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

С. С. Медвецкий
Н. В. Скобова

Витебский государственный технологический университет

Технология и оборудование для производства пряжи

В двух частях
Часть 1
Производство ровницы и пряжи

Учебное пособие

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

Витебск
2022

УДК 677.022.78
ББК 37.237.2
М42

Рецензенты:

д.т.н., профессор кафедры текстильных технологий
ФГБОУВО «Российский государственный университет
им. А.Н. Косыгина» Разумеев К.Э.;

директор ОАО «Гронитекс» Смирнова С.И.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 7 от 11.04.2022.

Медвецкий, С. С.

М42 Технология и оборудование для производства пряжи: учебное пособие. В двух частях. Часть 1. Производство ровницы и пряжи / С. С. Медвецкий, Н. В. Скобова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2022. – 462 с.

ISBN 978-985-481-709-5
ISBN 978-985-481-710-1 (Ч.1)

В учебном пособии представлены современные технологии для получения ровницы и пряжи различными способами формирования, современное технологическое оборудование ведущих фирм-производителей для производства ровницы и пряжи из натуральных и химических волокон.

Предназначено для студентов технологических специальностей, изучающих технологию текстильного производства.

УДК 677.022.78
ББК 37.237.2

ISBN 978-985-481-709-5
ISBN 978-985-481-710-1 (Ч.1)

© Медвецкий С.С., 2022
© Скобова Н.В., 2022
© УО «ВГТУ», 2022

Витебский государственный технологический университет

Кружит веретено, и нить на нем сучится,
Уставшая Атропос, молча, шерсть прядет...
Леонидис Жан

Кандидат технических наук, доцент
Медвецкий Сергей Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент
Скобова Наталья Викторовна

Авторы выражают благодарность за помощь в создании книги:

доктору технических наук, проф. Когану Александру Григорьевичу,
доктору технических наук, проф. Рыклину Дмитрию Борисовичу,
старшему научному сотруднику Конопатову Евгению Анатольевичу.

Витебский государственный технологический университет

Содержание

ВВЕДЕНИЕ ... 8
1 РОВНИЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ... 9
1.1 Общее устройство и принцип работы ровничной машины ... 10
1.2 Питание машины лентой ... 12
1.3 Устройство и работа вытяжных приборов ... 15
1.3.1 Уплотнители ... 16
1.3.2 Вытяжные приборы ... 18
1.3.3 Нажимные валики ... 24
1.3.4 Высота зева между ремешками ... 25
1.4 Анализ процесса кручения ровницы ... 26
1.4.1 Теоретические основы процесса кручения ... 26
1.4.2 Конструкции крутильных механизмов ровничных машин ... 31
1.4.3 Распространители крутки ... 37
1.4.4 Лапка рогульки ... 41
1.5 Датчики контроля натяжения ... 42
1.6 Датчики контроля обрыва ровницы ... 44
1.7 Частота вращения рогулек и факторы, на неё влияющие ... 46
1.8 Наматывание ровницы на катушку ... 47
1.9 Основные условия наматывания ... 50
1.10 Дифференциальные механизмы ... 53
1.11 Кинематические схемы современных ровничных машин ... 56
1.12 Управление параметрами работы ровничных машин ... 62
1.13 Съём ровничных катушек и заправка машины ... 64
1.14 Обрывность, скрытые вытяжки и причины их возникновения ... 71
1.15 Технический контроль в ровничном отделе ... 75
1.16 Пороки ровницы и отходы ровничного перехода ... 77
1.17 Пути повышения производительности ровничных машин ... 78
1.18 Ровничные машины для шерсти ... 81
1.18.1 Сучение ровницы ... 82
1.18.2 Технологическая схема ровничной машины для шерсти ... 87
1.18.3 Вытяжные приборы ровничных машин для шерсти ... 90
1.18.4 Сучильные рукава ... 97
1.18.5 Наматывание и съём ровничных катушек ... 100
1.18.6 Управление ровничной машиной и её производительность ... 103
1.19 Ровничные машины для льна ... 105
2 ПРЯДЕНИЕ. КОЛЬЦЕВЫЕ ПРЯДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ... 110

Витебский государственный технологический университет

2.1 Общее устройство и работа кольцевой прядильной машины 112
2.2 Питание машины ровницей 114
2.3 Основные типы вытяжных приборов кольцевых прядильных машин 118
2.3.1 Рычаги нагрузки на вытяжные приборы 123
2.3.2 Распорные клипсы 129
2.3.3 Валики и цилиндры вытяжного прибора 132
2.3.4 Мычкоуловители 136
2.4 Обоснование наклона вытяжного прибора 139
2.5 Кручение продукта на кольцевой прядильной машине 142
2.5.1 Выбор направления и величины крутки пряжи 142
2.5.2 Влияние крутки на свойства продукта 143
2.5.3 Анализ процесса кручения 148
2.6 Основные органы крутильного механизма 149
2.6.1 Нитепроводники 149
2.6.2 Разделители и ограничители баллона 150
2.6.3 Кольца 151
2.6.4 Бегунки 159
2.6.5 Веретёна 165
2.6.6 Привод веретен 171
2.6.7 Патроны 174
2.7 Наматывание пряжи на початок 175
2.7.1 Основные уравнения наматывания 175
2.7.2 Строение початка 177
2.8 Теория натяжения нити в процессе прядения 183
2.8.1 Натяжение нити в зоне бегунок-початок 183
2.8.2 Силы, действующие на нить в баллоне 188
2.9 Обрывность на кольцевой прядильной машине 190
2.10 Технический контроль 192
2.11 Особенности кинематических схем кольцепрядильных машин 199
2.12 Автоматизация кольцевых хлопкопрядильных машин 201
2.13 Кольцепрядильные машины для переработки шерстяных волокон 210
2.13.1 Системы прядения шерстяных волокон 210
2.13.2 Кольцепрядильные машины аппаратной системы прядения 212
2.13.3 Конструктивные особенности узлов прядильной машины для переработки шерстяных волокон и смесей **216**
2.13.4 Особенности привода рабочих органов шерстопрядильных машин 233

Витебский государственный технологический университет

2.13.5 Автоматизация процессов на машинах аппаратной и камвольной систем прядения ... 237
2.13.5 Кольцевые прядильные машины для льна ... 243
3 ПРЯДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ КОМПАКТНОГО ПРЯДЕНИЯ ... 256
3.1 Сущность компактного прядения ... 256
3.2 Преимущества компактного прядения ... 260
3.3 Системы компактного прядения ... 268
3.3.1 Система COM4 фирмы Rieter ... 269
3.3.2 Компактирующее устройство Compact Drum фирмы Rieter ... 273
3.3.3 Механическое компактирующее устройство ... 275
3.3.4 Компактирующее устройство Elite фирмы Suessen ... 277
3.3.5 Система CompACT^3 фирмы Zinser ... 283
3.4 Машины компактного прядения ... 289
4 ПРОИЗВОДСТВО ПРЯЖИ НА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИНАХ ... 296
4.1 Способы прядения с разделением процессов кручения и наматывания ... 296
4.2 Пневмомеханический способ прядения ... 299
4.3 Общее устройство и работа пневмомеханической прядильной машины ... 304
4.4 Формирование дискретного потока волокон. Устройство узла питания ... 308
4.4.1 Требования к питающей ленте ... 308
4.4.2 Питание машины лентой ... 310
4.4.3 Обрывность волокон в процессе дискретизации ... 312
4.4.4 Определение силы, возникающей в процессе дискретизации ... 319
4.5 Сороудаление ... 321
4.6 Транспортирование дискретного потока волокон ... 325
4.7 Детали механизма формирования пряжи ... 329
4.7.1 Прядильная камера ... 329
4.7.2 Обоснование угла наклона сборной поверхности прядильной камеры ... 336
4.7.3 Пряжевыводная воронка и трубка ... 337
4.8 Анализ процесса формирования волокнистой ленточки в прядильной камере ... 341
4.8.1 Сущность процессов, осуществляемых в прядильной камере ... 341
4.8.2 Особенности процесса формирования пряжи в пневмомеханическом прядении ... 343
4.9 Анализ процесса кручения пряжи пневмомеханического способа формирования ... 347
4.10 Параметры, характеризующие формирующе-крутильное устройство пневмомеханической прядильной машины ... 349

Витебский государственный технологический университет

4.10.1 Определение частоты вращения прядильной камеры 349
4.10.2 Определение линейной плотности слоя волокон, укладываемого за каждый оборот камеры 350
4.10.3 Определение числа слоев в процессе циклического сложения 351
4.11 Системы контроля качества пряжи 353
4.12 Механизм наматывания пряжи 355
4.13 Особенности кинематической схемы ППМ 360
4.14 Съём полных бобин 364
4.15 Автоматизация машин пневмомеханического прядения 366
4.16 Технический контроль 373
4.17 Особенности развития пневмомеханического прядения 375
5 АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЯДЕНИЯ 381
5.1 Электростатическое прядение 382
5.2 Способ получения кручёной пряжи из двух ровниц 383
5.3 Клеевой способ 393
5.4 Самокруточное прядение 397
5.5 Способ PLYfiL 402
5.6 Получение параллельной пряжи с помощью полых веретён 403
5.7 Центрифугальный способ прядения 407
5.8 Фрикционный способ прядения 409
5.9 Сельфакторное прядение 416
5.9 Аэродинамическое прядение 424
5.9.1 Двухвьюрковый способ прядения Murata Jet Spinning (MJS) 425
5.9.2 Аэродинамический способ прядения MurataVortex Spinning (MVS) 428
5.9.3 Аэродинамический способ прядения Rieter AirJet 439
5.9.4 Дальнейшее развитие аэродинамического способа прядения 453
Список использованных литературных источников 457

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в текстильной промышленности проводится масштабное переоснащение предприятий отрасли более совершенной техникой и внедрение прогрессивных технологических процессов. Осуществляются большие работы по механизации и автоматизации трудоёмких операций, совершенствованию организации труда и внедрению автоматизированных поточных линий, требующие повышения квалификации инженерно-технических работников.

Внедрение новейшего оборудования в производство позволяет предприятию:

– расширить ассортимент выпускаемой продукции и повысить мобильность во внедрении и выпуске широкого спектра продукции на однотипном оборудовании;

– повысить качество выпускаемой продукции и сократить потери сырья;

– увеличить объёмы производства продукции при сокращении производственных площадей и меньшем количестве работающих;

– обеспечить автоматический контроль технологического процесса, регулировать рабочие параметры оборудования с выводом информации в единую систему управления технологическим процессом;

– повысить производительность и привлекательность труда, улучшить эргономические показатели производства.

Техническое перевооружение и реконструкция предприятий на базе последних достижений науки требуют усиленной подготовки специалистов текстильной отрасли для обеспечения рационального использования сырья и технических возможностей оборудования для выпуска высококачественной продукции.

Настоящее учебное пособие затрагивает вопросы технологии хлопкопрядильного, шерстопрядильного и льнопрядильного производства, а также современного уровня развития техники и технологии, после изучения которых молодой специалист сможет самостоятельно разобраться в технологии производств, которые не представлены в данном пособии. При изучении технологических процессов обращается внимание студентов на сущность процессов и операций, их назначение, способы осуществления, их теоретические основы, а также на принятые оценки интенсивности, эффективности процессов, устройство и работу машин, их обслуживание и управление с целью достижения высокого качества продукции и повышения производительности труда.

Материал, изложенный в пособии, окажет существенную помощь инженерно-техническим работникам текстильных предприятий и поможет им более квалифицированно решать производственные задачи.

Витебский государственный технологический университет

1 РОВНИЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Несмотря на быстрое развитие в мире безверетенных способов прядения, таких как роторное и аэродинамическое, кольцевые прядильные машины по прогнозам инженеров и ученых будут превалировать на рынке прядильных машин еще несколько десятилетий, но даже и после этого они не утратят своей значимости.

В хлопкопрядении выходящим полуфабрикатом после второго перехода ленточных машин является лента. Лента обладает небольшой неровнотой по линейной плотности на коротких отрезках, волокна в ней распрямлены и параллелизованы. Она полностью готова к получению из нее пряжи. Возникает вопрос, для чего же нужен в этом случае дополнительный ровничный переход, который не только увеличивает производственные издержки, но и вызывает целый ряд дополнительных технических вопросов. Выходящим полуфабрикатом ровничной машины является катушка с ровницей – полуфабрикат, при намотке, а особенно при размотке которого возникает ложная вытяжка, увеличивающая неровноту пряжи и вероятность обрывов. Существуют две основные причины, вызывающие необходимость использования в технологии ровничных машин.

Первая заключается в том, что для получения пряжи из ленты необходима большая вытяжка в пределах 200÷500. Следует учитывать, что хлопок считается коротким штапельным волокном, так как длина его волокон редко превышает 40 мм. Высокая вытяжка на кольцевых прядильных, где перерабатываются короткоштапельные волокна, подобные хлопку, вызовет дополнительную неровноту от вытягивания. Кроме того, силы трения между волокнами в ленте невысоки, поэтому переработка ее на высокой скорости вызовет повышенное пуховыделение и, следовательно, – уменьшение выхода пряжи.

Вторая причина заключается в том, что тазы большого диаметра (∅500–600 мм) с лентой исключительно неудобно использовать в качестве питающего продукта кольцевой прядильной машины, так как это сильно усложнит её конструкцию и в несколько раз увеличит габариты.

Несмотря на это, в течение десятилетий исследователями предпринимались попытки исключить ровничную машину из технологического процесса, которые были успешно реализованы в технологии переработки длинных волокон, например, шерсти. В хлопкопрядении же эти попытки пока не увенчались успехом. Однако при использовании для получения пряжи безверетённых прядильных машин необходимость в ровничных машинах отпадает.

Теперь можно сформулировать цель получения ровницы – получение более тонкого по сравнению с лентой полуфабриката на паковках, удобных для переработки на кольцевых прядильных машинах.

Витебский государственный технологический университет

При утонении ленты в 5÷20 раз получаемая мычка крайне непрочна, намотать её на катушку в таком виде невозможно. Поэтому она упрочняется с помощью кручения в хлопкопрядении или сучения в шерстопрядении. Необходимо придать ровнице небольшую прочность, достаточную для наматывания на катушку, но не препятствующую сдвигу волокон при последующем вытягивании.

Ещё 50 лет назад в хлопкопрядении ровница изготавливалась на 2–3 переходах ровничных машин. Это было связано с недостаточной мощностью вытяжных приборов прядильных машин и необходимостью уменьшения неровноты продукта. Машины первого перехода называли толстыми ровничными машинами, а вырабатываемую из них ровницу – толстой, машины второго перехода – перегонными ровничными машинами, а вырабатываемую на них ровницу – перегонной, машины третьего перехода называли тонкими ровничными машинами, а вырабатываемую на них ровницу – тонкой. Улучшение конструкции вытяжных приборов и увеличение вытяжки на них позволило сократить количество переходов до одного.

Развитие современных ровничных машин происходит по следующим направлениям:

- увеличение частоты вращения рогулек;
- совершенствование конструкции вытяжных приборов;
- увеличение массы катушек с ровницей;
- полная автоматизация ручных операций;
- автоматическая транспортировка катушек с ровницей к прядильным машинам;
- автоматическое управление процессом производства ровницы;
- упрощение конструкции сложных механизмов и машины в целом.

Современные ровничные машины выпускаются фирмами Rieter (Швейцария), Saurer (Германия), Marzoli (Италия), Toyota (Япония), Tianjin Hongda Textile Machinery Co. LTD (КНР) и другими.

1.1 Общее устройство и принцип работы ровничной машины

Технологическая схема ровничной машины представлена на рисунке 1.1. Тазы с лентой 2 располагаются сзади ровничной машины в несколько рядов, так как диаметр таза намного превышает расстояние между веретёнами. Ленты *1* выбираются из тазов *2* с помощью расположенных над ними валов *3*, что предотвращает возникновение скрытой вытяжки. Лента утоняется в 5÷20 раз в двухремешковом вытяжном приборе *4* с тремя уплотнителями *5* (водилка перед вытяжным прибором, в зоне предварительного вытягивания и навесной уплотнитель в зоне основного вытягивания) и выпускается в виде слабой мычки необ-

Витебский государственный технологический университет

ходимой линейной плотности. Мычка упрочняется посредством кручения с круткой 25÷70 кр./м за счёт вращения рогульки *6* с частотой вращения n_P и наматывается на цилиндрическую катушку *7*, которая приводится во вращение катушечным валом, вращающимся с частотой n_K. Привод рогулек располагается в верхней неподвижной каретке *9*. Ровница поступает в отверстие верхней части рогульки, проходит внутри её полой ветви *10*, выходит из неё, 2–3 раза огибает лапку рогульки *11* и наматывается на вращающуюся катушку *7*. Сплошная ветвь рогульки *12* используется для ее уравновешивания. Ровница на катушку наматывается вследствие разности скоростей катушки n_K и рогульки n_P. По мере увеличения диаметра намотки ровницы частота вращения катушек уменьшается. Привод катушек находится на катушечной каретке *8*, которая имеет возвратно-поступательное движение со скоростью $v_{КАР}$, сообщаемое реечным механизмом *13*. Подъёмная шестерня реечного механизма периодически изменяет направление своего движения. Скорость возвратно-поступательного движения каретки также несколько уменьшается при наматывании каждого последующего слоя.

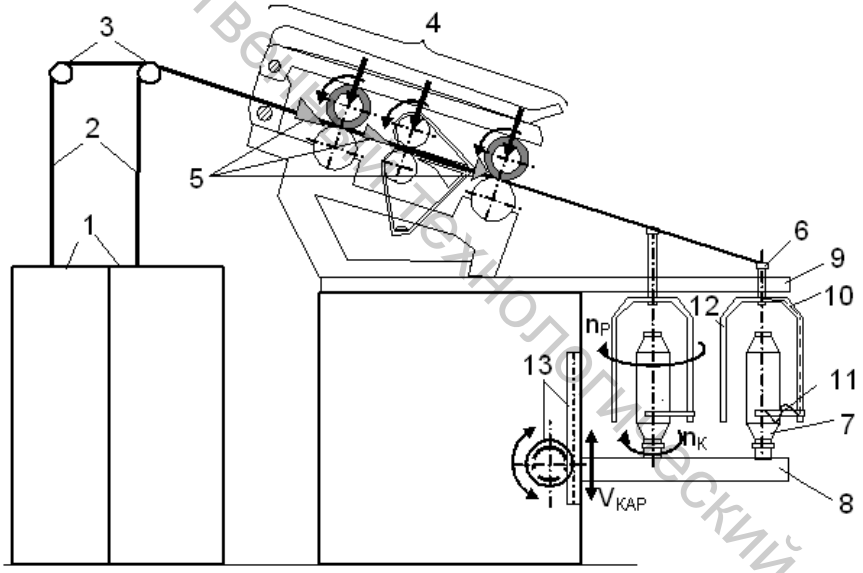


Рисунок 1.1 – Технологическая схема ровничной машины

Ровничная машина автоматически останавливается при наработке катушки заданного диаметра, при обрыве ленты, проходящей через питающее устройство, или при обрыве ровницы, выходящей из вытяжного прибора.

Пыль и пух с машин удаляются пухообдувателем, который движется по рельсам, установленным над машиной.

Машины, выпускаемые разными фирмами, отличаются друг от друга устройством питающих приспособлений, размерами и количеством веретён (рогулек), расстоянием между веретёнами (РМВ), размерами паковок и уровнем автоматизации. Все они могут быть оснащены

Витебский государственный технологический университет

вытяжными приборами двух типов – 3×3 двухремешковыми или 4×4 двухремешковыми. Чаще всего фирмы выпускают ровничные машины в двух исполнениях: с автоматической сменой катушек с ровницей и без неё. На всех современных ровничных машинах заправка осуществляется автоматически за счет применения специальной конструкции катушек. В таблице 1.1 представлена техническая характеристика современных ровничных машин для переработки хлопка, химических волокон и их смесей.

1.2 Питание машины лентой

Тазы диаметром 400, 500 или 600 мм устанавливаются в 4, 5 или 6 рядов позади ровничной машины. Тазы с лентой массой 20–30 кг поступают со второго перехода ленточных машин. Ровница выбирается из тазов принудительно выбирающими валами с целью сведения к минимуму ложной вытяжки и устранения обрывов в этой зоне. Число рядов тазов с лентой:

$$n = \frac{2(D_T + a)}{R \cdot k}, \qquad (1.1)$$

где D_T – диаметр таза, мм; a – расстояние между тазами, мм; R – расстояние между веретёнами; k – число лент, укладываемых одновременно в таз (1 или 2).

Пример расположения тазов в 4 ряда с одним центральным проходом 500–600 мм для обслуживания представлен на рисунке 1.2.

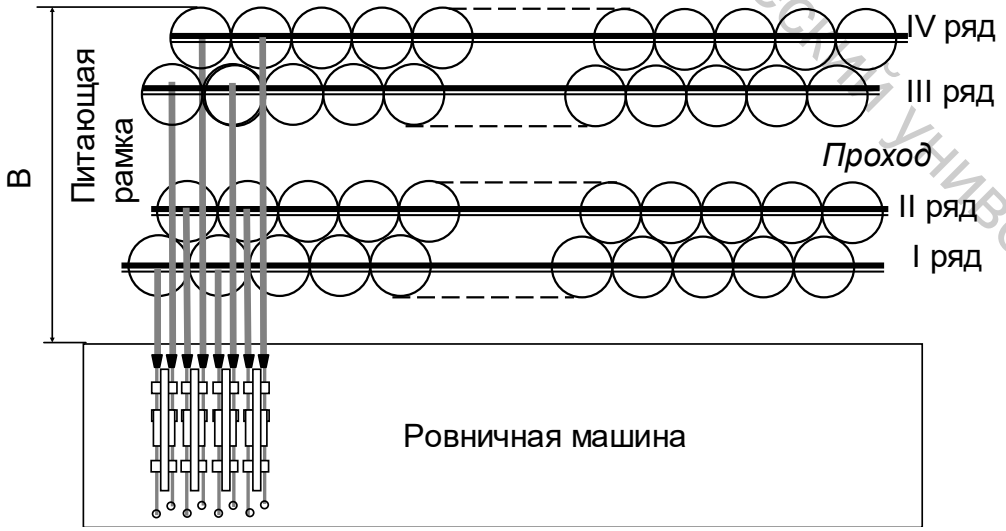


Рисунок 1.2 – Расположение тазов на питании ровничных машин

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.1 – Технико-экономические показатели ровничных машин

Фирма	Marzoli (Италия)		Rieter (Швейцария)		Toyota (Япония)	Tianjin Hongda Textile Machinery Co., (КНР)		Zinser (Германия)	
Модель машины	FT60	FT70	F-20	F-40	FL 200	JWF 1416	JWF 1426	Speed 5M	Speed 5A
Длина перерабатываемого волокна, мм	до 60		до 60		20-76	22-38; 38-51	38-51; 51-65	до 63	
Расстояние между веретенами, мм	110	130	115	115	220; 260	216	185	220 или 260	
Число веретен (всего/в секции)	до 240/16	до 192/12	до 252/12		96-144	96-120	108-132	24-192* для РМВ 260 мм 34-208* для РМВ 220	
Общая вытяжка	4-20		3-33		4-20	4,2-12		3-15,8	
Линейная плотность ровницы, текс	170-1470		266-2190		167-1250	200-1000		200-2222	
Крутка, кр./м	12-140		10-100		12-140	18,5-80		10-100	
Размеры паковки (диаметр×высота), мм	152×406	178×406	152×400	152×400	152×406	152×400	132×400	150×400;175×400	150×400
Размеры таза, мм: диаметр высота	500, 600 1000		400; 450; 500; 600 900; 1100; 1200		до 500 1150	500,400 1000	350, 4001000	500-600 1000-1200	
Максимальная частота вращения рогулек, мин$^{-1}$	1500		1500		1500	1800		1500	
Габаритные размеры, мм: длина ширина: таз ∅500 мм ∅600 мм	 1085+X**×110+TS*** 4670 5820	 1085+X×130+TS 4150 5310	 7570-19890 3080 4240	 8740-21060 3080 4240	 11915-17195 4805	 15105 4302	 13246 3640 (при ∅400)-	 1200+X×(РМВ/2)+188 4246/4603 5063/5607	 1200+X×(РМВ/2)+925 5342 5802
Автосъемник паковок	+/-	+/-	-	+	+	-	-	+/-	+/-

**Количество веретен более 176 только для хлопка; **X – количество веретен; ***TS-1170 – для автоматического съема катушек, 395 – для полуавтоматических машин без пухообдувателя, 625 – для полуавтоматических машин с пухообдувателем.*

Витебский государственный технологический университет

Расстояние от края последнего таза до ровничной машины B зависит от диаметра таза: при ∅400 мм B = 2421 мм; при ∅450 мм B = 2741 мм; при ∅500 мм B = 3081 мм; при ∅600 мм B = 4241 мм.

Выбирающие валы расположены над каждым рядом тазов, сравнительно далеко отстоящих от вытяжного прибора машины, и должны обеспечивать вертикальный выход ленты из таза. Для этого их скорость примерно равна окружной скорости заднего цилиндра вытяжного прибора. Натяжение ленты в этой зоне регулируется в небольших пределах с помощью сменных шестерён.

При переработке гребенной ленты, прочность которой мала за счёт хорошего распрямления волокон, ложная вытяжка для ленты с I и IV рядов будет различна, что повлияет на неровноту ровницы по линейной плотности. Фирма Toyota на машинах FL 200 предлагает для таких случаев дополнительный механизм, предусматривающий разную скорость выборки ленты в зависимости от ряда, в котором расположен таз.

На ровничных машинах фирмы Marzoli высота ровничной рамки может регулироваться в соответствии с индивидуальной эргономикой и прочностью ровницы. Выбирающие валы должны вращаться очень плавно и без рывков, чаще всего для их привода применяются цепные передачи. Для улучшения контакта между лентой и валами, они выполняются либо рифлёными, либо с шестигранным сечением (рис. 1.3). За счет этого уменьшается проскальзывание ленты при выборке из таза и, соответственно, ложная вытяжка.

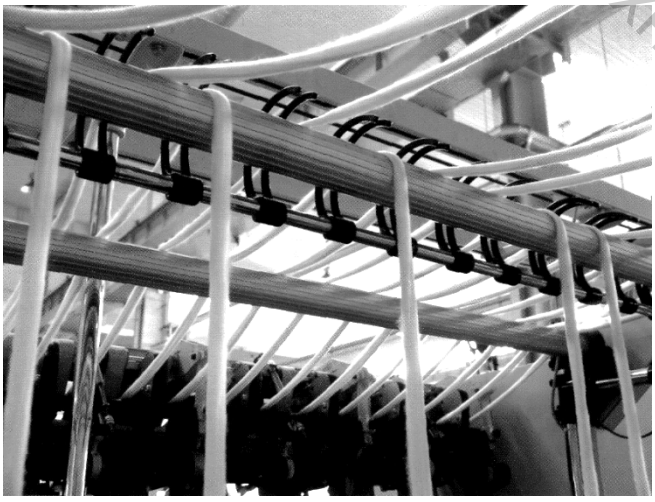


Рисунок 1.3 – Питающая рамка ровничной машины

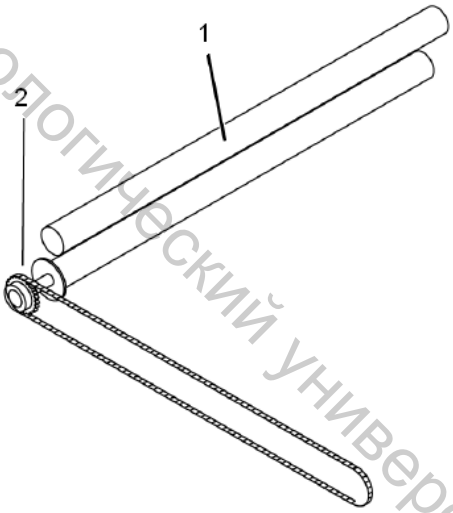


Рисунок 1.4 – Питающее устройство фирмы Zinser

При переработке ленты из вискозных или синтетических волокон для уменьшения ложной вытяжки целесообразно использовать самогрузный валик *1* в конструкции питающего устройства (рис. 1.4). Фирма

Витебский государственный технологический университет

Zinser предлагает в этом случае снижать натяжение ленты за счет сменных звездочек *2*.

Тем не менее в зоне питания возможно образование скрытой вытяжки, так как питающая лента обладает малой прочностью, а длина ленты от таза до вытяжного прибора может достигать 7 м.

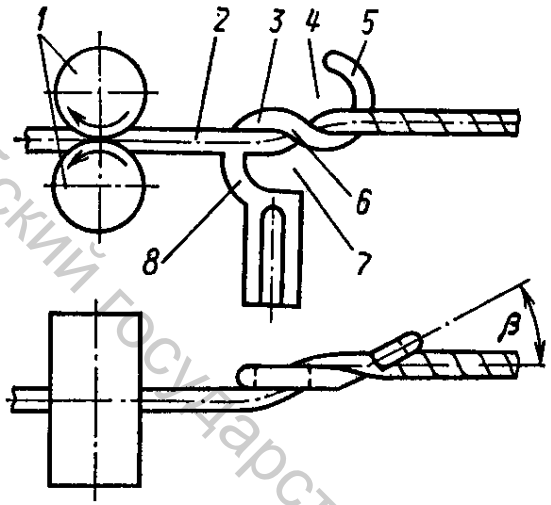


Рисунок 1.5 – Скобообразный неподвижный вьюрок

На машинах некоторых моделей для снижения скрытой вытяжки и уменьшения обрывности ленты устанавливают неподвижные вьюрки. Например, скобообразный вьюрок на рисунке 1.5 сообщает ленте крутку 8–9 кр./м. Транспортирующая пара *1* протаскивает ленту *2* через разъемы *4, 7* скобы. Разъёмы разъединены перемычкой *3* и сделаны открытыми для удобства заправки. При движении ленты по опорным поверхностям *5*, *6, 8* вьюрка она изгибается в пространстве и получает ложную крутку.

Ложная крутка способствует уменьшению скрытой вытяжки. Обрыв или сход ленты в зоне питания контролируется фотоэлементом. Приёмники фотоэлементов находятся на концевой секции, а излучатель света – в начальной секции машины. При обрыве лента падает вниз, прерывает фотоэлемент и вызывает останов машины.

1.3 Устройство и работа вытяжных приборов

В вытяжном приборе осуществляется вытягивание, целью которого является утонение продукта до заданной линейной плотности. Вытягивание происходит за счёт относительного смещения волокон ленты и распределения их на большой длине. Число волокон, находящихся в поперечном сечении продукта, уменьшается, а сам продукт становится более тонким.

Вытяжной прибор является основным узлом машины, от его работы зависит качество выпускаемой ровницы. Конструкции вытяжных приборов разнообразны, но принцип работы одинаков. К вытяжным приборам предъявляются следующие технологические требования:

- надёжность зажима продукта в вытяжных парах;
- обеспечение постоянной вытяжки и возможность легкого её изменения;

Витебский государственный технологический университет

- обеспечение хорошего контроля за движением волокон;
- возможность регулирования разводки;
- высокая точность изготовления деталей прибора.

