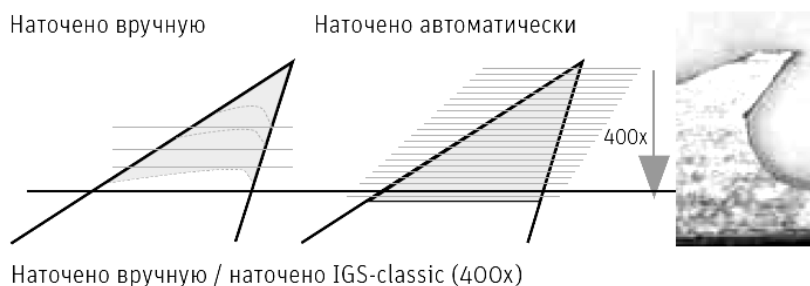


Рисунок 4.73 – Сравнение результатов заточки гарнитуры главного барабана разными способами

При движении шляпки 1 поднимаются одна за другой под действием пружины 2 и прижимаются к шлифовальной щетке 3, в результате иглы шляпок затачиваются.

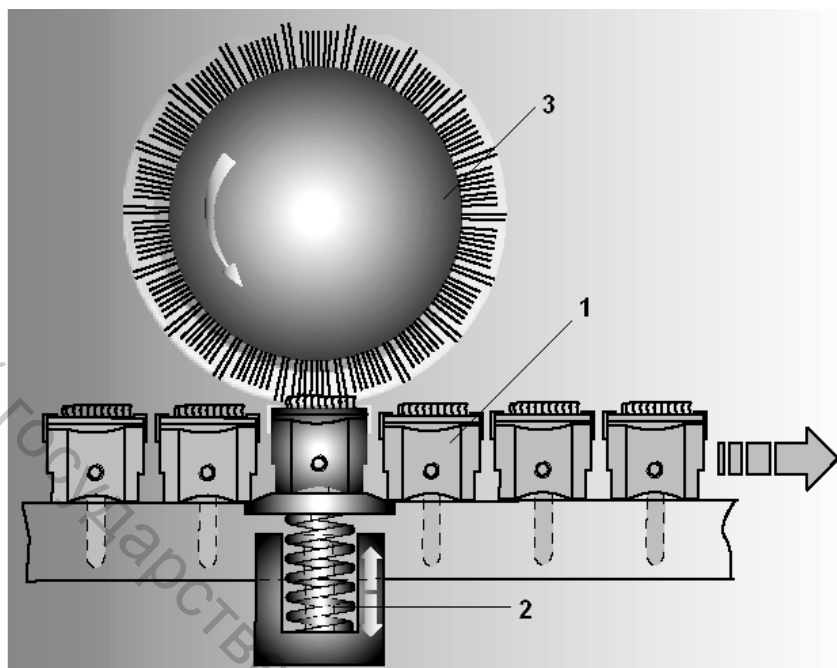


Рисунок 4.74 – Система заточки игл шляпок IGS top фирмы Rieter

Управление рассчитывает циклы шлифования по выбранному сроку службы гарнитуры. Благодаря многочисленным циклам шлифования качество остается постоянным по сравнению с агрессивным шлифованием вручную при помощи шлифовального валика.

Измерение и регулирование разводки между главным барабаном и шляпками. На чесальных машинах фирмы Trutzschler используется система Flat Control FCT (рисунок 4.75). Эта система предназначена для измерения разводки между иглами шляпок 1 и зубьями главного барабана 2. Если необходимо проверить регулировку, с машины снимаются три рабочие шляпки и вместо них устанавливается специальная измерительная шляпка 3. Установленный на этой шляпке датчик измеряет разводку с точностью до 0,001 мм. Все результаты измерения выводятся на дисплей в виде графика. Система позволяет быстро проводить регулировку разводки, значительно увеличить срок службы гарнитуры шляпок и выявить нарушения, которые влияют на качество продукции.

Разводка между главным барабаном 1 (рисунок 4.76) и шляпками 2 может изменяться либо вручную, либо автоматически. Путем поворота рычага с закрепленным на нем зубчатым колесом 3 зубчатая рейка 4, выполненная в форме клина, перемещает направляющие, по которым движутся шляпки. Шкала 5 показывает численное значение установленной разводки.

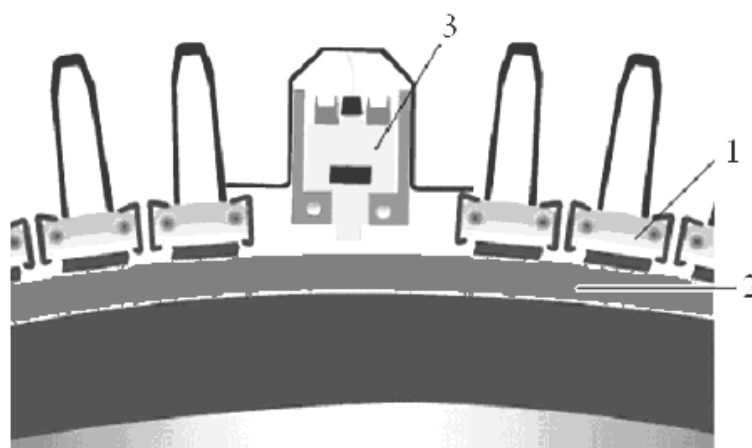


Рисунок 4.75 – Система контроля разводки в зоне «главный барабан – шляпки» Flat Control FCT

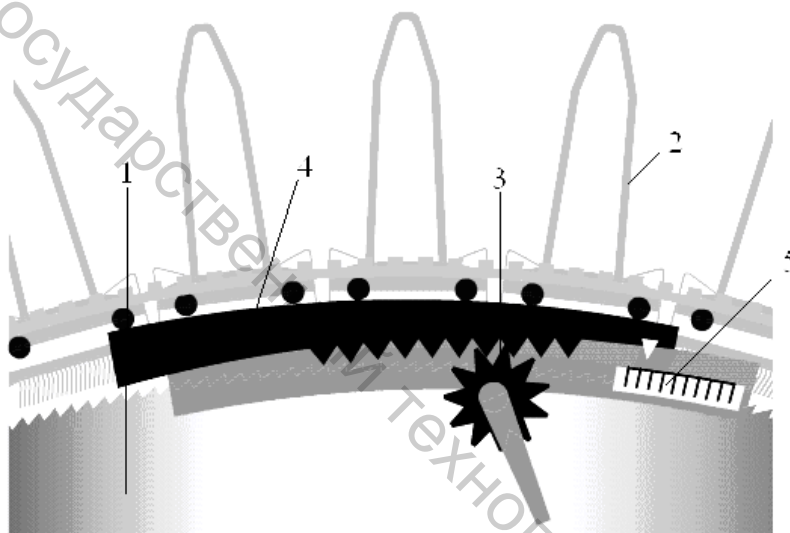


Рисунок 4.76 – Система изменения разводки между главным барабаном и шляпками

На машинах данной фирмы может быть также установлена прецизионная система автоматической регулировки разводки между шляпками и главным барабаном PFS. Регулировочные рычаги прецизионной системы заменяют серводвигателями, что позволяет задавать разводку шляпок через пульт управления и изменять ее во время работы машины.

4.8.4 Сокращение технологического процесса

Чесальные машины фирмы Trutzschler по желанию потребителя могут быть оснащены интегрированным вытяжным прибором IDF, вместо традиционного лентоукладчика.

В этом случае чесальная лента проходит через уплотнительную воронку 1 (рисунок 4.77), утоняется в вытяжном приборе 2 системы

3×3, проходит через вторую уплотнительную воронку и валиками 3 подается в лентоукладчик 4.

Укладка ленты может осуществляться в круглые тазы 5 или в прямоугольные тазы для пневмомеханического прядения.

Комбинация чесальной машины и интегрированного вытяжного прибора IDF позволяет отказаться от одного перехода ленточных машин.

Благодаря агрегированию кардочесальной машины и вытяжного прибора IDF достигаются следующие положительные результаты:

- сокращение цикла обработки материала;
- снижение затрат на обслуживание;
- исключение перепутывания тазов;
- уменьшение производственных площадей;
- уменьшение количества тазов.

На выставке ITMA-2015 фирма Trutzschler представила новое поколение интегрированных вытяжных приборов IDF 2 (рисунок 4.78), особенностью которых является наличие системы автоматического регулирования вытяжки. Скорость укладки ленты в таз достигает 700 м/мин, максимальная вытяжка равна двум. По утверждению специалистов фирмы, применение системы IDF 2 позволяет непосредственно на чесальной машине получать качественную ленту, которую можно использовать на питании пневмомеханических прядильных машин.

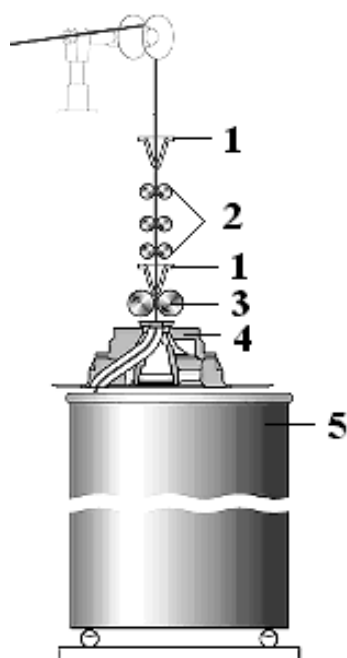


Рисунок 4.77 – Интегрированный вытяжной прибор IDF

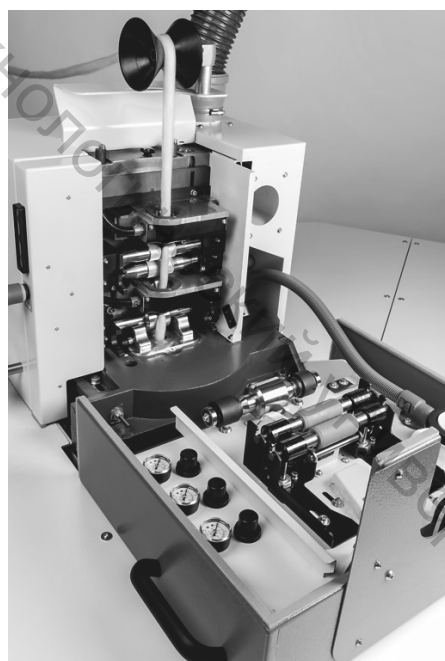


Рисунок 4.78 – Внешний вид системы IDF 2

Фирма Rieter вместо установки вытяжного прибора на самой чесальной машине или лентоукладчике предлагает, не укладывая ленту в

таз, транспортировать ее прямо на ленточную машину первого перехода (рисунок 4.79). При этом сокращается потребность в производственных площадях и уменьшается трудоемкость обслуживания машин. Так как на ленточной машине в этом случае не осуществляется сложение, линейная плотность чесальной ленты должна быть повышена до 12–20 ктекс, а вытяжка на ленточной машине уменьшена до 5. Линейная плотность ленты с ленточной машины составляет 3–7 ктекс. Если чесальная машина С60 или С70 агрегируется с машиной без системы автоматического регулирования вытяжки (SB D15, SB D40), то технологический процесс производства пряжи можно сократить на один ленточный переход.

В некоторых случаях, возможно, полностью исключить ленточные переходы, если чесальную машину агрегировать с ленточной машиной типа RSB с авторегулятором вытяжки.

Однако необходимо обратить внимание на то, что сокращение технологического процесса на 1 ленточный переход допустимо только при получении пряжи большой линейной плотности из волокон 1 вида (хлопок, лен или химические волокна), а полное исключение ленточных переходов приемлемо при выполнении указанных условий только в случае производства пряжи на пневмомеханических прядильных машинах.



Рисунок 4.79 – Агрегирование чесальной машины С60 с ленточной машиной SB-D40

5 ПРОИЗВОДСТВО ЛЕНТЫ ПО СОКРАЩЕННОЙ СИСТЕМЕ ПРЯДЕНИЯ

5.1 Сокращенная система прядения

При переработке химических волокон по классическим системам прядения, применяемым при переработке натуральных волокон, они поступают на прядильные фабрики в виде штапельного волокна в кипах в спрессованном виде и проходят все технологические переходы, подвергаясь разрыхлению, очистке, кардочесанию. Существенным недостатком такой переработки является то, что изначально чистые и достаточно распрямленные химические волокна подвергаются интенсивным воздействиям, в результате которых часть волокон рвется, зажгучивается и удаляется в отходы, что приводит к увеличению выхода отходов.

Более целесообразным способом переработки химических волокон является сокращенная технология прядения жгутовых химических волокон, основанная на процессе штапельирования.

Штапельированием называется технологический процесс получения ленты из химических волокон непосредственно из жгута путем его разрыва или разрезания.

Сущность процесса штапельирования состоит в разрезании или разрыве волокон на заданную длину с помощью специальных устройств и формировании ленты за счет сдвига волокон в штапельированной ленте.

Цель процесса штапельирования – получение ленты в один переход из жгута химических волокон.

Наиболее часто штапельированию подвергаются жгуты полиакрилонитрильных (ПАН) волокон в связи с тем, что данные волокна считаются наиболее «шерстоподобными», а именно в камвольной системе прядения шерсти данный способ переработки волокон получил наибольшее распространение. В Республике Беларусь ПАН волокна производятся на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан». Линейная плотность жгутов составляет от 102 до 138 ктекс, а элементарных волокон – от 0,17 до 2,5 текс.

Также штапельированию могут подвергаться и жгуты полиэфирных волокон. На ОАО «Могилевхимволокно» выпускаются полиэфирные жгуты линейной плотности 100 ктекс.

Переработка жгутовых химических волокон имеет следующие преимущества:

- сокращение числа технологических переходов;
- уменьшение времени на выработку пряжи;
- повышение равномерности и качества ленты;
- сокращение в 2 раза выхода отходов химических волокон;

- увеличение в 1,5 раза производительности труда;
- сокращение производственных площадей, количества обслуживающего персонала и т.д.

Сокращение количества необходимого оборудования наглядно видно на примере технологического процесса производства ленты из полиэфирных волокон при использовании резально-штапелирующей машины ТТ и ленточных машин GC фирмы N. Schlumberger (Франция), представленного на рисунке 5.1.