Современные вытяжные приборы подходят для переработки хлопковых и химических волокон длиной до 65, редко до 75 мм. Волокна короче 5 мм утрачиваются в процессе обработки (отходы, пух). Волокна длиной до 15 мм используются в основном для заполнения пряжи, незначительно влияя на её разрывную нагрузку. Лишь волокна длиной более 15 мм оказывают влияние на прочность и другие характеристики пряжи.

В процессе разрезания жгутов химические волокна имеют почти идеальный прямоугольный штапель, который, однако, не удобен для переработки в вытяжных приборах для короткоштапельного волокна, так как волокна при вытягивании сдвигаются пучками. Если штапель химического волокна должен походить на штапель хлопкового волокна, рекомендуется резка на трапециевидный или треугольный штапель.

Из различных конструкций вытяжных приборов, в разное время применявшихся на ровничных машинах, сейчас используются два: 3×3 двухремешковый двухзонный и 4×4 двухремешковый двухзонный с дополнительной зоной уплотнения, производителями которых являются фирмы SKF (Швейцария) и Sussen (Германия).

Четырехцилиндровые вытяжные приборы применяются для обеспечения низкой вытяжки в зоне основного вытягивания, что позволяет несколько снизить ворсистость ровницы. Ремешки способствуют хорошему контролю за движением волокон при общей вытяжке до 20. Минимальное значение вытяжки для синтетических волокон составляет 6, для хлопковых – 5. При снижении вытяжки менее данных значений, масса волокон, проходящих через вытяжной прибор, сильно увеличивается, что затрудняет контроль за их движением. Вытяжка в зоне предварительного вытягивания обычно составляет 1,1 для хлопка (пределы 1,05÷1,15), а для синтетических волокон и сильно уплотненных хлопковых лент с высокоскоростных ленточных машин может достигать 1,3 и даже немного выше. Основное назначение предварительной вытяжки (breakdraft) – устранить крутку, полученную лентой при укладке её в тазы, и ложную крутку, полученную при выборке её из таза на ровничной машине.

1.3.1 Уплотнители

Уплотнители на ровничной машине устанавливают перед вытяжным прибором, а также в зоне предварительной и основной вытяжки. Их задача – компактирование и контроль ширины ровницы, так как крайние волокна имеют тенденцию отслаиваться. Контроль за такими

Витебский государственный технологический университет

волокнами усложняется, что вызывает дополнительную неровноту при вытягивании. Кроме того, отставшие волокна вызывают повышенную ворсистость ровницы и увеличивают количество отходов в том случае, если они отрываются от основного потока волокон. При этом уплотнители не должны вызывать сжатие ровницы; отставшие на периферии волокна при компактировании должны быть параллелизованы и двигаться вместе с остальными волокнами. Размеры отверстий в уплотнительных воронках зависят от линейной плотности ленты и ровницы. Для четырёхцилиндровых двухремешковых вытяжных приборов уплотнители в зоне основного вытягивания не применяются. Вместо них имеется отдельная зона уплотнения.

Применение уплотнителей даёт следующие преимущества:

- уменьшается количество пуха и пыли;
- снижается ворсистость ровницы;
- снижается неровнота ровницы по линейной плотности;
- снижается обрывность ровницы.

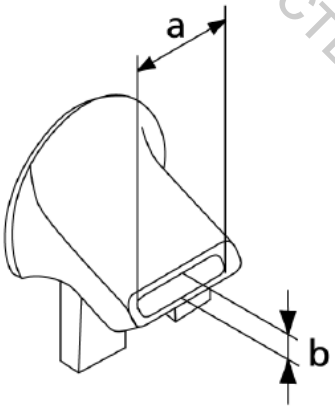


Рисунок 1.6 – Уплотнительная воронка для ленты

Уплотнительная воронка закрытого типа, установленная перед вытяжным прибором (рис. 1.6), сообщает ленте медленное возвратно-поступательное движение вдоль рифлей цилиндров вытяжного прибора для обеспечения равномерного износа эластичных покрытий нажимных валиков и увеличения срока их эксплуатации. Уплотнители могут двигаться с постоянным и переменным размахом. При переменном размахе амплитуда их колебаний непрерывно меняется, что обеспечивает больший срок службы эластичных покрытий валиков.

Ширина отверстия воронки a и высота её b зависят от линейной плотности перерабатываемой ленты: a=12÷28 мм, b=3÷5 мм.

Второй уплотнитель также закрытого типа (рис. 1.7) установлен в зоне предварительной вытяжки и имеет возвратно-поступательное движение. Размеры входного отверстия воронки: a=10÷14 мм, b=3 мм.

Третий двойной уплотнитель закрытого типа (рис. 1.8) расположен в зоне основного вытягивания. Он не зафиксирован, а просто лежит на проходящей мычке. Ширина его отверстия также выбирается в соответствии с линейной плотностью ровницы. Преимуществом закрытых уплотнителей является лучшее уплотнение поступающего продукта, что способствует более закономерному движению волокон в вытяжном поле.

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

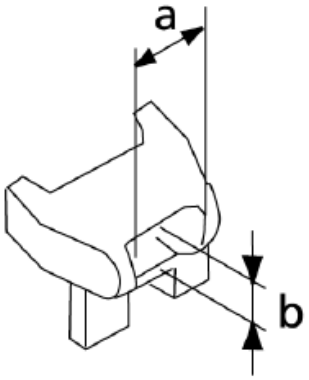


Рисунок 1.7 – Уплотнительная воронка в зоне предварительной вытяжки

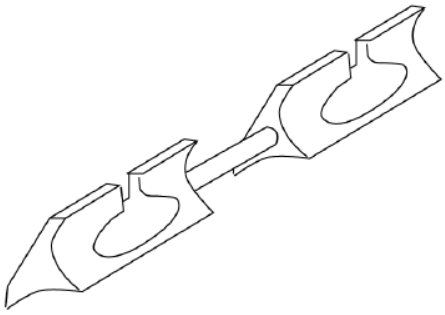


Рисунок 1.8 – Уплотнитель в зоне основного вытягивания

Чтобы неровнота поступающего продукта не увеличивалась при протаскивании через воронку, все они должны быть установлены как можно ближе к вытяжным цилиндрам.

1.3.2 Вытяжные приборы

Современные ровничные машины оснащают следующими вытяжными приборами:

- 3×3 двухремешковый с коротким верхним и длинным нижним ремешком (рис. 1.9, А) – это стандартная конструкция, которая применяется наиболее часто и подходит для коротко-, средне- и длинноволокнистых смесей;
- 3×3 двухремешковый с коротким верхним и нижним ремешками (рис. 1.9, В), который применяется для короткоштапельных волокон хлопкового типа и может использоваться с нижним чистящим приспособлением;
- 4×4 двухремешковый с коротким верхним и нижним ремешками (рис. 1.9, С), который применяется для короткоштапельных волокон хлопкового типа.

Как правило, на ровничной машине осуществляется вытяжка от 5 до 16. Идеальной считается вытяжка 6÷12. Рекомендуемые специалистами фирмы Rieter значения общей вытяжки в зависимости от перерабатываемой смеси волокон представлены на рисунке 1.10.

Двухремешковый вытяжной прибор 3×3 с коротким верхним и длинным нижним ремешками (рис. 1.11), применяемый на машинах фирмы Zinser, имеет уплотнители *7* для ленты перед вытяжным прибором, а также *8* и *9* в зоне предварительной и основной вытяжки. Уплотнители *7* и *8* осуществляют возвратно-поступательное движение вдоль рифлей цилиндров. Уплотнитель *9* плавающего типа.

Витебский государственный технологический университет

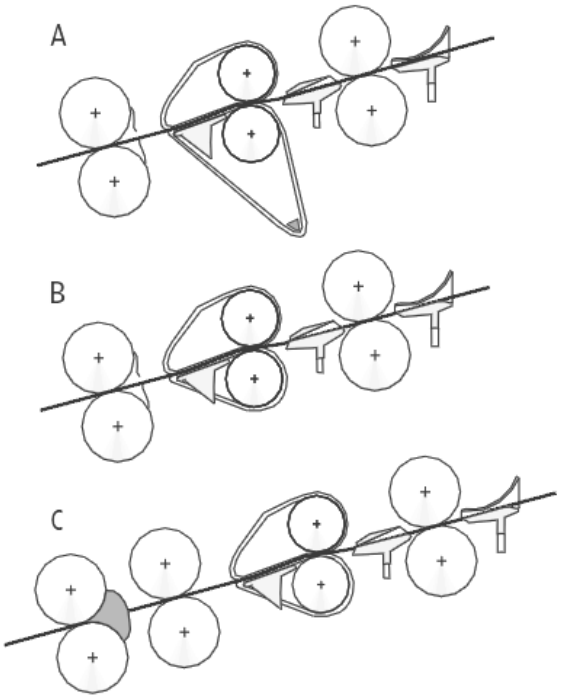


Рисунок 1.9 – Вытяжные приборы ровничных машин

Рисунок 1.10 – Рекомендуемые значения общей вытяжки

Вытяжной прибор имеет три вытяжные пары, состоящие из рифлёных стальных цилиндров *4, 5, 6* и нажимных валиков *1, 2, 3* с эластичным покрытием. Цилиндры установлены на цилиндровых стойках *16,* закрепленных на штанге вытяжного прибора *17* и состоят из отдельных звеньев, соединяемых с помощью резьбы. Направление резьбы должно быть обратным направлению их вращения для предотвращения

Витебский государственный технологический университет

раскручивания. Цилиндры уложены в ползушки *18*, которые имеют внизу прорези и крепятся к стойкам *16*. Благодаря такому устройству цилиндры *6* и *5* можно перемещать относительно других цилиндров, изменяя разводку. Подшипник выпускного цилиндра *4* жёстко прикреплен к цилиндровой стойке и не может перемещаться по ней.

В ползушках расположены подшипники скольжения *20*, в которых вращаются вытяжные цилиндры. Их смазка осуществляется через ниппель *19*. Основная вытяжка осуществляется в передней зоне вытягивания между цилиндрами *4* и *5*. Нажимные валики *1, 2, 3* крепятся в седелках откидных рычагов нагрузки вытяжного прибора *21*, закреплённого на опорной штанге *13.*

Верхний короткий ремешок *10* натянут на нажимной валик *2* и натяжную клеточку. Длинный нижний ремешок *11* натянут на средний цилиндр *5*, направляющую планку *12* и натяжную фигурную скобу *15*. Ремешки толщиной 1 мм изготавливают из синтетической резины.

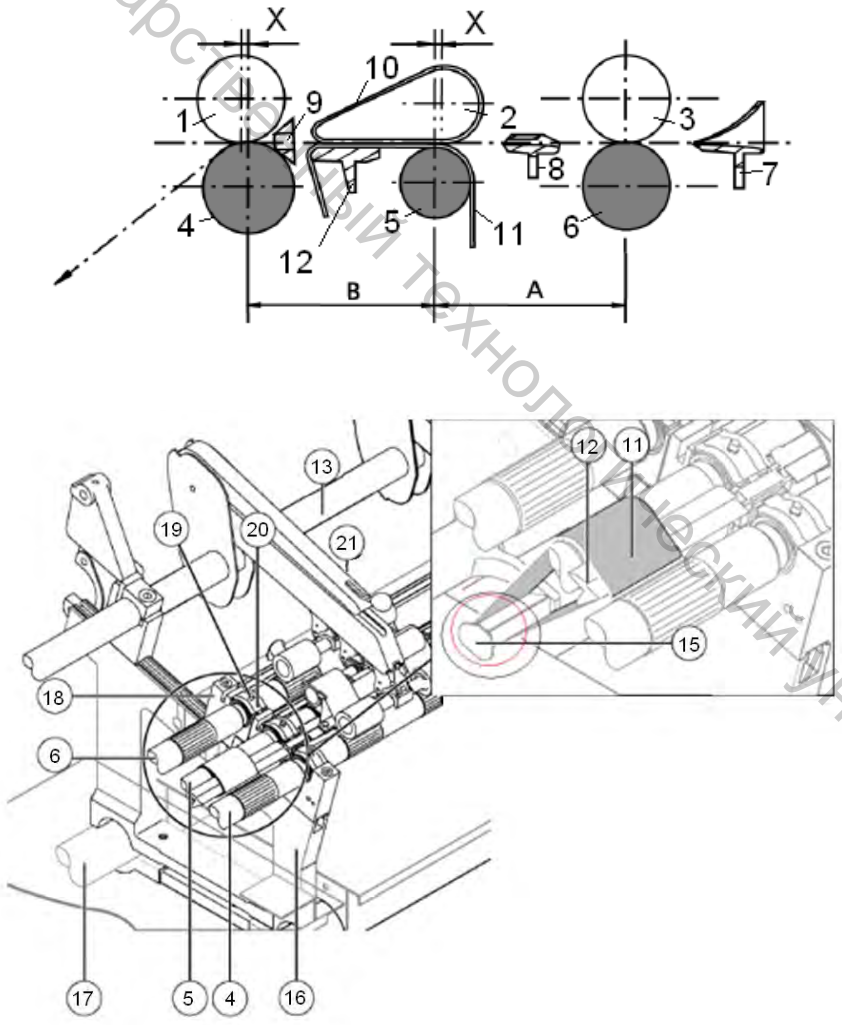


Рисунок 1.11 – Двухремешковый вытяжной прибор 3×3 с коротким верхним и длинным нижним ремешками

Витебский государственный технологический университет

Разводка в зоне предварительной А и основной вытяжки В могут отличаться друг от друга в больших пределах (табл. 1.2).

В четырёхцилиндровом двухремешковом вытяжном приборе (рис. 1.12) дополнительно имеется зона стабилизации и уплотнения С.

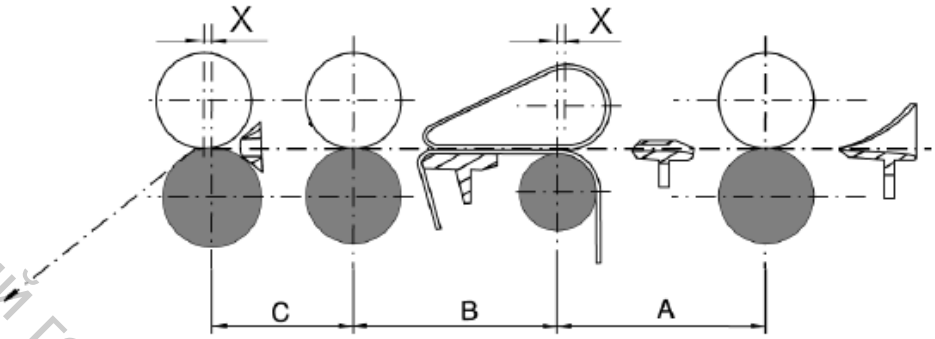


Рисунок 1.12 – Двухремешковый вытяжной прибор 4×4 с коротким верхним и длинным нижним ремешком

При изменении разводки в основной зоне вытягивания и перемещении цилиндра *5* необходимо поменять комплект верхних и нижних ремешков, натяжную клеточку верхнего ремешка и направляющую планку *12*.

На ровничных машинах фирмы Rieter разводка в основной зоне вытягивания устанавливается в зависимости от длины перерабатываемых волокон на величину 48, 58 и 74 мм. Соответственно этой разводке должна изменяться длина ремешков и их натяжные клеточки (рис. 1.13).

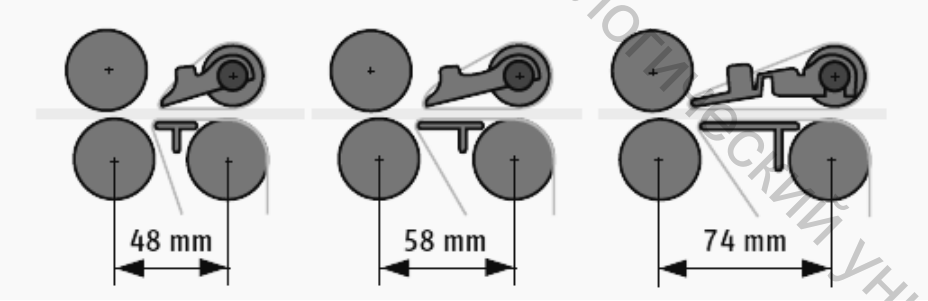


Рисунок 1.13 – Изменение разводки в основной зоне вытягивания на ровничных машинах фирмы Rieter

Нажимной валик *1* смещён вперед относительно переднего цилиндра *4* на величину *X* для улучшения контроля за движением волокон, а также для уменьшения дуги обтекания цилиндра мычкой, благодаря чему крутка раньше сообщается выходящей из зажима мычке, что снижает обрывность ровницы. *X*=5–6 мм для вытяжного прибора 3×3 с зубчатым уплотнителем фирмы SKF, *X*=3 мм для стандартного исполнения вытяжного прибора 3×3 с двойным уплотнителем и 2 мм для вытяжного

Витебский государственный технологический университет

прибора 4×4 с коротким нижним ремешком. Средний нажимной валик *2* смещён назад по отношению к среднему цилиндру *5* также на 2 мм.

Диаметры вытяжных цилиндров уменьшают для уменьшения длины неконтролируемого пространства. Диаметр среднего цилиндра несколько меньше для установки уменьшенных разводок в передней зоне вытягивания. На ровничных машинах фирмы Marzoli диаметры вытяжных цилиндров 32 и 27 мм для лучшего контроля за движением коротких волокон. На ровничных машинах фирмы Zinser – 30 мм. На машинах фирмы Toyota проводится обработка цилиндров хромом для уменьшения износа поверхности и образования заусениц металла.

В таблице 1.2 приведены разводки в вытяжном приборе, рекомендуемые специалистами фирмы Zinser.

Очистка деталей вытяжного прибора может осуществляться поразному. На ровничных машинах фирмы Marzoli нажимные валики очищаются либо специальными резиновыми роликами (рис. 1.14, а), либо вращающимися суконными чистительными ремешками (рис. 1.14, б).

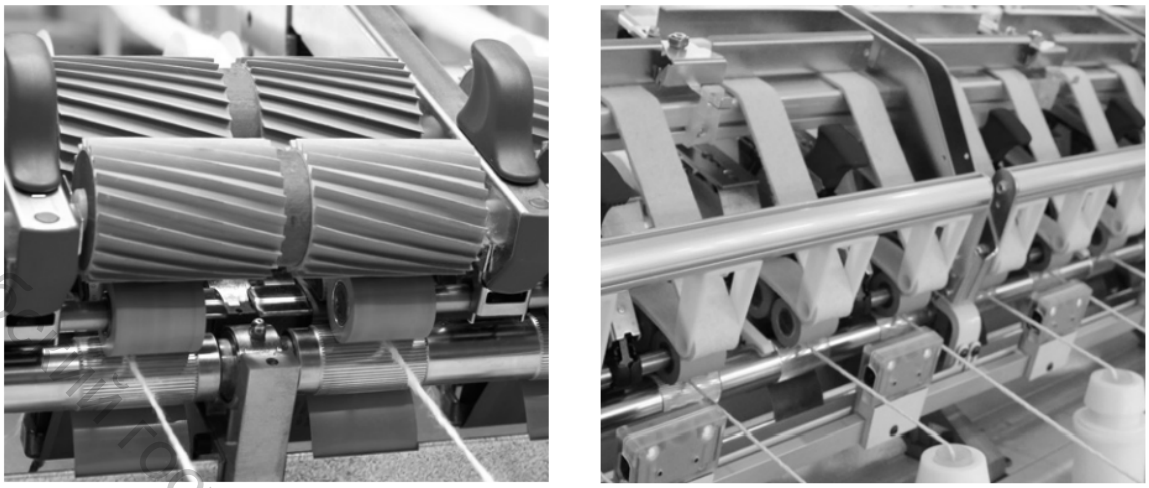
Таблица 1.2 – Рекомендуемые разводки в вытяжных приборах ровничных машин фирмы Zinser

Длина волокна, мм	Разводка в зоне основного вытягивания В, мм	Разводка в зоне предварительного вытягивания А, мм
Вытяжной прибор 3×3 двухремешковый с зубчатым уплотнителем фирмы SKF		
Короткоштапельное волокно хлопкового типа длиной до 45 мм	51	65
Волокно средней длины до 54 мм	61	75
Длинноволокнистые смеси до 63 мм	76	85
Вытяжной прибор 3×3 двухремешковый с двойным уплотнителем (стандарт)		
Короткоштапельное волокно хлопкового типа длиной до 45 мм	48,5-49	65
Волокно средней длины до 54 мм	58	75
Длинноволокнистые смеси до 63 мм	72	85
Вытяжной прибор 4×4 двухремешковый с короткими верхним и нижним ремешками		
Короткоштапельное волокно хлопкового типа длиной до 45 мм:	48,5-49	65
	Разводка в зоне уплотнения С, мм	
- кардная система прядения	36-38	
- гребенная система прядения (32-34 мм)	40	
- гребенная система прядения (>34 мм)	42	

Каждый ремешок постоянно очищается специальным скребком, а образовавшиеся отходы собираются, а затем всасываются в фильтр-камеру, расположенную в конце машины, которая очищается вручную или автоматически через центральную пневмосистему. Вытяжные ци-

Витебский государственный технологический университет

линдры очищаются индивидуальным жёстким резиновым скребком, расположенным под ними.



а б

Рисунок 1.14 – Очистка нажимных валиков вытяжного прибора

На ровничных машинах фирмы Zinser, оснащённых вытяжными приборами с коротким нижним ремешком, применяется дополнительная система очистки вытяжных цилиндров (рис. 1.15).

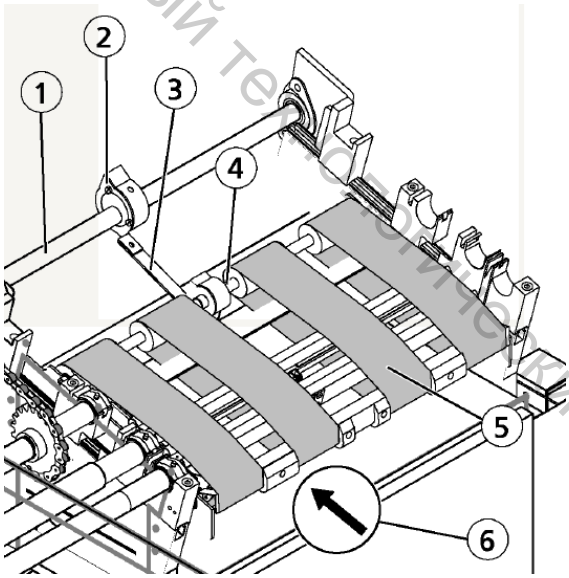


Рисунок 1.15 – Система очистки вытяжных цилиндров

Приводной вал *1* с подшипниками *2* приводит в движение рычажный механизм *3* привода чистящего сукна *4*, суконных ремешков *5*, очищающих цилиндры и гребни *6*, очищающие ремешки. Если же вытяжной прибор оснащён длинными нижними ремешками, то цилиндры очищаются от загрязнений при помощи чистящих брусьев, которые располагаются под ними.

Витебский государственный технологический университет

1.3.3 Нажимные валики

Верхние валики должны быть прижаты с относительно большой нагрузкой к нижним цилиндрам для хорошего зажима волокон и исключения их проскальзывания. Давление находится в диапазоне от 100 до 250–300 Н на один валик и зависит от вида сырья и линейной плотности продукта. Нагрузка на валики осуществляется либо пневматически, либо с помощью системы пружинной нагрузки. При пневматической нагрузке каждый рычаг связан шлангом с централизованной системой подачи воздуха. При пружинной нагрузке в приклон вытяжного прибора вмонтированы индивидуальные пружины, нагрузка и разгрузка валиков производится одновременно поворотом рычага нагрузки.

При выборе величины нагрузки необходимо помнить о том, что в большинстве случаев нагрузка на валик выпускной пары каждой зоны вытягивания должна быть больше нагрузки на валик подающей пары этой зоны. Нагрузка тем больше, чем толще обрабатываемый продукт, чем выше вытяжка и меньше разводка, чем больше диаметры цилиндра и валика, выше его эластичность и ниже коэффициент трения покрытия валика по волокну. Кроме того, необходимо учитывать, что, необоснованно увеличивая нагрузку, уменьшается срок эксплуатации эластичных покрытий.

На ровничных машинах фирмы Rieter применяется новая конструкция рычага фирмы Suessen с пневматической нагрузкой, которая обеспечивает равномерную нагрузку и точное позиционирование приклона относительно уплотнителей и межремешковой клипсы. Нагрузка контролируется датчиками по всей длине машины и может изменяться непосредственно с дисплея. Разгрузка валиков также осуществляется централизованно с компьютера, что предупреждает нежелательный износ эластичных покрытий.

На ровничных машинах фирмы Zinser нагрузка пружинная. Изменение нагрузки осуществляется усилием прижима на рычагах нагрузки. Предусмотрено три уровня прижима, распознаваемых по цвету эксцентриков. Рекомендуемые специалистами фирмы Zinser нагрузки на валики вытяжного прибора приведены в таблице 1.3.

Жёсткость покрытия эластичных валиков может быть различной. Чем мягче покрытие, тем больше площадь зажима продукта. При этом получаемая ровница будет более равномерной. Твердость по Шору эластичных покрытий валиков от 80 до 85, валики, на которые натягивают верхние ремешки, мягче, их твердость чуть более 60. Это позволяет осуществлять лучший контроль за движением волокон в зоне основного вытягивания. Входные и выходные верхние валики могут подвергаться шлифовке по мере износа, при этом допускается потеря в их диаметре

Витебский государственный технологический университет

до 3 мм. Средний валик не должен шлифоваться, так как с его диаметром согласована длина верхних ремешков.

Верхние валики применяются различных диаметров. Чтобы исключить возможность образования намотов, окружность валика должна быть больше длины волокна. Стандартные диаметры первого, второго и третьего валиков – 30/24, 7/30 мм соответственно для трёхцилиндровых вытяжных приборов и 30/30/24, 7/30 мм – для четырёхцилиндровых.

Таблица 1.3 – Нагрузки на валики вытяжного прибора

Уровень	Нагрузка, даН	Передний цилиндр	Средний цилиндр	Задний цилиндр		Цвет
3×3 двухремешковый						
I	Основная	20	10	15		черный
II	Средняя	25	15	20		зеленый
III	Высокая	30	20	25		красный
4×4 двухремешковый						
		Передний цилиндр	2-й цилиндр	3-й цилиндр	Задний цилиндр	Цвет
I	Основная	9	15	10	10	черный
II	Средняя	12	20	15	15	зеленый
III	Высокая	15	25	20	20	красный

1.3.4 Высота зева между ремешками

Высотой зева (X) называется расстояние между натяжной клеточкой верхнего ремешка и направляющей планкой нижнего ремешка в нагруженном состоянии вытяжного прибора (рис. 1.16).

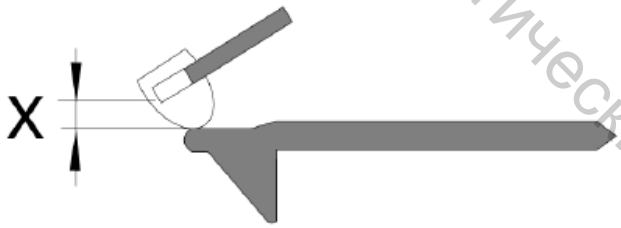


Рисунок 1.16 – Высота зева между ремешками

Высота зева зависит от величины давления верхних ремешков на нижние. От этого значения во многом зависит качество ровницы, усилие её прохождения через вытяжной прибор. Для обеспечения закономерного процесса вытягивания высота зева должна быть строго заданной и не изменяться в процессе работы вытяжного прибора. Она устанавливается в зависимости от вида исходного сырья и линейной плотности продукта с помощью специальных распорок – клипс *1* разной высоты (рис. 1.17). Клипсы устанавливаются на планке натяжной клеточки *2* верхнего ремешка *3*.

Витебский государственный технологический университет

Верхние валики под давлением прижимаются к нижним цилиндрам. Плотность фиксации волокна и, следовательно, направление движения волокон зависит от этого давления, а также от высоты зева. Зажим должен быть хорошим, но не чрезмерным, иначе это помешает закономерному извлечению волокон из вытяжных пар. Высота зева должна быть очень точно настроена в зависимости от объёма проходящего волокна, а значит – от линейной плотности продукта.

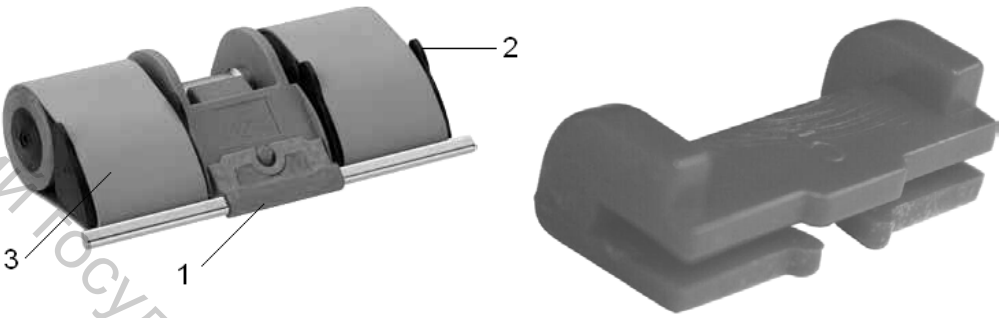


Рисунок 1.17 – Установка клипсы и ее внешний вид

Чем больше линейная плотность ровницы, тем больше должна быть высота зева и высота клипсы. Слишком маленькая высота клипсы может способствовать получению более равномерной ровницы за счет лучшего контроля за движением волокон, но вызвать повышенную обрывность. При переработке химических волокон рекомендуется применять более крупные клипсы.

Производители оборудования предоставляют рекомендации для правильного выбора размеров клипсы, но точные настройки должны быть установлены экспериментально. Так, фирма Zinser рекомендует различные клипсы, отличающиеся по цвету, для обеспечения высоты зева от 4,5 до 11,8 мм.

1.4 Анализ процесса кручения ровницы

1.4.1 Теоретические основы процесса кручения

Кручение является одним из важнейших процессов прядильного производства.

Цель кручения – создать из сравнительно коротких волокон продукт необходимой прочности.

Сущность процесса кручения заключается в том, что каждое сечение продукта поворачивается относительно другого и своей оси. В результате этого волокна, распрямленные и ориентированные вдоль оси продукта, располагаются примерно по винтовым линиям, обвиваясь вокруг оси и обвивая друг друга. При кручении продукт испытывает натяжение и волокна, составляющие его, принимают винтообразную форму. Под действием сил Q и Q_1 (рис. 1.18, а) они стремятся располо-

Витебский государственный технологический университет

житься по винтовым линиям меньшего диаметра и поэтому оказывают давление на те волокна, которые находятся внутри, ближе к оси продукта. Это давление, возникающее между волокнами, создает силы трения, препятствующие сдвигу волокон друг относительно друга, способствует уплотнению продукта и округлению его поперечного сечения. В итоге ровница получает определенную прочность.