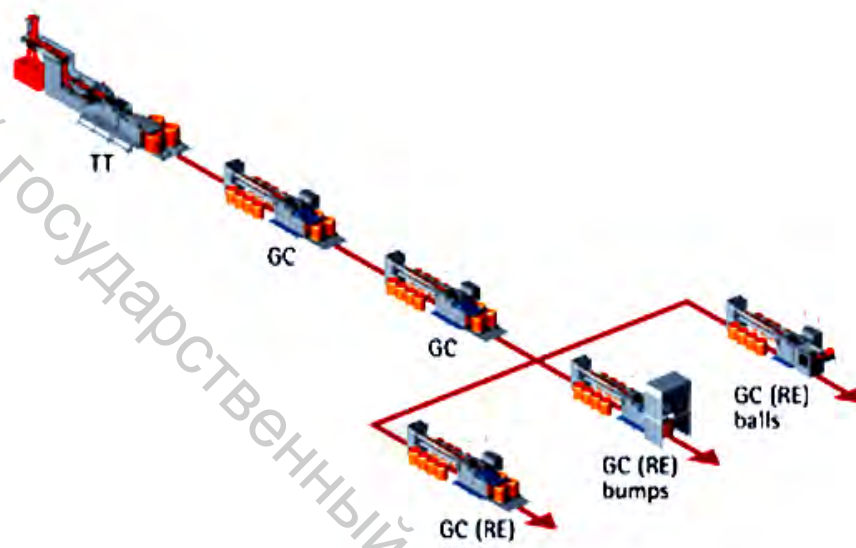


Рисунок 5.1 – Схема процесса производства ленты из жгута полиэфирных волокон

Анализируя представленную схему, можно отметить, что применение штапелирующих машин позволило полностью исключить из технологического процесса разрыхлительные, очистительные, смесовые, чесальные машины.

Наряду со значительными экономическими преимуществами, переработка жгутов на штапелирующих машинах создает благоприятные условия для использования химических волокон с большей длиной и меньшей линейной плотностью, благодаря чему повышается их прядельная способность и улучшаются физико-механические свойства пряжи.

При использовании штапелирования из технологического процесса исключаются такие трудоемкие операции, как разрыхление и чесание волокна. Сокращенная система прядения даёт возможность получать как пряжу из химических волокон, так и смешанную пряжу.

В настоящее время штапелирование не применяется в системах прядения хлопка, так как получение волокна длиной менее 40 мм сопряжено с рядом технических проблем. Также штапелирование не при-

меняется в аппаратной системе прядения шерсти, так как данная система не предполагает использование ленты в качестве полуфабриката.

Таким образом, штапелирование применяется в следующих случаях:

- в сокращенной системе прядения для производства пряжи из волокон длиной более 65 мм;
- в камвольной системе прядения для подготовки компонентов из химических волокон;
- при производстве высокообъемной пряжи.

5.2 Способы штапелирования жгутов из химических волокон

Получение пряжи по сокращенной системе прядения из жгутов химических волокон осуществляется с помощью штапелирующих машин. Для штапелирования жгута используется много способов, что привело к созданию различных типов штапелирующих машин. В настоящее время при переработке химических волокон находят применение четыре способа штапелирования:

- с неконтролируемым разрывом;
- с контролируемым разрывом;
- способ разрезания;
- способ дифференцированного разрезания.

5.2.1 Штапелирование способом неконтролируемого разрыва

Штапелирование по способу неконтролируемого разрыва осуществляется между двумя парами цилиндров, вращающихся с разными окружными скоростями. Скорости питающей пары I (рисунок 5.2) и выпускной пары II, соответственно, равны V_1 и V_2 , причем $V_2 > V_1$.

Возникающее вследствие разности скоростей пар I и II растягивающее усилие сначала удлиняет волокно, а затем приводит к его разрыву. Для этого способа разрыва характерно то, что разрыв может произойти в любом сечении вытяжного поля между парами цилиндров I и II, в связи с чем такой разрыв называют неконтролируемым.

Рассмотрим движение волокна в зоне разрыва. В любой момент времени t_1 , пока передний конец волокна не достигает линии зажима II, оно не подвергается растяжению. В момент времени t_2 волокно попадает в зажим выпускной пары II и начинает растягиваться. Разрыв происходит в произвольном сечении, располагаемом на расстоянии d от ли-

нии зажима питающей пары, в момент времени t_3 , когда деформация волокна достигает величины его разрывного удлинения.

После разрыва задний конец волокна, находящийся в зажиме пары II, мгновенно сокращается до длины l_2 , а участок волокна, находящийся в зажиме питающей пары I, – до длины l_3 . В течение времени $(t_3 - t_2)$ за линию зажима выпускной пары II выходит участок длиной l_1 . Концы волокон после разрыва, сокращаясь, разойдутся на величину l_4 .

Так как каждое волокно жгута разрывается в наиболее слабом месте, то вследствие произвольного расположения в зоне разрыва подобных участков образуются волокна разной длины.

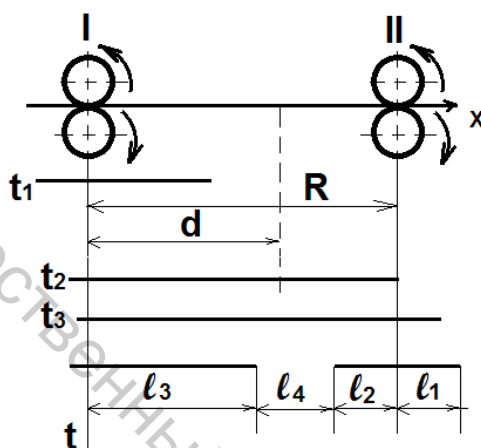


Рисунок 5.2 – Схема штапелирования жгута способом неконтролируемого разрыва

Длина волокна l , образовавшегося при разрыве волокна в сечении d , равна сумме отрезков l_1 и l_2 . Теоретически получены следующие формулы для расчета длин отрезков l_1 и l_2 :

$$l_1 = \int_0^{t_p} \frac{V_2}{1 + \varepsilon_p} \cdot [1 + \varepsilon_p (1 - r')] \cdot dt, \quad (5.1)$$

$$l_2 = \frac{R - d}{1 + \varepsilon_p} \cdot [1 + \varepsilon_p (1 - r)], \quad (5.2)$$

где R – разводка между вытяжными парами, мм; V_2 – скорость выпускной пары, м/мин; ε_p – относительное разрывное удлинение волокна, выраженное в долях; d – расстояние от места разрыва волокна до зажима питающей пары I, мм; r – доля упругой деформации и быстро исчезающей эластической деформации после разрыва нити; $\varepsilon_p (1 - r)$ – остаточная деформация нити; r' – доля упругой деформации нити в момент времени t .

Анализируя формулы (5.1) и (5.2), можно отметить, что при разрыве нити в зажиме пары II ($d = R$) формируется волокно минимальной длины ($l_2 = 0, l_{B(min)} = l_1$).

Максимальная длина волокна достигается при разрыве в зажиме питающей пары I ($d = 0$), то есть при

$$l_{B(max)} = l_1 + l_{2max} = l_1 + [R / (1 + \varepsilon_p)] \cdot [1 + \varepsilon_p(1 - r)]. \quad (5.3)$$

Из формул (5.2) и (5.3) видно, что длины l_2 и $l_{B(max)}$ возрастают с увеличением разводки R . Чем больше относительное разрывное удлинение волокон ε_p , тем больше l_1 и меньше l_2 .

Также длина волокон в ленте зависит от линейной плотности штапелируемых жгутов, что не учитывается в приведенных формулах.

Полученные формулы весьма громоздки, что затрудняет их использование на практике. В некоторых случаях удобно пользоваться упрощенными формулами.

При штапелировании на ленточных разрывных машинах жгутов большой линейной плотности трение между волокнами препятствует сокращению их размеров после разрыва. Тогда принимаем $r = 0$ и получаем следующие формулы для расчета l_1 и l_2 :

$$l_1 = \frac{(1 + \varepsilon_{BX}) \cdot R \cdot E \cdot \varepsilon_p}{(1 + \varepsilon_{BX}) \cdot E - 1 - \varepsilon_p}, \quad (5.4)$$

$$l_2 = R - d, \quad (5.5)$$

где ε_{BX} – упругая составляющая деформации волокна, входящего в питающий зажим с предварительным натяжением.

Фактическая длина волокон на 6–8 % короче теоретически рассчитанного значения.

Минимальная вытяжка, при которой осуществляется разрыв волокон жгута, определяется из условия

$$E > \frac{1 + \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_y}, \quad (5.6)$$

где ε_y – упругая составляющая деформации волокна, входящего в питающий зажим с предварительным натяжением.

Если предварительное натяжение отсутствует ($\varepsilon_{BX} = 0$), то $E = 1 + \varepsilon_p$.

После разрыва выступающие из зажима питающей пары волокна направляются к паре II со скоростью V_I . Наиболее длинные из них раньше

достигают пары II и раньше начинают растягиваться. Вследствие этого разрываются не сразу все нити жгута, а последовательно одна за другой. Получаемая на выходе из разрывного прибора непрерывная лента состоит из волокон разной длины.

При равномерном распределении слабых участков нитей по всей длине вытяжного поля разрывы нитей будут происходить в среднем с одинаковой вероятностью на всем расстоянии между парами I и II.

Штапельная диаграмма волокон будет при этом иметь форму трапеции (рисунок 5.3) при условии, что все нити жгута имеют одинаковое удлинение при разрыве и $\varepsilon_p = \text{const}$.

Длина оторванного волокна зависит от эластичных свойств нити и от разводки и вытяжки в зоне разрыва.

Изменяя параметры заправки, можно изменять среднюю длину волокна, которая является одним из важнейших показателей его прядильных свойств.

Чем меньше вытяжка, тем больший участок нити успеет выйти до момента разрыва за линию зажима выпускных цилиндров II, тем больше будет величина l_1 . Увеличение вытяжки приводит к уменьшению длины l_1 . Затем наступит момент, когда дальнейшее увеличение вытяжки практически перестанет отражаться на длине участка l_1 , так как промежуток времени $t_3 - t_2$, необходимый для растяжения нити до разрыва, будет очень мал.

На рисунке 5.4 показано изменение штапельной диаграммы волокон в зависимости от изменения вытяжки, а на рисунке 5.5 – от изменения разводки.

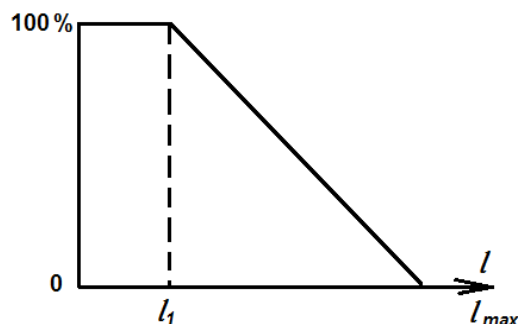


Рисунок 5.3 – Штапельная диаграмма волокон

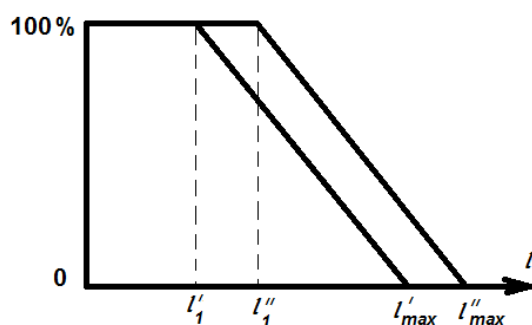


Рисунок 5.4 – Влияние вытяжки на изменение штапельной диаграммы

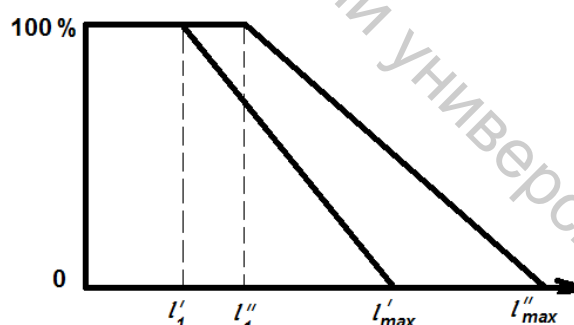


Рисунок 5.5 – Влияние разводки на изменение штапельной диаграммы

При изменении разводки изменяется протяженность зоны, в которой разрываются волокна. Чем больше разводка, тем больше средняя длина волокон, но тем больше и их неравномерность по длине волокон в штапеле. Так, при увеличении разводки от 95 до 115 мм неровнота волокон по длине возрастает от 43 до 50 %.

Для увеличения производительности разрывных штапелирующих машин в них используют не одну, а несколько зон разрыва с уменьшающейся разводкой между разрывными парами (рисунок 5.6). При этом разрыву подвергаются волокна жгута, предварительно нагретые с помощью термоплит в зоне R_0 .

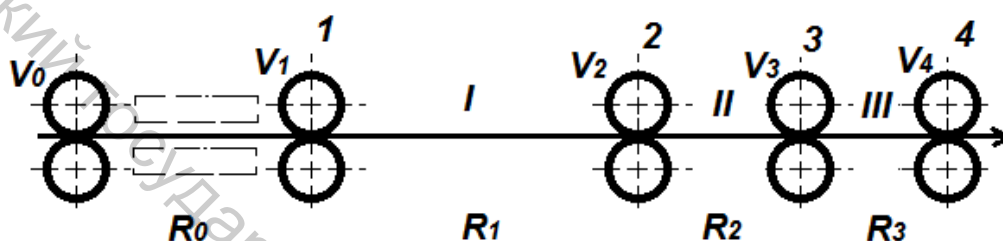


Рисунок 5.6 – Схема машины с тремя зонами разрыва

Наличие нескольких зон разрыва позволяет устанавливать в задних зонах увеличенные разводки и перерабатывать более толстые жгуты. В первой зоне R_1 волокна предварительно разрываются на отрезки большей длины, чем это необходимо. В следующей зоне полученные в первой зоне длинные волокна разрываются на отрезки заданной длины в соответствии с разводкой и вытяжкой в этой зоне. Волокна, длина которых меньше разводки или равна ей, не подвергаются вторичному разрыву.

При многозонном штапелировании неровнота волокон по длине гораздо меньше по сравнению с неровнотой волокон, полученных неконтролируемым разрывом в одной зоне.