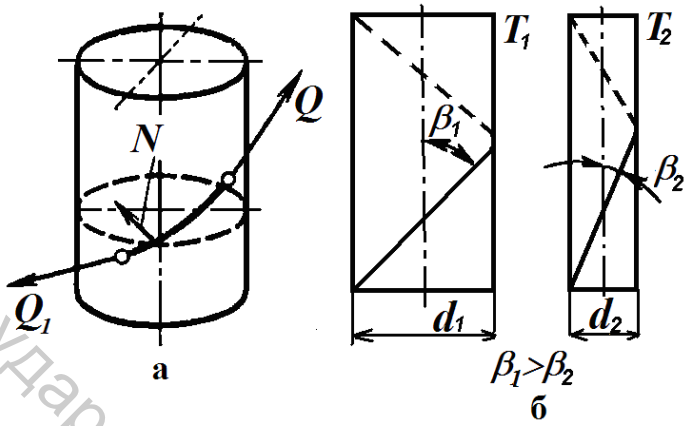


Рисунок 1.18 – Схема кручения продукта

Следует отметить, что при кручении расстояние между концами волокон сокращается вследствие изменения их формы из прямолинейной в мычке в винтообразную в ровнице. При этом скручиваемый продукт укорачивается, происходит так называемая усадка. Величина усадки определяется круткой и линейной плотностью продукта.

Интенсивность кручения является важной характеристикой, которая определяет прочность продукта, производительность труда ровничниц и прядильщиц, производительность машин.

Мерой интенсивности кручения является крутка, то есть число кручений, приходящееся на единицу длины (обычно 1 м):

$$K = {}^{n_{вер}}\!/_{V_{вып}}, \qquad (1.2)$$

где $n_{вер}$ – частота вращения веретен, мин$^{-1}$; $V_{вып}$ – скорость выпускного цилиндра вытяжного прибора, м/мин.

Крутка – абсолютная мера интенсивности кручения. Для продуктов разной линейной плотности T_1 и T_2 (разного диаметра d_1 и d_2) при одинаковом числе кручений на единицу длины (рис. 1.18, б) угол наклона наружных волокон к оси продукта будет разным (β_1 и β_2).

Соответственно эффект от кручения (степень уплотнения, упрочнения) также будет различен. Чем меньше диаметр (линейная плотность) продукта, тем большую крутку необходимо ему сообщить, чтобы

Витебский государственный технологический университет

получить одинаковый эффект. Поэтому при оценке интенсивности кручения вводится второй показатель, являющийся относительной мерой интенсивности кручения и пропорциональный тангенсу угла кручения $tg\beta$ – коэффициент крутки α. Коэффициент крутки позволяет рассчитать крутку K для продукта любой линейной плотности, сохраняя сопротивление волокон скольжению постоянным.

В зависимости от направления вращения веретена или рогульки, крутка может иметь разное направление (рис. 1.19, б).

Если веретено вращается по часовой стрелке, то витки крутки направлены слева вверх направо; такую крутку называют правой и обозначают буквой *Z*. Если же веретено вращается против часовой стрелки, то витки крутки располагаются справа вверх налево; такую крутку называют левой и обозначают *S*. В прядении хлопка на ровничных машинах используют только правую крутку.

Рассмотрим теоретически физический смысл коэффициента крутки. Развернув в плоскости виток, образуемый волокном, получим треугольник (рис. 1.19, а).

Угол наклона волокон к оси скручиваемого продукта обозначим через β, тогда из этого треугольника получим:

$$tg\beta = \frac{\pi d}{h}, \qquad (1.3)$$

где d – диаметр продукта, мм; h – высота или шаг витка, мм.

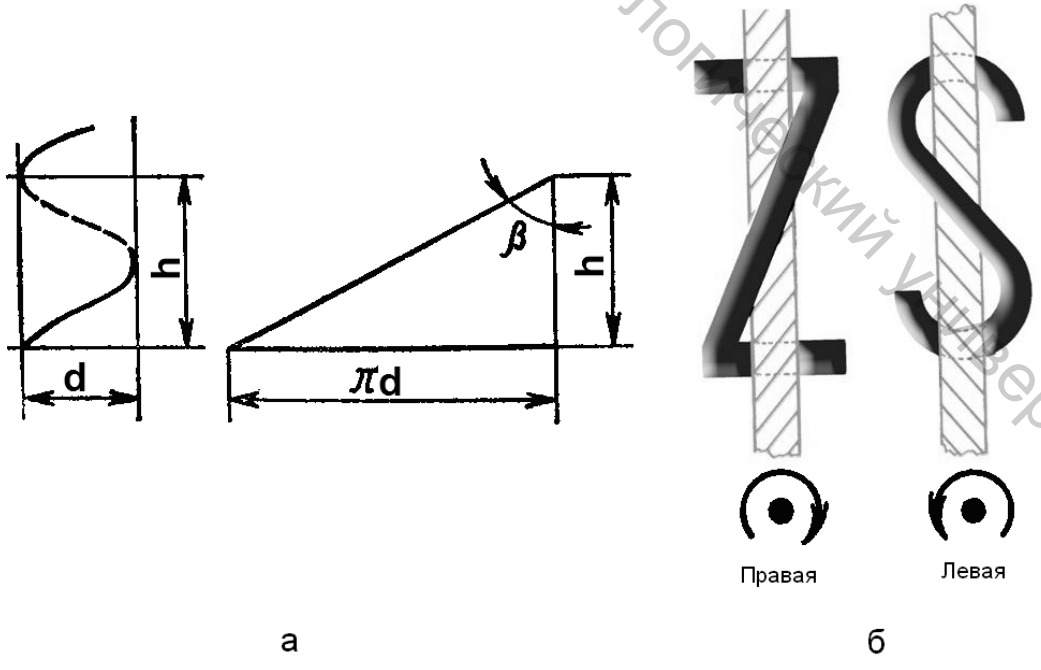


Рисунок 1.19 – Развертка витка крутки (а),
условное обозначение направления крутки (б)

Витебский государственный технологический университет

Крутка – число кручений на один метр, то есть:

$$K = \frac{1000}{h}. \qquad (1.4)$$

Решая совместно уравнения (1.3) и (1.4), получим:

$$K = \frac{1000 \cdot tg\beta}{\pi d}. \qquad (1.5)$$

Продукт длиной l имеет массу:

$$m = V \cdot \gamma \quad \text{или} \quad m = \frac{\pi d^2 \cdot l \cdot \gamma}{4},$$

где V– объём продукта длиной l; γ – объёмная масса продукта (масса единицы объема), замеренного по внешнему контуру, мг/мм^2.

Отсюда $$d^2 = \frac{4m}{\pi \cdot l \cdot \gamma}, \qquad (1.6)$$

но $$\frac{m}{l} = \frac{T}{1000},$$

где T – линейная плотность продукта, текс.

Тогда $$d = \sqrt{\frac{4T}{1000 \cdot \pi \cdot \gamma}} = \frac{2\sqrt{T}}{\sqrt{1000 \cdot \pi \cdot \gamma}}. \qquad (1.7)$$

Подставив значение d в формулу (1.5), получим:

$$K = \frac{1000 \cdot tg\beta \cdot \sqrt{\pi \cdot \gamma}}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{1000}}{\sqrt{T}}. \qquad (1.8)$$

Принято обозначать:

$$\alpha = \frac{1000 \cdot tg\beta \cdot \sqrt{\pi \cdot \gamma}}{2\pi}, \qquad (1.9)$$

где α – коэффициент крутки в метрической системе.

Витебский государственный технологический университет

Тогда получим:

$$K = \frac{\alpha \cdot \sqrt{1000}}{\sqrt{T}}. \qquad (1.10)$$

Но $\alpha \cdot \sqrt{1000} = \alpha_{текс}$ или $\alpha_{текс} = 31.62\alpha$,

где $\alpha_{текс}$ – коэффициент крутки в системе текс.

Тогда получим:

$$K = \frac{\alpha_{текс}}{\sqrt{T}} = \frac{\alpha_T \cdot 100}{\sqrt{T}}. \qquad (1.11)$$

где α_T – табличный коэффициент крутки.

Следовательно, при постоянной плотности продукта коэффициент крутки прямо пропорционален тангенсу угла наклона волокон к оси продукта. Формулу (1.11) используют на практике. На основании практических данных для каждого конкретного случая составляются таблицы коэффициентов крутки, представленные в таблицах 1.4, 1.5, 1.6.

С увеличением крутки сопротивление волокон скольжению возрастает. Также возрастает и прочность ровницы. Однако при значительном увеличении крутки сопротивление отдельных волокон скольжению может превзойти их прочность, и разрывная нагрузка уменьшится.

Таблица 1.4 – Коэффициенты крутки α_T кардной ровницы

Линейная плотность ровницы, текс	Длина волокна, мм								
	38/ 40	37/ 39	35/ 37	33/ 34	32/ 33	31/ 32	30/ 31	29/ 30	28/ 29
более 1110	7,02	7,24	8,03	9,8	9,93	10	10,15	10,2	10, 38
770-1000	7,45	7,62	8, 27	9,93	10,1	10,3	10,28	10,4	10,46
588-714	7,9	8,16	8, 53	10,38	10,6	10,6	10,85	10,7	10,88
476-556	8,27	8,5	8, 93	11,08	11,08	11,19	11,45	11,58	11,64
400-455	8,53	8,78	9,44	11,45	11,58	11,64	11,7	11,9	11,96
334-384	8,73	8,93	9, 68	11,58	11,64	11,77	11,9	11,96	12,09
286-323	8,97	9,26	9,93	11,7	11,83	11,9	12,06	12,15	12,21
250-278	9,26	9,57	10,23	11,90	11,96	12,15	12,21	12,34	12,4
217-244	9,57	9,8	10,38	11,96	12,09	12,21	12,28	12,4	12,46
188-213	9,92	10,08	10,65	12,15	12,3	12,4	12,46	12,69	12,81
167-186	10,08	10,23	11,08	12,41	12,59	12,69	12,81	12,91	13,04
133-164	10,23	10,4	11,19	12,59	12,69	12,81	12,91	13,04	13,13
118-130	10,4	10,55	11,32	12,69	12,81	12,91	13,04	13,13	--
95-119	10,6	10,88	11,45	12,81	12,91	13,0	13,13	--	--

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.5 – Коэффициенты крутки α_T гребенной ровницы

Линейная плотность ровницы, текс	Длина волокна, мм				
	38/40	37/39	35/37	33/34	32/33
более 1110	6,72	6,9	7,64	9,35	9,45
770-1000	7,11	7,25	7,85	9,45	9,6
588-714	7,52	7,77	8,12	9,89	10,05
476-556	7,88	8,12	8,5	10,56	10,56
400-455	8,12	8,37	9	10,9	11,02
334-384	8,37	8,56	9,2	11,02	11,08
286-323	8,56	8,81	9,45	11,16	11,23
250-278	8,81	9,14	9,76	11,3	11,39
217-244	9,14	9,35	9,89	11,39	11,5
188-213	9,45	9,6	10,13	11,56	11,71
167-186	9,6	9,76	10,56	11,88	11,97
133-164	9,76	9,89	10,63	11,97	12,07
118-130	9,89	10,05	10,78	12,07	12,19
95-119	10,13	10,35	10,9	12,19	12,28

Таблица 1.6 – Коэффициенты крутки α_T ровницы, полученной из смеси средневолокнистого хлопка с химическими волокнами

Линейная плотность ровницы, текс	Хлопок (75–60%), вискоза (25–40%)	Хлопок (40–30%), вискоза (60–70%)	Хлопок (70%), полиэфир (30%)	Вискоза 0,167 текс длиной 38 мм	Вискоза 0,312 текс длиной 38 мм
1110-1666	8,2	7,7	7,27	6	7,7
769-1000	8,54	8,5	7,5	6,32	8,22
588-714	8,85	8,22	7,75	6,64	8,7
476-555	9,17	8,54	7,9	7,11	9,17
400-455	9,5	8,85	8,15	7,43	9,5
333-385	9,65	9,17	8,4	7,57	9,65
286-323	9,75	9,3	8,7	7,75	9,8
250-278	9,95	9,5	9	7,9	9,95

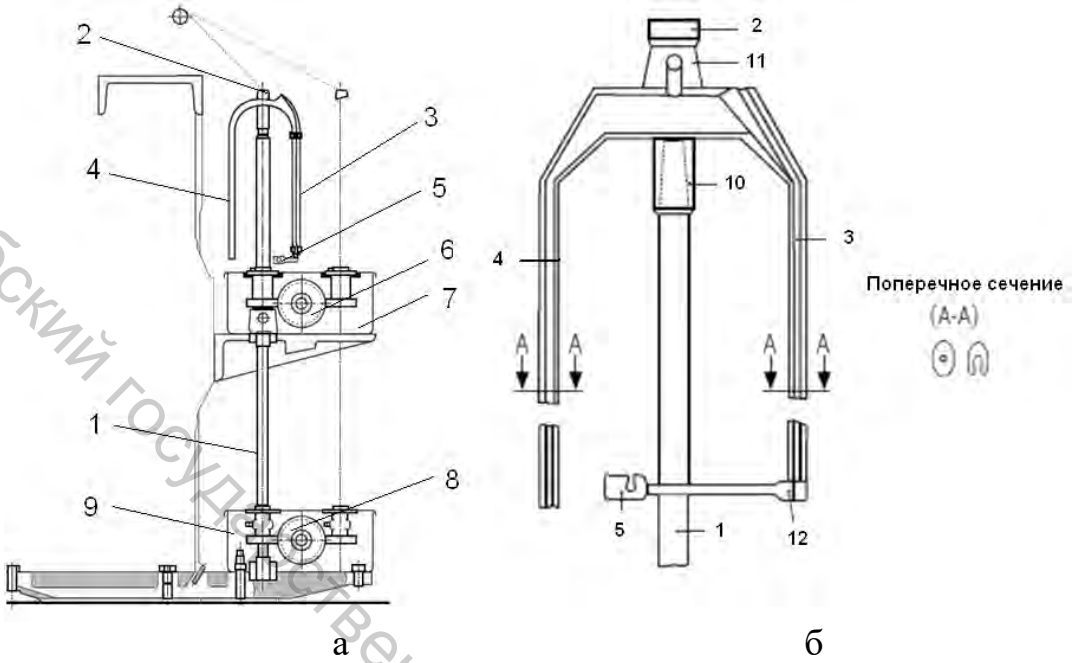
Крутка, соответствующая максимальной прочности продукта, называется критической. Коэффициент крутки, соответствующий критической крутке, называют критическим коэффициентом крутки. Фактическую крутку принимают значительно ниже критической с тем, чтобы при вытягивании ровницы не применять больших усилий и не повреждать волокна.

1.4.2 Конструкции крутильных механизмов ровничных машин

На ровничных машинах процессы кручения и наматывания совмещены и осуществляются одними и теми же крутильными органами – веретеном, рогулькой и катушкой. Конструкция рогульки была разработана еще около 1500 г. итальянским изобретателем Леонардо да Винчи.

Витебский государственный технологический университет

На ровничных машинах старых конструкций для кручения мычки, выходящей из вытяжного прибора, применяли веретена с рогульками (рис. 1.20, а).



а б

Рисунок 1.20 – Крутильный аппарат ровничной машины

Веретено *1* представляет собой стальной цилиндрический стержень, который проходит через втулку, на которой установлена катушка. Размеры верхнего конца веретена *10* (рис. 1.20, б) соответствуют размерам втулки рогульки *11*. В сквозную осевую прорезь верхнего конца веретена входит штифт рогульки. С помощью штифта рогулька прочно крепится на веретене и легко снимается при съёме наработанных катушек. Таким образом, в этой конструкции веретено является просто опорой и приводным элементом для рогульки без каких-либо вспомогательных функций. Такой привод рогулек не мог обеспечить автоматизацию съёма катушек. Зубчатая передача *8* для привода веретён находится в нижней каретке *9*. Зубчатая передача *6* находится в верхней (катушечной) каретке и приводит во вращение катушки. Ровница проходит в верхнее отверстие рогульки *2* и выходит из её бокового отверстия внутри полой ветви рогульки *3*. Вторая ветвь рогульки *4* сплошная и служит для уравновешивания рабочей, полой, ветви (сечение А-А, рис. 1.20, б). Полая ветвь *3* имеет изогнутую прорезь для облегчения заправки рогульки и предотвращения вылета из неё ровницы во время работы. Прохождение ровницы внутри полой ветви рогульки защищает её от разрушения потоком воздуха. На полой ветви рогульки с помощью шарнирного соединения *12* закреплена лапка рогульки *5*. Ровница, выходя из нижнего отверстия полой ветви, обвивает 1–3 раза лапку рогульки и

Витебский государственный технологический университет

наматывается на катушку. Обвивание ровницей лапки обеспечивает плотную намотку ровницы на катушке и предохраняет ровницу от действия потоков воздуха на пути от рогульки к катушке. Центробежная сила, возникающая при вращении рогульки, прижимает лапку к катушке и способствует увеличению плотности намотки. С увеличением диаметра намотки лапка поворачивается вокруг полой ветви рогульки и удаляется от оси катушки. Поэтому с увеличением диаметра намотки давление лапки на катушку уменьшается примерно в 1,5÷2,5 раза по сравнению с первоначальным. Это приводит к разному расплющиванию ровницы и разной плотности намотки ровницы на катушку в начале и в конце наработки съема.

За один оборот веретена с рогулькой вокруг своей оси ровнице сообщается одно кручение. Ровнице сообщается небольшая крутка в диапазоне 20÷50 кр./м, необходимая для придания ей небольшой прочности, достаточной для наматывания на катушку. Повышение крутки, с одной стороны, могло бы увеличить прочность ровницы, и позволило бы увеличить частоту вращения рогулек и производительность машины. С другой стороны, у ровницы с более высокой круткой будет затруднен сдвиг волокон при вытягивании на кольцевой прядильной машине, что повысит неровноту пряжи. Снижение же крутки вызовет повышенную обрывность на ровничной машине.

Наматывание ровницы осуществляется за счёт большей скорости катушек по отношению к веретёнам с рогульками. Один полный виток намотается на катушку, когда она обгонит веретено на один оборот. Каретка *7* вместе с катушками совершает возвратно-поступательное движение относительно рогульки для раскладки витков намотки по высоте катушки. Возвратно-поступательное движение обеспечивается реечной передачей.

Рекомендуемые специалистами фирмы Zinser значения крутки ровницы в зависимости от штапельной длины волокна приведены в таблице 1.7 и на рисунке 1.21.

Таблица 1.7 – Крутка ровницы в зависимости от штапельной длины волокон

Линейная плотность ровницы, текс	Штапельная длина хлопковых волокон, мм					Длина штапеля химических волокон, мм	
	до 25,4	до 27	27÷35	до 38	до 47,6	40	60
1	2	3	4	5	6	7	8
1000	39	37,5	35,5	-	-	25	22
909	40,9	39,3	37,2	-	-	26,2	23,1
833	42,7	41,1	38,9	-	-	27,4	24,1
769	44,5	42,8	40,4	-	-	28,5	25,1

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8
714	46,2	44,6	42	-	-	29,6	26
667	48,2	45,9	43,5	39,2	-	30,6	26,9
625	50,9	47,4	44,6	40,5	-	31,6	27,8
588	51,9	48,9	46,3	41,7	-	32,6	28,7
555	-	50,3	47	42,9	-	33,5	29,5
526	-	51,7	48,9	44,1	-	34,5	30,3
500	-	53,3	50,2	45,3	42,4	35,4	31,1
400	-	-	56,1	50,6	47,4	39,5	34,8
333	-	-	-	55,4	52,0	43,3	38,1
286	-	-	-	59,9	56,1	-	41,2
250	-	-	-	64,0	60,0	-	44,0
222	-	-	-	67,9	63,6	-	46,7
200	-	-	-	74,6	67,1	-	49,2
182	-	-	-	-	70,4	-	51,6
167	-	-	-	-	73,5	-	-

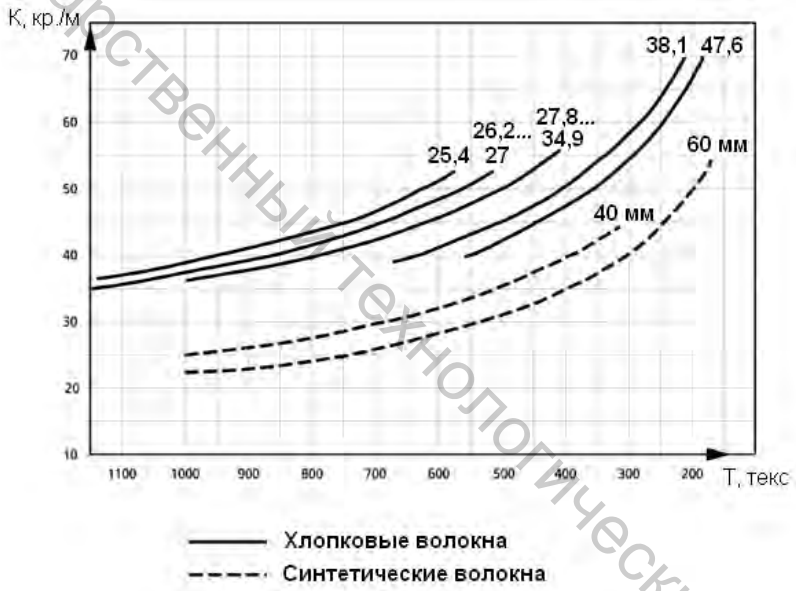


Рисунок 1.21 – Рекомендуемые значения крутки ровницы

На современных ровничных машинах применяется крутильный аппарат (рис. 1.22) с подвесными рогульками. Веретено здесь отсутствует, а кручение ровницы осуществляется с помощью рогулек *3*. Привод рогулек осуществляется с помощью зубчатых ремней и расположен в верхнем брусе машины *6*. Заправка ровницы в рогульку осуществляется через насадку с отверстием *5*. Катушечный вал *1* располагается соосно с рогулькой и имеет собственный привод, который находится в каретке *4*, совершающей возвратно-поступательное движение. Применение подвесных рогулек позволило осуществлять автоматический съём катушек *2*. Ранее рогульки изготавливали из стали, сейчас же их производят из легких сплавов.

Витебский государственный технологический университет

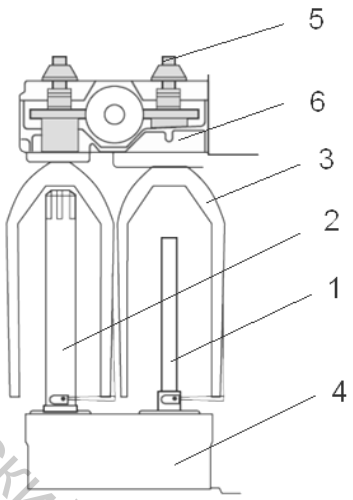


Рисунок 1.22 – Современная конструкция крутильного механизма

Когда частота вращения стальных рогулек достигла 1500 мин$^{-1}$, их вибрация, которая передаётся на полую и сплошную ветви, значительно возросла. Причём, чем выше частота вращения рогулек, тем больше вибрация. Это явление негативно сказывается не только на работе всех механизмов машины, но и на качестве намотки. При включении или остановке машины, например, при обрыве, из-за вибрации прижимная лапка рогульки каждый раз будет отклоняться на разный угол, а следовательно, намотка возобновится не с того места, где она остановилась. Это негативно отражается на структуре намотки катушки с ровницей. Кроме того, рогульки из сплавов весят гораздо меньше.

На современных машинах применяются рогульки следующих размеров (мм): 30,5/14; 30,5/15,5; 36/15,5; 36/16,5; 41/15,5; 41/18. Первая цифра обозначает высоту рогульки, а вторая – расстояние между лапками. Высота рогульки близка по значению к максимальной высоте намотки, а расстояние между лапками – диаметру намотки.

Для уменьшения ложной вытяжки, возникающей при прохождении ровницы через рогульку, в них изменена конструкция полой ветви. В ней больше нет фигурной прорези, которая облегчала заправку. Вместо этого в полую ветвь вставлена очень гладкая трубка, через которую проходит ровница. Благодаря ей ровница полностью защищена от воздушных потоков и больше не прижимается центробежной силой к металлу, как в предыдущих конструкциях. При этом трение ровницы о металл значительно снижается, за счёт этого уменьшается ложная вытяжка и вероятность обрывов. Это дало возможность повысить частоту вращения рогулек и производительность машины, но несколько усложнило заправку рогульки при обрыве ровницы.

Альтернативную конструкцию рогулек Rovematic представляет фирма Saco Lowell (США) (рис. 1.23). Рогулька рамочного типа приводится во вращение сверху и поддерживается снизу, что придает ей повышенную жёсткость. Она не является съёмной деталью, и обе её ветви внизу связаны опорой, находящейся в подшипниках. На одной из ветвей находится прижимная лапка. Частота вращения таких рогулек до 1200 мин$^{-1}$ при паковке размерами 350×190 мм и массой 2,5–3 кг. Главным достоинством такой конструкции является снижение вибрации рогульки за счет более жёсткой конструкции. Кроме того, реечная переда-

Витебский государственный технологический университет

ча для привода катушечной каретки заменена здесь винтовой зубчатой передачей, что упрощает привод.

Веретёна на всех ровничных машинах размещены в два ряда в шахматном порядке, благодаря чему уменьшается площадь, занимаемая машиной. С другой стороны, такое расположение веретён значительно усложняет их привод и автоматическую смену паковок. Технологическим недостатком такого расположения веретён является разный угол α_1 и α_2 (рис. 1.24, а) входа ровницы в рогульки заднего и переднего рядов.

Витебский государственный технологический университет

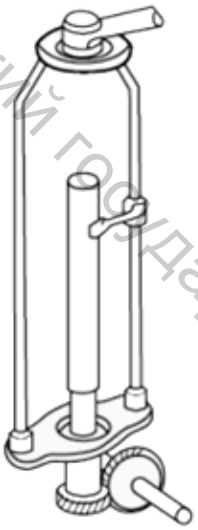


Рисунок 1.23 – Рамочная рогулька Rovematic фирмы Saco Lowell

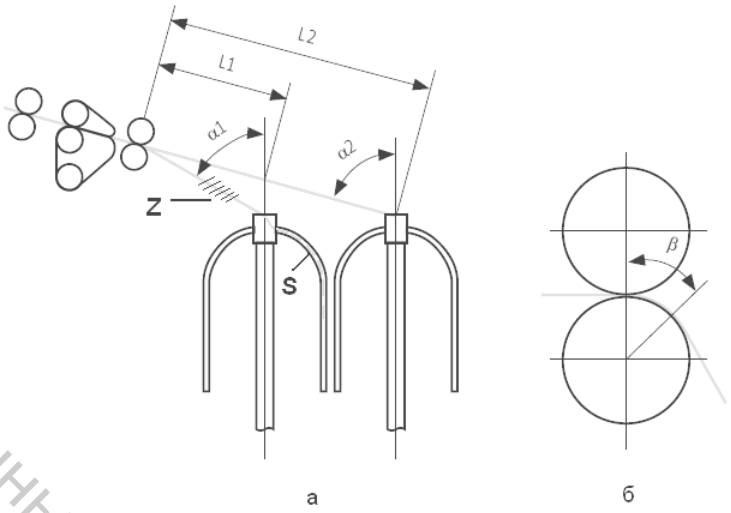


Рисунок 1.24 – Угол входа α ровницы в отверстие рогульки (а); дуга обтекания ровницей переднего цилиндра (б)

Это приводит к разным условиям кручения ровницы при входе в рогульку и различным возникающим силам трения в этой зоне. Дуга обтекания выпускного цилиндра, определяемая углом β (рис. 1.24, б), и размеры треугольника кручения для ровницы, формируемой на первом и втором ряду, также будут различны. Отличаться будет и длина неконтролируемого пространства L_1 и L_2 (рис. 1.24, а) от вытяжного прибора до отверстия рогульки.

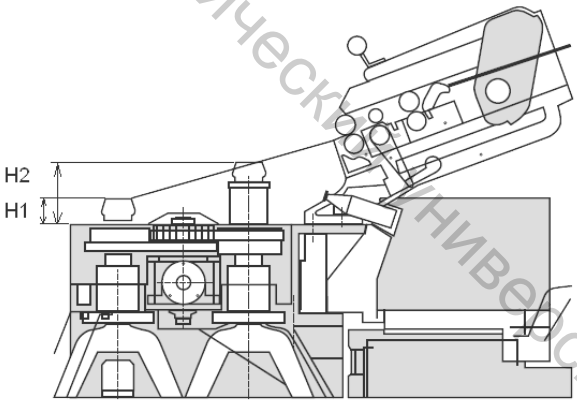


Рисунок 1.25 – Удлиняющая насадка на рогульки заднего ряда

Все эти причины приводят к разным условиям кручения ровницы заднего и переднего рядов, разному натяжению на свободных участках, что способствует образованию неровноты по линейной плотности ровницы, формируемой на разных рядах. На современных ровничных машинах этот недостаток устранён за счёт применения специальной удлиняющей насадки на рогульки заднего ряда (рис. 1.25).

За счёт того, что рогульки заднего ряда подняты выше, H2>H1, следовательно, $\alpha_1=\alpha_2$.

1.4.3 Распространители крутки

При прохождении ровницы через головку рогульки с одной её стороны от головки будут появляться витки одного направления, с другой – противоположного, то есть ровница получает ложную крутку (рис. 1.24, а). Участок ровницы от вытяжного прибора до рогульки получает дополнительную крутку в том же направлении, что и действительная, а участок ниже головки рогульки – в противоположном. Поскольку эти витки противоположного направления, то эта крутка в конечном счёте исчезает, поэтому её и называют ложной. Такая крутка возникает в результате вращения ровницы относительно своей оси от трения о головку рогульки. За счет ложной крутки:

- снижается треугольник кручения, а, следовательно, и обрывность ровницы на неконтролируемом участке от вытяжного прибора до рогульки;
- уменьшается количество таких отходов, как пух и колечки;
- снижается скрытая неровнота от ложной вытяжки;
- увеличиваются прочность и плотность ровницы;
- увеличивается масса катушки с ровницей за счет возможности её формирования при более высоком натяжении;
- увеличивается производительность машины.

Натяжение и получаемая ровницей крутка будут также зависеть от заправки в рогульку. При производстве ровницы большой линейной плотности с низкой круткой возникает риск образования ложной вытяжки, поэтому заправка осуществляется на ½ оборота вокруг головки рогульки (рис. 1.26, а).

Один оборот вокруг головки рогульки делают в случае производства больших паковок ровницы с высокой круткой (рис. 1.26, б). При этом увеличивается натяжение ровницы, а намотка получается более плотной. В этом случае ровница будет иметь наибольшую прочность. Если прочность ровницы при данной заправке принять за 100%, то при заправке на ½ оборота она составит 64%. Неровнота ровницы, полученной при заправке на полный оборот, также меньше, чем на ½ оборота.

Витебский государственный технологический университет

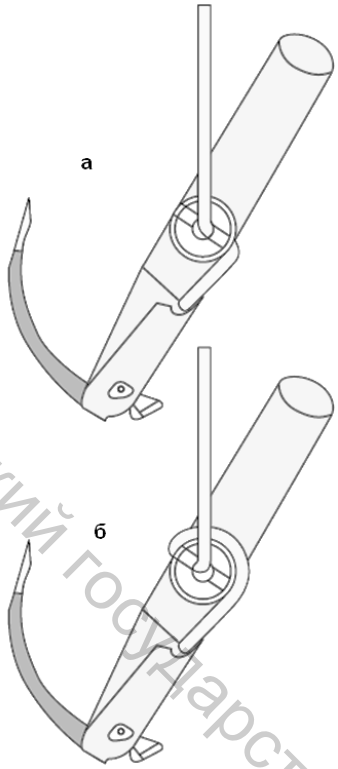


Рисунок 1.26 – Способы заправки ровницы в рогульку

У рогулек старых конструкций головка рогульки выполнялась из гладкого металла. В современных рогульках в головку вставляются распространители крутки (насадки) из резины, на внутренней поверхности которых выполнены канавки различной формы (рис. 1.27, а, б).