Многозонный разрыв применяется не только на разрыво-штапелирующих машинах, но и на разрыво-смешивающих машинах, на ленточных резально-штапелирующих машинах, где после разрезания необходимо осуществить разрыв неразрезанных волокон.

При многозонном разрыве одно волокно не должно одновременно растягиваться в двух разрывных зонах, так как при этом может образоваться большое количество коротких волокон. Для предотвращения этого на современных ленточно-разрывных машинах усиливают зажим жгута между разрывными парами, в том числе за счет изменения конструкции вытяжных секций, и увеличивают вытяжку между ними. Как правило, вытяжные секции состоят из двух полых стальных цилиндров, охлаждаемых внутри водой и обремененного вала, находящегося под гидравлической нагрузкой. Возможны и более сложные конструкции, в

которых количество стальных цилиндров увеличено до четырех, что позволяет ускорить охлаждение предварительно нагретого жгута.

Ленточно-разрывные (или разрыво-штапелирующие) машины выпускают фирмы Cognetex (Италия), Seydel (Германия), N. Schlumberger (Франция), СМТС (Китай).

Особенностью новых машин является применение питающей рамки и питающего устройства с развитой системой направителей жгута и датчиками узлов, нагревательных плит с высокоточной системой терморегулирования, охладительных цилиндров в термовытяжном и штапелирующем устройствах, четырехзонного штапелирующего устройства, гофрирующего устройства с двусторонними боковыми подвижными клапанами, автоматизированной системы гидравлической нагрузки на вытяжные валы, устройства непрерывного запаривания ленты, системы пневмоотсоса угаров, системы автоматизированного управления параметрами работы машины.

Автоматизированная система управления регистрирует скорость движения материала, его вытяжку, температуру термоплит, длину выпускаемой ленты, ее массу, продолжительность простоев машины и их причины и позволяет прецизионно настраивать все параметры работы. Она суммирует данные, поступившие в течение рабочей смены, дня или недели.

Штапелирующие машины или конвертеры выпускают одноярусными и двухъярусными. В качестве примера одноярусной машины рассмотрим ленточно-разрывную машину S200 фирмы N. Schlumberger (рисунок 5.7). Машина предназначена для штапелирования полиакрилонитрильных, некоторых видов полиэфирных, полипропиленовых и вязкозных жгутов.

Предварительное растяжение расправленного жгута осуществляется в зоне нагревательных плит 2 между секциями 1 и 3. Разрыв происходит последовательно в четырех зонах между вытяжными секциями 3–4, 4–5, 5–6, 6–7, обеспечивающими надежный зажим без проскальзывания элементарных нитей и волокон. Разводка между секциями постепенно уменьшается в направлении выпуска.

Из вытяжной секции 7 лента поступает в гофрирующее устройство (на рисунке не пронумеровано), а далее в устройство 8 для запаривания ленты (терморелаксирующее устройство). После терморелаксации лента, охлаждаясь, перемещается транспортером 9 к лентоукладчику и укладывается в таз 10 диаметром от 800 до 1200 мм.

Внешний вид отдельных элементов машины S200 представлен на рисунке 5.8.

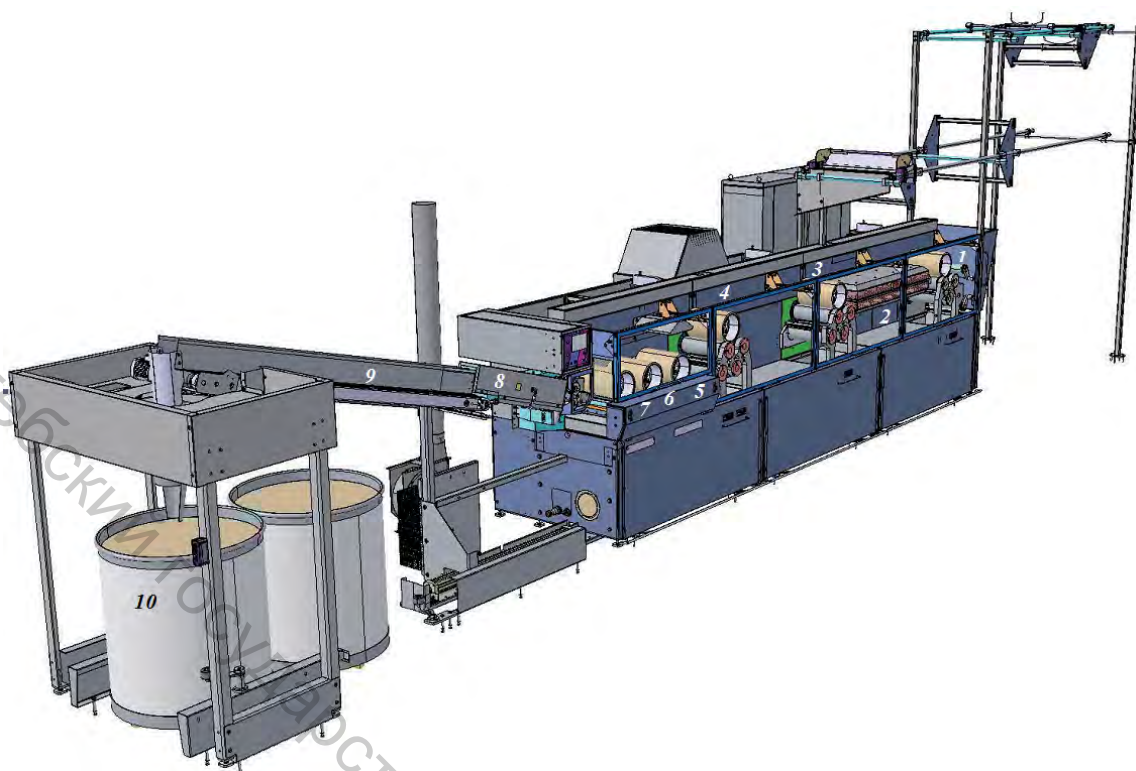


Рисунок 5.7 – Внешний вид ленточно-разрывной машины S200

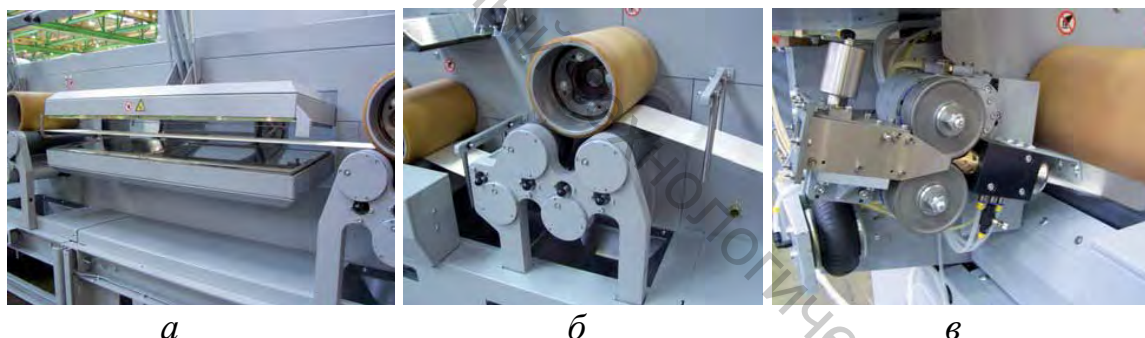


Рисунок 5.8 – Внешний вид отдельных элементов машины S200:
а – нагревательные плиты; *б* – вытяжная пара; *в* – гофрирующее устройство

Машина S200 может перерабатывать одновременно 2 жгута суммарной линейной плотностью до 200 ктекс, линейная плотность филаментов которых составляет от 0,1 до 1,7 текс. Скорость выпуска ленты может достигать 400 м/мин.

Штапелированная лента линейной плотности от 25 до 45 ктекс состоит из волокон, диаграмма распределения которых соответствует распределению волокон шерсти. При этом средняя длина волокна составляет от 80 до 150 мм.

Двухъярусные машины занимают меньшую площадь по сравнению с одноярусными машинами. Пример двухъярусной машины модели 873 фирмы Seydel представлен в разделе 5.3.2.

После ленточно-разрывной машины ленты направляются на разрыво-смешивающие машины для дорывания в многозонном вытяжном приборе неразорвавшихся при штапелировании волокон. Эти машины имеют от трёх до шести вытяжных секций с уменьшающейся в сторону выпуска разводкой, где происходит постепенное дорывание длинных волокон до требуемой длины. На машине осуществляется сложение 16–28 лент при максимальной суммарной линейной плотности лент на питании 800 ктекс и скорости выпуска ленты до 600 м/мин. Подробно работа разрыво-смешивающих машин рассмотрена в разделе 5.3.2.

Из всех существующих способов штапелирования жгутовых химических нитей способ неконтролируемого разрыва является наиболее простым. Однако он имеет ряд недостатков. Во-первых, неровнота волокон по длине остаётся достаточно высокой. Во-вторых, при разрыве волокна возникают критические напряжения, в результате которых происходит деформация волокон с изменением их первоначальных свойств: уменьшаются толщина волокон и разрывное удлинение и значительно возрастает усадка волокон при релаксации.

Указанные недостатки превращаются в достоинства при производстве высокообъёмной пряжи из жгутовых химических волокон, где необходимо использовать волокна с максимально большой потенциальной усадкой. Современные ленточно-разрывные машины применяются в основном в камвольной системе прядения шерсти и в производстве высокообъёмной пряжи при получении смесовой и чисто химической пряжи.

Способ неконтролируемого разрыва положил начало переработке жгутовых химических волокон, как в чистом виде, так и в смеси с натуральными волокнами.

5.2.2 Штапелирование способом контролируемого разрыва

Штапелирование жгутовых нитей способом контролируемого разрыва заключается в том, что разрыв волокон осуществляется в зоне, в которой на предварительно натянутый жгут нитей между секциями 1 и 2 воздействуют надсекающие пластины валов 3 (рисунок 5.9).

Разработка машин, осуществляющих штапелирование способом контролируемого разрыва, основывалась на предположении о том, что в результате такого разрыва волокон жгута будет происходить при их меньшем натяжении, что обеспечит получение ленты с длиной волокон, близкой к расчетной, при меньших изменениях физико-механических свойств волокон, чем при штапелировании способом неконтролируемого разрыва.

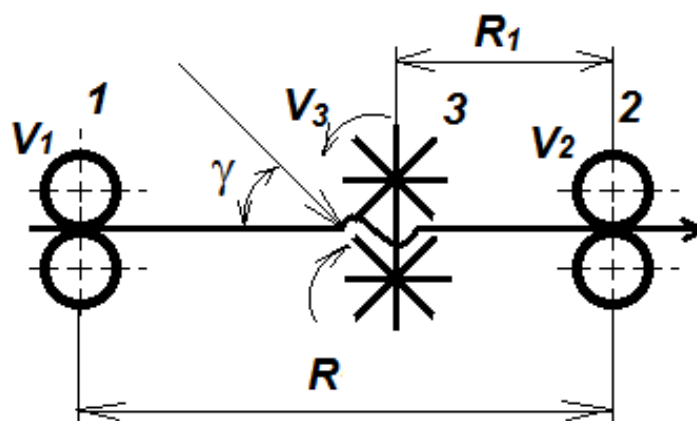


Рисунок 5.9 – Зона разрыва с надсекающими валами

Теоретически и экспериментально выявлено, что на машинах, работающих по способу контролируемого разрыва, лопасти надсекающих валов периодически наносят удары по жгуту, что приводит к периодическому изменению толщины ленты с двумя длинами волн λ_1 и λ_2 .

Периодическая волна λ_1 небольшой длины возникает вследствие разрыва при ударах групп волокон, как растягиваемых между парами 1 и 2 (рисунок 5.9), так и идущих со скоростью V_1 приблизительно в одном сечении вытяжного поля.

Обозначив промежутки времени между ударами двух лопастей одного надсекающего вала через $\Delta t = 1/nq$ (где n – частота вращения надсекающего вала, мин^{-1} , q – число лопастей), получим:

$$\lambda_1 = \frac{V_2}{n \cdot q} \quad (5.7)$$

Длина волны λ_1 не зависит от деформационных свойств волокон, а также вытяжки и разводки в зоне разрыва.

Значительная часть волокон разрывается при удлинениях, близких к разрывному, при этом место разрыва также находится в зоне воздействия надсекающих валов. Эти волокна определяют периодическую неровноту с длиной волны λ_2 , которая рассчитывается по формуле

$$\lambda_2 \approx E \cdot (R - R_1) + \Delta l_1, \quad (5.8)$$

где R – разводка в зоне разрыва; E – вытяжка в зоне разрыва; R_1 – расстояние от сечения вытяжного поля, в котором группа нитей разрывается от ударов лопастей надсекающих валов, до линии зажима выпускной пары; Δl_1 – длина участка волокна, вышедшего к моменту разрыва волокна за линию зажима выпускной пары.

Длина волны λ_2 увеличивается с ростом вытяжки и разводки в зоне разрыва. Волна λ_1 имеет небольшую длину и амплитуду, поэтому мало влияет на неровноту ленты по линейной плотности. Основной в создании неровноты ленты по толщине и структуре является волна длиной λ_2 .

На машинах с надсекающими валами все волокна жгута можно разделить на три группы:

- первую группу образуют волокна, разрывающиеся лопастями еще до входа передних концов волокон в зажим выпускной пары. Доля таких волокон в ленте составляет $\beta_1 = 0,06\text{--}0,13$. Волокна первой группы имеют небольшую длину, поскольку нити верхнего и нижнего слоёв жгута, прежде чем достигнут выпускной пары и начнут растягиваться, могут быть многократно разорваны на короткие волокна лопастями надсекающих валов;

- вторую группу образуют волокна, создающие в ленте в результате групповых разрывов волну длиной λ_2 . Эти волокна составляют основную часть ленты ($\beta_2 = 0,6\text{--}0,65$). Волокна второй группы образуются при разрыве нитей в зоне воздействия надсекающих лопастей и имеют среднюю длину, примерно равную $R_1 + \Delta l_1$, где Δl_1 – длина переднего участка волокна, выступающего из зажима выпускной пары в момент разрыва. Волокна этой группы имеют небольшой разброс по длине;

- третью группу образуют нити центральных слоев жгута. Эти слои испытывают наименьшее воздействие лопастей, поэтому можно считать, что нити центральных слоев разрываются неконтролируемым способом на участке между выпускной парой и надсекающими валами. Доля волокон третьей группы в ленте $\beta_3 = 0,2\text{--}0,3$. Следовательно, волокна третьей группы, образуемые при разрыве на участке между выпускной парой и надсекающими валами, имеют распределение по длине, характерное для неконтролируемого способа разрыва жгута.