Эти насадки имеют большое влияние на уровень действительной и ложной крутки между вытяжным прибором и рогулькой, а также на формирование катушки. За счет увеличения коэффициента трения между материалом ровницы и насадкой увеличивается эффективная ложная крутка, и улучшаются условия формирования ровницы.

а б

Рисунок 1.27 – Резиновые втулки на головку рогулек различных конструкций

Ложная крутка в результате перекатывания ровницы по краю насадки за один её оборот может быть рассчитана по формуле

$$K_{Л} = \frac{2\pi \cdot R \cdot \eta}{2\pi \cdot r} = \frac{R \cdot \eta}{r}, \qquad (1.12)$$

где R – радиус отверстия насадки; η – коэффициент, учитывающий проскальзывание при качении ровницы по краю насадки; r – радиус ровницы.

В разные годы на ровничных машинах применялись следующие устройства ложной крутки:

Витебский государственный технологический университет

- головка рогульки с увеличенным внутренним каналом диаметра D, что даёт возможность увеличить количество ложных кручений (рис. 1.28, а);
- насадка большого диаметра D, по которой перекатывается ровница, на головке рогульки (рис. 1.28, б). Внутри насадки имеется резиновое кольцо, увеличивающее коэффициент трения. В данном случае используются две меры, направленные на усиление эффекта ложной крутки: увеличение диаметра насадки *D* и повышение коэффициента трения;
- головка рогульки с рифлями для увеличения её захватывающей способности (рис. 1.28, в), что приводит к уменьшению проскальзывания и увеличению ложной крутки;
- насадка Rotafil (рис. 1.28, г) представляет собой металлическую или пластмассовую втулку с квадратным отверстием. Она крепится на головке рогульки. При вращении рогульки ровница в четырехграннике за один оборот четыре раза переходит из одного угла в другой. Таким образом, создаются условия, характерные для ложной крутки, когда на продукт, закреплённый по концам, действует крутящий момент. Это приспособление даёт снижение обрывности на ровничных машинах на 20÷30%, увеличение массы паковки на 6÷7%, снижение неровноты ровницы на 8÷10%;
- пластинка специальной формы, которая вставлена в головку рогульки (рис. 1.28, д). Ровница, поступая в головку, проходит через глазок пластинки, а затем в её боковое отверстие (глазок в пластинке и отверстие в головке рогульки расположены напротив друг друга) и направляется в полую ветвь. Такое устройство называется вьюрком ложной крутки. Вьюрок сообщает ровнице ложное кручение на участке между точкой касания ею пластинки и внутренним краем головки рогульки. Дальнейшее распространение витков ложной крутки от головки до переднего цилиндра задерживается в пункте перегиба ровницы о край головки рогульки;
- наиболее распространённым сегодня устройством является резиновая втулка с внутренними рёбрами для увеличения коэффициента трения (рис. 1.28, е). Такой тип насадок используется на ровничных машинах фирм Rieter, Zinser, Marzoli и Toyota. Между собой они отличаются профилем, высотой, количеством и формой рёбер на внутренней поверхности, которая соприкасается с ровницей (рис. 1.27, б). Выбор типа насадки зависит от линейной плотности ровницы, вида сырья и системы прядения.

Рассмотренные способы придания ровнице ложной крутки имеют свои положительные и отрицательные стороны. Положительным является то, что желаемый эффект можно получить довольно простым путем и без применения вращающихся элементов конструкции, отрица-

Витебский государственный технологический университет

тельным – непостоянство коэффициента трения. На металлических насадках за счёт шлифовки ровницей поверхности коэффициент трения постепенно уменьшается. На резиновых втулках благодаря оседанию на рабочей поверхности кольца жировоскового слоя, содержащегося на волокне, также уменьшается коэффициент трения.

Кроме того, при использовании фрикционных материалов затрудняется продольное продвижение ровницы, что может явиться дополнительной причиной скрытых вытяжек, неровноты и обрывности.

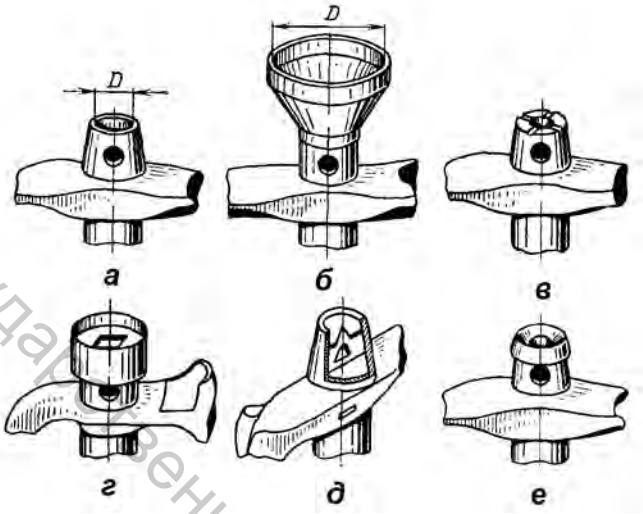


Рисунок 1.28 – Распространители крутки

В зависимости от типа распространителя крутки на участке от выпускного цилиндра вытяжного прибора до рогульки крутка увеличивается в 1,5÷2,5 раза, а прочность ровницы – в 4÷25 раз.

На ровницу, находящуюся между вытяжным прибором и рогулькой, накладываются витки, количество которых составляет 40÷70% от расчётного, и только часть из них является витками действительной крутки. При установке распространителей крутки общее число кручений $К_{общ}$ на участке между передним цилиндром и рогулькой представляет собой алгебраическую сумму количества витков, возникающих под воздействием следующих источников крутки:

– действительная крутка $К_д$, получаемая от веретена;

– ложная крутка $К_л$, получаемая ровницей при перекатывании ею по поверхности распространителя крутки;

– ложная пространственная крутка $К_{пр}$, возникающая от пространственного вхождения продукта на поверхность (эффект ложного кручения возникает при вхождении ровницы на выпуклую поверхность, когда продукт приобретает форму пространственной кривой) (рис. 1.29). При входе в канал головки ровница перегибается о внутренний край ее в точке *a,* затем, прижимаясь к стенке бокового отверстия, выходит из него и снова перегибается в точке *b,* принадлежащей наружному краю отверстия. Так как ровница легко деформируется, то она при-

Витебский государственный технологический университет

обретает форму пространственной кривой, совпадающей с профилем того участка поверхности головки, которой она касается на участке от точки *a* до *b*;

– крутка сгона $\boldsymbol{K_{сг}}$, накапливание витков при прохождении через препятствие.

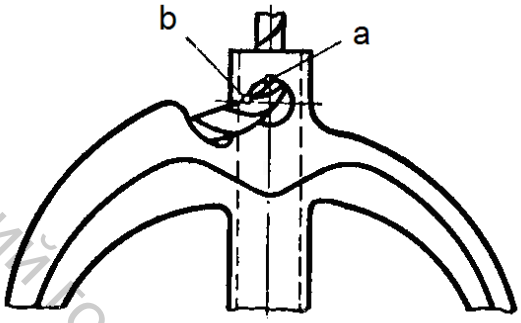


Рисунок 1.29 – Движение ровницы в рогульке

Если витки ложной крутки $\boldsymbol{K_{л}}$ и витки $\boldsymbol{K_{сг}}$, появляющиеся в результате явления сгона, всегда совпадают по знаку с действительной круткой $\boldsymbol{K_{д}}$, то витки, возникающие от пространственного вхождения продукта на поверхность $\boldsymbol{K_{пр}}$, могут иметь различное направление в зависимости от способа проводки продукта через рогульку.

Поэтому в общем виде можно записать:

$$K_{об} = K_{Д} + K_{Л} \pm K_{ПР} + K_{СГ}\,. \qquad (1.13)$$

При плоском вхождении продукта на поверхность $\boldsymbol{K_{пр}}$=0. Если продукт проходит через деталь, не образуя угла перегиба, то не будет и явления сгона и $\boldsymbol{K_{сг}}$=0.

1.4.4 Лапка рогульки

Стальная прижимная лапка шарнирно прикреплена к нижнему концу полой ветви рогульки и служит для направления ровницы при наматывании. При заправке ровница обвивает лапку рогульки 2 или 3 раза (рис. 1.30). Количество витков определяет натяжение ровницы. Чем больше число таких витков, тем выше плотность намотки. Однако следует учитывать, что чрезмерное превышение натяжение в этой зоне ведет к возникновению ложной вытяжки и обрывам ровницы. Количество витков зависит от вида сырья и величины крутки. При заправке ровницы вокруг лапки на 2 витка, она огибает край полой ветви рогульки (рис. 1.30, б) под углом, близким к 45°. В результате этого ровница испытывает значительное сопротивление в точке выхода из полой ветви, при этом затрудняется распространение крутки на участок ровницы, расположенный внутри полой ветви. При заправке ровницы на один виток угол обхвата увеличивается до 120° (рис. 1.30, а), что уменьшает трение ровницы о край полой ветви и способствует лучшему распространению крутки внутри неё.

Витебский государственный технологический университет

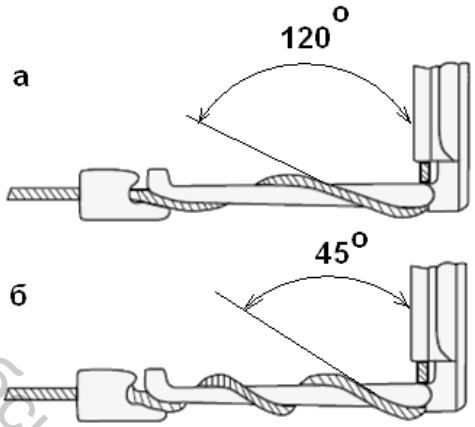


Рисунок 1.30 – Способы заправки ровницы через лапку рогульки

Крутка участка ровницы, расположенного внутри полой ветви рогульки, значительно увеличивается за счет уменьшения крутки участка, расположенного на лапке. В результате этого крутка готовой ровницы не меняется, а прочность участка ровницы, расположенного в полой ветви, увеличивается в 2,5–3 раза, обрывность ровницы снижается до 50%. Также при этом повышается равномерность ровницы и плотность её намотки на катушку, что приводит к увеличению массы ровницы на катушке до 6%. Всё это обусловливает повышение производительности машины и улучшение качества ровницы и вырабатываемой из неё пряжи.

Иногда для получения одинаковой плотности намотки на обоих рядах катушек ровницу заднего ряда заправляют на ¼ оборота вокруг головки рогульки, а переднего ряда на ¾ оборота или на переднем ряду обвивают ровницу вокруг лапки на один виток больше, чем ровницу на заднем ряду. При такой заправке выравнивается плотность намотки, но неровнота по линейной плотности может даже вырасти. Различие в условиях кручения для ровницы переднего и заднего рядов уменьшается за счёт применения распространителей крутки.

1.5 Датчики контроля натяжения

Все современные ровничные машины опционально могут быть оснащены датчиками контроля натяжения ровницы, выходящей из вытяжного прибора. На величину натяжения влияет целый ряд факторов, среди которых: крутка ровницы, частота вращения рогулек, вид применяемого распространителя крутки, заправка ровницы через головку рогульки и её лапку, вытяжка между рогулькой и вытяжным прибором. При падении натяжения ровницы снижается плотность намотки, ухудшаются условия её транспортировки, а также возрастает обрывность.

Оптический датчик постоянно контролирует колебания движения ровницы при выходе её из вытяжного прибора. Если он обнаруживает, что средняя величина колебаний превышает заданное значение, то происходит перенастройка частоты вращения рогулек. Обычно оптические датчики натяжения устанавливают для ровницы, поступающей в первые три рогульки переднего ряда. Этого достаточно, так как все выпуски работают при одинаковых скоростных параметрах. Если же натяжение

Витебский государственный технологический университет

ровницы на одном выпуске значительно отличается от остальных, то это свидетельствует о каком-либо дефекте конструкции, либо о неправильной заправке. Данные с трёх датчиков усредняются, после чего сигнал подается на обработку микропроцессором.

На ровничных машинах фирмы Toyota применяемый CCD оптический датчик обеспечивает контроль натяжения ровницы с точностью до 0,1 мм. Компьютер сохраняет выбранные настройки для каждого ассортимента ровницы в соответствии с видом сырья, скоростью выпуска и другими параметрами и устанавливает их автоматически при запуске в производство аналогичного продукта. На рисунке 1.31 представлена система регулировки натяжения, применяемая на ровничных машинах фирмы Zinser, а на рисунке 1.32 – оптический датчик фирмы Marzoli.

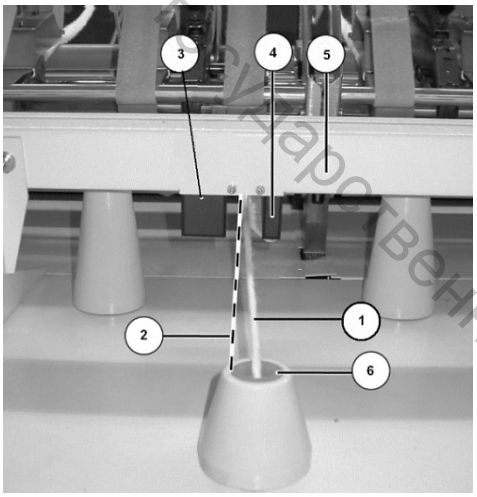


Рисунок 1.31 – Система контроля натяжения (Zinser)

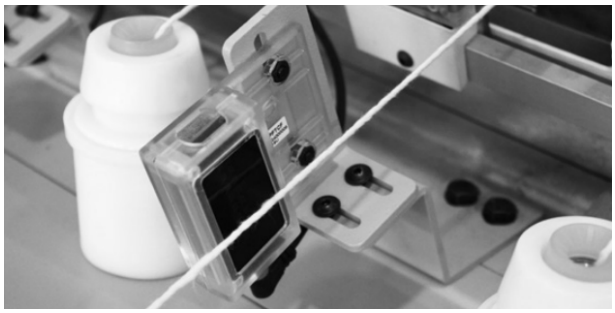


Рисунок 1.32 – Система контроля натяжения ровницы (Marzoli)

Оптические датчики *3* непрерывно регистрируют положение ровницы *1* на участке от вытяжного прибора до вьюрка *6*. Данные о положении ровницы передаются в систему управления машины, на основании чего рассчитывается её необходимое натяжение. Кроме этого, система управления сравнивает установленную заданную величину натяжения с действительным значением. Если распознаётся отклонение *2* положения ровницы, система управления машины корректирует частоту вращения рогулек таким образом, чтобы натяжение ровницы соответствовало заданному значению. Направляющие пластины *4* снижают колебание ровницы. Датчики и направляющие пластины закреплены на профильной пластине *5*. Недостатком всех подобных оптических систем контроля является то, что по отклонению ровницы от среднего положения они могут фиксировать только падение натяжения, но не его превышение, что также значительно влияет на обрывность и другие параметры формирования продукта.

Витебский государственный технологический университет

1.6 Датчики контроля обрыва ровницы

При формировании катушек с ровницей их частота вращения и скорость подъёма каретки постепенно уменьшаются при увеличении их диаметра в соответствии с условиями наматывания. При обрыве одной ровницы, если машина продолжит работать, диаметр намотки остальных катушек увеличится. Если через какое-то время попытаться заправить это рабочее место, то ровница вновь разорвётся, так как частота вращения катушек уже не будет соответствовать меньшему, чем на остальных катушках, диаметру намотки. Вот почему при обрыве хотя бы одной ровницы машина должна быть сразу остановлена.

Это может быть достигнуто двумя способами.

С помощью светового барьера. В этом случае световой луч направлен от одного торца машины к другому и проходит через головки рогулек. При возникновении обрыва, оборванный конец ровницы будет вращаться вокруг головки рогульки, значительно при этом увеличивая её видимый диаметр. При этом световой луч прерывается, а электрический сигнал останавливает машину. Недостатком таких устройств являются остановы, вызванные прохождением волокнистого пуха в зоне светового барьера. Такие остановы уменьшают производительность машины и ухудшают условия формирования катушки. Для уменьшения их негативного влияния зона рогулек должна периодически очищаться пневмоочистителем от возникающего пуха.

Например, китайская компания Tianjin Hongda Textile Machinery Co. разработала пухосборник, который движется над рогулечным столом, осуществляя его пневмоочистку (рис. 1.33). При вращении рогулек образуется большое количество пуха, который раздувается по машине, оседает на рабочих органах или прикручивается к ровнице. Это приводит к уменьшению интервала между чистками машины, снижению КПВ, увеличивает трудозатраты персонала. Задача пухообдувателя – выдувание пуха, который попадает в вытяжной прибор с рогулечного стола, к всасывающему каналу. Система обдува создает лёгкий поток воздуха и поддерживает в чистоте зону входа ровницы в рогульки.

Мощность двигателя воздуходувной системы зависит от длины машины, а вентилятор всасывает окружающий воздух через фильтровальную сетку. Камера, в которой собирается пух, находится в торце машины и периодически очищается вручную. Применение пневмоочистки вытяжного прибора позволило высвободить примерно 10% рабочего времени ровничницы.

Другим решением, используемым многими компаниями, является применение пухообдувателей, которые движутся по рельсу над ровничной машиной (рис. 1.34). Они представляют собой одну или две гибкие трубы большого диаметра.

Витебский государственный технологический университет

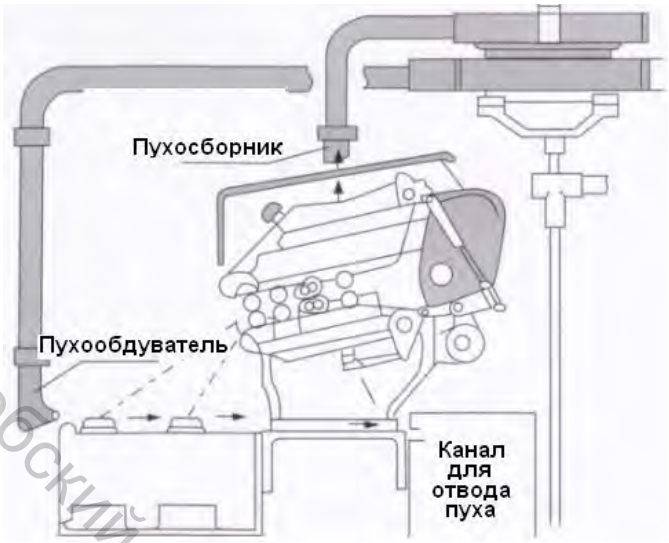


Рисунок 1.33 – Система пневмоочистки фирмы Tianjin Hongda Textile Machinery Co.

Рисунок 1.34 – Передвижной пухообдуватель

Из одной трубы отходит большое количество обдувающих трубок разного диаметра, каждая из которых обдувает свой участок машины. Воздух нагнетается в них мощным вентилятором. Поток воздуха, создаваемый вентилятором, направляется струями на открытые части машины. Пух при этом сдувается на пол и засасывается потоком воздуха из второй трубы. Также пух с пола может быть отсосан с помощью щелевых напольных вентиляторов в пыльный подвал или периодически чиститься вручную.

Современные ровничные машины оснащены индивидуальными датчиками контроля *1* обрыва ровницы, выходящей из вытяжного прибора, на каждом рабочем месте (рис. 1.35).

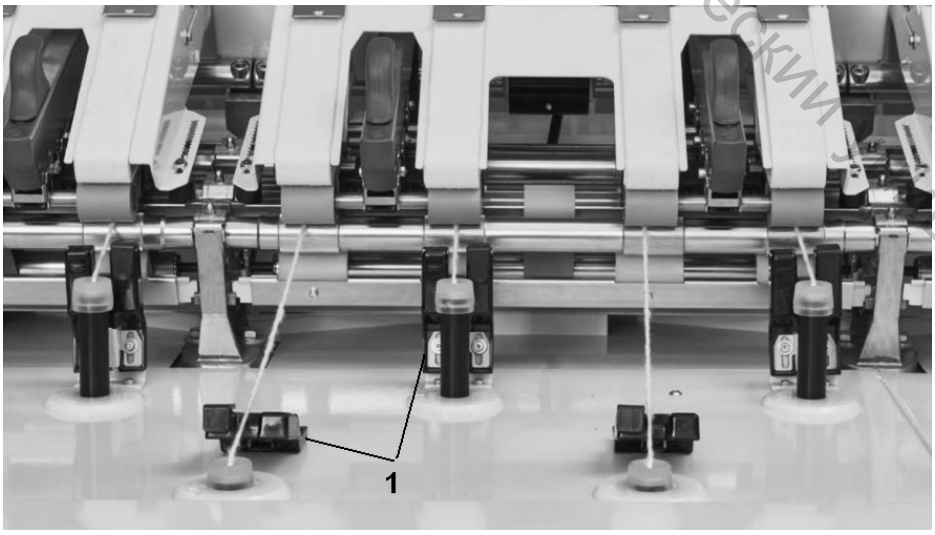


Рисунок 1.35 – Индивидуальные датчики контроля обрыва ровницы на машинах фирмы Rieter

Витебский государственный технологический университет

Эти оптические датчики обеспечивают немедленную остановку машины в случае обрыва ровницы. Индивидуальные датчики контроля обрыва позволяют отследить проблемные выпуски на машине; они фиксируют любые неисправности в работе, в том числе неисправные рогульки с повышенной вибрацией или обрывы питающей ленты. Это особенно важно при переработке химических волокон, их смесей, волокон, окрашенных в тёмные цвета, а также для длинных машин с большим количеством выпусков, где датчик светового барьера не всегда может зафиксировать обрыв.

Преимуществом таких датчиков является отсутствие остановов машины из-за прохождения пуха через световой барьер.

1.7 Частота вращения рогулек и факторы, на нее влияющие

Частота вращения рогулек является основным фактором повышения производительности ровничной машины, поэтому её необходимо устанавливать максимально допустимой. Основные условия работы рогулек следующие:

- точная сбалансированность рогульки;
- совпадение осей катушки и рогульки;
- отсутствие биения при вращении;
- высокая износостойкость опор.

Основными факторами, ограничивающими частоту вращения веретен, являются натяжение ровницы, деформация и вибрация рогулек. При повышении частоты вращения рогулек увеличивается вибрация ровницы между передним цилиндром вытяжного прибора и рогулькой, а также центробежная сила, прижимающая ровницу к полой ветви и к лапке. При увеличении центробежной силы увеличивается сила прижатия лапки к катушке и сила, стремящаяся разорвать витки ровницы, намотанной на катушку. Поэтому чрезмерное повышение частоты вращения рогулек приводит к увеличению натяжения ровницы, а, следовательно, к увеличению обрывности и снижению её качества.

Рекомендуемая специалистами фирмы Toyota частота вращения рогулек в зависимости от вида перерабатываемого сырья представлена на рисунке 1.36.

Фирма Toyota разработала внутреннюю трубку из нержавеющей стали, которая вставляется в полую ветвь рогульки, что позволило уменьшить возникновение турбулентных воздушных потоков и образующегося пуха. Частота вращения рогульки выбирается компьютером автоматически при вводе данных о виде перерабатываемого сырья и длине волокна и автоматически регулируется для поддержания постоянной центробежной силы, действующей на ровницу при наматывании.

Витебский государственный технологический университет

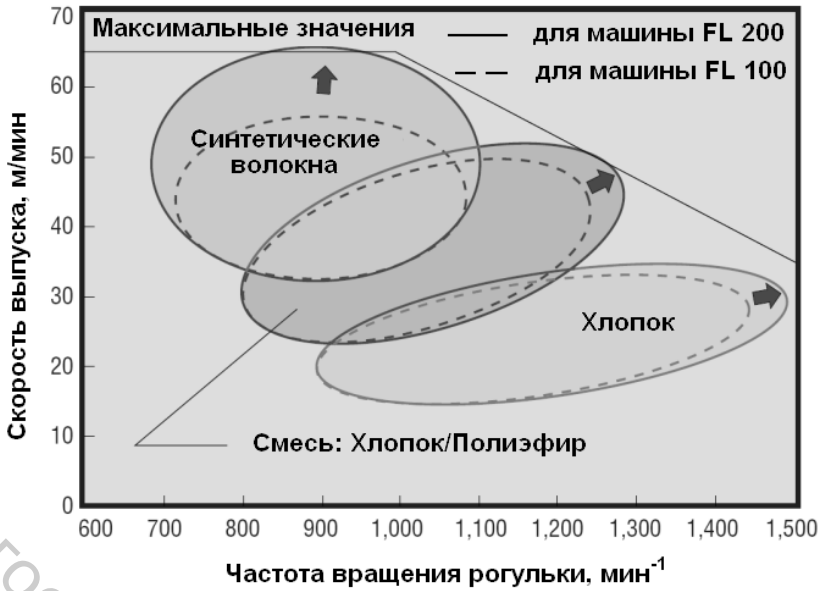


Рисунок 1.36 – Частота вращения рогулек в зависимости от вида сырья (рекомендации специалистов фирмы Toyota)

1.8 Наматывание ровницы на катушку

Наматывание ровницы на катушку осуществляется при опережающей катушке, то есть частота вращения катушки всегда больше частоты вращения рогульки. Назначение наматывания – получение плотной компактной паковки, необходимой для дальнейшей транспортировки и размещения катушки с ровницей на кольцевой прядильной машине. При этом на катушке должна быть намотана наибольшая длина ровницы, а при сматывании ровницы не должно быть слётов витков. Вся мычка, выпущенная передней выпускной парой и скрученная рогулькой, должна быть намотана на катушку. Катушка с ровницей очень удобна для питания кольцевой прядильной машины: полная катушка вмещает в себя большое количество ровницы благодаря своей компактности, а пустая – занимает небольшой объём, удобный для транспортировки и хранения. Намотка осуществляется на пластиковую паковку.

На ровничных машинах готовая паковка представляет собой цилиндр с двумя усечёнными конусами по концам, что достигается за счёт уменьшения амплитуды возвратно-поступательного движения катушек (рис. 1.37). Витки ровницы располагаются параллельно и вплотную друг к другу. Диаметр полной катушки зависит от раствора рогульки и меньше его на 3–5 мм. Величина конуса на катушке зависит от угла φ, который зависит от диаметра пустой катушки и вида перерабатываемого материала. На ровничных машинах фирмы Rieter он составляет от 80° до 95° (рис. 1.37), на машинах фирмы Zinser он составляет 64° для кардной ровницы, у которой коэффициент трения выше, и 60° – для гребенной ровницы с более низким коэффициентом трения.

Витебский государственный технологический университет

При слишком завышенном угле φ возможно сползание витков, при заниженном – объём ровницы на катушке уменьшается.

Диаметр пустой катушки выбирают с учётом диаметра катушечного вала, угла конуса и диаметра полной катушки. Чем меньше диаметр пустой катушки, тем больший объём ровницы она будет вмещать и тем выше будет КПВ машины. На ровничных машинах фирмы Marzoli диаметр пустой катушки уменьшен с 53,5 мм до 48 мм. На ровничных машинах производства СССР Р-192-5 при диаметре веретена 19 мм использовались катушки диаметром 41 мм.

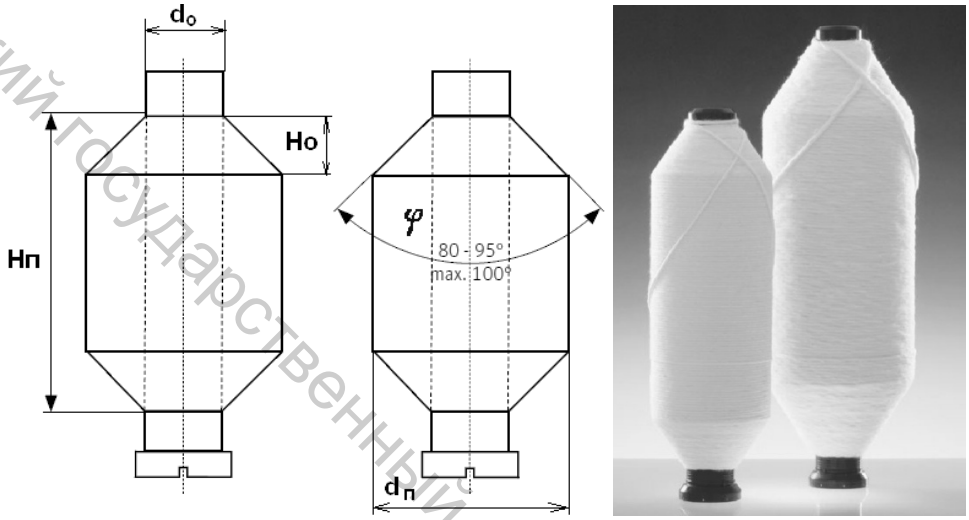


Рисунок 1.37 – Структура катушки с ровницей

Во время наматывания ровницы на катушку в первых слоях наблюдается сплющивание ровницы, которое происходит из-за натяжения ровницы и давления лапки при наматывании. По мере нарабатывания слоёв катушки сплющивание ровницы уменьшается, и последние слои ровницы на катушке имеют примерно круглую форму.

Объём ровницы на катушке (см^3) можно рассчитать по формуле

$$V = \frac{\pi}{12}\left[d_П^2(3H_П + 2h') - d_0^2(3H_П + 4h') + 2d_П d_0 h' \right], \quad (1.14)$$

где $H_П$ – полная высота катушки (намотки), см; h' – высота витка, см; d_0 – диаметр пустой катушки, см; $d_П$ – диаметр полной катушки, см.

Масса ровницы на катушке рассчитывается по формуле

$$G = V \cdot \gamma, \quad (1.15)$$

где γ – плотность наматывания ровницы на катушку, г/см^3.

Витебский государственный технологический университет

Рекомендуемая плотность намотки ровницы для различных линейных плотностей представлена в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Плотность намотки ровницы различной линейной плотности

Характеристика	Значение							
Линейная плотность ровницы, текс	1000	500	250	170	125	100	85	60
Плотность намотки, г/см^3	0,28	0,29	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42

Чтобы не происходило сильного вытягивания ровницы и её обрывов, натяжение ровницы должно быть значительно меньше её прочности. Для этого необходимо правильно выбрать соотношение скоростей выпускного цилиндра и катушки, а также число витков ровницы вокруг лапки рогульки. Исследования показали, что давление лапки на полную катушку в 1,5–2,5 раза меньше, чем на пустую. Число витков на 1 см высоты катушки и число слоёв на 1 см радиуса намотки рассчитываются по следующим формулам.

– число витков ровницы на 1 см высоты катушки:

$$S_y = \frac{31{,}62 \cdot B_y}{\sqrt{T_p}}, \qquad (1.16)$$

– число слоёв на 1 см радиуса намотки:

$$S_X = \frac{31{,}62 \cdot B_x}{\sqrt{T_p}}, \qquad (1.17)$$

где B_y и B_x – опытные коэффициенты.

При изменении линейной плотности ровницы от 200 до 1250 текс коэффициент B_y изменяется от 95,4 до 65,4, а B_x – от 455 до 436. Коэффициенты B_y, B_x не являются постоянными, они изменяются с изменением линейной плотности ровницы, плотности её намотки, увеличением крутки и натяжения ровницы. Этим объясняются расхождения в величинах.

Витебский государственный технологический университет

1.9 Основные условия наматывания

Для обеспечения правильного наматывания ровницы на катушку необходимо соблюдать следующие четыре условия.

Первое условие наматывания. Выпускаемая в единицу времени передним цилиндром ровница имеет длину $\pi d_Ц n_Ц e_0$. В эту же единицу времени ровница должна быть намотана на катушку. Для этого катушка должна иметь скорость $\pi d_H n_H$. По условию:

$$\pi \cdot d_ц \cdot n_ц \cdot e_0 = \pi \cdot d_H \cdot n_H , \qquad (1.18)$$

где $d_Ц$ и d_H – диаметры соответственно переднего (выпускного) цилиндра и наматываемого слоя, мм; $n_Ц$ и n_H – частота вращения соответственно цилиндра и катушки при наматывании слоя ровницы, мин$^{-1}$; e_0 – вытяжка между передним цилиндром и катушкой (1,01–1,03).

Наматывание ровницы на катушку происходит за счёт разности частоты вращения рогульки и катушки. При опережающей катушке:

$$n_H = n_к - n_p , \qquad (1.19)$$

где $n_к$ и n_p – частота вращения соответственно катушки и рогульки.

Решая совместно уравнения (1.18) и (1.19), получим:

$$\pi \cdot d_ц \cdot n_ц \cdot e_0 = \pi \cdot d_H (n_к - n_p) . \qquad (1.20)$$

Отсюда

$$n_к = n_p + \frac{\pi \cdot d_ц \cdot n_ц \cdot e_0}{\pi \cdot d_H} . \qquad (1.21)$$

Таким образом, *первое условие наматывания* гласит, что при наматывании каждого последующего слоя и увеличении диаметра намотки d_H частота вращения катушек n_K должна уменьшаться для того, чтобы скорость наматывания оставалась постоянной.

На машинах старых конструкций для изменения частоты вращения катушек применялся такой вариатор скорости, как конические барабанчики (рис. 1.38). Он представляет собой ведущий *1* и ведомый *2* барабанчики, по которым с помощью специального механизма перемещается приводной ремень *3*. За счет изменения диаметров ведущего и

Витебский государственный технологический университет

ведомого барабанчиков при перемещении ремня, изменяется и передаточное число в приводе к катушкам *4*.

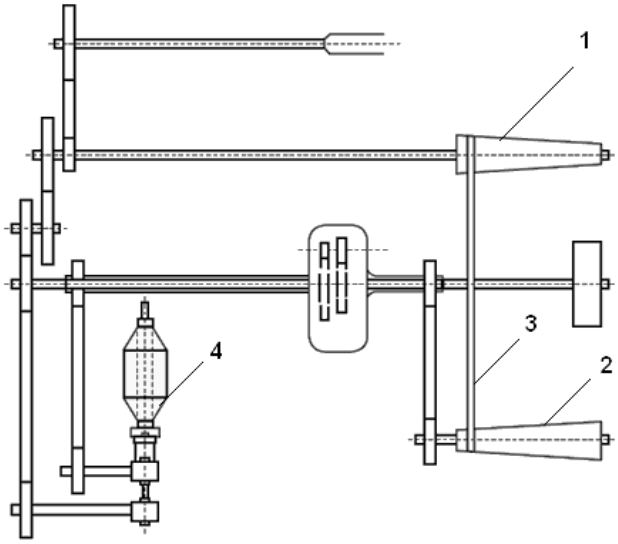


Рисунок 1.38 – Вариатор скорости – конические барабанчики

На современных ровничных машинах частота вращения катушек изменяется с помощью отдельного программируемого двигателя, приводящего в движение катушки.

Второе условие наматывания. При наматывании витки ровницы должны укладываться на катушку по вертикали вплотную друг к другу. Для этого верхняя каретка вместе с катушками движется в вертикальном направлении. Возвратно-поступательное движение каретки обеспечивает укладку витков ровницы с требуемой плотностью. Скорость верхней каретки:

$$V = h \cdot n_H, \tag{1.22}$$

где h – высота витка, мм.

Подставляя из формулы (1.18) выражение n_H, получим:

$$V = \frac{h \cdot \pi \cdot d_ц \cdot n_ц \cdot e_0}{\pi \cdot d_H}. \tag{1.23}$$

Однако при наматывании каждого последующего слоя ровницы длина витка становится больше. Для наматывания большей длины витка необходимо больше времени, а, следовательно, линейная скорость катушечной каретки должна уменьшаться. В противном случае витки ровницы последующих слоев будут впиваться в предыдущие, при этом

Витебский государственный технологический университет

ухудшится процесс формирования катушки с ровницей и возрастет обрывность.

Диаметр переднего цилиндра $d_Ц$, частота его вращения $n_ц$ и вытяжка e_0 постоянны при данной заправке машины.

Таким образом, *второе условие наматывания* гласит, что при наматывании каждого слоя скорость движения верхней каретки постоянна, а при переходе к наматыванию каждого нового слоя (с увеличением d_H) скорость движения каретки должна уменьшаться. При этом шаг витка h будет оставаться постоянным, а слои ровницы не будут впиваться друг в друга.

Для изменения скорости движения верхней каретки при переходе к наматыванию нового слоя на машинах старых конструкций также применялись конические барабанчики. На современных ровничных машинах для этого используется отдельный управляемый привод.

Третье условие наматывания. Для образования конусов каретка, а вместе с ней и катушки должны двигаться с переменным размахом. Размах по мере наработки съёма должен уменьшаться на определенную величину, но так, чтобы шаг витков оставался постоянным.

Размах каретки – высота цилиндрической части намотки ровницы на катушке при диаметре намотки d_H (рис. 1.37):

$$H = H_П - 2H_0, \tag{1.24}$$

где $H_П$ – высота полной катушки; H_0 – высота конуса паковки.

$$H_0 = \frac{d_H - d_0}{2tg\frac{\varphi}{2}}, \tag{1.25}$$

где d_0 – диаметр пустой катушки.

Подставляя выражение H_0 в уравнение (1.24), получим:

$$H = H_П - \frac{(d_H - d_0)}{tg\frac{\varphi}{2}}. \tag{1.26}$$

Диаметр пустой катушки d_0, угол φ, размах каретки при намотке первого слоя $H_П$ являются величинами постоянными. Следовательно, размах каретки (высота слоя) будет изменяться с изменением диаметра намотки d_H.

Витебский государственный технологический университет

Третье условие наматывания гласит, что с увеличением диаметра намотки d_H высота слоя намотки должна уменьшаться для образования конусов.

Четвертое условие наматывания. Для образования слоя при наматывании ровницы на катушку катушечная каретка должна двигаться вверх и вниз для раскладки ровницы по высоте, то есть иметь возвратно-поступательное движение. Это движение верхней каретки обеспечивается механизмом автоматического управления.

1.10 Дифференциальные механизмы

При увеличении диаметра намотки необходимо изменять частоту вращения катушек и скорость движения верхней каретки. На машинах некоторых конструкций для сообщения катушкам переменной частоты вращения применяются дифференциальные механизмы.

В общетехническом смысле дифференциальный механизм или дифференциал – это механизм, позволяющий получать результирующее движение как сумму или разность составляющих движений. Дифференциальные механизмы применяют, например, в коробках передач автомобиля или на металлорежущих станках. Так, дифференциал автомобиля обеспечивает вращение ведущих колёс с разными скоростями при прохождении кривых участков дороги.

В текстильной промышленности дифференциальные механизмы применяются на ленточных, ровничных и прядильных машинах.

Дифференциальный механизм предназначен для сложения двух частот вращения: первой (постоянной) $n_{г.в}$ – от главного вала и второй (переменной) $n_{к.б}$ – от конических барабанчиков. Суммарная частота вращения передается катушкам.

Каждый дифференциал имеет шестерни (первую и последнюю), которые располагаются на главном валу. Эти шестерни соединены передачей, оси шестерён которой не совпадают с главным валом и вращаются вокруг него. Такие шестерни называют сателлитами; деталь, поддерживающую оси сателлитов и вращающую их вокруг главного вала, называют водилом; передачу с применением сателлитов – планетарной передачей.

На ровничной машине применяются дифференциальные механизмы двух типов: с водилом, передающим движение катушкам; и с водилом, получающим движение от главного вала.

Частоту вращения звеньев дифференциального механизма любого типа подсчитывают по формуле Виллиса:

Витебский государственный технологический университет

$$\pm i = \frac{n_2 - n_{вод}}{n_1 - n_{вод}}, \qquad (1.27)$$

где i – передаточное число между первой и последней шестернями дифференциального механизма; n_2 – частота вращения последней шестерни дифференциала, мин$^{-1}$; $n_{вод}$ – частота вращения водила, мин$^{-1}$; n_1 – частота вращения первой шестерни дифференциала, мин$^{-1}$.

При вращении первой и последней шестерни в одном направлении при передаточном числе i берут знак плюс, при вращении в противоположных направлениях – знак минус.

На рисунке 1.39 представлен дифференциал с водилом, передающим движение катушкам. Шестерня z_1=32 зуб. является первой шестерней дифференциала; она жёстко посажена на втулке *2,* которая свободно вращается на главном валу *1.* На другом конце этой втулки имеется звездочка z =24 зуб., получающая движение от конических барабанчиков.

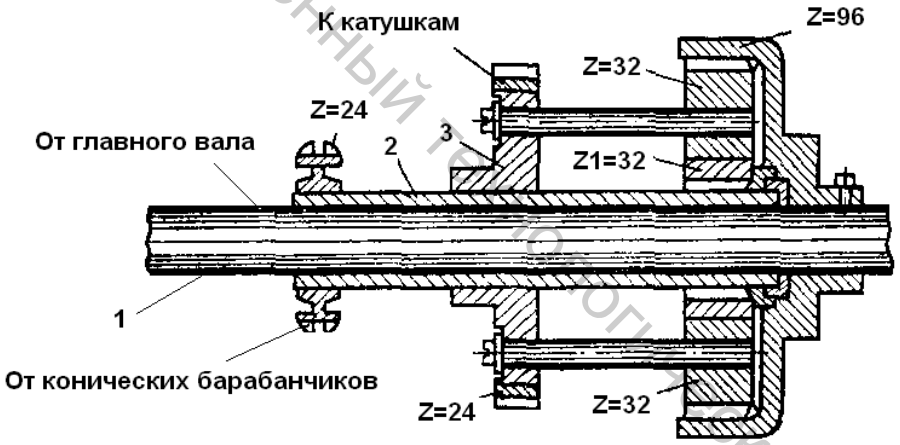


Рисунок 1.39 – Дифференциальный механизм с водилом, передающим движение катушкам

Шестерня z=96 зуб. с внутренним зацеплением является последней шестерней дифференциала и жёстко посажена на главном валу. Водило *3* представляет собой звездочку z=24 зуб., которая свободно вращается на втулке *2* и передает суммарное движение катушкам.

В водиле *3* закреплены два симметрично расположенных шпинделя, на которых сидят шестерни z=32 зуб., находящиеся в зацеплении с первой шестерней z_1=32 зуб. и с последней шестерней z=96 зуб. дифференциала.

Витебский государственный технологический университет

Частоту вращения водила *3* определяем путем разложения движения на составляющие. Передаточное число дифференциала:

$$i = -\frac{32}{32} \cdot \frac{32}{96} = -\frac{1}{3}.$$

Передаточное число имеет знак минус, так как при остановленном водиле последняя шестерня z=96 зуб. дифференциала будет вращаться в сторону, обратную вращению первой шестерни z_1=32 зуб. Применяя формулу (1.27) и решая это уравнение относительно $n_{вод}$, получим:

$$n_{вод}(1-i) = n_2 - n_1 \cdot i\,,$$

или

$$n_{вод} = \frac{n_2}{1-i} - \frac{n_1 \cdot i}{1-i}.$$

Подставим числовое значение i=-1/3, тогда:

$$n_{вод} = \frac{3}{4} n_2 + \frac{1}{4} n_1.$$

Учитывая, что $n_{вод} = n_{КК}$, $n_2 = n_{Г.В.}$, $n_1 = n_{К.Б.}$, получим:

$$n_{КК} = \frac{3}{4} n_{Г.В.} + \frac{1}{4} n_{К.Б.}, \qquad (1.28)$$

где $n_{КК}$ – частота вращения, передаваемая катушкам, мин$^{-1}$; $n_{Г.В.}$ – частота вращения, получаемая от главного вала машины, мин$^{-1}$; $n_{К.Б.}$ – частота вращения, получаемая от конических барабанчиков, мин$^{-1}$.

Кроме дифференциалов, рассмотренных выше, на ровничных машинах используются дифференциалы других конструкций. Анализ работы дифференциальных механизмов показывает, что частота вращения шестерни, передающей суммарное вращение катушкам:

$$n_{КК} = \alpha \cdot n_{Г.В.} + (1-\alpha) n_{К.Б.}, \qquad (1.29)$$

где α – коэффициент, характеризующий конструкцию дифференциала.

Витебский государственный технологический университет

1.11 Кинематические схемы современных ровничных машин

Для обеспечения правильной формы намотки и выполнения условий наматывания ровничная машина должна иметь довольно сложную кинематическую схему. На машинах старых конструкций эти условия выполнялись, как правило, за счет довольно сложной механической системы управления. На современных ровничных машинах этот вопрос решен за счет применения системы независимых и управляемых приводов рабочих органов. Все компании-изготовители применяют примерно схожие кинематические схемы.

Рассмотрим кинематическую схему ровничной машины FT70 фирмы Marzoli (рис. 1.40).

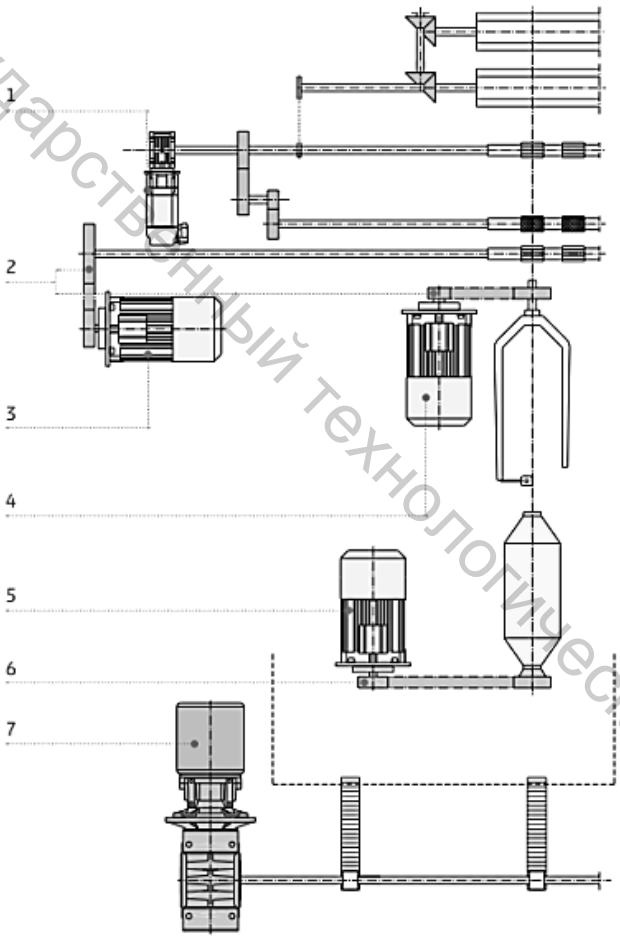


Рисунок 1.40 – Кинематическая схема ровничной машины FT70 фирмы Marzoli

Привод машины включает 5 управляемых индивидуальных электродвигателей:

- 1 для привода среднего и заднего цилиндров вытяжного прибора;
- 3 для привода переднего цилиндра вытяжного прибора;
- 4 для привода рогулек;

Витебский государственный технологический университет

- 5 для привода катушек;
- 7 для привода катушечной каретки.

Серводвигатель *1* позволяет изменять общую и частную вытяжки в вытяжном приборе без использования сменных элементов непосредственно с интерактивного дисплея. Управляемый двигатель *3* позволяет изменять общую вытяжку и крутку ровницы. Двигатели *4* и *5* согласованно меняют частоту вращения рогулек и катушек. Дифференциальный механизм в передаче к катушкам отсутствует. Двигатель *7* обеспечивает не только возвратно-поступательное движение катушечной каретки, но и уменьшает её размах в соответствии с заданной программой для создания необходимой конусности катушки. Скорость катушечной каретки устанавливается в соответствии с линейной плотностью ровницы и уменьшается с увеличением диаметра намотки. Плавное переключение направления движения каретки обеспечивается электромагнитными муфтами. Привод переднего цилиндра, рогулек и катушек осуществляется с помощью зубчатых ремней *2* и *6*, что исключает проскальзывание в передаче. Основные механизмы погружены в масляную ванну для уменьшения времени на техническое обслуживание.

Вытяжка устанавливается с интерактивного дисплея, что уменьшает простои при перезаправках и позволяет достигнуть высокой точности. На ровничных машинах с большим количеством веретён фирма предлагает установку вспомогательного электродвигателя в приводе вытяжного прибора для снижения вибрации вытяжных цилиндров.

Все двигатели объединены в общую систему, управляемую компьютером. Такая система управления обеспечивает синхронизированную работу машины на всем протяжении наработки съема.

В системе управления ровничных машин фирмы Rieter может сохраняться 20 режимов работы, что удобно при частой смене ассортимента ровницы.

Особенностью кинематических схем некоторых моделей ровничных машин Rieter (рис. 1.41) является использование дифференциала *5* для сложения постоянной частоты вращения от двигателя *1* и переменной частоты вращения от двигателя *3* для изменения частоты вращения катушки с увеличением диаметра наматывания.

Приводы с электронным управлением намного проще и точнее, чем механические версии, и имеют следующие преимущества:

- упрощение эксплуатации и повышение надежности системы;
- простая и быстрая смена партии благодаря использованию архива для хранения 10÷20 наборов параметров настройки. Эти параметры могут быть перенесены на другие машины при выработке аналогичной ровницы;
- механические регулировки с использованием сменных шестерён и шкивов заменены настройкой с интерактивного дисплея;

Витебский государственный технологический университет

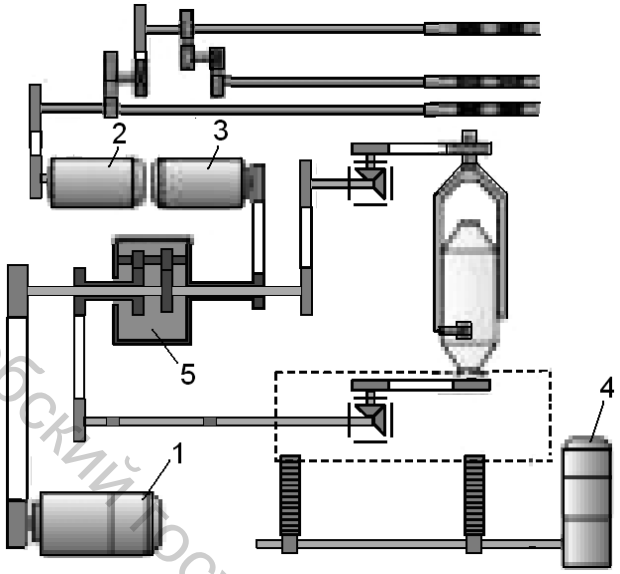


Рисунок 1.41 – Кинематическая схема ровничной машины F33 фирмы Rieter:
1 – двигатель для привода рогулек, 2 – привод цилиндров вытяжного прибора, 3 – двигатель, сообщающий переменную скорость катушкам, 4 – привод катушечной каретки

- оператор работает в экранном меню и в любой момент может получить всю важную информацию;
- снижается потребление энергии и уровень шума;
- увеличивается коэффициент использования машины;
- снижается металлоёмкость оборудования;
- уменьшается время на техническое обслуживание;
- уменьшаются потери в передачах.

На ровничных машинах фирмы Zinser (рис. 1.42) привод катушек осуществляется при помощи двигателей *1*.

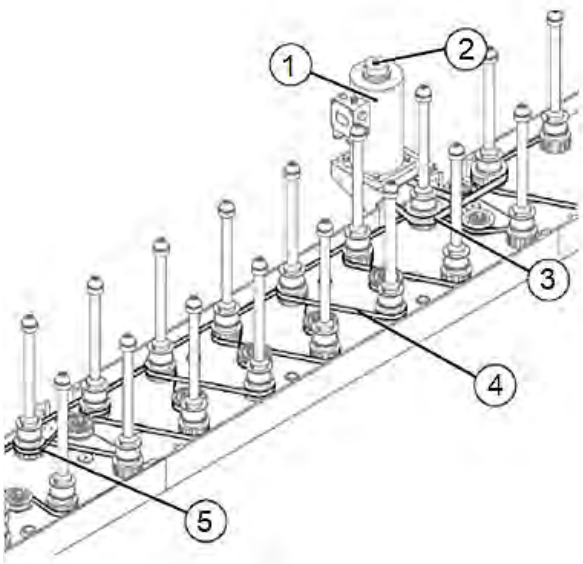


Рисунок 1.42 – Привод катушек на ровничных машинах фирмы Zinser

Каждый двигатель при помощи зубчатого ремня двигателя *3* и зубчатых ремней привода катушек *4* приводит в движение 24 катушки. Отдельные приводы катушек соединены друг с другом зубчатыми ремнями *5*.

На двигателе привода катушек *1* расположен датчик приращений *2* для регистрации их частоты вращения. В зависимости от частоты вращения двигателя *1* датчик *2* создаёт электрические импульсы, анализируемые преобразователем частоты для регулирования частоты вращения катушек.

Витебский государственный технологический университет

На ровничных машинах FT60 фирмы Marzoli применяется один двигатель на 32 рогульки и один на 32 катушечных вала, а на машинах модели FT70 – один на 24 рогульки и один на 24 катушечных вала. Это позволяет снизить динамическую нагрузку на исполнительные механизмы.

На рисунке 1.43 представлен привод рогулек на ровничных машинах фирмы Zinser с помощью зубчатых ремней. На рогулечном столе *7* расположены рогульки *6* и их приводы *1*.

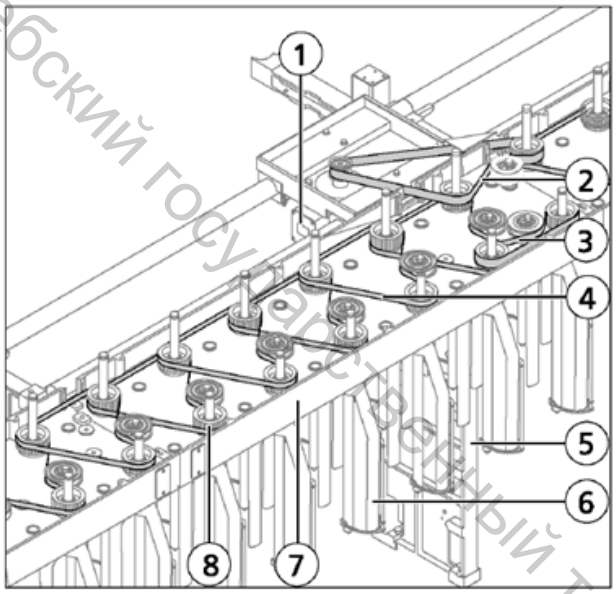


Рисунок 1.43 – Привод рогулек на ровничных машинах фирмы Zinser

Рогулечный стол состоит из сегментов, прикрепленных к опоре вытяжного прибора и промежуточным стойкам *5*. Двигатели привода рогулек *1* установлены на обратной стороне стола. Каждый двигатель при помощи зубчатого ремня двигателя *2*, зубчатых ремней рогулек *3* и *4* и колес зубчатого ремня *8* приводит в движение 24 рогульки. Отдельные приводы рогулек соединены друг с другом. На двигателе привода рогулек *1* находится датчик приращений, который определяет частоту вращения рогулек.

Частоту вращения рогулек необходимо регулировать для выравнивания натяжения ровницы во время всего цикла наматывания. На ровничных машинах фирм Zinser и Tianjin Hongda при помощи программы автоматического управления частота вращения рогулек бесступенчато снижается с $n_{нач}$ до $n_{кон}$ при увеличении диаметра намотки с $d_н$ до d_{max} (рис. 1.44).

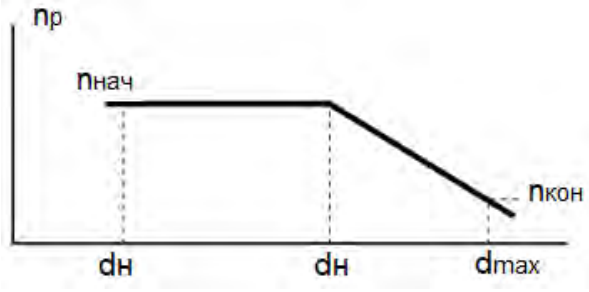


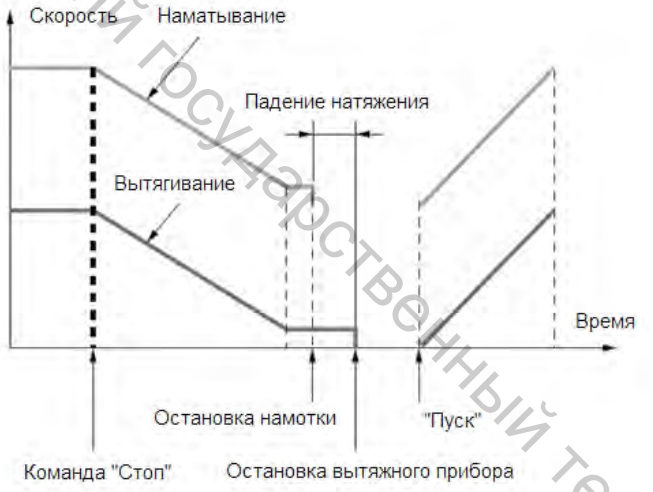
Рисунок 1.44 – График изменения частоты вращения рогулек на машинах фирмы Zinser

Преимущество такого управления состоит в том, что наработку можно начинать с более высокой начальной частоты вращения, а, следовательно, при большей производительности. При увеличении диаметра катушки (если частота вращения рогулек постоянна) постепенно увеличивается

Витебский государственный технологический университет

натяжение ровницы при наматывании, что может привести к обрывам. Без такого автоматического управления машину следовало бы сначала запускать с наименьшей частотой вращения рогулек, соответствующей диаметру полной намотки, что снизило бы производительность. При использовании данной системы снижение частоты вращения рогулек на машинах фирмы Zinser допускается не более чем на 200 мин$^{-1}$.

На ровничных машинах фирмы Tianjin Hongda снижение частоты вращения рогулек осуществляется с 1500 мин$^{-1}$ до 900 мин$^{-1}$. Постепенное снижение частоты вращения желательно начинать с середины намотки катушки.



а

б

Рисунок 1.45 – Изменение натяжения ровницы при регулировании частоты вращения рогулек при остановке машины

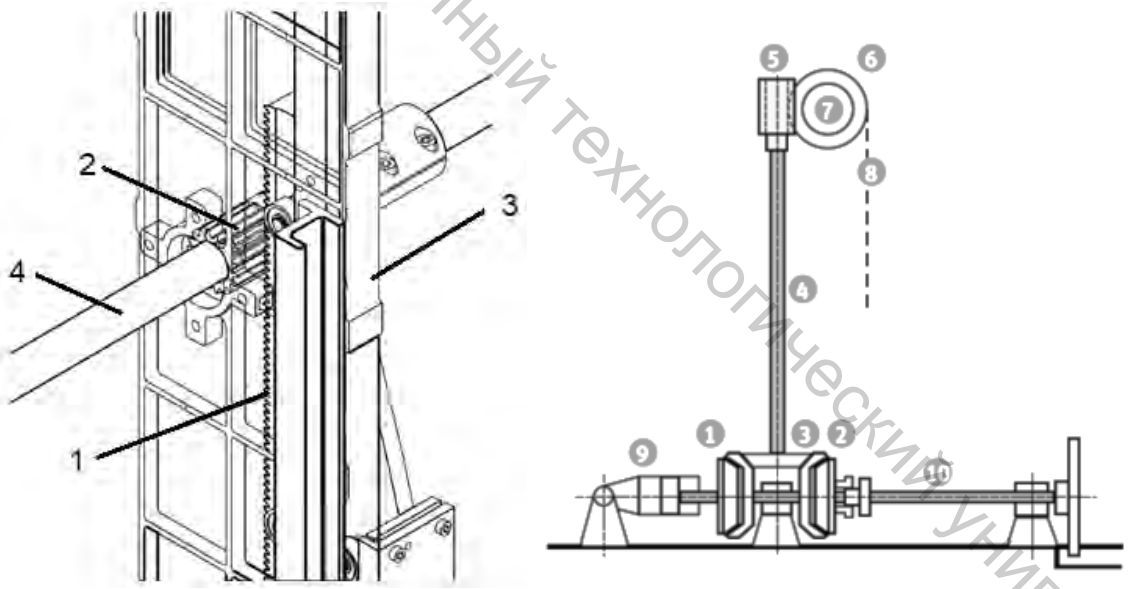
Фирма Toyota разработала механизм автоматического управления частотой вращения рогульки при останове машины. Такой останов может произойти вследствие обрыва или какой-либо технической причины. Механизм позволяет снизить случайную неровноту ровницы, вызванную ложной вытяжкой, возникающей из-за рывка натяжения при пуске машины. За счет применения независимых приводов рогульки, катушки и вытяжного прибора программа позволяет остановить движение цилиндров вытяжного прибора несколько позже, чем рогульку с катушкой (рис. 1.45, а). Возникает небольшое провисание ровницы в зоне рогулечного стола, которое компенсирует рывок натяжения при пуске (рис. 1.45, б).

При намотке каждого следующего витка ровницы точка наматывания должна смещаться вверх или вниз.

Витебский государственный технологический университет

Это может быть достигнуто только путем поднятия и опускания катушек, так как при перемещении рогулек натяжение ровницы изменялось бы в очень большом диапазоне. Для этого катушки располагаются в подвижной каретке, которая совершает возвратно-поступательное движение с определенной скоростью для обеспечения постоянного шага между витками намотки. Движением каретки управляет автоматический привод, который уменьшает скорость её возвратно-поступательного движения при увеличении диаметра намотки. Посредством системы управления машины также осуществляется уменьшение амплитуды движения катушечной каретки, благодаря чему достигается биконическая форма катушки.

Прямолинейное возвратно-поступательное движение каретки на машинах фирмы Zinser осуществляется с помощью реечной передачи (рис. 1.46, а). Зубчатая рейка *1*, прикрепленная к направляющим каретки *3*, приводится в движение реечной шестерней *2*. Шестерня *2* получает движение от вала *4*. Для обеспечения возвратно-поступательного движения направление вращения вала *4* и соответственно шестерни *2* должно периодически меняться на противоположное. Для этого применяется автоматически управляемый независимый привод.



а б

Рисунок 1.46 – Механизмы привода катушечной каретки фирм Zinser и Rieter

На ровничных машинах фирмы Rieter реверсивное движение катушечной каретки обеспечивается иначе (рис. 1.46, б). Электрический клапан попеременно создает давление в левой и правой камерах пневмоцилиндра *9*. Вследствие этого, левая муфта *1* и правая муфта *2* работают последовательно, так что шестерня *3* входит в зацепление либо с зубчатым колесом на муфте *1*, либо с зубчатым колесом на муфте *2*.