Проанализируем влияние параметров заправки зоны разрыва на среднюю длину l_{cp} волокон и долю β_K коротких волокон в ленте. Так как штапелирующие машины, как правило, используются в камвольной системе прядения шерсти, короткими волокнами будем считать волокна длиной менее 40 мм.

Увеличение разводки R_1 ведёт к увеличению l_{cp} и к уменьшению β_K , так как при этом увеличивается длина волокон второй и третьей группы.

При увеличении вытяжки E уменьшается l_{cp} и возрастает β_K , так как уменьшается время растяжения до разрыва волокон второй и третьей групп и увеличивается число ударов лопастей на единицу длины жгута.

При повышении скорости частоты вращения надсекающих валов увеличивается деформация нитей в зоне надсекания вследствие возрастания силы и числа ударов лопастей по жгуту и доля волокон второй группы β_2 , поэтому возрастает l_{cp} и уменьшается.

Увеличение глубины вхождения пластин верхнего надсекающего вала в промежутках между пластинами нижнего вызывает возрастание деформации волокон в зоне надсекания, так как, во-первых, жгут больше изгибается между лопастями и, во-вторых, увеличивается угол удара γ , а, следовательно, сила удара лопасти. При этом повышается доля волокон второй группы β_2 , поэтому увеличивается l_{cp} и уменьшается β_K .

5.2.3 Штапелирование жгутов разрезанием

Способы штапелирования, основанные на разрыве жгутовых химических волокон, в настоящее время широко применяются при производстве как высокообъемной пряжи, так и при выпуске полшерстяной пряжи классической структуры. Однако эти способы имеют ряд недостатков, ограничивающих область их применения.

При способе контролируемого разрыва периодически наносимые лопастями удары вызывают разрыв групп нитей приблизительно в одном сечении вытяжного поля. Это приводит к тому, что все показатели, характеризующие структуру ленты, изменяются по длине ленты периодически, причем в тонких участках ленты располагаются значительно более короткие и неравномерные по длине волокна.

Структура ленты, полученной по способу неконтролируемого разрыва, лишена этих недостатков – изменение плотности передних и задних концов волокон, средней длины и неровноты волокон по длине в сечениях ленты описывается стационарными случайными функциями. В итоге неровнота ленты при неконтролируемом разрыве меньше, чем при контролируемом, а расположение волокон группами, периодическое изменение структуры и линейной плотности ленты при контролируемом разрыве ведет к появлению повышенной неровноты от вытягивания на машинах последующих переходов.

Недостатком контролируемого способа является также то, что лопасти надсекающих валиков перепутывают волокна, создают на них петли, загибают концы волокон. Лопастями надсекающих валов не только загибают концы волокон, но и разрушают их поверхность. Повреждение поверхности волокон снижает их прочность, так как прочность волокон зависит не от внутренних, а главным образом от поверхностных дефектов.

Кроме того, для волокон, полученных обоими способами, характерна высокая усадка при последующих термических обработках, которая является положительным фактором при производстве высокообъемной пряжи, но недопустима в остальных случаях. Для устранения данного недостатка после штапелирования ленту подвергают терморелаксации.

Также существенным фактором, не позволяющим использовать способы разрыва в любых случаях, является то, что ряд химических волокон характеризуются высокой прочностью, то есть для их разрыва должно быть приложено значительно большее усилие. Именно последний недостаток является основной причиной, по которой развивается технология штапельирования методом разрезания.

На первый взгляд разрезание является более простым процессом по сравнению с разрывом, так как оно обеспечивает максимальную равномерность волокон по длине. Однако именно равномерность волокон является одним из недостатков способа разрезания, на устранение которого направлены работы, выполняемые инженерами-конструкторами штапельирующего оборудования.

Объясняется это следующим образом. Известно, что при смешивании шерсти с химическими волокнами необходимо добиваться уменьшения долевого содержания коротких волокон, неровнота волокон смеси по длине при этом должна уменьшаться. Это требование выполняется при соблюдении ряда условий. Как указывалось в главе 2, для смешивания с шерстью рекомендуется применять штапельное волокно переменной длины. При этом волокна смеси должны иметь значительно меньший коэффициент вариации по сравнению с исходной шерстью, но большую среднюю длину волокон.

В связи с необходимостью получать штапельированные волокна переменной длины существует несколько подходов достижения данной цели.

Для штапельирования жгутовых химических волокон способом разрезания применяют резально-штапельирующие машины. *Сущность процесса штапельирования* на резально-штапельирующих машинах состоит в разрезании волокон на штапели заданной длины с помощью специального режущего устройства и последующего формирования ленты за счёт сдвига волокон в штапельированной ленте. На всех резально-штапельирующих машинах разрезание осуществляется с помощью спирального ножа, показанного на рисунке 5.10.

При движении элементарных нитей жгута в плоскости, перпендикулярной оси ножевого вала, они разрезаются на волокна одинаковой длины, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$l_{шт} = \frac{\pi \cdot D_{НВ}}{m}, \quad (5.9)$$

где $D_{НВ}$ – диаметр ножевого вала, мм; m – число заходов ножевого вала.



Рисунок 5.10 – Ножевой вал штапелирующей машины TT12

Число заходов – это количество спиралей (ножей), которое можно увидеть, посмотрев на вал с торца.

Диаметр ножевого вала машины TT12 фирмы N. Schlumberger составляет 168 мм (после нескольких заточек может быть уменьшен до 156 мм). Комплект ножевых валов включает валы с числом заходов 5, 6 и 7.

Соответственно номинальная длина резки составляет:

$$l_{шт} = \frac{3,14 \cdot 168}{5} = 102 \text{ мм},$$

$$l_{шт} = \frac{3,14 \cdot 168}{6} = 88 \text{ мм},$$

$$l_{шт} = \frac{3,14 \cdot 168}{7} = 75 \text{ мм}.$$

Аналогичные значения длины резки характерны и для конвертеров других марок и производителей. Однако, как указывалось ранее, для эффективной переработки штапелированной ленты по камвольной системе прядения шерсти получение волокон одной длины нецелесообразно.

Существует несколько способов получения штапелированной ленты из волокон разной длины.

Например, фирма Seydel выпустила резально-штапелирующую машину модели 911, которая отличается от других моделей конструкцией ножевого вала, представленной на рисунке 5.11. Шаг между спиралями ножевого вала переменный, что позволяет получать ленту с хорошим распределением волокон по длине. Также за счет этого обеспечивается более закономерный сдвиг волокон при вытягивании и исключается эшелонирование в вытяжных приборах комплексов волокон одинаковой длины, создающих периодическую неровноту в ленте.

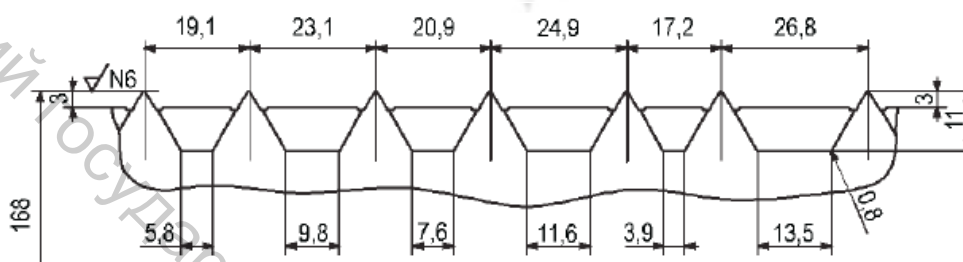
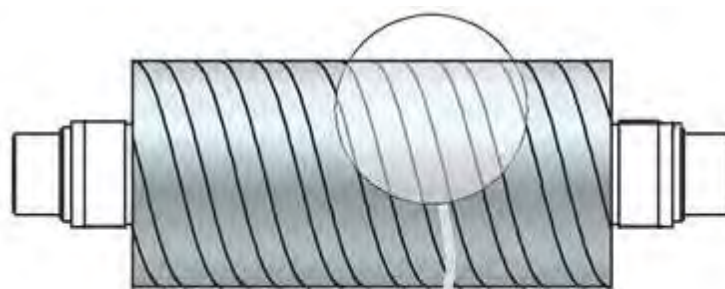


Рисунок 5.11 – Ножевой вал машины модели 911 фирмы Seydel

Другой способ применен на машине ТТ12. Этот способ заключается в том, что за счет применения кулачкового механизма изменяется угол подачи элементарных волокон к ножевому барабану (рисунок 5.12).

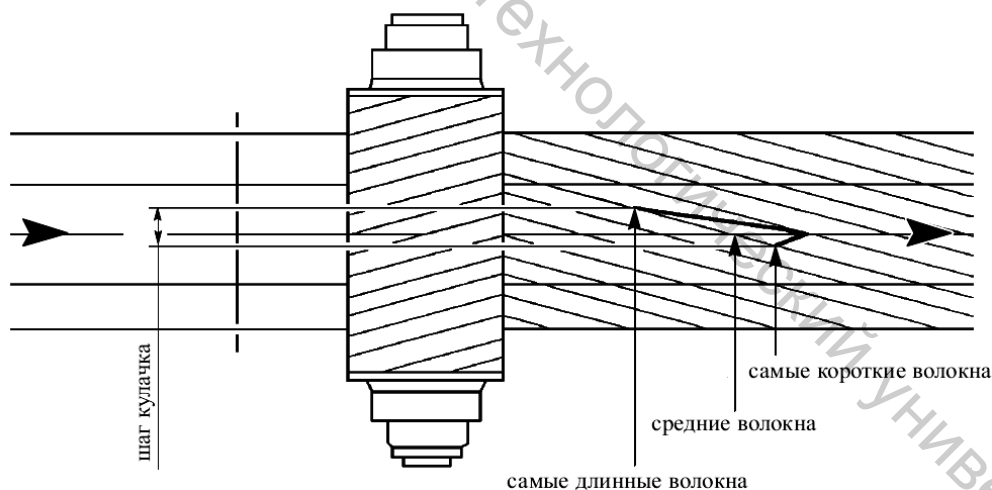


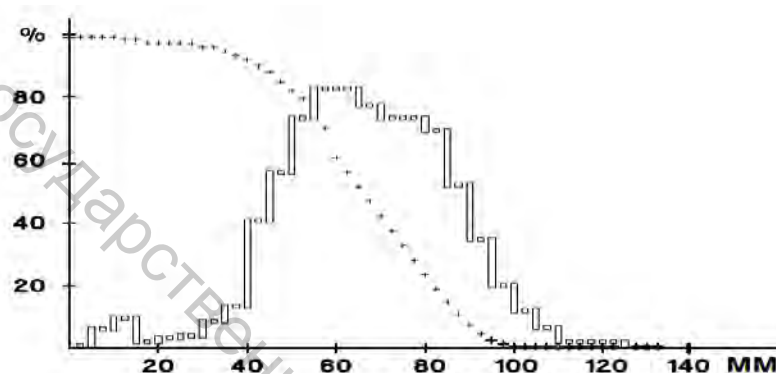
Рисунок 5.12 – Влияние угла подачи жгута к ножевому валу на длину резки волокна

В комплекте поставляются кулачки, обеспечивающие перемещение жгута вдоль оси ножевого вала с размахом 10, 15 и 20 мм. По данным специалистов компании-производителя машин эти кулачки обеспечивают получение распределения волокон в ленте с разным коэффициентом вариации по длине CV_l (таблица 5.1).

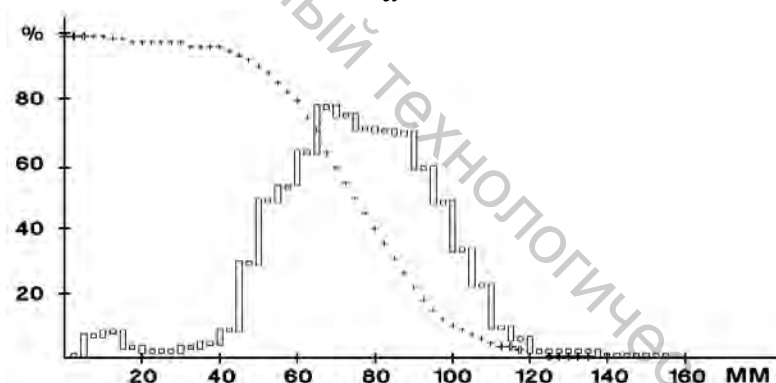
Таблица 5.1 – Влияние перемещения жгута на неровноту волокон по длине

Перемещение жгута вдоль оси ножевого вала, мм	Коэффициент вариации по длине волокон, %
10	23–26
15	25–28
20	27–34

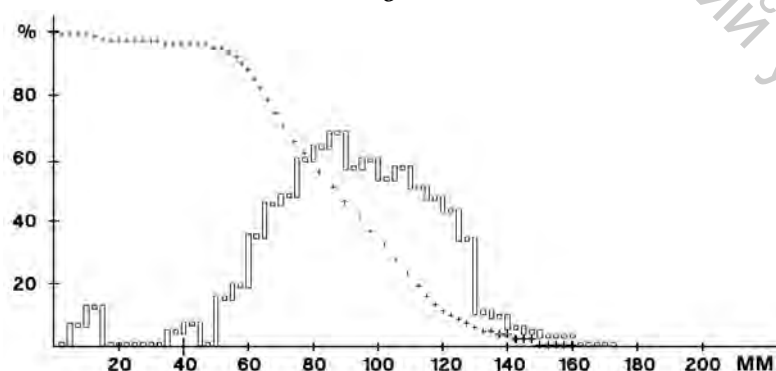
На рисунке 5.13 представлены штапельные диаграммы и диаграммы распределения полиэфирных волокон по длине в ленте, полученные с использованием ножевых барабанов с разным числом заходов ножей.



а



б



в

Рисунок 5.13 – Штапельные диаграммы и диаграммы распределения полиэфирных волокон по длине в ленте, полученные с использованием ножевых барабанов с разным числом заходов ножей (а – 7, б – 6, в – 5)

Можно обратить внимание на то, что средняя длина волокон в ленте (таблица 5.2) несколько ниже расчетной длины резки, а неровнота волокон по длине существенно не зависит от количества заходов ножевого вала.

Таблица 5.2 – Характеристики распределения волокон в штапелированной ленте

Число заходов ножевого вала	Расчетная длина волокна, мм	Средняя длина волокна, мм	Коэффициент вариации по длине волокна, %
7	75	66,4	28,5
6	88	75,5	27,7
5	105	91,5	27,6

5.2.4 Штапелирование способом дифференцированного разрезания

Для получения штапелированных волокон непостоянной длины в СССР был разработан способ дифференцированного разрезания. В данном случае термин «дифференцированное» является синонимом слова «выборочное», то есть разрезанию подвергается только часть волокон жгута, а остальные остаются неразрезанными.

Для реализации метода дифференцированного разрезания были разработаны машины ЛРШ-70 и ЛРШ-2-40. Машина ЛРШ-70 предназначена для получения штапелированной ленты с длиной резки волокна от 75 до 145 мм и применяется в шерстопрядении. Машина ЛРШ-2-40 предназначена для получения штапелированной ленты с длиной резки от 40 до 65 мм и применяется в хлопкопрядении.

Использование машины ЛРШ-2-40 позволяет перерабатывать химические волокна в смеси с хлопковыми (при смешивании их на ленточных машинах) и в чистом виде. Технологическая схема машины ЛРШ-2-40 представлена на рисунке 5.14.

Питание машины производится жгутом из коробок 1 или других паковок со жгутовыми нитями. На машине может осуществляться переработка одновременно двух жгутов, с укладкой получаемых лент в два таза. Жгуты выбираются из коробок и подаются в питающую рамку 2. Назначение рамки – достичь в процессе расправки равномерной ширины жгута, что создает необходимые условия для равномерного натяжения волокон в процессе разрезания.

Расправка и натяжение жгута достигается при огибании жгутом ряда прямолинейных и дугообразных направляющих. Натяжение жгута можно изменять, перемещая прямолинейные направляющие друг относительно друга и изменяя суммарный угол огибания жгутом стержней.

При повороте дугообразных направляющих относительно собственной оси меняется угол огибания их жгутом, и, соответственно, изменяется ширина расправки жгута.

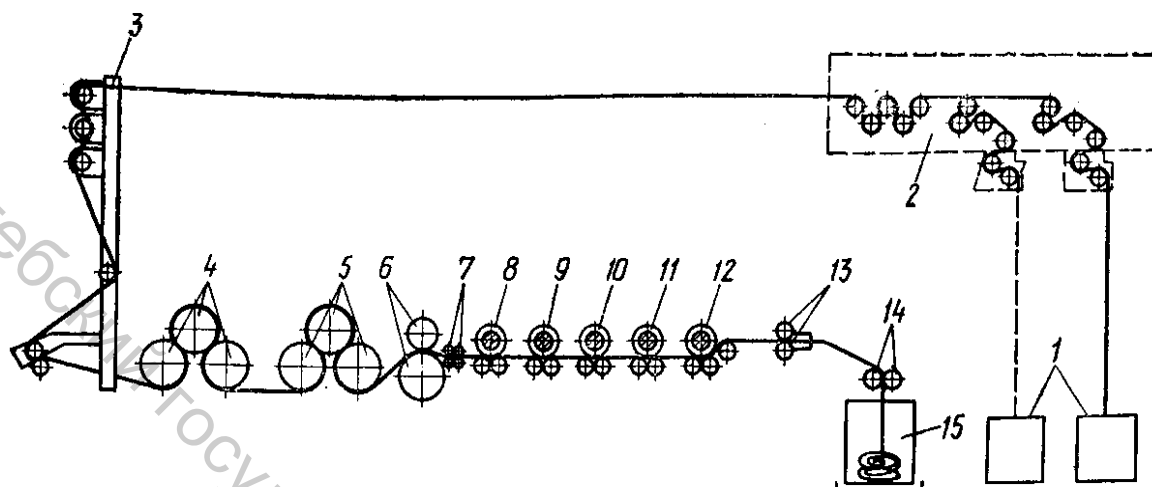


Рисунок 5.14 – Технологическая схема ленточной резально-штапелирующей машины ЛРШ-2-40:

1 – коробки со жгутом; 2 – питающая рамка; 3 – направляющая рамка; 4 – питающая пара; 5 – вытяжная пара; 6 – штапелирующее устройство; 7 – отдельные цилиндры; 8–12 – вытяжные пары; 13 – гофрирующее устройство; 14 – плющильные валики; 15 – таз для штапелированной ленты

Далее расправленный жгут подается в направляющую рамку 3, где происходит дополнительное натяжение жгута также за счет огибания прямолинейных и дугообразных стержней. Жгуты при этом распрямляются и формируются в холстик требуемой ширины. Формирование холстика из жгута – одна из важных операций в процессе штапелирования. Цель этого процесса – получить равномерный по ширине и толщине холстик для создания постоянного удельного питания штапелирующей машины.

В секции питания с помощью питающего 4 и вытяжного 5 зажимов холстик получает дополнительное натяжение и направляется в секцию штапелирования. Для усиления зажима волокон жгута холстик огибает 2 нижних гладких вала и верхний стальной вал с гидравлической нагрузкой. Между вытяжными парами осуществляется сильное натяжение жгута с вытяжкой $E = 1,05\text{--}1,1$ для улучшения условий процесса разрезания.

Далее холстик подвергается дифференцированному разрезанию штапелирующим устройством 6, которое состоит из верхнего спирального ножевого вала и нижнего опорного вала (рисунок 5.14).

Так же, как и на штапелирующих машинах других моделей, на машинах ЛРШ режущим органом является спиральный ножевой вал. Режущая кромка ножевого вала имеет толщину до 0,1 мм.

Однако ленточные резально-штапелирующие машины ЛРШ отличаются от конструкций штапелирующего и вытяжного устройств. Для того чтобы часть волокон оставалась неразрезанной по вершинам спиралей, прорезаны радиальные пазы с заданным шагом, а также с требуемой шириной и глубиной паза в зависимости от вида жгута и назначения вырабатываемой из него пряжи. Шаг между пазами – от 2,5 до 5 мм, глубина паза – до 6 мм. Глубина и ширина радиальных пазов должны обеспечивать заход в них на всю толщину холстика и неразрезание заданного количества волокон как между штапелями, так и во всем холстике в целом, с тем, чтобы с помощью неразрезанных на заданную длину волокон обеспечить дифференцированный сдвиг волокон в ленте при вытягивании холста.

Ножевой вал устанавливается на опорном валу, который изготавливается с высокой точностью и имеет гладкую полированную поверхность. Поверхности ножевого и опорного валов должны касаться по линии, параллельной осям валов.

Отделительные цилиндры 7 служат для отделения холстика от ножевого вала и транспортировки волокон в зону вытягивания. Далее разрезанный холстик поступает в вытяжную секцию 8–12. Эта секция состоит из четырех вытяжных пар на машине ЛРШ-70 и из пяти на машинах ЛРШ-2-40.

В секции вытягивания происходит дифференцированный сдвиг волокон с одновременным разрывом волокон, имеющих длину $2l_{шт}$ и более. Каждая вытяжная пара состоит из двух нижних рифленых стальных цилиндров и верхнего нажимного валика с эластичным покрытием. Цилиндры и валики двух задних вытяжных пар имеют большие размеры, чем остальные вытяжные пары.

Пять вытяжных пар на машине ЛРШ-2-40 образуют четыре зоны разрыва, где происходит постепенное укорочение волокон, разрезанных ножевым валом на отрезки длиной $2l_{шт}$, $3l_{шт}$, $4l_{шт}$. Разводка между вытяжными парами постепенно уменьшается в направлении выпуска. Поэтому между вытяжными парами разрываются волокна, длина которых больше разводки между двумя смежными парами. Так, например, между 1-й и 2-й вытяжными парами разрываются волокна, длина которых более $2l_{шт}$; между 2-й и 3-й – волокна длиной, превышающей $l_{шт}$ в 1,5 раза и более; между 3-й и 4-й – волокна, длина которых превышает $l_{шт}$ в 1,2 раза; между 4-й и 5-й – волокна длиной, превышающей длину резки, то есть $l_{шт}$.

После вытягивания с помощью гофрирующего устройства из холстика формируется лента. Гофрирующее устройство (рисунок 5.15) предназначено для формирования извитости штапелированных волокон в ленте, чтобы обеспечить её дальнейшую переработку без скрытой вытяжки или обрывов. Благодаря гофрированию ленты повышается цепкость волокон.

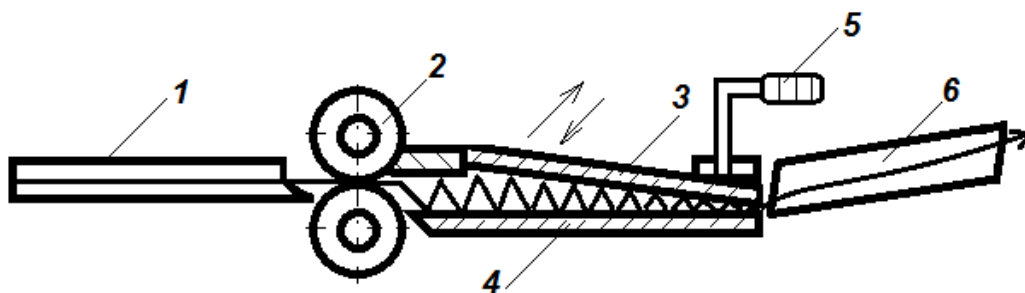


Рисунок 5.15 – Гофрирующее устройство штапелирующей машины

Лоток 1 служит для уплотнения холстика штапелированных волокон и направления его в каландровые валики 2. Ширина ленты определяется шириной выходного отверстия лотка, а также шириной каландровых валов, которая несколько больше ширины выходного отверстия лотка.

Гофрирующее устройство состоит из двух каландровых металлических валов с гладкой полированной поверхностью и коробки с подвижным нажимным клапаном 3 и неподвижной стенкой 4.

Нижний каландровый вал получает движение от привода машины, верхний – от нижнего, к которому он прижимается двумя пружинами с силой до 500 Н. Каландровые валы при взаимодействии с боковыми стенками гофрирующей коробки уплотняют ленту, а при взаимодействии с нижним клапаном гофрируют ее. Гофрирование ленты осуществляется в результате противодействия нажимного клапана выходу ленты из каландровых валов. Противодействие нажимного клапана создается при помощи устройства противодействия 5. При этом волокна, ориентированные в ленте в направлении ее движения, получают извитость, сохраняющуюся до конца обработки. Штапелированная лента после ее гофрирования выталкивается из гофрирующей коробки в лотковый компенсатор 6, откуда выбирается с постоянной скоростью плющильными валиками, расположенными в головке лентоукладчика.

В штапелированной ленте все же остаются волокна с длиной больше $l_{шт}$, что нежелательно при получении пряжи пневмомеханическим способом. Поэтому после штапелирования на машине ЛРШ-2-40 лента поступает на смешивающую машину СМ-2-40, где дорываются длинные волокна.

5.2.5 Теоретические вопросы дифференцированного разрезания

На рисунке 5.16 показан ножевой вал и участок разрезанного холстика, содержащий волокна длиной от $l_{шт}$ до $n \cdot l_{шт}$. Количественное распределение волокон по длине в штапелированной ленте при постоянном шаге пазов зависит от ширины и глубины пазов.

Жгут химических волокон проходит между ножевым и опорным валом. При вращении ножевого вала волокно, попавшее на режущую кромку при двух проходах спиралей ножа, будет иметь длину $l_{шт}$.

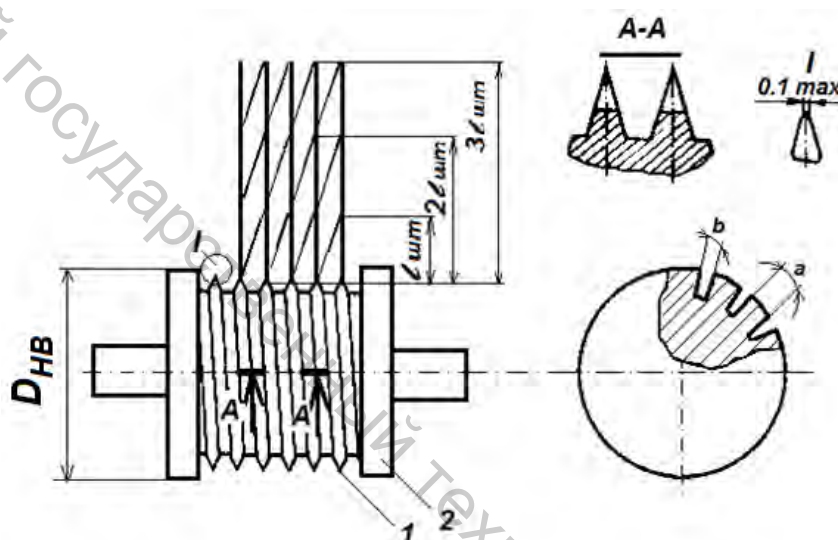


Рисунок 5.16 – Ножевой вал:
1 – спираль; 2 – опорная часть

Волокно, попавшее в паз, окажется неразрезанным. Оно может быть разрезано при втором, третьем, четвертом и т.д. проходе спиралей ножевого вала.

Длина этих волокон составляет от $2l_{шт}$ до $(i+1)l_{шт}$, где i – число совпадений пазов при n проходах спиралей ножевого вала. При глубине пазов, равной толщине жгута, содержание неразрезанных волокон при каждом проходе спирали ножевого вала X (%) зависит только от ширины паза и зуба, то есть:

$$X = \frac{b}{a+b} \cdot 100, \quad (5.10)$$

где a – ширина зуба, мм; b – ширина паза, мм.

На основе заданной длины штапелированных волокон и их процентного содержания определяют конструкцию рабочих органов машины и выбирают технологические параметры ее работы.

При подготовке химических волокон для последующего смешивания с натуральными волокнами штапельную длину волокна $l_{шт}$ необходимо подбирать на основании рекомендаций, изложенных в главе 2.