Витебский государственный технологический университет

Вращение шестерни получают от вала *10*, который всегда вращается в одном направлении. Таким образом, из-за переменной работы муфт *1* и *2*, шестерня *3* и вал *4* вращаются по часовой или против часовой стрелки. При этом катушечная каретка поднимается или опускается с помощью конической шестерни *5*, шестерни *6*, звездочки *7* и подъёмной цепи *8*.

1.12 Управление параметрами работы ровничных машин

Для управления технологическими параметрами работы оборудования прядильного производства на современных предприятиях необходим комплекс программ, обеспечивающих управление отдельными машинами, анализ лабораторных данных и решение возникших проблем технологическим отделом.

Современные программы, управляющие независимыми приводами рабочих органов, позволяют большинство технологических параметров работы ровничных машин устанавливать непосредственно с интерактивного дисплея. Это крутка ровницы, вытяжка в вытяжном приборе, частота вращения рогулек, заполнение катушек и многое другое.

Фирма Marzoli разработала две цифровые платформы YarNet и Marzoli Remote Maintenance, которые позволяют осуществлять автоматический контроль и управление всей прядильной фабрикой.

Платформа YarNet позволяет контролировать производственные данные в реальном времени, режим эксплуатации и состояние каждой машины (производительность, обрывность ровницы и т. д.).

Платформа Marzoli Remote Maintenance необходима для диагностики неисправностей, возникающих во время работы машины. Если система обнаруживает какие-либо параметры работы машины (температура, вибрация и т. д.), которые находятся за пределами рабочих диапазонов, то она выдает предупреждение до того, как ситуация может стать критической.

В программном обеспечении ровничных машин FL100 и FL200 фирмы Toyota предусмотрена интеллектуальная функция накопления оперативных данных о наработанных партиях ровницы. Это функция автоматически, на основе анализа собственной базы данных, подбирает необходимую частоту вращения рогулек и катушек, режим уменьшения частоты вращения катушек и другие оперативные данные в зависимости от состава смеси и линейной плотности ровницы. Такая функция минимизирует пробные наработки для настройки технологических параметров работы машины при смене партии ровницы. Таким образом, автоматически подбирается необходимое натяжение ровницы и оптимальная структура намотки катушки. База данных постоянно автоматически обновляется на основе фактических производственных данных.

Витебский государственный технологический университет

Также программное обеспечение ровничной машины модели FL200 позволяет остановить машину при наработке любой требуемой длины ровницы или положении катушечной каретки. Повторное включение начнется с этого же положения каретки. За счёт этой функции значительно снижается количество отходов на ровничном переходе. В таблице 1.9 представлены данные о количестве ровничного лома с двух моделей ровничных машин фирмы Toyota.

Таблица 1.9 – Количество ровничного лома на машинах фирмы Toyota

Модель машины	Количество отходов, %	
	для кардной пряжи 29 текс	для гребенной пряжи 15 текс
FL200	0,068	0,056
FL16	1,35	1,34

На интерактивном дисплее среди прочего отображается следующая оперативная информация:

- частота вращения рогульки (подбирается автоматически);
- график изменения частоты вращения рогулек и катушек;
- текущая операция;
- объём произведённой ровницы по сменам;
- КПВ для каждой смены;
- история работы и неполадок за последние 24 часа;
- время до окончания наработки катушки и др.

Система мониторинга TMS фирмы Toyota позволяет производить корректировку и управление производственными данными прямо из офиса с использованием компьютера или телефона с мобильным приложением. Доступное электронное устройство может быть использовано для получения доступа к различным видам информации, например, к отчётам о сменах; позволяет напрямую просматривать дисплеи всех подключенных машин для точной оценки их эксплуатации. Имеющиеся настройки могут быть переданы на другую машину без использования карт памяти при смене вырабатываемого ассортимента ровницы.

На рисунке 1.47 представлено меню ровничной машины Zinser.

Меню программы управления позволяет оператору проанализировать имевшие место ошибки на машине. Оператор может затребовать у программы и причину ошибки, и рекомендации по ее устранению. При этом можно выбрать экранную индикацию всех ошибок или только ошибок отдельных зон машины.

Витебский государственный технологический университет

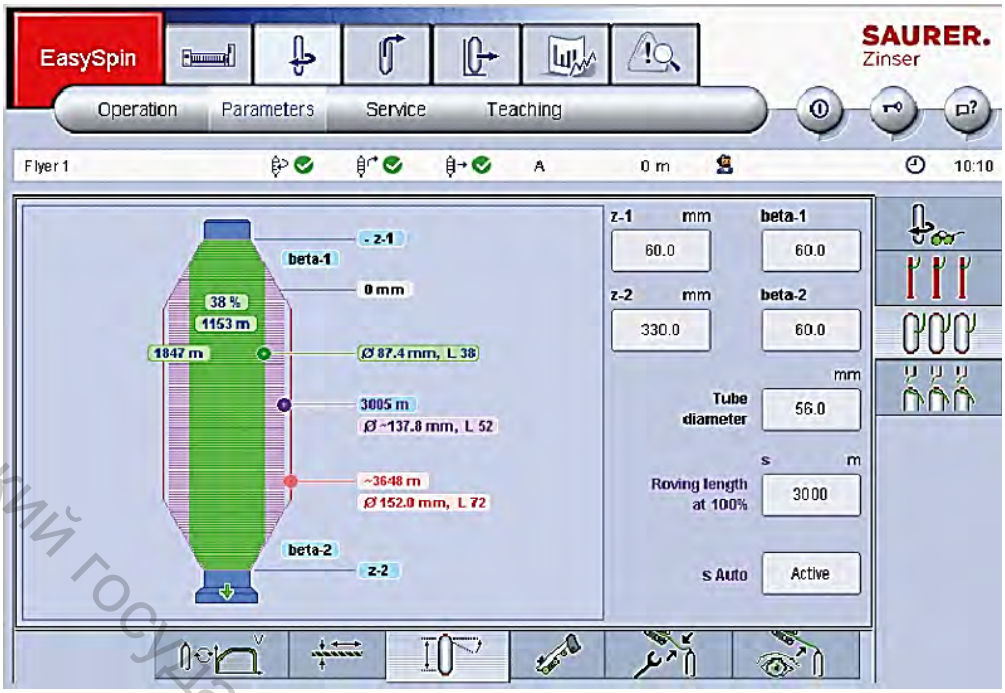


Рисунок 1.47 – Экранное меню ровничной машины фирмы Zinser

1.13 Съём ровничных катушек и заправка машины

Производители ровничных машин, как правило, выпускают их в двух вариантах комплектации:

- с автоматической заправкой и ручным съёмом;
- с автоматической заправкой и автоматическим съёмом.

Это связано с рядом факторов, среди которых: возможность сопряжения ровничных и прядильных машин, объёмы производства, уровень заработной платы на предприятии. При наличии автоматического съёма ровницы уменьшается количество операторов, обслуживающих машину, и транспортировщиков, поэтому их применяют в странах с высоким уровнем заработной платы.

Автоматический съём катушек стал возможен после внедрения верхнего привода рогулек и устранения веретена, используемого ранее для их привода. Это позволило свободно выводить каретку с катушечными валами из зоны формирования для облегчения процесса съёма.

Автоматическая заправка машины стала возможной после внедрения очень простого изобретения. На пустые катушки наклеивается узкая полоска специальной ткани (рис. 1.48) с высокой захватывающей способностью (типа ленты от липучки).

В режиме «Заправка» рогульки с выступающими из нее кончиками ровницы (5–8 см) начинают вращаться вокруг неподвижных катушек. Вытяжной прибор при этом остановлен. За счет действия центро-

Витебский государственный технологический университет

бежных сил и высокого коэффициента трения между тканью и ровницей последняя прилипает к заправочной ленте.

Рисунок 1.48 – Катушка с заправочной лентой

В результате за несколько секунд происходит заправка машины. После этого машина включается, происходит подмот нескольких слоёв ровницы на ленту, а затем включается обычный режим работы ровничной машины. Заправочную ленту на катушке необходимо очищать либо вручную, либо специальными чистителями для обеспечения 100%-й заправки машины.

На полуавтоматических машинах фирм Rieter и Marzoli после наработки съёма катушечная каретка поворачивается под углом по направлению к оператору для облегчения процесса ручного съёма катушек (рис. 1.49).

Оператор снимает полные катушки и укладывает их в тележку, заменяет их пустыми, которые находятся на транспортере или же в тележке. После этого катушечная каретка возвращается в исходное положение, и работа машины возобновляется.

Рисунок 1.49 – Ручной съём ровничных катушек на машине фирмы Rieter

При полностью автоматической смене катушек достигаются следующие преимущества:

Витебский государственный технологический университет

- качество намотки на 100% сохраняется при автоматической транспортировке, так как она не подвергается никаким внешним воздействиям и касаниям обслуживающего персонала;
- отсутствует промежуточное хранение, которое может привести к повреждению намотки;
- отсутствует загрязнение и старение ровницы;
- устраняется вероятность перепутывания катушек с разной ровницей;
- уменьшается количество обслуживающего персонала.

Существуют две системы автоматической смены катушек. В первой автосъёмник интегрирован в ровничную машину, во второй – располагается отдельно.

Рассмотрим работу интегрированного автосъёмника на ровничной машине RO-WE-MAT 670 фирмы Zinser. Для машины со 120 веретёнами съём занимает около 5 минут. Сюда входит включение процесса съёма и автоматический пуск машины. Полные катушки с ровницей после съёма накапливаются в машине, при этом процесс производства немедленно возобновляется. После начала наработки нового съёма полные катушки автоматически меняются на пустые и устанавливаются на подвесной транспортёр.

Процесс съёма состоит из следующих этапов:

- ровничная машина автоматически останавливается после намотки на катушку ровницы заданной длины;
- катушечная каретка с полными катушками движется вниз. При этом ровница обрывается у лапки рогульки (рис 1.50, а);
- встроенные шинные сегменты *1* закрываются, образуя направляющую (рельс) для подачи пустых катушек, рогульки поворачиваются на 90°;
- в машину по рельсу *2* подаются подвесные держатели с пустыми катушками, расположенными через одну с пустыми держателями (рис. 1.50, б). Пустые держатели останавливаются непосредственно над наработанными катушками;
- катушечная каретка движется вверх, полные катушки фиксируются на подвесных держателях *3* (рис. 1.50, в);
- каретка опускается, освобождаются катушечные валы;
- держатели *3* перемещаются на полшага, пустые катушки оказываются над катушечными валами;
- каретка движется вверх, пустые катушки насаживаются на катушечные валы;
- каретка опускается в позицию заправки так, чтобы заправочная лента на катушке (рис. 1.48) располагалась напротив лапки рогульки, полные катушки на подвесном транспортёре уезжают из зоны съёма, шинные сегменты *1* открываются;

Витебский государственный технологический университет

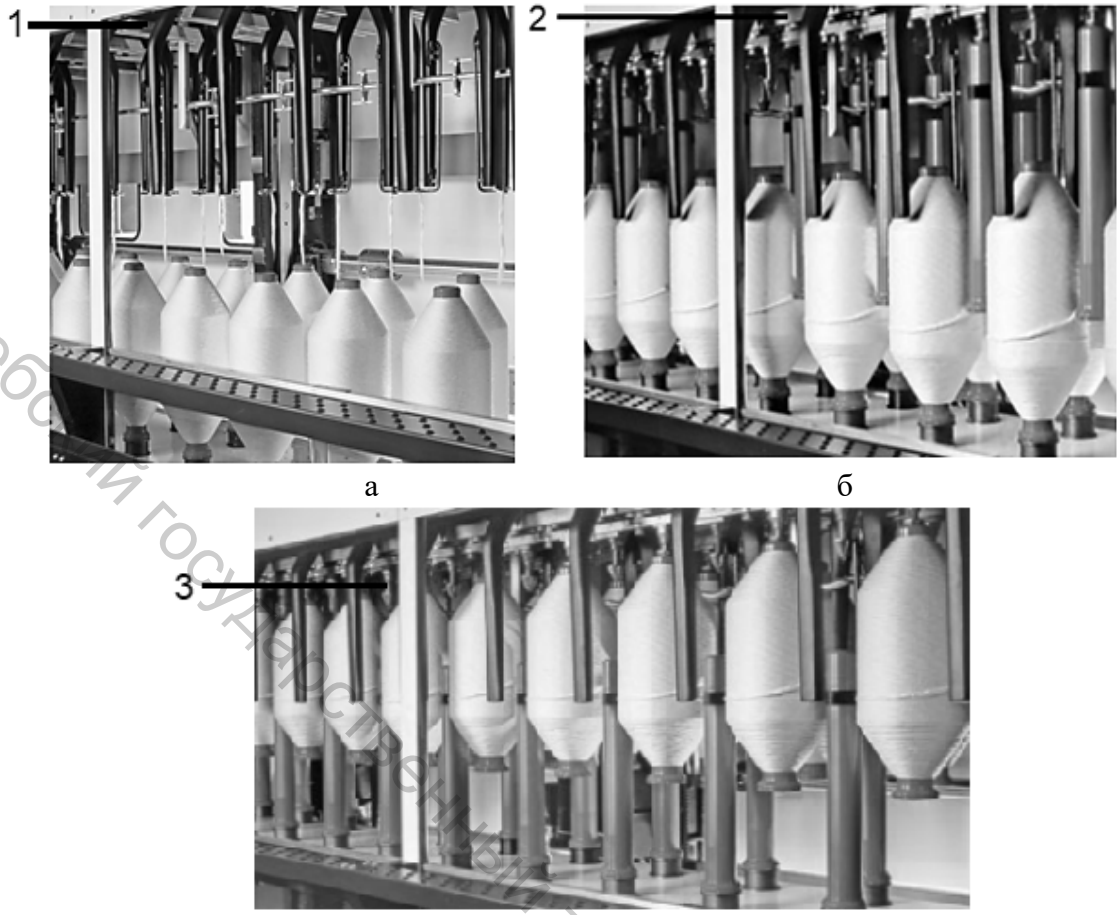


Рисунок 1.50 – Автоматический съём катушек с ровницей на машине RO-WE-MAT 670 фирмы Zinser

• рогульки начинают вращаться, свисающий из рогульки кончик ровницы прикручивается к заправочной ленте. После подмота на заправочную ленту начинается наработка нового съёма.

На последних моделях ровничных машин всё чаще применяются автосъёмники, не интегрированные в машину. В борьбе за повышение КПВ и производительности такие устройства позволяют производить полную замену катушек с ровницей и пуск машины ещё быстрее. Так, автосъёмник фирмы Rieter позволяет произвести полную перезаправку машины всего за 1,5 минуты.

Особенно хорошо такие автосъёмники подходят для сопряжения ровничных машин с длинными кольцепрядильными машинами, поскольку все катушки одновременно выводятся за пределы ровничной машины. Так, количество веретён на машине F40 фирмы Rieter 252 хорошо подходит для сопряжения ровничной машины с длинными кольцевыми прядильными машинами с 1824 веретенами.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 1.51 – Насадка на катушечный вал фирмы Rieter

Специалисты фирмы Rieter также разработали насадку на катушечный вал специально разработанного профиля (рис. 1.51), которая обеспечивает четкое позиционирование пустой катушки во время проведения операции смены паковок и позволяет устранить проскальзывание катушки относительно вала.

Рассмотрим алгоритм смены катушек на примере ровничных машин фирмы Rieter (рис. 1.52).

1 – Машина останавливается, катушечная каретка опускается. В зависимости от того, в каком месте при этом располагается катушка, произойдет разрыв ровницы. Для автоматической смены паковок и упрощения заправки прядильной машины наиболее удобным является разрыв ровницы внизу катушки. Это достигается автоматически с помощью программы управления съёмом. После остановки машины катушечная каретка выдвигается в направлении стрелки *1*, и в это же время под каретку устанавливается подножка.

2 – Опорная балка с пустыми катушками на ленточном конвейере опускается между полными катушками с ровницей в направлении стрелки *2*. При этом полные катушки фиксируются на держателях (заняты все держатели катушек).

3 – Опорная балка поднимается вверх и снимает полные катушки с катушечных валов.

4 – Ленточный конвейер делает движение на полшага вперед. Теперь пустые катушки расположены над катушечными валами. После этого опорная балка вновь опускается в направлении стрелки, и пустые катушки фиксируются на катушечных валах.

5 – Опорная балка с ленточным конвейером поднимается вверх вместе с катушками с ровницей. После этого катушечная каретка задвигается обратно в машину в направлении стрелки. Подножка опускается.

6 – Катушечная каретка поднимается к рогулькам в зону заправки. Полные катушки отправляются на станцию смены катушек. Заправка и пуск машины происходят аналогично ранее описанному способу.

Витебский государственный технологический университет

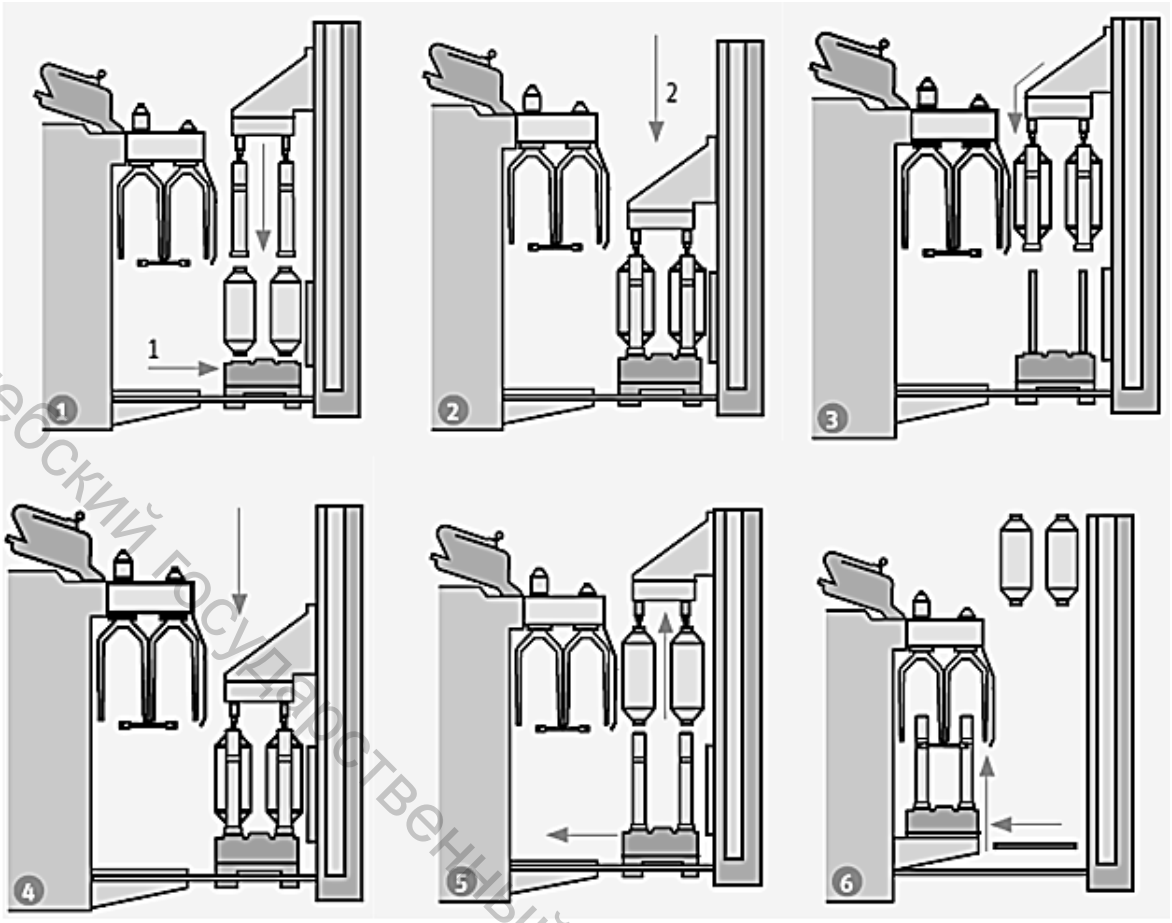


Рисунок 1.52 – Автоматический съём катушек с ровницей на ровничных машинах F40 фирмы Rieter

Аналогичные съёмники применяют фирмы Marzoli, Toyota, Zinser. Применение данного типа автосъёмников особенно оправдывает себя в плане повышения КПВ машины при наработке ровницы большой линейной плотности и частой смене катушек.

После операции смены паковок транспортер перемещает полные катушки к станции, где они автоматически меняются на пустые, поступающие от кольцевых прядильных машин (рис. 1.53).

Робот поднимает полные катушки, устанавливает их на подвесной транспортёр и снимает с него пустые катушки, вернувшиеся с кольцепрядильных машин. Смена одной катушки занимает менее 15 секунд. Перед сменой паковок специальный чиститель производит очистку заправочной ленты на пустых катушках. Это гарантирует надежный захват кончика ровницы лентой при перезаправке.

Фирма Rieter в зависимости от длины машины может быть оборудована тремя станциями смены паковок, что увеличивает скорость перезаправки. Станция очистки заправочной ленты также может располагаться отдельно, при этом очистку проходят все пустые катушки, которые возвращаются от прядильных машин.

Витебский государственный технологический университет

После смены катушки с ровницей системой транспортировки автоматически доставляются по замкнутому контуру к прядильным машинам (рис. 1.53).

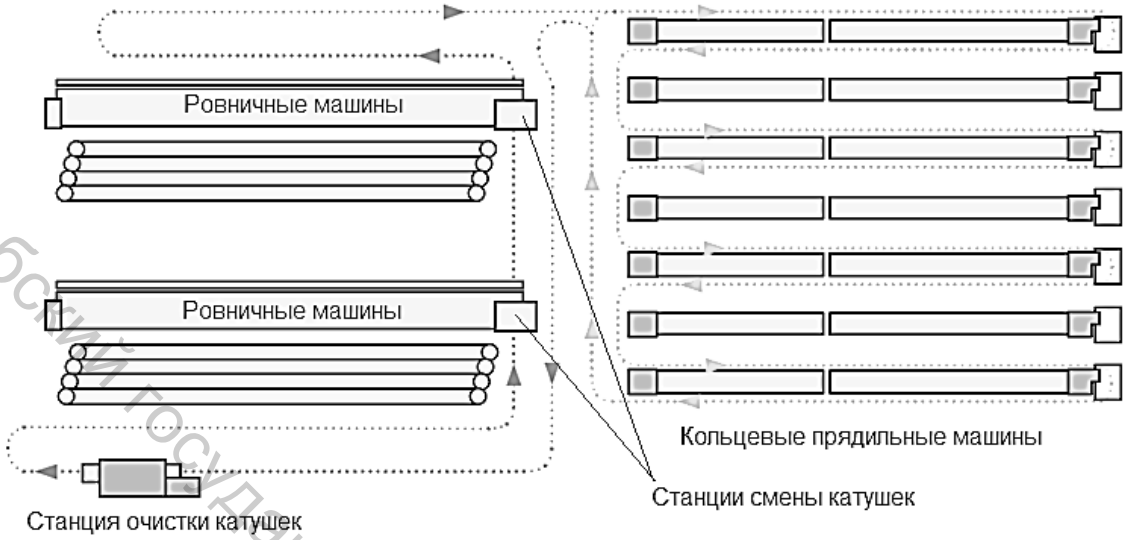


Рисунок 1.53 – Автоматическая транспортировка катушек с ровницей

Например, система транспортировки катушек Cim Track 4 фирмы Zinser образует контур вокруг прядильных машин с полными и пустыми катушками из 4 рядов ленточных подвесных транспортеров. Все ряды на шпулярнике кольцепрядильной машины выполнены в виде рельсов для транспортировки из высокопрочного алюминия. При этом с трех рядов производится прядение, а на четвёртом – накопление катушек. Когда в одном ряду материал расходуется, он автоматически поступает с другого. Прядильщица только укладывает конец ровницы на находящийся в машине конец ровницы. Нажатием кнопки на кольцепрядильной машине подвеска с пустой катушкой возвращается назад и запрашивается полная катушка. После этого пустая катушка движется в позицию очистки. После очистки она ожидает в позиции накопления подвешивания полной катушки. Центр управления отправляет подвеску с полной катушкой к кольцепрядильной машине.

Аналогичным образом работают системы транспортировки MTR (Marzoli Random Creeling), FlexFlow (Rieter), Schönenberger, Electro-Jet и других компаний.

На пустой катушке остаётся несколько рядов с витками ровницы на заправочной ленте. Перед возвращением на ровничную машину их необходимо снять. Этот вид отходов образует ровничный лом. Снятие его с катушек происходит пневматически на станциях очистки. Специальная трубка воздухом захватывает кончик ровницы и засасывает её в бункер при вращении катушки. Время очистки около 10 секунд.

Витебский государственный технологический университет

Например, очистители фирмы Tianjin Hongda Textile Machinery позволяют одновременно разматывать остатки ровницы с 3 или восьми катушек при скорости 600 мин$^{-1}$. Размотчик двигается с амплитудой 488 мм. Ровничный лом автоматически опорожняется из бункера. При транспортировке ровничного лома в бункер по пневмопроводу он воздухом разрыхляется на отдельные клочки, и поэтому может повторно вводиться в смесь без предварительной подготовки на щипальных машинах или каких-либо разрыхлителях.

Такие автоматизированные транспортные системы имеют ряд преимуществ:

• экономия производственной площади;

• сохранение высокого качества ровницы и намотки;

• экономия трудозатрат до 25% по сравнению с ручной транспортировкой катушек за счёт сокращения физических усилий, сокращения расстояния, которое проходит обслуживающий персонал, улучшения доступа к машинам и улучшения эргономики;

• автоматическая очистка катушек выполняется быстрее, качественнее, а также сокращает количество обслуживающего персонала.

1.14 Обрывность, скрытые вытяжки и причины их возникновения

В борьбе с неровнотой пряжи значительное место занимают мероприятия по устранению условий возникновения скрытых вытяжек в полуфабрикатах прядильного производства. Незакономерные бесконтрольные смещения отдельных участков полуфабрикатов могут происходить на всех переходах прядильного производства.

Наиболее вероятны они у продуктов малой толщины и небольшой прочности, у которых отдельные волокна связаны между собой силами цепкости или незначительной круткой.

На ровничных машинах сравнительно тонкий продукт, укреплённый незначительной круткой, в процессе формирования ровницы, прохождения её через рогульку и наматывания на катушку претерпевает переменное и значительное по величине натяжение. Даже при хорошей наладке машины полностью устранить скрытые вытяжки на ровничных машинах не удается. В силу конструктивных особенностей, а также в процессе обслуживания машины создаются условия, вызывающие скрытые вытяжки и неровноту ровницы.

Например, каждый пуск машины, связанный с ликвидацией обрывов ровницы и снятием съёмов, приводит к утонению всех мычек, расположенных на выходе из вытяжного прибора, на 8–10%. Эти утоненные места в ровнице, пройдя вытяжной прибор прядильной машины и получив удлинение, кратное вытяжке, оказываются наиболее подвер-

Витебский государственный технологический университет

женными обрывам на прядильной машине. Устройства для устранения данного явления описаны в разделе 1.11.

Скрытая вытяжка, неровнота ровницы по толщине, прочности и другим показателям и обрывность на ровничных машинах вызывают обрывы на прядильной машине и снижают качество пряжи.

Следовательно, устранение этих недостатков в ровнице является существенным фактором снижения обрывности, улучшения качества пряжи и всех технико-экономических показателей работы прядильного производства.

Рассмотрим характеристику отдельных участков ровницы в зоне её формирования. Разделим всю длину ровницы от переднего цилиндра до катушки на четыре участка (рис. 1.54): первый участок – между вытяжным прибором и головкой рогульки; второй – в полой ветви рогульки; третий – ровница, расположенная в виде витков на лапке рогульки, и четвёртый – ровница между местом выхода из глазка лапки рогульки и катушкой. Эти участки ровницы отличаются между собой по длине, форме, которую они приобретают в зависимости от профиля огибаемых ими поверхностей, числу кручений, натяжению, прочности.

Длина данных участков зависит от раствора рогульки и диаметра намотки (табл. 1.10).

Запас прочности ровницы по участкам. Чтобы определить наиболее опасное место в ровнице от вытяжного прибора до катушки, необходимо установить запас прочности $K_{З.П.}$ ровницы по отдельным участкам.

$$K_{З.П.} = \frac{P}{C}, \qquad (1.30)$$

где P – прочность рассматриваемого участка; C – натяжение, испытываемое ровницей.

Для определений C необходимо знать фактическое число кручений, которое создаётся на отдельных участках продукта.

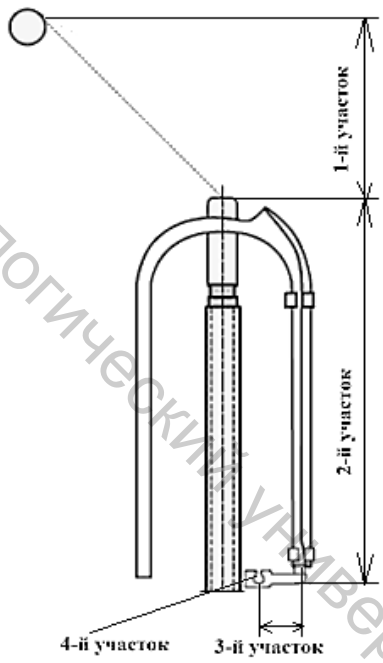


Рисунок 1.54 – Схема движения ровницы от вытяжного прибора до лапки рогульки

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.10 – Длина участков ровницы по ходу ее движения

Раствор рогульки, мм	Подъем каретки, мм	Длина ровницы, мм					
		между цилиндром и рогулькой		В полой ветви рогульки	на лапочке при её обвивании		Между местом схода ровницы с лапки и катушкой
		Передний ряд веретён	Задний ряд веретён		в два витка	в три витка	
157	305	380	2320	390	90	102	18
127	254	285	145	310	72	82	15
102	203	280	180	250	58	68	12

Для этого был рассчитан запас прочности на отдельных участках (рис. 1.56) ровницы линейной плотности 357 текс.

Запас прочности на 1-м участке $К_{З.П.1}=2,23$. Несмотря на то, что запас прочности имеет достаточную величину, обрывы на этом участке, а, следовательно, и скрытая вытяжка имеют место. Обрывы на этом участке обычно составляют 8–10% от общего числа обрывов ровницы. Объясняется это в первую очередь тем, что ровница имеет большую неровноту по прочности, которая составляет 40–60%. Вторая причина обрывов заключается в том, что между катушкой и передним цилиндром может возникать незакономерная ложная вытяжка, вызванная колебаниями натяжения, которая вызывает относительные, незакономерные смещения волокон и обрывы. Учитывая, что число обрывов на рассматриваемом участке довольно значительно, предусматриваются меры по его упрочнению за счёт ложной крутки. Различные приспособления для ложной крутки рассмотрены ранее.

Запас прочности на 2-м участке $К_{З.П.2}=1,47$. Незначительный запас прочности продукта, находящегося в полой ветви, свидетельствует о том, что здесь наиболее вероятно возникновение скрытых вытяжек. Это связано, кроме прочего, с тем, что на этом участке теряется часть ложной крутки, полученной на первом участке.

Запас прочности ровницы на 3-м участке достаточно велик. Ровница обвивает лапку в 1÷3 витка, в связи с чем её разрывное сопротивление значительно возрастает. Сущность этого явления состоит в том, что под действием реакции огибаемой поверхности ровница уплотняется, увеличивается нормальное давление между волокнами. При этом средняя кривизна изгиба волокон возрастает, что также сказывается на разрывном сопротивлении ровницы. Чем меньше радиус кривизны огибаемой поверхности, тем больше разрывное сопротивление. По данным исследований запас прочности на стержне лапки $К_{З.П3}$ достаточно большой и появление скрытой вытяжки и обрывов продукта маловероятно. Практически обрывы на лапке, по данным проф. А.Н. Ванчикова,

Витебский государственный технологический университет

составляют 0,3%, что можно объяснить неровнотой продукта и наличием слабых мест.

На 4-м участке происходит наибольшее количество обрывов, и оно обычно составляет 60% и более от общего числа обрывов на машине. Эти данные не согласуются с теми условиями, в которых находится ровница четвертого участка, так как запас прочности у неё очень большой. Запас прочности составляет $K_{З.П.4}$=12. Обрывов ровницы на участке между катушкой и лапкой не должно быть. На практике подавляющее большинство обрывов фиксируется именно в этом месте. Проходя через полую ветвь, отдельные места ровницы растаскиваются, утоняются или надрываются. Попадая затем на участок лапка-катушка, где натяжение продукта наибольшее, эти ослабленные места обрываются, и обрывы фиксируются как обрывы у лапки рогульки.

Следовательно, наиболее опасным для ровницы местом на участке от вытяжного прибора до катушки *является полая ветвь рогульки*, где ровница имеет наименьший запас прочности. Именно здесь происходит незакономерная или ложная вытяжка, которая приводит к неровноте ровницы и пряжи и является одной из причин обрывности на ровничных и прядильных машинах. Таким образом, чтобы улучшить качество ровницы и пряжи, снизить обрывность на ровничных и прядильных машинах, необходимо повысить прочность участка ровницы, расположенного в полой ветви.

Высокая обрывность на ровничных машинах снижает производительность и вызывает образование значительного количества рвани ровницы. Из-за больших потерь времени на присучивание снижается производительность труда, так как для ликвидации каждого обрыва машина останавливается.

Кроме того, обрывность ровницы связана с образованием пороков, которые влияют на обрывность продукта на следующих машинах. При высокой обрывности ровница растрепывается, а выделяющийся при этом пух оседает на рабочих органах машины и загрязняет их.

Все обрывы ровницы можно разделить на две группы – обрывы по технологическим и обрывы по другим причинам.

К первой группе относятся обрывы у тазов или в рамке, в вытяжном приборе, у веретён, при захлестывании; ко второй группе – обрывы при пуске машины, сходе ленты или ровницы и случайные.

Наибольшее число обрывов (75%) возникает по технологическим причинам, в том числе 60% обрывов у веретена из-за чрезмерного натяжения ровницы между передним цилиндром и катушкой.

Для предупреждения обрывности необходимо наладить все звенья механизма намотки, в который входят привод рогулек, катушек, катушечной каретки, дифференциальный механизм и механизм автоматического управления намоткой. Обрывность ровницы может увеличиваться

Витебский государственный технологический университет

при неправильной заправке её в рогульку, тогда натяжение её возрастает, образуются переслежины или ровница обрывается. Обрывность повышается и при плохом состоянии машины.

На величину обрывности влияет также разводка между цилиндрами вытяжного прибора, неисправности цилиндров (сработаны рифли, цилиндры бьют или забиты), состояние эластичных покрытий валиков. При своевременной чистке вытяжного прибора, удалении скоплений волокон с поверхности цилиндров и валиков обрывность уменьшается.

Важное значение для спокойной (без обрывов) работы ровничной машины имеет хорошая балансировка рогулек и катушек. Обрывность на ровничных машинах не должна превышать *4 обрыва на 100 вер./ч.*

1.15 Технический контроль в ровничном отделе

1. Контроль линейной плотности ровницы осуществляется ежедневно. С каждой ровничной машины с любых рабочих мест берут по две катушки: одну с переднего ряда веретён, другую с заднего ряда с наработкой не менее ¼ съёма. Если ровница вырабатывается только на одной машине, то с неё отбирают четыре катушки – по две с каждого ряда веретён. Если ровничных машин, заправленных ровницей одной линейной плотности, более 10, допускается отбирать катушки ровницы через машину. Число испытаний ровницы с одной катушки и общее число испытаний устанавливают в зависимости от общего числа ровничных машин, на которых вырабатывают ровницу одной линейной плотности и из одной сортировки.

2. При установившемся технологическом процессе ровницу с периодичностью 1 раз в неделю проверяют на неровноту по линейной плотности. Неровноту полуфабрикатов определяют по массе отрезков одинаковой длины; она характеризуется коэффициентом вариации. Для определения неровноты ровницы берут 100 отрезков длиной 10 м каждый. Для нарезания отрезков ровницы одинаковой длины используют автоматические мотовила. С ровничных машин отбирают по четыре катушки (две с переднего и две с заднего ряда веретен); с каждой катушки берут по 25 отрезков. Нормы неровноты ровницы на длинных отрезках приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Нормы коэффициента вариации полуфабрикатов

Длина отрезка, м	Коэффициент вариации % (не более), для полуфабрикатов сорта		
	I	II	III
10	2	2,5	3,1

Для сравнительной оценки полуфабрикатов в мировом масштабе определяют неровноту на коротких отрезках по массе единицы длины

Витебский государственный технологический университет

ровницы на приборах *Uster Tester*. Номограммы уровней качества ровницы по данному показателю в соответствии с бюллетенями *Uster Statistics 2013* представлены на рисунках 1.55 и 1.56.

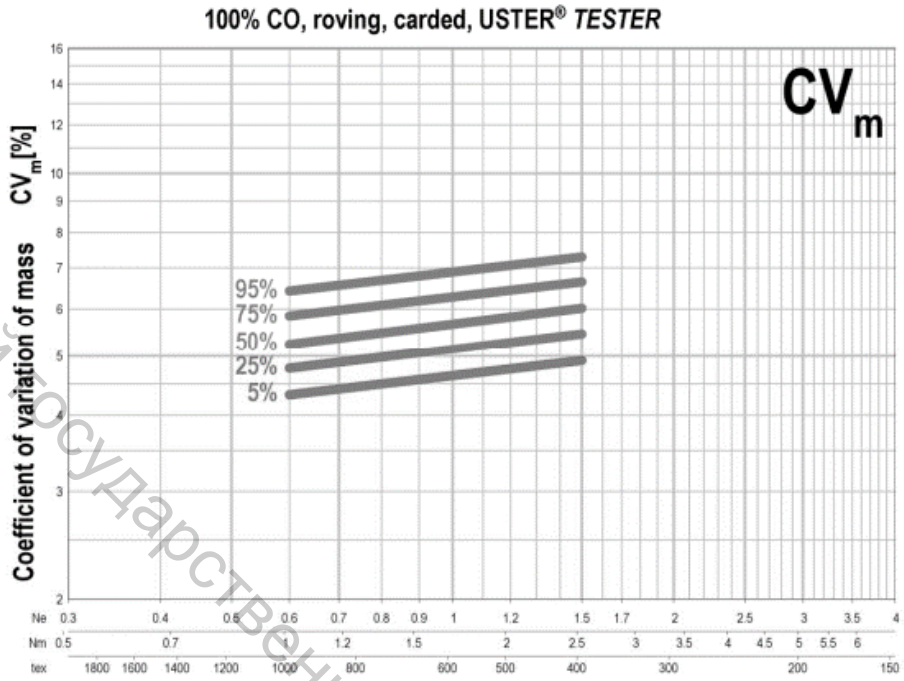


Рисунок 1.55 – Номограмма неровноты хлопчатобумажной кардной ровницы

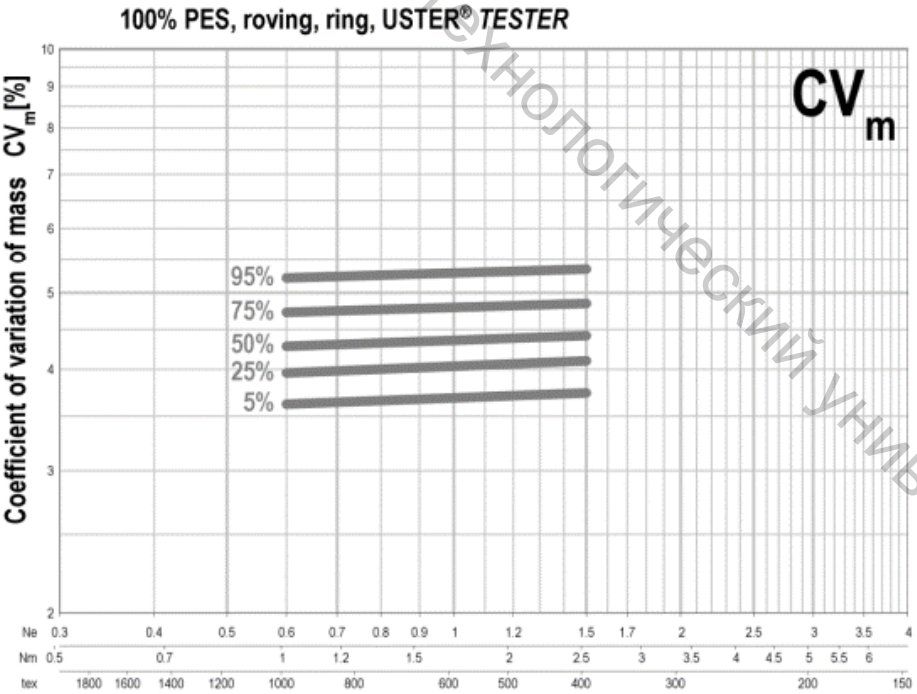


Рисунок 1.56 – Номограмма неровноты полиэфирной ровницы

3. Натяжение ровницы и соответственно уровень обрывности на каждой ровничной машине проверяют в начале и в конце наработки

Витебский государственный технологический университет

съёма не реже 1 раза в месяц, а также после ремонта или перезаправки машины. При слабом натяжении ровницы наблюдаются обрывы в вершине рогульки, при сильном натяжении – у лапки. О натяжении ровницы судят по показаниям соответствующих датчиков.

1.16 Пороки ровницы и отходы ровничного перехода

Пороки ровницы можно объединить в четыре группы: несоответствие линейной плотности заданной, повышенная неровнота, неправильная крутка ровницы и неправильная намотка ровницы на катушку.

Несоответствие линейной плотности вызывается или несоответствием линейной плотности ленты, поступающей на машину, или неправильно выбранной вытяжкой в вытяжном приборе.

Повышенная неровнота ровницы наблюдается при плохой наладке и состоянии вытяжного прибора (неправильной разводке, плохом состоянии эластичных покрытий валиков, биении цилиндров и валиков, неправильной установке частных вытяжек, недостаточной нагрузке); повышенной ложной вытяжке между передним цилиндром и катушками; неправильном присучивании на большой длине (образование местной неровноты ровницы); повышенной неровноте поступающей ленты.

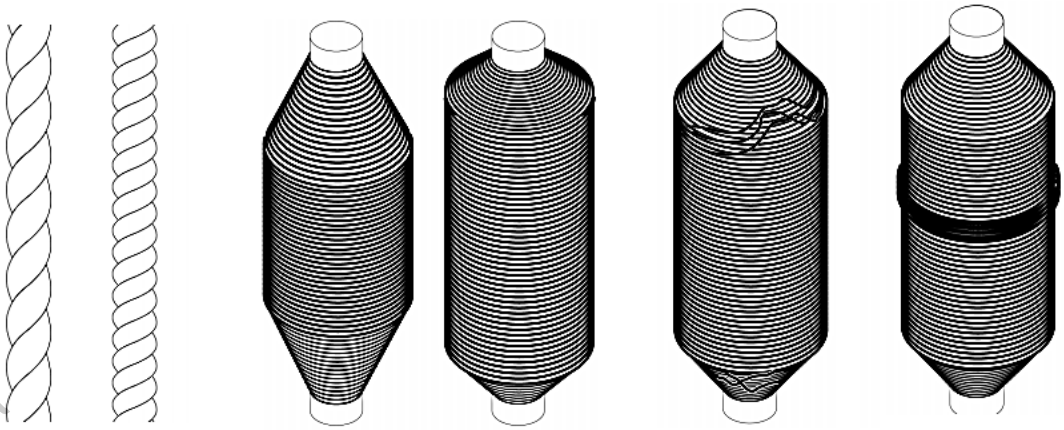
Неправильная крутка ровницы является следствием неправильно выбранного коэффициента крутки. Ровница может быть недокручена или перекручена (рис. 1.57, а). Также крутка может быть выбрана не в соответствии с типом волокна, его длиной или линейной плотностью ровницы. Переработка ровницы с неправильной круткой вызывает повышенную обрывность, невозможность вытягивания в вытяжном приборе и чаще всего просто невозможна.

Катушка со слишком острыми или тупыми конусами (рис. 1.57, б) получается при неправильно настроенных углах откоса в механизме автоматического управления намоткой. При слишком острых углах происходит снижение массы катушки с ровницей, что снижает КПВ машины и производительность, а при слишком тупых – происходит соскальзывание витков, что ухудшает структуру катушки.

Спадание витков ровницы (рис. 1.57, в) возникает при остановке катушечной каретки в момент переключения направления её движения или из-за дефектов лапки рогульки. Этот дефект приводит к повреждению катушек при транспортировке и ухудшает их разматывание на прядильной машине.

Бугры на катушке (рис. 1.57, г) появляются при останове или задержке катушечной каретки. Каретка может остановиться при нечётком переключении механизма управления или при её перекосе.

Витебский государственный технологический университет



а б в г

Рисунок 1.57 – Дефекты ровницы и структуры намотки

Рябые катушки нарабатываются тогда, когда катушечная каретка движется рывками из-за заедания её в направляющих.

При работе ровничной машины возникают обраты и отходы в виде рвани ленты и ровницы, пуха и подмети.

Рвань ленты и ровницы образуется при сматывании ленты или ровницы последних слоёв с катушки, при ликвидации обрывов на ровничной машине, а также рвань ровницы образуется при очистке заправочных лент на пустых катушках. Эти отходы представляют собой полноценное волокно, которое после разрыхления направляется в свою сортировку для повторной переработки.

Пух с чистителей вытяжных приборов и пух, собранный пухосборниками при чистке машины, – это короткое волокно.

Подметь собирают пухосборщики при автоматической чистке пола возле машины. Не допускается попадание в подметь полноценного волокна, клочков ленты и ровницы.

1.17 Пути повышения производительности ровничных машин

Производительность ровничной машины рассчитывается по следующей формуле:

$$P = \frac{n_B \cdot T_P \cdot 60 \cdot M \cdot КПВ}{K \cdot 10^6}, \qquad (1.31)$$

где n_B – частота вращения рогулек, мин$^{-1}$; T_P – линейная плотность ровницы, текс; M – количество рогулек на машине; K – крутка ровницы, кр./м; $КПВ$ – коэффициент полезного времени.

Витебский государственный технологический университет

На современных машинах частота вращения рогулек ограничена величиной 1500–1800 мин$^{-1}$ в первую очередь разрывной нагрузкой ровницы. Снижение крутки также вызывает повышение обрывности ровницы. Увеличение количества рогулек на машине даёт совсем небольшой прирост производительности с единицы площади, но при повышенной обрывности может привести даже к снижению производительности за счёт того, что при обрыве одной ровницы или ленты останавливается вся машина. Таким образом, резерв повышения производительности находится в КПВ, который необходимо повышать за счёт уменьшения времени основных и вспомогательных технологических операций, увеличения вместимости катушек и снижения обрывности.

Фирма Marzoli увеличила количество рогулек на машинах FT60 и FT70 соответственно до 240 и 192, что позволяет сэкономить производственные площади, затраты на электроэнергию, количество запасных и вспомогательных материалов.

Например, при замене старой машины с 144 рабочими местами и расстоянием между веретенами (РМВ) 130 мм на машину FT60 с 208 веретенами и РМВ 110 мм при неизменной длине машины (рис. 1.58) производительность увеличивается почти на 40%.

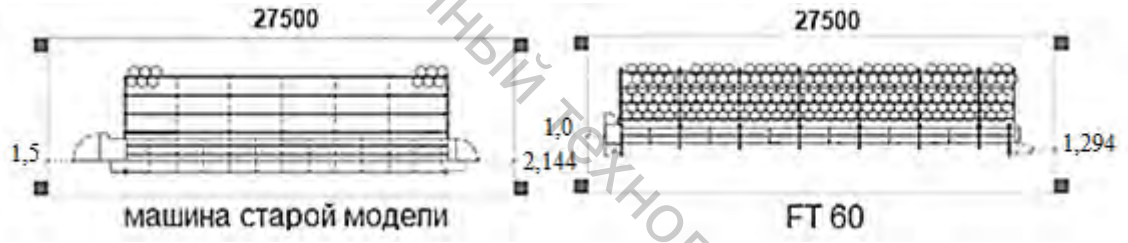


Рисунок 1.58 – Замена машины старой модели на FT60 (Marzoli)

Снижение энергопотребления ровничных машин фирмы Marzoli за 27 лет представлено на рисунке 1.59.

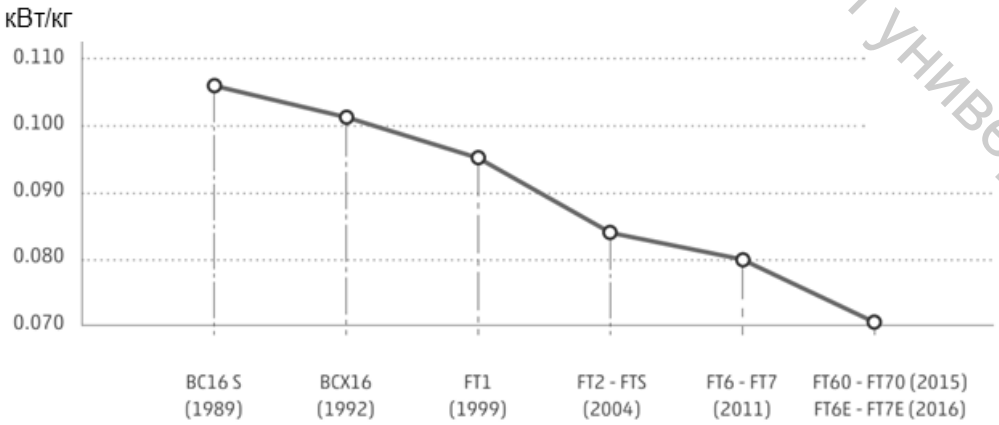


Рисунок 1.59 – Снижение энергопотребления ровничных машин фирмы Marzoli

Витебский государственный технологический университет

Как видно из графика, за счет внедрения усовершенствованного привода рабочих органов, автоматической системы управления, снижения массы рабочих органов и т. д. энергопотребление в пересчёте на 1 килограмм продукции снизилось за этот период в 1,5 раза на машинах моделей FT60 и FT70.

Фирма Zinser выпускает ровничную машину модели 670 BigPac, которая предназначена для выпуска больших паковок с ровницей высотой 500 мм, диаметром 175 мм и весом до 4 кг. Частота вращения рогулек на ней до 1000 мин$^{-1}$, а длина перерабатываемых волокон до 45 мм. Масса ровницы на катушке увеличивается вдвое, что существенно повышает КПВ машины.

На машине Zinser Speed 5APMB уменьшено до 220 мм по сравнению с машиной Zinser 670 с PMB 260 мм. Это позволило уменьшить длину машины с 28 метров до 23, то есть на 17%.

Интеллектуальная система пневмоочистки вытяжного прибора и рогулек в новом энергосберегающем режиме позволила снизить энергопотребление на 20% за счёт того, что полная мощность используется только краткосрочно во время чистки машины.

Большая часть работы, выполняемой обслуживающим персоналом на ровничной машине, является трудоёмкой и неэргономичной. Поэтому для улучшения условий труда и производительности машины необходима её комплексная автоматизация. КПВ машины может быть повышен при решении следующих вопросов:

• автоматическая смена тазов с лентой. Полная автоматизация этого процесса слишком сложна и пока экономически нецелесообразна, так как тазы с лентой меняются довольно редко (1 раз за несколько рабочих смен в зависимости от ряда параметров). Тем не менее автоматическая транспортировка тазов с лентой от ленточной к ровничной машине даст некоторое повышение КПВ машины;

• автоматическое устранение обрывов ленты. Такие обрывы происходят очень редко при правильной настройке натяжения при выборке ленты, поэтому автоматизация не является целесообразной;

• автоматическое устранение обрывов ровницы. При хорошей настройке машины обрывность ровницы не должна быть высокой. Кроме того, автоматизация этого процесса осложнена сложным процессом заправки ровницы в рогульку. Автоматизация этого процесса будет очень сложной, а, следовательно, неэкономичной;

• автоматическая смена катушек. Это наиболее необходимая операция для автоматизации, так как съём катушек и перезаправка вручную занимает у ровничницы очень много времени. КПВ машин старых моделей с ручной перезаправкой редко превышал 0,7. На большинстве моделей ровничных машин эта операция автоматизирована;

Витебский государственный технологический университет

• автоматическая транспортировка катушек с ровницей к кольцепрядильным машинам экономит до 60% от фонда заработной платы работников прядильного цеха за счет сокращения количества транспортировщиков;

• автоматическая очистка рабочих органов машины позволяет значительно увеличить период её работы между остановками для комплексной уборки, а, следовательно, значительно повысить КПВ. Этот процесс в значительной мере автоматизирован за счёт непрерывно работающих пухосборников и пухообдувателей, которые производят очистку наиболее проблемных рабочих зон;

• мониторинг за возникновением обрывов. Современные машины оснащены датчиками контроля обрывов ленты и ровницы, что уменьшает нагрузку на оператора машины и время устранения обрыва;

• производственный мониторинг достигается за счет применения автоматизированных систем управления машиной, производственными параметрами, применения интерактивных дисплеев, а также за счёт возможности оперативного изменения большинства характеристик машины и выпускаемой ровницы без использования сменных элементов. Это позволяет минимизировать перерывы в работе машины и дополнительно поднять ее КПВ. Различные фирмы применяют системы мониторинга производства, такие как Zellweger Uster Milldata-Sliverdata или SPIDERweb от Rieter, или YarNet и Remote Maintenance от Marzoli;

• мониторинг качества ровницы. В отличие от ленточной машины, где на самой машине можно выполнить почти полную проверку качества ленты, полный контроль качества ровницы на машине будет слишком дорогим, поскольку придётся проверять слишком много производственных позиций. Проверку качества ровницы проводит лаборатория. Однако существуют системы, связывающие лабораторные испытания ровницы на показатели неровноты на приборе UsterTester 6 с технологическими параметрами её производства на машине. Например, система Quality Control фирмы Uster автоматически находит место возникновения дефекта ровницы по результатам её испытаний и рекомендует способы устранения найденного дефекта;

• техническое обслуживание ровничной машины. КПВ здесь может быть увеличено за счет применения централизованной смазки рабочих органов, редкого обслуживания приводов, быстрого монтажа и демонтажа машины за счёт применения модульных конструкций.

1.18 Ровничные машины для шерсти

Ровничные машины применяются в тонкогребенной и в грубогребенной системах прядения шерсти. При изготовлении гребенной (камвольной) пряжи сначала из гребенной ленты получают ровницу, а затем

Витебский государственный технологический университет

из ровницы – пряжу на кольцевых прядильных машинах. Сырьём для этих систем прядения является шерстяное, полиакрилонитрильное, полиамидное волокно, а также другие химические волокна с длиной резки для шерстяных волокон.

Существуют кольцевые прядильные машины, которые оснащены двухзонным вытяжным прибором и позволяют получать пряжу непосредственно из ленты, минуя ровничный переход, но они применяются пока только для пряжи средней и большой линейной плотности. Так, например, односторонняя прядильная машина фирмы Gaudino (Италия) модели FPK03/8C оснащена двухзонным вытяжным прибором и позволяет получать из ленты пряжу линейной плотности 58–1000 текс.

Однако в большинстве случаев ровничная машина является необходимым звеном в технологической цепочке по причинам, описанным выше в разделе хлопкопрядения. Назначение ровничных машин для шерсти то же, что и для хлопка, то есть получение промежуточного продукта для питания кольцевых прядильных машин.

В шерстопрядении применяются ровничные машины, где упрочнение ровницы происходит путём кручения или сучения. На ровничных машинах с рогульками процессы кручения и наматывания совмещены, следовательно, невозможно повышение скорости проведения одного процесса без повышения скорости другого. Это обстоятельство существенно ограничивает производительность таких ровничных машин.

Однако упрочнение продукта, состоящего из длинноштапельных волокон, типа шерсти, может происходить и без применения кручения – путем сучения. Сучение представляет собой закатывание длинных волокон мычки вокруг собственной оси.

Цель сучения – упрочнение продукта (волокнистой мычки) и превращение её в ровницу, обладающую необходимой прочностью и упругостью для получения из неё пряжи.

Сущность сучения – это реверсивное ложное кручение между двумя параллельными поверхностями, максимально сжимающими продукт и движущимися возвратно-поступательно во взаимно противоположных направлениях, перпендикулярных оси продукта.

1.18.1 Сучение ровницы

Упрочнение продукта при сучении достигается за счёт увеличения контактов между волокнами. По эффекту уплотняющего действия сучение сильнее ложного кручения, но слабее действительного, осуществляемого веретеном или рогулькой. При сучении нарушается первоначальная параллелизация волокон больше, чем при ложном кручении.

Сучение также применяется для формирования ровницы в ровничной каретке из прочёса, снимаемого с чёсального аппарата в аппа-

Витебский государственный технологический университет

ратной системе прядения. Применение этого процесса здесь объясняется тем, что волокна в аппаратной системе короткие, мало распрямлённые и плохо параллелизованные. Вытяжка на последующей прядильной машине мала, а аппаратная пряжа должна быть пушистой. Поэтому нарушение параллелизации волокон при сучении на кардочесальном аппарате не оказывает отрицательного влияния на последующий процесс прядения.

Способ упрочнения продукта сучением имеет недостаток – нарушает достигнутую при многократном сложении и вытягивании параллелизацию волокон, что оказывает некоторое отрицательное воздействие на стабильность процесса прядения.

Упрочнение ровницы сучением отличается простотой в наладке и обслуживании. На ровничных машинах с сучильными рукавами сучение отделено от наматывания, что обеспечивает скорость выпуска ровницы в 1,5–2 раза больше, чем на ровничных машинах с рогульками. Учитывая это, способ упрочнения ровницы сучением получил широкое применение на современном оборудовании. Из ровницы, упрочнённой сучением, трикотажную пряжу вырабатывать предпочтительнее, чем из кручёной ровницы, так как пряжа из кручёной ровницы более жёсткая.

На сегодняшний день ровничные машины с сучильными рукавами практически повсеместно вытеснили в шерстопрядении ровничные машины с рогульками по причине более высокой производительности.

При разрыве ровницы составляющие её волокна скользят друг относительно друга без разрыва. Сила трения F, возникающая между волокнами в ровнице и препятствующая их взаимному скольжению, не может быть точно вычислена по формуле Амонтона:

$$F = \mu \times N, \tag{1.32}$$

где μ – коэффициент трения; N – сила нормального давления.

Это объясняется тем, что формула не учитывает цепкость волокон. Исследованиями установлено, что сила трения, возникающая между волокнами в ровнице и препятствующая их взаимному скольжению, может быть определена с применением обобщенного закона трения Ньютона:

$$F = q + \mu N, \tag{1.33}$$

где q – цепкость волокон, характеризующая силу сопротивления их скольжению при отсутствии нормального давления.

Витебский государственный технологический университет

Значение *q* зависит от длины волокон; поверхностных свойств, определяемых видом волокон; влажности и температуры (с повышением влажности волокон *q* увеличивается, а с повышением температуры уменьшается); структуры продукта, то есть от степени уплотнённости волокон в продукте, а также степени распрямлённости и параллелизации волокон в нем (табл. 1.12). Цепкость принято характеризовать силой сцепления, сН, приходящейся на 1 мм длины волокна при разрыве ровницы.

Таблица 1.12 – Удельная цепкость волокон

Полуфабрикат	Волокно	Удельная цепкость, сН/мм
Лента ровничного отдела	Помесная шерсть	0,0013-0,00145
Ровница несученая и не уплотненная вьюрком	Мериносовая шерсть	0,0016-0,0017
Ровница несученая и уплотненная вьюрком	Мериносовая шерсть	0,002
Ровница сученая	Мериносовая шерсть	0,0023-0,003
Ровница несученая и не уплотненная вьюрком	Смесь помесной шерсти и вискозного волокна	0,00045
Ровница несученая и уплотненная вьюрком	Смесь помесной шерсти и вискозного волокна	0,0006
Ровница сученая	Смесь помесной шерсти и вискозного волокна	0,0015
Чесальная лента	Хлопок	0,0005
Лента с 1-го ленточного перехода	Хлопок	0,0003
Лента со 2-го ленточного перехода	Хлопок	0,0002

Анализ данных таблицы 1.12 показывает, что удельная цепкость шерстяных волокон, покрытых чешуйками, больше, чем химических и хлопковых. Уплотнение несучёной гребенной шерстяной ровницы вьюрком и сучение уплотнённой вьюрком ровницы повышает удельную цепкость волокон. Чем меньше распрямлённость хлопковых волокон, тем больше их удельная цепкость.

На рисунке 1.60 показана схема сучения ровницы. Между выпускной парой вытяжного прибора *1* и сучильными рукавами *2*, а также между сучильными рукавами *2* и наматывающим валиком *3* продукт получает ложную крутку. В сучильных рукавах *2* осуществляется закатывание ровницы под давлением. Таким образом, сучильные рукава сообщают ровнице *4* вращательное движение за счёт возвратно-поступательного движения сучильных рукавов в направлении, перпендикулярном направлению движения ровницы, и поступательное движение за счёт вращательного движения сучильных рукавов в направлении движения ровницы.

Витебский государственный технологический университет

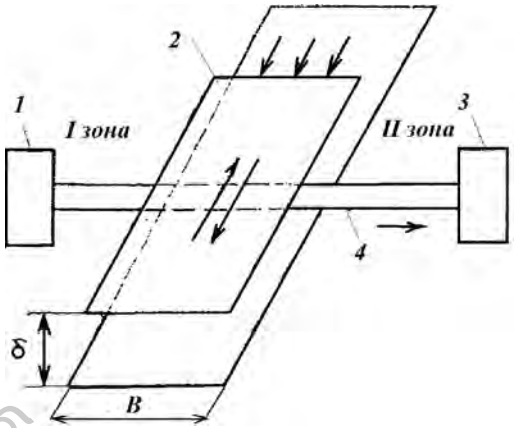


Рисунок 1.60 – Схема сучения ровницы

Вследствие того, что сучильные рукава движутся в противоположных направлениях и разводка δ между ними несколько меньше толщины мычки, продукт сжимается и закатывается.

При таком способе уплотнения, когда продукт от специальных органов машины непосредственно получает значительные по величине и по продолжительности сжимающие усилия, его уплотнённость и разрывная нагрузка значительно увеличиваются и тем больше, чем больше цепкость волокон.