Зная требуемое значение $l_{шт}$, по формуле (5.10) можно определить число заходов ножевого вала, а зная свойства штапелированной ленты, можно определить ширину паза и зуба.

Для того чтобы получить в ленте волокно длиной $l_{шт}$, необходимо, чтобы элементарная нить не попала в паз при прохождении двух спиралей подряд, то есть вероятность данного события равна квадрату вероятности разрезания нити. Учитывая, что вероятность разрезания элементарной нити рассчитывается по формуле

$$P = 1 - \frac{X}{100}, \quad (5.11)$$

вероятность получения в ленте волокон длиной $l_{шт}$ можно определить по формуле

$$P(l_{шт}) = \left(1 - \frac{X}{100}\right)^2. \quad (5.12)$$

Ширину зуба a и ширину паза b устанавливают в зависимости от вида жгута и линейной плотности волокна: $a = 2-4$ мм, $b = 0,1-0,2$ мм. В таблице 5.3 приведены расчетные значения вероятности разрезания волокон жгута различного вида и линейной плотности.

Таблица 5.3 – Расчетные значения вероятности разрезания волокон жгута

Вид сырья	Линейная плотность волокна, мтекс	Значения параметров			
		$b / (a + b)$	$X, \%$	P	$P(l_{шт})$
Полиэфирное волокно	≥ 100	0,05	5	0,95	0,9025
ПАН волокно	≥ 150	0,1	10	0,9	0,81
Вискоза	≥ 100	0,1	10	0,9	0,81

На рисунке 5.17 приведено содержание в штапелированной ленте волокон, имеющих длину больше расчетной, то есть $2l_{шт}$ и более, в зависимости от шага зубьев, ширины зуба и паза.

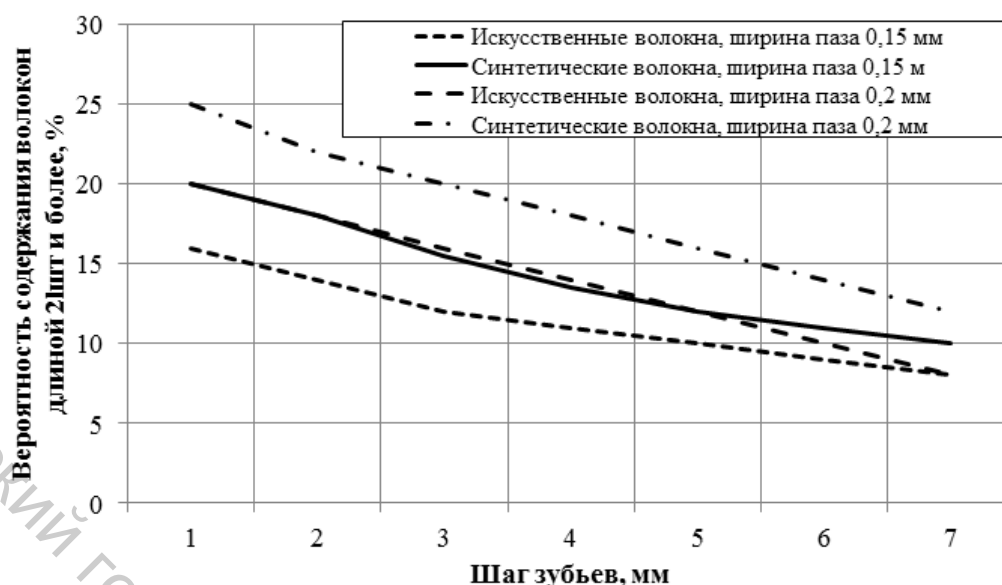


Рисунок 5.17 – Содержание в ленте волокон разной длины в зависимости от конструкции ножевого вала

5.2.6 Сравнение способов штапелирования

При способе контролируемого разрыва периодически наносимые лопастями удары вызывают разрыв групп нитей приблизительно в одном сечении жгута. Это приводит к тому, что все показатели, характеризующие структуру ленты, изменяются периодически. Причем в утоненных участках располагается большее количество коротких волокон.

Кроме того, лопасти надсекающих валов перепутывают волокна, загибают их концы, а также разрушают их поверхность, что приводит к снижению прочности пряжи.

При исследованиях пряжи из ленты, полученной разными способами, установлено, что пряжа, полученная с использованием неконтролируемого разрыва жгута, имеет меньшую неровноту по линейной плотности и большую усадку, чем при контролируемом разрыве. При неконтролируемом разрыве жгута улучшается качество штапелированной ленты, полуфабрикатов по всем переходам и пряжи; машины с неконтролируемым разрывом могут работать с большей скоростью выпуска и производительностью, чем машины с контролируемым разрывом жгута.

Ленточные резально-штапелирующие машины используют главным образом в камвольном производстве при получении пряжи из полиэфирных жгутов большой линейной плотности по сокращенной системе прядения, при получении шерстополиэфирной пряжи, при переработке штапелированной ленты из полиэфирных волокон в смеси со

льном, где большое число машин с гребенными полями способствует разделению групп волокон и уменьшению неровноты ленты.

Штапелирующие машины, работающие по способу контролируемого и неконтролируемого разрыва, в мире в основном применяются при производстве высокообъемной пряжи. Использование способа неконтролируемого разрыва является предпочтительным, так как вырабатываемая пряжа не только характеризуется меньшей неровнотой по линейной плотности, но и имеет большую усадку, чем в случае штапелирования методом контролируемого разрыва.

Недостатками резально-штапелирующих машин являются значительная неровнота и низкая прочность ленты из-за наличия неразработанных штапельков волокон, а при неравномерном натяжении жгута из-за наличия коротких и слишком длинных волокон. При разрезании жгута концы волокон расплющиваются, образуя спайки, что затрудняет смещение волокон друг относительно друга в процессе вытягивания. Кроме того, в процессе разрезания волокон образуются отходы в виде очень мелкой крошки (микропыли), которая может откладываться на рабочих органах машин.

Использование ленточных резально-штапелирующих машин при производстве высокообъемной пряжи нецелесообразно, так как усадка получаемого низкоусадочного компонента слишком высока и составляет 13–15 %, а разность усадки низко- и высокоусадочного компонента всего 5–6 %, что гораздо меньше требуемой (минимум 18 %). Лента с резально-штапелирующих машин содержит большое количество неразработанных групп волокон, образовавшихся в результате разрезания жгута, поэтому неровнота по линейной плотности ленты и пряжи выше, чем при использовании ленточно-разрывных машин.

При штапелировании жгутов средней прочности оптимальным является способ неконтролируемого разрыва. Больше всего способ штапелирования неконтролируемым разрывом используется для получения высокообъемной пряжи из ПАН волокон. Почти все мировое производство ПАН волокон шерстяного типа, объем которого превышает 1 млн т в год, основано на применении этого способа штапелирования.

5.3 Особенности выработки ленты для производства высокообъемной пряжи

5.3.1 Сущность процесса получения высокообъемной пряжи

Пряжа из синтетических волокон, полученная по системам прядения хлопка или шерсти, отличается повышенной жесткостью. Изделия из такой пряжи обладают низкими гигиеническими свойствами и плохой воздухопроницаемостью.

Изменить структуру и поверхностные свойства пряжи из синтетического волокна можно путем применения особых способов ее прядения и обработки, которые основаны на способности некоторых синтетических волокон сильно вытягиваться в нагретом состоянии, а затем при последующих влажно-тепловых обработках получать усадку. Пряжа, полученная этими способами, называется высокообъемной. Она отличается мягкостью, пушистостью, малой плотностью и большой пространственной извитостью. Изделия из этой пряжи имеют хорошие теплозащитные и гигиенические свойства, так как они лучше сохраняют тепло, хорошо впитывают, а затем испаряют влагу, выделяемую кожей человека.

Высокообъемную пряжу широко используют для изготовления верхнего трикотажа. Производство изделий из такой пряжи непрерывно увеличивается, в том числе и в Республике Беларусь.

Сущность выработки высокообъемной пряжи из смеси разноусадочных волокон заключается в том, что пряжу вырабатывают из волокон нескольких компонентов, которые можно разделить на две группы:

- высокоусадочные компоненты, состоящие из волокон, которым сообщается способность к усадке после обработки горячей водой, паром или горячим воздухом;
- низкоусадочные компоненты, состоящие из волокон, которые не имеют способности к усадке.

Таким образом, основной принцип получения высокообъемной пряжи заключается в смешивании высокоусадочных (с усадкой 20–30 %) и низкоусадочных (с усадкой 0,5–1 %) волокон.

Традиционно высокообъемная пряжа состоит из волокон двух компонентов, хотя их количество может быть любое при соблюдении существенной разницы в усадке между группами волокон компонентов. Высокая объемность достигается, если разница между усадкой смешиваемых волокон не ниже 18 %. С увеличением разницы в усадке компонентов повышается достигаемый эффект.

В процессе термообработки готовой пряжи высокоусадочные волокна, получая усадку в результате релаксации, заставляют изгибаться низкоусадочные волокна, так как длина пряжи сокращается, а все волокна благодаря крутке находятся в зажатом состоянии. Вследствие этого линейная плотность пряжи и ее диаметр значительно увеличиваются.

Для получения высокообъемной пряжи используются синтетические волокна, обладающие повышенной усадкой, которая придается путем вытягивания их в нагретом состоянии с последующим охлаждением.

Для получения высокоусадочных волокон существуют три основных метода:

– химическая модификация, при которой добавление в исходный полимер модифицированных компонентов воздействует на скорость кристаллизации;

– физическая модификация, при которой изменяется соотношение между аморфной и кристаллической частями волокна, однако достигается это путем изменения влажности, условий вытягивания и дополнительной термообработки;

– использование бикомпонентных волокон.

Высокоусадочные волокна, полученные химической модификацией, обладают более устойчивыми показателями по всем физико-механическим и химическим свойствам по сравнению с волокнами, полученными физической модификацией.

Преимуществом физической модификации является то, что высокоусадочные волокна вырабатывают из тех же полимеров, из которых получают и низкоусадочные, а это технологически и экономически более выгодно. Наиболее распространенным способом физической модификации является получение высокоусадочного компонента путем значительного растяжения волокна в процессе его изготовления или при переработке на штапелирующих машинах. Так, при вытягивании ПАН волокон в нагретом состоянии происходит переориентация макромолекул волокна. При снятии приложенного напряжения макромолекулы сохраняют свое положение благодаря вновь образованным временным связям. При влажно-тепловой обработке вновь образованные связи разрываются, в результате чего возникают возвратные релаксационные процессы, приводящие к большой усадке волокон.

В качестве низкоусадочного компонента можно применять не только химические волокна, но и любые натуральные волокна: хлопок, шерсть, шелк и др. В этом случае после тепловой обработки получается высокообъемная пряжа, в которой высокоусадочные волокна находятся внутри, а натуральные волокна располагаются на ее поверхности. По своим свойствам она похожа на пряжу из натурального волокна.

Линейная плотность смешиваемых волокон может быть одинаковой и различной. Лучшими вариантами смеси являются такие, в которых высокоусадочный компонент состоит из более толстых волокон, чем низкоусадочный. В этом случае более толстые волокна образуют сердцевину с достаточной прочностью и упругостью, а тонкие волокна образуют пушистую поверхность и делают пряжу приятной на ощупь.

Рассмотрим, что происходит с разноусадочными волокнами в процессе производства высокообъемной пряжи. Изображенная на рисунке 5.18 *а* волокнистая лента состоит из 50 % высокоусадочных волокон 1 и 50 % низкоусадочных волокон 2.

В пряже до влажно-тепловой обработки разноусадочные волокна располагаются одинаково (рисунок 5.18 б), однако после усадки высокоусадочные волокна располагаются в основном ближе к оси пряжи, а низкоусадочные – преобладают на ее поверхности (рисунок 5.18 в).

Для придания одиночной пряже повышенной объемности ее скручивают в несколько сложений и запаривают. Чем больше усадка высокоусадочного компонента, тем с большей объемностью можно получить пряжу. Одиночная пряжа, выработанная из смеси разноусадочных волокон, практически ничем не отличается от обычной пряжи.

Основными показателями, характеризующими высокообъемную пряжу, являются объемность и усадка. Они зависят от свойств исходных волокон, то есть от длины, линейной плотности, усадки, а также от соотношения низко- и высокоусадочных компонентов в смеси.

Усадку пряжи S (%) определяют по формуле

$$S = \frac{l_0 - l_1}{l_0} 100, \quad (5.13)$$

где l_0 – длина волокна до обработки; l_1 – длина волокна после обработки.

Также изменение длины участка пряжи может характеризоваться коэффициентом усадки, значение которого рассчитывается по формуле

$$K_{yc} = \frac{l_1}{l_0}. \quad (5.14)$$

Под объемностью понимают объем в см^3 , занимаемый образцом пряжи массой 1 грамм в свободном (ненатянута) состоянии при нормальной температуре и влажности.

Объемность пряжи ($\text{см}^3/\text{г}$) определяют по формуле

$$\delta = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l, \quad (5.15)$$

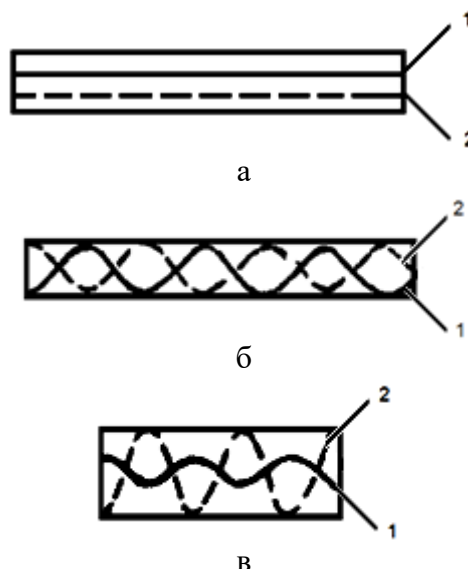


Рисунок 5.18 – Изменение конфигурации разноусадочных волокон в процессе получения высокообъемной пряжи

где d – диаметр пряжи, см; l – длина 1 г пряжи, см.

Длину l можно рассчитать, зная линейную плотность пряжи $T_{\text{п}}$, текс:

$$l = \frac{1000}{T_{\text{п}}} \cdot 100. \quad (5.16)$$

Отсюда

$$\delta = \frac{78500 \cdot d^2}{T_{\text{п}}}. \quad (5.17)$$

Степень изменения объемности (%) в процессе тепловой обработки (терморелаксации) можно определить по формуле

$$\delta_o = \frac{\delta_2}{\delta_1} \cdot 100, \quad (5.18)$$

где δ_1 и δ_2 – объемы, см³, занимаемые 1 г исходной и высокообъемной пряжи.

Для определения линейной плотности пряжи после тепловой обработки применяют следующие формулы:

$$T_2 = \frac{T_1}{K_{\text{ус}}}; \quad T_2 = \frac{T_1}{1 - (S / 100)}, \quad (5.19)$$

где T_1 и T_2 – линейная плотность пряжи до и после обработки, текс; S – усадка, %; $K_{\text{ус}}$ – коэффициент усадки.

На рисунке 5.19 представлен пример влияния процентного содержания высоко- и низкоусадочного компонента на изменение объемности и усадки пряжи. Из рисунка 5.19 видно, что усадка пряжи (кривая 1) быстро увеличивается с повышением содержания высокоусадочного компонента до 40 %, при повышении содержания этого компонента более 50 % усадка пряжи увеличивается очень медленно.

Объемность пряжи (кривая 2) увеличивается с повышением содержания в смеси высокоусадочного компонента и при повышении его примерно до 30 % достигает максимума. При дальнейшем увеличении содержания высокоусадочного компонента объемность пряжи уменьшается. Соотношение низко- и высокоусадочных компонентов в смеси зависит от вида и свойств исходного сырья. Это соотношение обычно определяют экспериментально. Однако установлено, что оптимальное содержание высокоусадочного компонента в смеси для волокна любого

вида колеблется от 30 до 50 %. При таком соотношении в наибольшей степени проявляется эффект объемности.

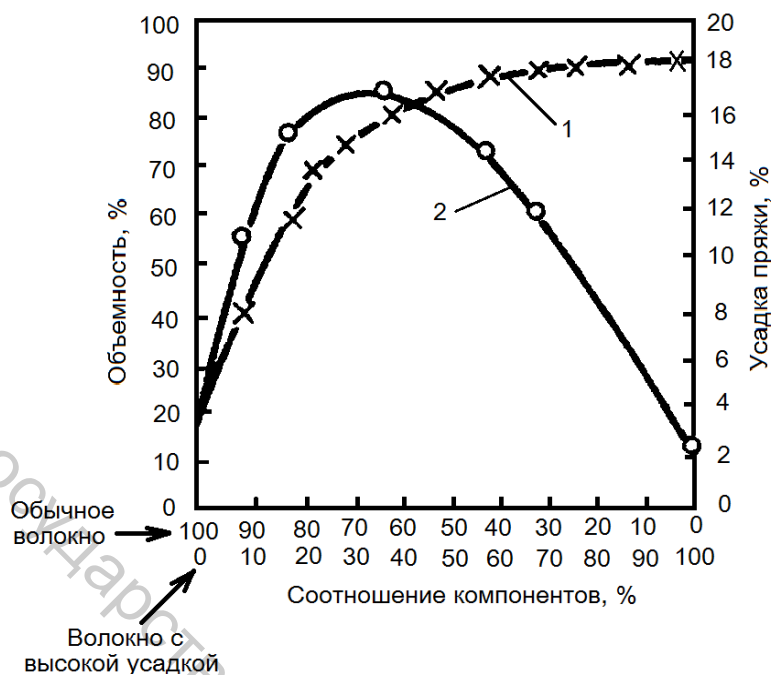


Рисунок 5.19 – Зависимость свойств пряжи от соотношения компонентов

5.3.2 Выработка высокообъемной пряжи из химических волокон, поступающих в виде жгута

На современных производствах по выпуску высокообъемной пряжи применяются в большинстве случаев штапелирующие машины, работающие по принципу многозонного неконтролируемого разрыва. Это связано с тем, что при неконтролируемом разрыве волокна испытывают критические деформации, при которых они приобретают большую потенциальную усадку.

Современные штапелирующие машины универсальны и позволяют получать низко- и высокоусадочный компонент на одной машине, так как на одной машине может осуществляться и штапелирование, и терморелаксация низкоусадочного компонента.

Пример схемы технологического процесса производства высокообъемной пряжи из жгутов химических волокон представлен на рисунке 5.20. Подобный технологический процесс реализован в условиях ОАО «Полесье» (г. Пинск).



Рисунок 5.20 – Схема получения высокообъемной пряжи на ОАО «Полесье»

Данная схема процесса получения высокообъемной пряжи основана на использовании разрыво-штапелирующих машин и предназначена для получения пряжи из длинных волокон (со средней длиной волокна около 100 мм).

Первым этапом технологического процесса получения высокообъемной пряжи является штапелирование ПАН жгутов. На разрыво-штапелирующей машине происходит подготовка и высоко- и низкоусадочного компонентов.

Жгуты подвергаются штапелированию, сочетаемому с предварительным вытягиванием в нагретом состоянии. При получении низкоусадочного компонента лента после штапелирования подвергается релаксации в волокнусадочной камере. При воздействии усадочной среды (водяного пара) в ПАН волокнах завершаются релаксационные процессы, в результате чего их остаточная усадка составляет 1–2,5 %.

При получении высокоусадочного компонента штапелированная лента, полученная из волокон, вытянутых в нагретом состоянии, не подвергается релаксации и сохраняет способность сильно усаживаться при окончательной обработке пряжи на терморелаксационных машинах.

На разрыво-смешивающей машине происходит смешивание лент из низкоусадочных и высокоусадочных волокон в требуемом процент-

ном соотношении, дорывание неразорвавшихся при штапелировании волокон в многозонном вытяжном приборе для получения заданной длины волокон в ленте, вытягивание и укладка ленты в таз.

Смешанная лента проходит три перехода ленточных машин, где происходит распрямление и параллелизация волокон, утонение продукта в вытяжном приборе, выравнивание продукта по линейной плотности и составу.

Лента с последнего перехода ленточных машин подается на ровничную машину, где происходит процесс предпрядения. На прядильной машине из ровницы получают пряжу, которая далее перематывается на мотальных автоматах.

Для получения высокообъемной пряжи одиночную пряжу скручивают в два сложения на машинах двойного кручения.

Далее скрученную пряжу подвергают термообработке на терморелаксационной машине фирмы, сагрегированной с мотальным автоматом или на релаксационном агрегате.

Рассмотрим работу оборудования, применяемого для производства ленты из смеси разноусадочных волокон.

Технологическая схема разрыво-штапелирующей машины Seydel-873 представлена на рисунке 5.21. Данная машина предназначена для получения волокон из полиакрилонитрильных, полиэфирных, пропиленовых и вискозных жгутов.

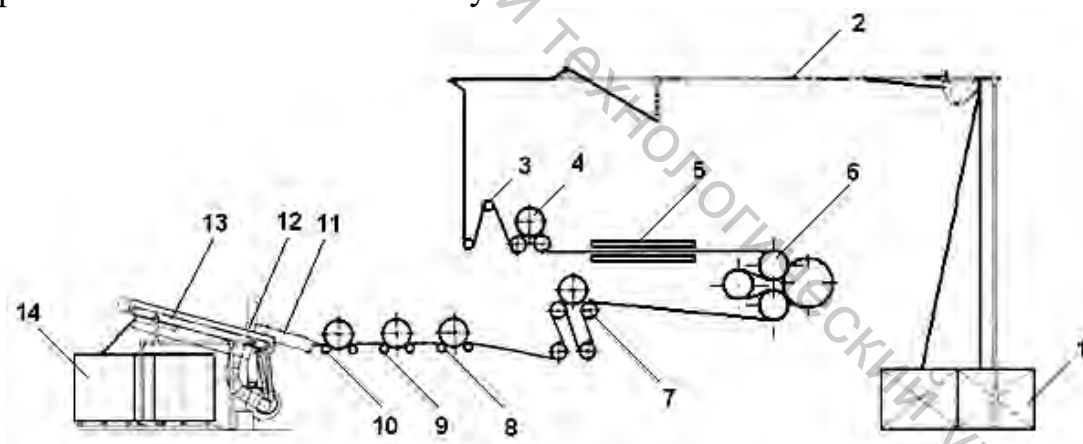


Рисунок 5.21 – Технологическая схема машины Seydel-873

Машина двухъярусная, имеет 4 зоны разрыва (5 вытяжных секций). Машина модели 875 обеспечивает переработку нескольких жгутов суммарной линейной плотностью до 240 ктекс и получение штапелированной ленты линейной плотности до 60 ктекс при скорости выпуска до 330 м/мин и производительности до 500 кг/ч.

При переработке жгутов, линейная плотность филаментов которых составляет от 0,08 до 1,7 текс, в результате штапелирования достигается средняя длина волокна от 80 до 150 мм.

Жгуты 1 из коробок поступают на питающую рамку 2, проходя через которую огибают ряд прямолинейных и дуговых направляющих стержней 3, закрепленных на рамке. Число жгутов зависит от их линейной плотности. Благодаря натяжению жгуты равномерно распределяются по ширине и длине, что необходимо для равномерного прогрева их в зоне термоплит и обеспечения постоянного удельного питания машины. Положением дугообразных направляющих можно изменять ширину расправки жгута, а при перемещении прямолинейных направляющих друг относительно друга изменяется суммарный угол обхвата жгутом стержней, соответственно изменяется натяжение жгута. Также на питающей рамке установлен детектор узлов, который при обнаружении участка жгута с узлом до его попадания на направляющий стержень останавливает машину.

Расправленные и равномерно натянутые жгуты поступают в питающую пару 4 зоны предварительного натяжения. В этой зоне установлены термоплиты 5. Растяжение филаментов в нагретом состоянии позволяет значительно увеличить вытяжку в зоне предварительного натяжения жгута. При этом увеличивается общая деформация филамента, а, следовательно, эластическая и пластическая составляющие общей деформации.

Поскольку после нагревательных плит филаменты жгута охлаждаются потоком воздуха и вытяжными цилиндрами, внутрь которых подается холодная вода, то большая часть эластической деформации оказывается зафиксированной, вследствие чего штапелированные волокна приобретают высокую потенциальную усадку.

При температуре нагревательных плит 100 °С и ниже синтетические волокна могут удлиняться в процессе растяжения лишь незначительно. Это приводит к тому, что отдельные группы волокон или даже весь жгут целиком разрываются в зоне предварительного натяжения.

При дальнейшем увеличении температуры нагрева плит (свыше 100 °С) волокна становятся более деформируемыми и не разрываются в зоне предварительного натяжения жгута при указанной вытяжке. Однако увеличение температуры плит более 180 °С сопровождается уменьшением усадки волокон при их влажно-тепловой обработке, волокна становятся более жесткими и хрупкими, поэтому целесообразен нагрев плит до температуры 120–150 °С. Уменьшение усадки волокон по мере повышения температуры нагрева плит объясняется тем, что с повышением температуры полимера при его растяжении возрастает доля необратимой пластической деформации в общей деформации образца.

Температура нагрева жгута в зоне термовытягивания зависит от скоростного режима машины. При повышении скорости прохождения жгута в зоне термовытягивания следует увеличивать температуру термоплит. При этом важно при переработке на следующих участках машины охладить жгут до температуры не выше 60 °С. Это связано с тем,

что нити жгута, проходя далее зоны штапелирования и гофрирования, теряют часть потенциальной усадки, причем тем больше, чем выше остаточная температура волокон.

Разрыв волокон происходит последовательно в четырех зонах разрыва (6–7, 7–8, 8–9, 9–10), разводки в которых постепенно уменьшаются в направлении выпуска. Секции 6 и 7 обеспечивают надежный, без проскальзывания зажим жгута за счет сложной системы заправки и огибания трех цилиндров и одного обрезиненного нажимного валика в вытяжной паре (рисунок 5.22, позиция 6 на рисунке 5.21) и четырех цилиндров и одного нажимного обрезиненного валика в вытяжной паре 7.

Такое устройство секций 6 и 7 позволило, во-первых, улучшить охлаждение жгута, и, во-вторых, усилить зажим жгута, а также сократить число вытяжных секций. Распределение вытяжек на машине Seydel-873 представлено в таблице 5.4.

Из штапелирующего устройства лента поступает в гофрирующее устройство 11 (рисунок 5.23, позиция 11 на рисунке 5.21).

Таблица 5.4 – Распределение вытяжек на машине Seydel-873

Обозначение вытяжки	Значение вытяжки
E_{4-6}	1,1–1,3
E_{6-7}	1,2–1,4
E_{7-8}	1,2–1,5
E_{8-9}	1,3–1,5
E_{9-10}	1,4–1,7

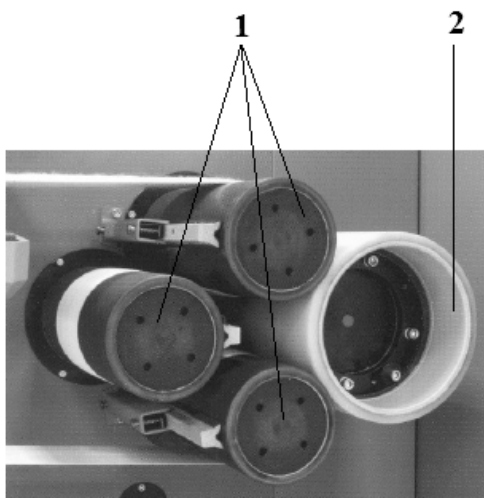


Рисунок 5.22 – Вытяжная пара:

1 – охлаждаемые вытяжные цилиндры; 2 – нажимной валик

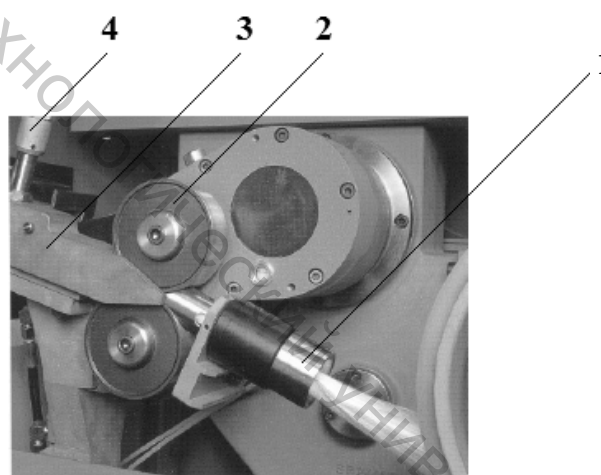


Рисунок 5.23 – Гофрирующее устройство:

1 – пневматическое заправочное устройство;
2 – запрессовывающие диски;
3 – гофрирующая камера; 4 – пневматическое устройство противодавления

С помощью пневматического устройства лента подается в зажим между двумя дисками, которые запрессовывают ленту в гофрирующую камеру, свободный выход из которой закрыт устройством, создающим пневматическое противодействие. Лента уплотняется в камере, заполняет весь ее объем, а волокна приобретают извитость, количество извитков при этом регулируется величиной создаваемого давления в гофрирующей камере.

Машина Seydel-873 оснащена устройством для непрерывного запаривания ленты модели CRS-2 (рисунок 5.24, позиция 12 на рисунке 5.21). Это устройство устанавливается на выходе гофрирующей камеры. Лента в нем обрабатывается паром при температуре 102 °С, после чего она поступает на охлаждающий конвейер 13, транспортирующий ее к лентоукладчику 14. Если необходимости в запаривании нет, устройство отключается. При получении высокоусадочного компонента устройство CRS-2 выключается из работы, при получении низкоусадочного компонента включается для максимальной усадки волокна.

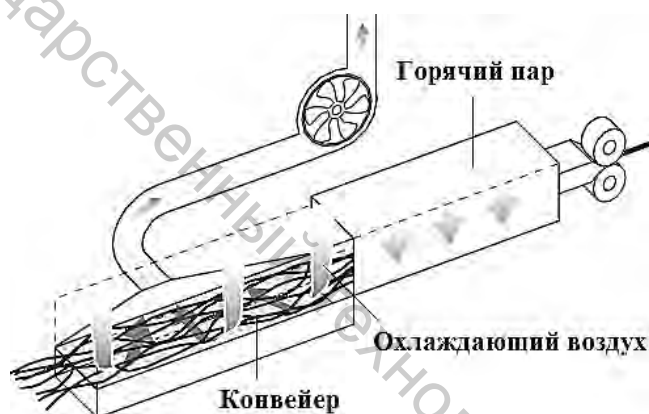


Рисунок 5.24 – Устройство CRS-2 для непрерывного запаривания ленты

Далее с помощью транспортера 13 лента поступает к лентоукладчику и укладывается в таз 14. При прохождении ленты по транспортеру производится ее охлаждение воздухом.

Штапелированная лента после ленточно-разрывных машин содержит некоторую долю длинных волокон. Чтобы разорвать наиболее длинные волокна и тем самым улучшить условия протекания процесса вытягивания на всех последующих переходах, после ленточно-разрывных машин используют разрыво-смешивающие машины. Кроме того, на разрыво-смешивающих машинах осуществляется смешивание лент из высоко- и низкоусадочных компонентов в заданном процентном соотношении.

Рассмотрим разрыво-смешивающую машину модели D5 GC-30 фирмы T. Schlumberger, технологическая схема которой представлена на рисунке 5.25. На машине осуществляется сложение от 16 до 24 лент при максимальной суммарной линейной плотности лент на питании

800 ктекс и скорости выпуска ленты до 600 м/мин. Производительность машины составляет 500–700 кг/ч.

Питание машины осуществляется из тазов, установленных в питающей рамке. Питающая рамка состоит из привода, питающего столика, выбирающих цилиндров, петлеуловителей, верхней рамы, направляющих воронок, системы обеспыливания. В питающей рамке могут размещаться до 24 тазов в зависимости от числа сложенных. Заправка высоко- и низкоусадочных лент производится поочередно для лучшего их смешивания.

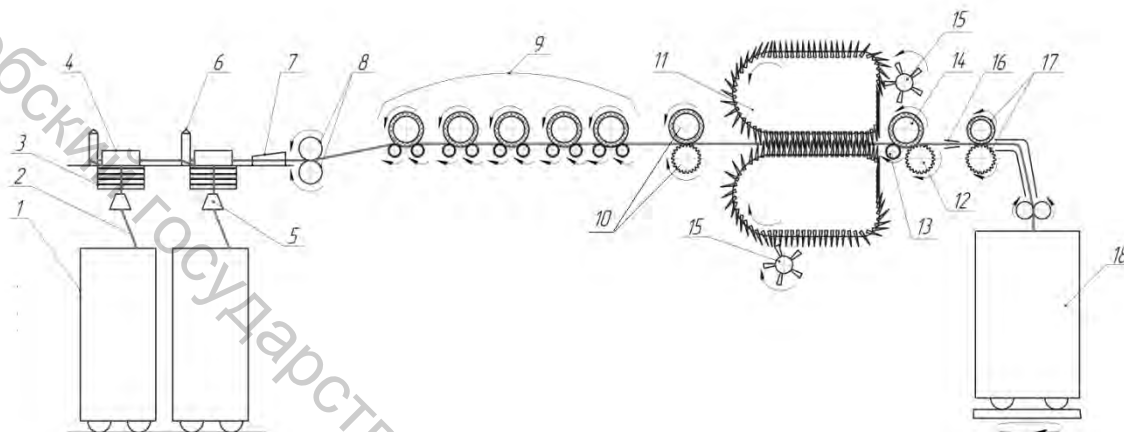


Рисунок 5.25 – Разрыво-смешивающая машина D5 GC-30

Ленты 2 извлекаются из тазов 1 с помощью принудительно вращающихся рифленого цилиндра 3 и гладкого самогрузного цилиндра 4. Это уменьшает скрытую вытяжку ленты и предотвращает возможные обрывы. Конструкция питающей рамки позволяет подавать ленты к выбирающим цилиндрам под некоторым натяжением, что способствует лучшему распрямлению питающей ленты. Ленты подаются через воронки 5. На питающем столе машины с помощью направляющих 6 ленты соединяются в холст определенной ширины и поступают в зажим подающей пары 8, состоящей из нижнего цилиндра и верхнего прижимного валика. Перед подающей парой установлены ограничители 7, способствующие формированию холста определенной ширины. Далее лента поступает в четырехзонный вытяжной прибор 9, который предназначен для утонения входящего продукта и для дорывания длинных волокон, оставшихся после разрывной штапелирующей машины. Дорывание осуществляется методом многозонного неконтролируемого разрыва. Разводка между вытяжными парами постепенно уменьшается. Каждая вытяжная пара состоит из двух стальных рифленых цилиндров и верхнего обрезиненного валика большего диаметра, который прижимается к цилиндрам с помощью гидравлической системы нагрузки.

Первая зона вытягивания служит для предварительного натяжения волокон и подготовки их к основному вытягиванию и разрыву в трех последующих зонах. После зоны разрыва 9 утоненные ленты подаются в однозонный вытяжной прибор с двумя гребенными полями 11,

где ленты утоняются до требуемой линейной плотности. Вытяжной прибор состоит из питающей пары 10, выпускной пары, состоящей из двух вытяжных цилиндров 12 и 13, и нажимного валика с эластичным покрытием 14, а также двух гребенных полей 11, состоящих из планок с иглами, проникающими в холст поочередно снизу и сверху, и движущихся со скоростью несколько большей, чем скорость питающей пары. Гребенные поля осуществляют контроль за движением волокон и их распрямление. Удаление сорных примесей с гребней осуществляется с помощью усовершенствованной системы очистки, состоящей из двух щеток 15 и пневматической системы очистки.

После вытяжной пары волокнистый продукт уплотняется в воронке 16 и превращается в ленту, которая поступает в уплотняющую пару 17 и укладывается в таз 18 с помощью лентоукладчика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыклин, Д. Б. Технология и оборудование для производства волокнистого настила : учебное пособие / Д. Б. Рыклин. – Витебск : УО «ВГТУ», 2010. – 205 с.
2. Рыклин, Д. Б. Технология и оборудование для производства волокнистой ленты : учебное пособие / Д. Б. Рыклин ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2008. – 208 с.
3. Lawrence, C. A. Fundamentals of Spun Yarn Technology / C. A. Lawrence – CRC Press, 2003. – 509 p.
4. Lord, P. R. Handbook of Yarn Production Technology Science And Economics / P. R. Lord – Woodhead Publishing Ltd., 2003. – 493 p.
5. Klein, W. The Rieter Manual of Spinning. Volume 1. Technology of Short-staple Spinning / W. Klein. – Rieter Mahine Works Ltd., 2014. – 80 p.
6. Klein, W. The Rieter Manual of Spinning. Volume 2. Blowroom and Carding / W. Klein. – Rieter Mahine Works Ltd., 2014. – 88 p.
7. Weide, T. The Rieter Manual of Spinning. Volume 2. Processing of Man-Made Fibers / W. Klein. – Rieter Mahine Works Ltd., 2014. – 78 p.
8. Коган, А. Г. Новое в технике прядильного производства : учебное пособие / А. Г. Коган, Д. Б. Рыклин, С. С. Медвецкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2005. – 195 с.
9. Бадалов, К. И. Проектирование технологии хлопкопрядения : учебник для вузов / К. И. Бадалов [и др.]. – Москва : МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 601 с.
10. Бадалов, К. И. Сборник задач по прядению хлопка и химических волокон : учебное пособие для вузов / К. И. Бадалов, Т. А. Дугинова. – Москва : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2004. – 448 с.
11. 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.
12. Прядение химических волокон : учебник для вузов / В. А. Усенко [и др.] ; под ред. В. А. Усенко. – Москва : РИО МГТА, 1999. – 472 с.
13. Медвецкий, С. С. Переработка химических волокон и нитей : учебное пособие / С. С. Медвецкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 323 с.
14. Перепелкин, К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, перспективы : монография / К. Е. Перепелкин. – Санкт-Петербург : РИО СПбГУТД, 2008. – 354 с.
15. Ушакова, К. Н. Основы производства и подготовки к текстильной переработке химических волокон : учебник для вузов / К. Н. Ушакова. – Москва : Легпромбытиздат, 1991. – 352 с.
16. Проектирование хлопкопрядильного производства : учебное пособие / УО «ВГТУ ; А. Г. Коган [и др.]. – Витебск, 2011. – 395 с.

17. Динамика основных процессов прядения. Ч. 1 : Формирование и выравнивание волокнистого потока / Л. Н. Гинзбург [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1970. – 304 с.

18. Ашнин, Н. М. Кардочесание волокнистых материалов / Н. М. Ашнин. – Москва : Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. – 144 с.

19. Разумеев, К. Э. Сырье для предприятий шерстяной отрасли промышленности : конспект лекций : учебное пособие / К. Э. Разумеев. – 2-е изд. – Москва : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003. – 205 с.

20. Разумеев, К. Э. Повышение качества продукции овцеводства и звероводства : монография / К. Э. Разумеев [и др.]. – Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. – 280 с.

21. Гусев, В. Е. Прядение шерсти и химических волокон : учебник для студентов вузов текстильной промышленности / В. Е. Гусев [и др.] ; под ред. В. Е. Гусева. – Москва : «Легкая индустрия», 1974. – 550 с.

22. Протасова, В. А. Шерстопрядильное оборудование : учеб. пособие для вузов / В. А. Протасова, П. М. Панин, Д. Д. Хутарев ; под ред. В. А. Протасовой. – Москва : Легкая индустрия, 1980. – 576 с.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. Справочник по шерстопрядению / В. К. Афанасьев [и др.]. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 487 с.

27. Uster HVI 1000 : Application Handbook. – Uster : Uster Technologies AG, 2008. – 168 с.

28. Uster Statistics 2013 [Электронный ресурс]. – Uster : Uster Technologies AG, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

29. Сайт компании Uster Technologies AG. – Режим доступа: <https://www.uster.com>. – Дата доступа: 01.12.2021.

30. Сайт компании Rieter Holding Ltd. – Режим доступа: <https://www.rieter.com>. – Дата доступа: 01.12.2021.

31. Сайт компании Trützschler Group. – Режим доступа: <https://www.truetzschler.com>. – Дата доступа: 01.12.2021.

32. Сайт компании Marzoli Machines Textile S.r.l. – Режим доступа: <http://www.marzoli.it>. – Дата доступа: 01.12.2021.

33. Сайт организации The Australian Wool Education Trust. – Режим доступа: <https://www.woolwise.com>. – Дата доступа: 01.12.2021.

34. Сайт компании N. Schlumberger. – Режим доступа: <http://www.nsc-schlumberger.fr>. – Дата доступа: 01.12.2021.

35. Сайт компании Autefa Solutions Group. – Режим доступа: <https://www.autefa.com/autefa-solutions-group>. – Дата доступа: 01.12.2021.

36. Сайт компании Cormatex S.r.l. – Режим доступа: <https://www.cormatex.it>. – Дата доступа: 01.12.2021.

37. Сайт компании Bonino Carding Machines S.r.l. – Режим доступа: <https://www.bonino1913.it>. – Дата доступа: 01.12.2021.

38. Сайт компании BEFAMA Sp. z o. o. – Режим доступа: <http://www.befama.com.pl/rosyjska/home.htm>. – Дата доступа: 01.12.2021.

39. Сайт компании Laroche S.A. – Режим доступа: <https://www.laroche.fr/ru>. – Дата доступа: 01.12.2021.

40. Сайт ОАО «СветлогорскХимволокно». – Режим доступа: <http://www.sohim.by>. – Дата доступа: 01.12.2021.

41. Сайт ОАО «Полоцк-Стекловолокно». – Режим доступа: <http://www.polotsk-psv.by>. – Дата доступа: 01.12.2021.

Учебное издание

Рыклин Дмитрий Борисович
Гришанова Светлана Сергеевна

**Технология и оборудование для подготовки
текстильных волокон к прядению**

***В двух частях
Часть 1***

Учебное пособие

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *А.В. Пухальская*
Технический редактор *А.И. Сосновская*

Подписано к печати 05.09.2022. Формат 60х90 $\frac{1}{16}$. Усл. печ. листов 24,0.
Уч.-изд. листов 30,4. Тираж 50 экз. Заказ № 243.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

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

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