При этом происходит некоторое перемещение и перепутывание волокон, что также способствует увеличению прочности продукта. Кроме того, благодаря закатыванию продукта его поперечное сечение принимает округлую форму с диаметром, близким по величине к разводке δ.

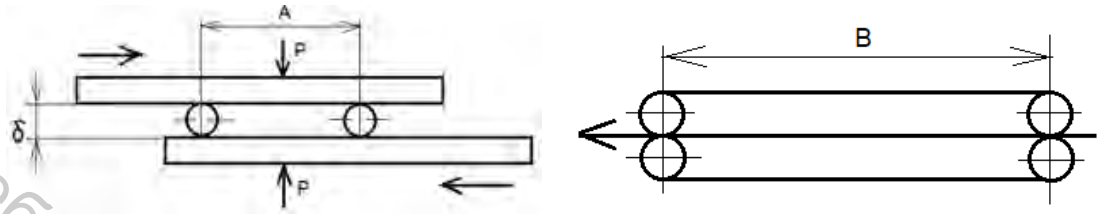
Сучильные рукава кроме сучения осуществляют и реверсивное ложное кручение с двумя зонами I и II (рис. 1.60). При этом вследствие их поперечного движения продукт сжимается последовательно со всех сторон и даже в своих утонённых местах. В рукавах вследствие их поступательного движения и слабого натяжения продукта протяжённость сжимающего контакта велика и равна рабочей ширине рукава *B*. Благодаря этому уплотнённость продукта резко возрастает, а малое осевое натяжение продукта значительно уменьшает жесткость на кручение и проскальзывание между рукавами.

Сучильные рукава подобны вьюрку, не увеличивающему при ложном кручении жёсткость продукта, поэтому обладающему большей эффективностью упрочняющего действия и, что особенно важно, создающему всестороннее и длительное сжимающее воздействие на продукт. Увеличение плотности и прочности продукта, происходящее в результате сучения, значительно превосходит увеличение тех же показателей от сопутствующего сучению реверсивного ложного кручения. Сучение – это процесс сильного, всестороннего и длительного сжатия продукта. Поэтому для уплотнения и упрочнения тонких волокнистых ленточек (наиболее трудно уплотняемых и упрочняемых) при превращении в некручёную ровницу их обязательно подвергают сучению.

Н.Я. Канарский предложил определять интенсивность сучения ровницы суммарным числом оборотов закатывания продукта вокруг собственной оси при прохождении сучильных рукавов.

Витебский государственный технологический университет

На рисунке 1.61, *а* представлена схема изменения положения ровницы между сучильными рукавами при ее закатывании под давлением *Р* за время одного колебания рукавов, а на рисунке 1.61, *б* – схема поступательного движения ровницы между сучильными рукавами.



а *б*

Рисунок 1.61 – Схемы положения ровницы между сучильными рукавами

Так как ровница одновременно получает вращательное и поступательное движение от сучильных рукавов, то интенсивность сучения будет равна числу оборотов закатывания каждого сечения ровницы за время его прохождения между сучильными рукавами. Степень сучения определяется по следующей формуле:

$$U = m \cdot T = \frac{2 \cdot A \cdot n \cdot \varepsilon \cdot B}{\pi \cdot \delta \cdot v}, \qquad (1.34)$$

где m – число оборотов закатывания ровницы вокруг своей оси за единицу времени; T – время нахождения участка ровницы между сучильными рукавами (продолжительность сучения); A – амплитуда возвратно-поступательного движения сучильных рукавов, м; n – число циклов возвратно-поступательного движения сучильных рукавов в единицу времени; ε – коэффициент, учитывающий препятствие проскальзыванию продукта относительно рукавов (чем больше ε, тем меньше проскальзывание); B – рабочая ширина сучильного рукава (расстояние, проходимое продуктом между сучильными рукавами), м; δ – диаметр продукта, равный разводке между сучильными рукавами, м; v – продольная (окружная) скорость движения сучильных рукавов, равная скорости поступательного движения продукта, м/мин.

Из формулы (1.34) следует, что чем больше ширина B сучильных рукавов в направлении поступательного движения продукта, тем больше интенсивность сучения. Поэтому для трудноссучиваемых продуктов (полугрубой и грубой шерсти, химических волокон) ширина B берётся большей, или же ровница пропускается через две пары последовательно расположенных сучильных рукавов.

Чем больше скорость v поступательного движения ровницы, тем меньше интенсивность сучения. Поэтому, чтобы при повышении v ин-

Витебский государственный технологический университет

тенсивность сучения не уменьшалась, необходимо соответствующим образом изменить другие факторы, влияющие на интенсивность сучения (амплитуду колебания сучильных рукавов *A,* разводку между ними *δ* или же использовать две пары рукавов).

Интенсивность сучения предпочтительнее увеличивать за счёт увеличения амплитуды *A*, а не увеличения циклов колебаний сучильных рукавов *n*, при этом обеспечивается более спокойная работа машины.

Интенсивность сучения увеличивается с уменьшением проскальзывания ровницы в сучильных рукавах (с увеличением коэффициента *ε*). Поэтому поверхность сучильных рукавов делают рифлёной.

Для увеличения интенсивности сучения ровницы разводку *δ* между сучильными рукавами необходимо устанавливать минимально возможной для данного состава смеси и линейной плотности продукта. На ровничной каретке чесального аппарата разводка составляет 0,3–0,6 мм, на ровничных машинах с сучильными рукавами 1–2 мм. Причём разводка между сучильными рукавами на входе ровницы больше, чем на выходе из них в 1,25 раза.

Интенсивность сучения должна быть тем больше, чем короче волокно и меньше его цепкость. Интенсивность сучения меньше для тонкой шерсти, больше для грубой шерсти и ещё больше для смесей шерсти с химическими волокнами и для чисто химических волокон. Также для трудноссучиваемых смесей рекомендуется отставание сучильных рукавов от скорости выпуска ровницы вытяжной парой.

1.18.2 Технологическая схема ровничной машины для шерсти

Современные ровничные машины для шерсти выпускаются фирмами Sant'Andrea Novara (Италия), Savio Cognetex (Италия), NSC Schlumberger (Франция). На машинах осуществляется вытягивание лент с целью утонения продукта и сучение мычки с целью формирования ровницы и её упрочнения.

По техническим характеристикам и степени автоматизации эти машины схожи между собой, все они оснащены однозонным вытяжным прибором, одной или двумя парами сучильных рукавов, расположенных горизонтально или вертикально для экономии занимаемой машиной площади.

Питание машин осуществляется лентами из тазов, причём в каждом тазу уложено две ленты, из которых получаются две ровницы, наматываемые на одну катушку. За счёт этого экономится площадь, занимаемая тазами с лентой перед машиной и катушками с ровницей на выпуске. С одной катушки с ровницей на кольцевой прядильной машине осуществляется заправка двух рабочих мест, что существенно

Витебский государственный технологический университет

снижает трудозатраты операторов ровничных и прядильных машин при смене паковок с ровницей.

Технические характеристики современных ровничных машин для шерсти представлены в таблице 1.13.

Рассмотрим технологическую схему ровничной машины на примере модели RF5/b фирмы Sant'Andrea Novara (рис. 1.62).

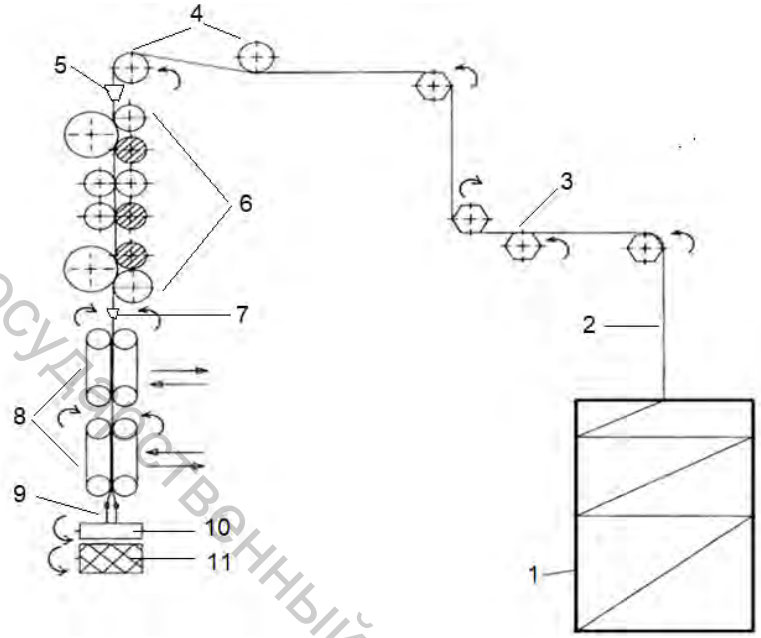


Рисунок 1.62 – Технологическая схема ровничной машины RF5/b (Sant'Andrea Novara)

После технологического вылёживания гребенная лента (топс) поступает из чесального производства в ровничный отдел прядильного производства камвольного предприятия. После двух-трёх переходов ленточных машин лента поступает на ровничные машины.

Лента *2* из тазов *1* через ребристые валики *3* и направляющие прутки *4* поступает в уплотняющую воронку вытяжного прибора *5*. Ребристые валики *3* способствуют снижению ложной вытяжки при питании машины. Натяжение ленты от питающей рамки до вытяжного прибора можно бесступенчато регулировать с помощью управляемого привода. Питающая рамка машины снабжена оптическим датчиком для контроля за обрывом ленты.

На машине установлен однозонный вытяжной прибор высокой вытяжки 6, где происходит утонение лент в необходимое число раз. Утонённая мычка проходит через уплотнитель 7 и поступает в сучильный механизм 8, состоящий из двух пар сучильных рукавов, совершающих возвратно-поступательное и поступательное движение. После упрочнения две ровницы 9 наматываются на одну катушку 11, расположенную на накатном валике 10 наматывающей каретки. В результате

Витебский государственный технологический университет

формируется цилиндрическая катушка крестовой намотки. Крестообразная намотка ровницы на бобине получается в результате сочетания двух движений: вращательного движения накатного валика и возвратно-поступательного движения нитеводителя.

Таблица 1.13 – Технические характеристики ровничных машин для шерсти

Фирма	Savio-Cognetex	NSC-Schlumberger		Sant'Andrea Novara	
Модель машины	FRC300	FM20	FMV 40	RF5/a	RF5/b
Сырье	Шерсть, химические волокна и их смеси				
Скорость выпуска, максимальная, м/мин	260	220	275	250	300
Линейная плотность ровницы, текс	160-1200	180-1500	167-1515	167-1250	
Линейная плотность ленты, ктекс	до 16	12-15	5-16	до 10	до 18
Вытяжка в вытяжном приборе	8,2-21,5	6,88-19,95	7,2-20,7	5,28-25,14	6,22-29,64
Число сложений	1 или 2				
Количество катушек с ровницей	16, 22, 24	12, 16, 20, 24		12-24	
Расстояние между выпусками, мм		355	450	425	
Интенсивность сучения, суч./мин	до 1000	до 1200	до 1500	до 2200	
Ровниц на бобине	2				
Количество пар сучильных рукавов	1	1		2	
Расположение сучильных рукавов	горизонтальное	горизонтальное	вертикальное	вертикальное	
Количество сучений на 1 м	3,8, 4,2, 4,5, 5	5, 6, 7	5, 5,8, 7, 8	7,34 (на 2 пары рукавов)	
Максимальный диаметр катушки с ровницей, мм	300	300	300	310	
Масса ровницы на катушке, кг	до 5	до 4,7	5-6	до 5	до 6,8
Размер таза, мм (диаметр/высота)	700, 800/1000,1200	400, 500, 600, 700/1000	400, 800/1000	600, 700, 800, 900/1000, 1200	700, 800/1000, 1200

Номограмма неровноты камвольной чистошерстяной ровницы по массе на коротких отрезках в соответствии с бюллетенями *Uster Statistics 2013* представлена на рисунке 1.63.

Витебский государственный технологический университет

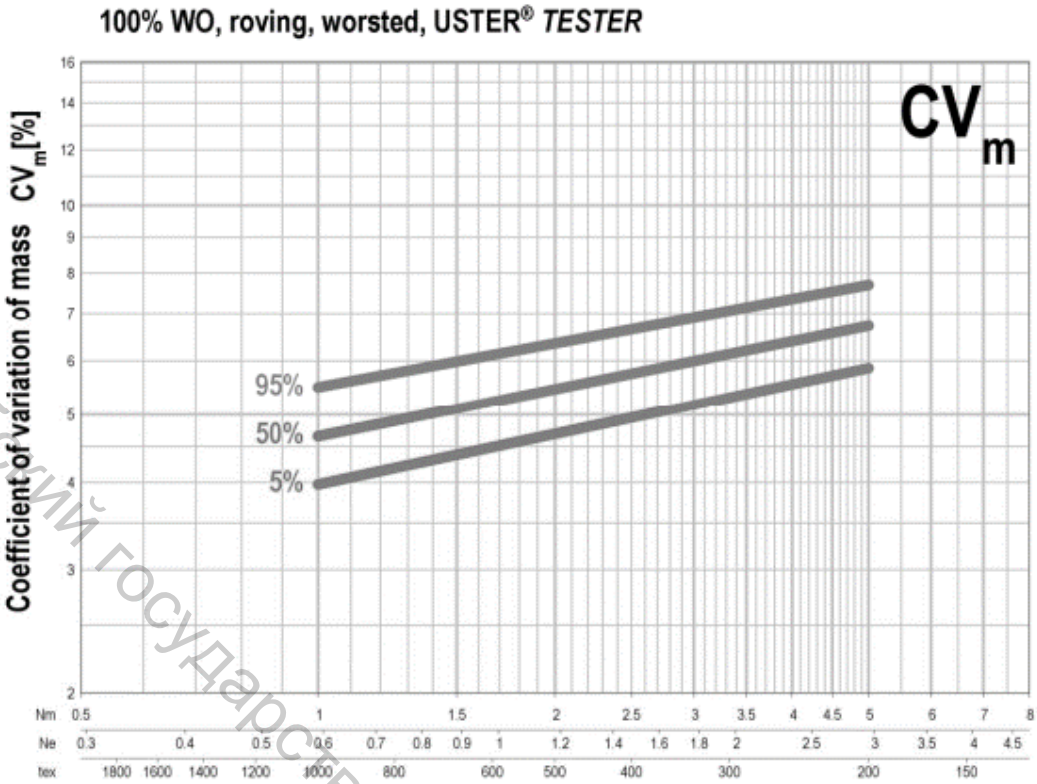


Рисунок 1.63 – Номограмма неровноты шерстяной камвольной ровницы

1.18.3 Вытяжные приборы ровничных машин для шерсти

Отличительной особенностью вытяжных приборов ровничных машин для шерсти является сочетание различных способов контроля за движением волокон в вытяжном поле. В настоящее время в шерстопрядении применяются однозонные вытяжные приборы, которые могут быть расположены вертикально, горизонтально или под углом к вертикали. Чем ближе к вертикали угол наклона вытяжного прибора, тем меньше площадь, занимаемая машиной, и меньше вероятность обрыва мычки при выходе из вытяжного прибора.

Шерсть и химические волокна, которые перерабатываются в шерстопрядении, относятся к длинноволокнистым смесям, поэтому разводка в вытяжном приборе может быть очень большой (>200 мм) и зависит от максимальной длины волокон смеси. Неровнота по длине волокон также может достигать высоких значений (до 60%). Вот почему для закономерного движения волокон в вытяжном поле, близкого к первой предельной схеме, очень важное значение имеет контроль за движением волокон. Этот контроль осуществляется с помощью ремешков, промежуточных цилиндров и нажимных валиков типа Беш. Такие вытяжные приборы выпускаются фирмами SKF (Швейцария) и Süssen (Германия).

На рисунке 1.64 представлены схемы вытяжных приборов, которые могут быть установлены на ровничной машине FMV40 фирмы NSC-Schlumberger.

Витебский государственный технологический университет

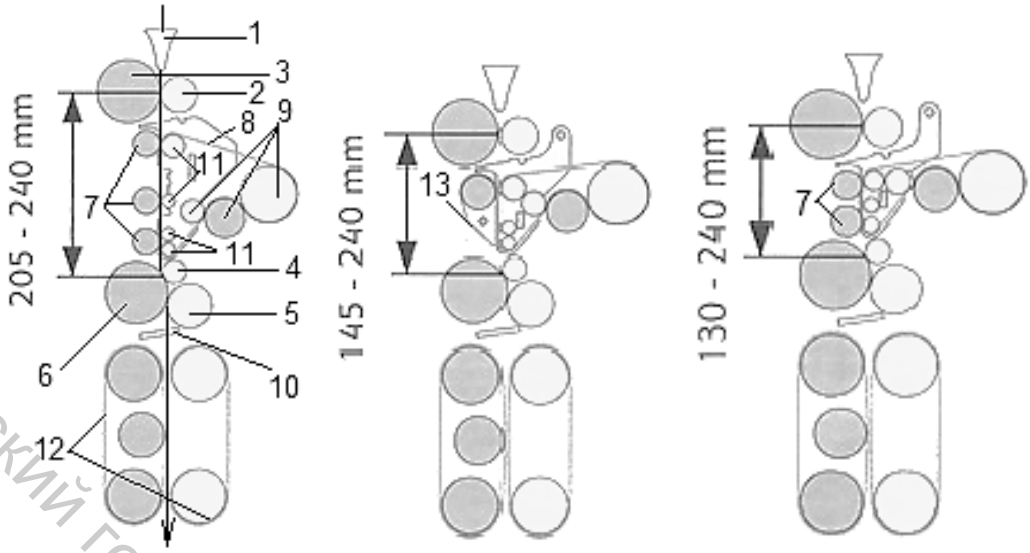


Рисунок 1.64 – Вытяжные приборы машины FMV (NSC-Schlumberger)

В вытяжной прибор, установленный вертикально (рис. 1.64, а), подаются одновременно 2 ленты через уплотнительную воронку *1* закрытого типа. Питающая пара вытяжного прибора состоит из рифлёного цилиндра *2* и эластичного нажимного валика *3* большего диаметра. Нагрузка на нажимные валики питающей пары пружинная. Выпускная пара состоит из двух вытяжных цилиндров *4* и *5* и нажимного валика *6*. Цилиндр *4* малого диаметра позволяет уменьшить неконтролируемое пространство между ремешком *8* и выпускной парой. Нагрузка на нажимной валик выпускной пары пневматическая. При выходе из вытяжного прибора мычка ещё раз уплотняется в плавающем уплотнителе *10* и поступает в сучильные рукава *12*. Размеры выходных сечений уплотнителей сменные в зависимости от линейной плотности поступающей ленты и выходящей ровницы.

Контроль за движением волокон осуществляется промежуточной парой, состоящей из нижнего ремешка *8*, который приводится в движение валиками *9* и цилиндрами *11*, к которым с помощью пружинной нагрузки прижимаются три валика Беш *7* с эластичным зажимом волокон. Натяжение мычки между питающей и промежуточной парами составляет 2÷3%.

Разводку в вытяжном приборе устанавливают в соответствии с распределением волокон по классам длин в ленте. Вытяжные приборы типа *а* с длинным вытяжным полем применяются для переработки химических волокон (например, ПАН) и их смесей с тонкой шерстью, разводка здесь изменяется в диапазоне 205÷240 мм. Во избежание разрыва длинных волокон общая разводка должна быть не менее длины волокон, доля которых (по массе) в штапеле ленты более или равна 1%.

Витебский государственный технологический университет

Вытяжные приборы типа *б* (рис. 1.64, б) с коротким вытяжным полем применяются для переработки тонкой шерсти и её смесей с химическими волокнами, разводка здесь изменяется в диапазоне 145÷240 мм. Контроль за движением волокон в вытяжном поле осуществляется с помощью двух ремешков – нижнего (как в предыдущей конструкции) и верхнего *13*. Разводка между ремешками (зев) устанавливается с помощью сменных клипс в зависимости от линейной плотности мычки. За счёт применения вытяжного цилиндра малого диаметра к минимуму сведено неконтролируемое пространство между ремешковым зажимом и вытяжной парой.

Вытяжные приборы типа *с* (рис. 1.64, в) с коротким вытяжным полем применяются для переработки полутонкой шерсти и её смесей с химическими волокнами, разводка здесь изменяется в диапазоне 130÷240 мм. Контроль за движением волокон в вытяжном поле осуществляется с помощью промежуточной пары, состоящей из нижнего ремешка и двух нажимных валиков Беш *7*.

Разводка между вытяжными парами на этой модели ровничной машины изменяется автоматически с помощью дополнительного электродвигателя.

Валики Беш прижимаются к промежуточным цилиндрам *1* (рис. 1.65), имеют бочкообразный профиль и представляют собой резиновую эластичную муфточку *4*, надетую на пластиковую втулку *3*, имеющую отверстие для воздуха *5*. Втулка надета на стальной вал *2* с подшипниками, конструкции аналогичной обычным нажимным валикам. На торцы нажимных валиков осуществляется пружинная нагрузка.

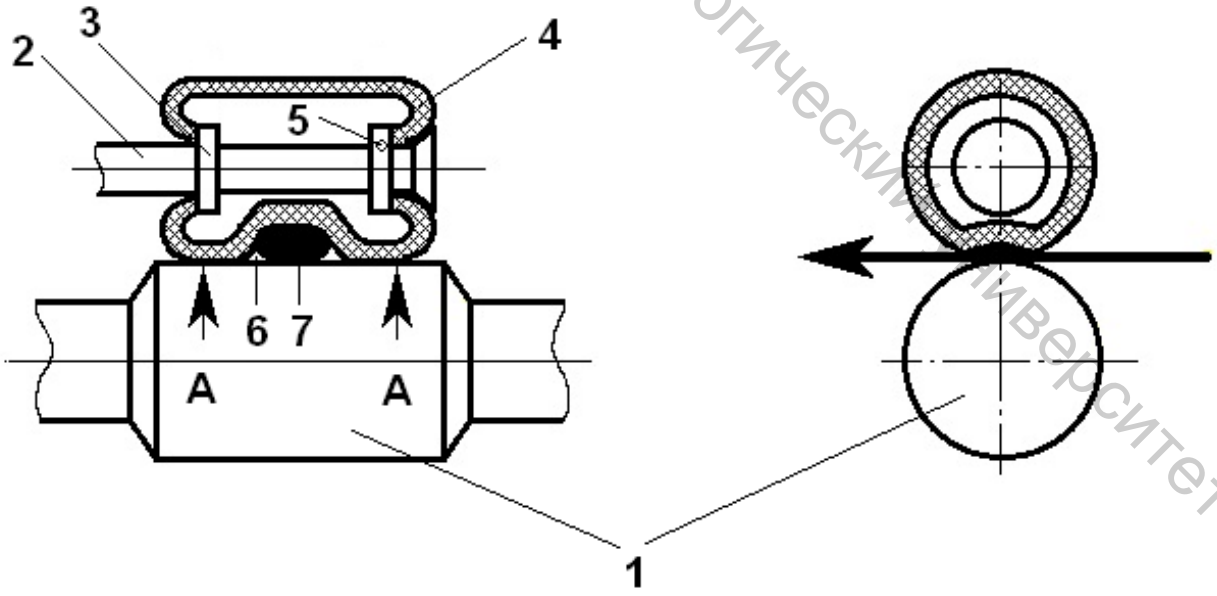
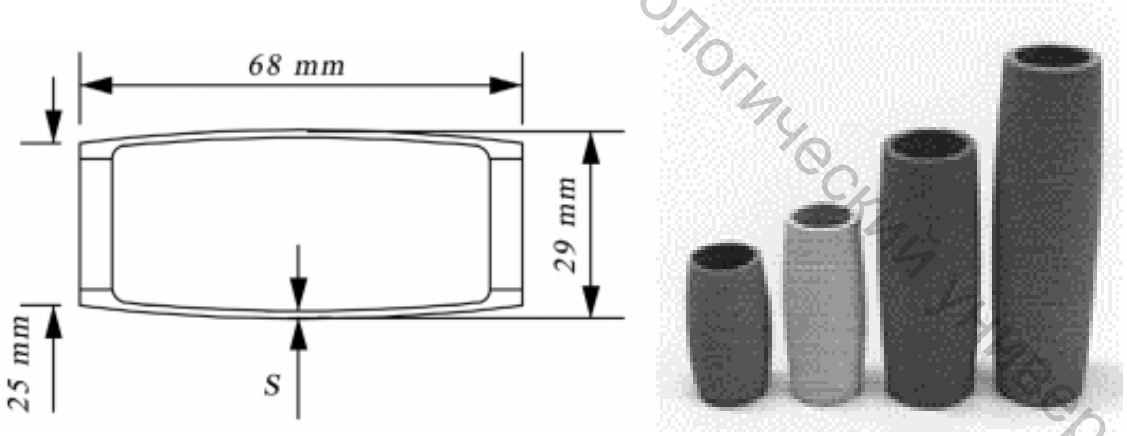


Рисунок 1.65 – Схема взаимодействия мычки с валиком Беш

Витебский государственный технологический университет

Контроль за движением волокон, создаваемый валиками Беш, не зависит от нагрузки на них, так как нагрузка воспринимается только боковыми бортиками цилиндров. Поэтому нагрузка на валики постоянная 40÷50 Н. В зоне максимального диаметра муфточки между ней и цилиндром *1* возникает воздушная прослойка *6*, толщина которой определяется толщиной эластичного покрытия. Воздух при этом засасывается в отверстие *5* втулки *3*. За счёт этой прослойки под действием нагрузки эластичное покрытие валика прогибается в зоне максимального диаметра муфточки, охватывает мычку *7* и уплотняет её.

Уплотнение мычки, осуществляемое валиками Беш, распространяется в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Волокна, находящиеся между валиками Беш и цилиндрами, надёжно зажаты и поэтому хорошо контролируются промежуточной парой при вытягивании. Упругие деформации резиновой муфточки зависят от состава и толщины резины (рис. 1.66, а) и определяют необходимую глубину воздушной прослойки, которая зависит от максимального диаметра муфточки *S*. Диаметр и ширина валиков Беш зависят от вида волокна и конструкции машины. Резиновые муфточки имеют разную жёсткость. На первый по ходу продукта валик надевают муфточку из более жёсткой резины; на второй – из более мягкой. При переработке шерстяных лент большой линейной плотности или химических волокон на третий валик надевают муфточку из самой мягкой резины. Толщина эластичного покрытия валиков уменьшается в сторону выпуска и может изменяться от 2,5 до 1 мм. Для удобства муфточки различаются по цвету (рис. 1.66, б).



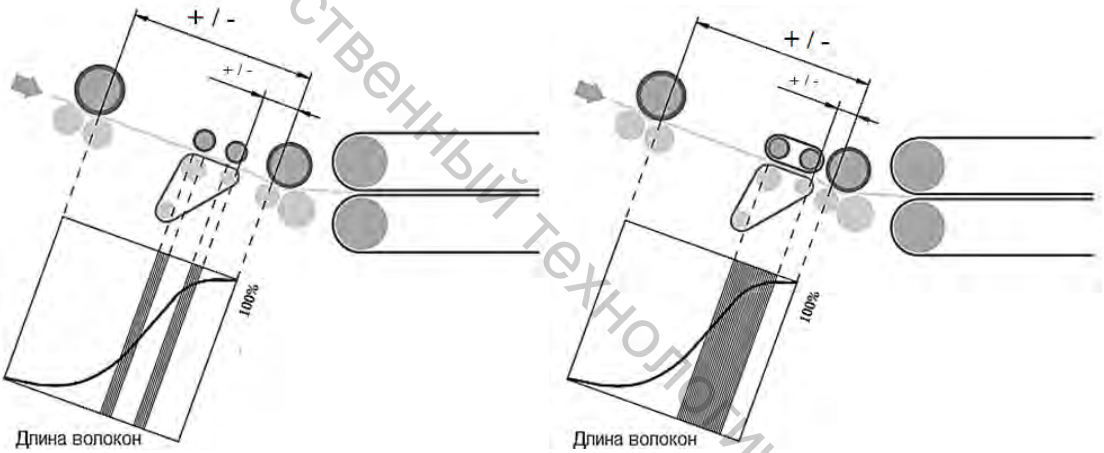
а б

Рисунок 1.66 – Эластичное покрытие валиков Беш

На машинах фирмы Savio Cognetex модели FRC 300 применяются 2 типа вытяжных приборов – с контролирующими валиками Беш (рис. 1.67, а) и с двумя контролирующими ремешками (рис. 1.67, б).

Витебский государственный технологический университет

Вытяжной прибор расположен под углом 20° к горизонту. Питающая пара представляет собой 2 вытяжных цилиндра, к которым с помощью запатентованного Cognetex маятникого рычага прижимается нажимной валик с антистатическим покрытием. Нажимной валик выполнен одинарным для двух лент, на него оказывается давление около 50 кг. Разводка между питающей и выпускной парами регулируется в диапазоне 127÷222 мм при перемещении питающего цилиндра по плоскости цилиндровых стоек. Одновременно меняется и разводка между промежуточной и выпускной парами. При изменении разводки валики Беш или верхний ремешок автоматически меняют свое положение и устанавливаются относительно нижних цилиндров и ремешка. Натяжение мычки между питающей и промежуточной парами устанавливается с помощью сменных шестерён. Нажимной валик выпускной пары выполнен сдвоенным и прижимается к цилиндрам рычагом маятникого типа. Очистка вытяжного прибора осуществляется пневматически без останова машины.



а б

Рисунок 1.67 – Вытяжные приборы ровничной машины FRC 300 (Savio Cognetex)

На машине модели RF5 фирмы Sant'Andrea Novara могут быть установлены 4 типа вертикальных вытяжных приборов в зависимости от перерабатываемого сырья (рис. 1.68):

а) модель RF5/a. Питающая пара состоит из одного вытяжного цилиндра и нажимного валика. Промежуточная пара состоит из нижнего ремешка и двух верхних валиков Беш. Разводка между питающей и выпускной парами изменяется в диапазоне 100÷190 мм, а между промежуточной и выпускной парами – 25÷45 мм. Обе разводки могут меняться автоматически с помощью дополнительного серводвигателя. Применяется при выпуске ровницы малой линейной плотности (до 167 текс), а также при переработке коротковолокнистых смесей. Линейная плотность поступающих лент от 2 до 10 ктекс;

Витебский государственный технологический университет

б) модель RF5/a. Отличие от предыдущей конструкции заключается в промежуточной паре, которая состоит из нижнего и верхнего ремешков;

в) модель RF5/b. Питающая пара состоит из двух вытяжных цилиндров и нажимного валика большого диаметра. Промежуточная пара состоит из двух цилиндров и двух валиков Беш. Разводка между питающей и выпускной парами изменяется в диапазоне 115÷220 мм, а между промежуточной и выпускной парами 33÷58 мм. Применяется для любых смесей, особенно при заданной высокой производительности оборудования (линейная плотность ровницы до 1250 текс). Линейная плотность лент от 2,5 до 18 ктекс;

г) модель RF5/b. Отличие от предыдущей конструкции заключается в промежуточной паре, которая состоит из двух цилиндров и верхнего ремешка.

Во всех вытяжных приборах перед промежуточной парой установлен уплотнитель мычки открытого типа.

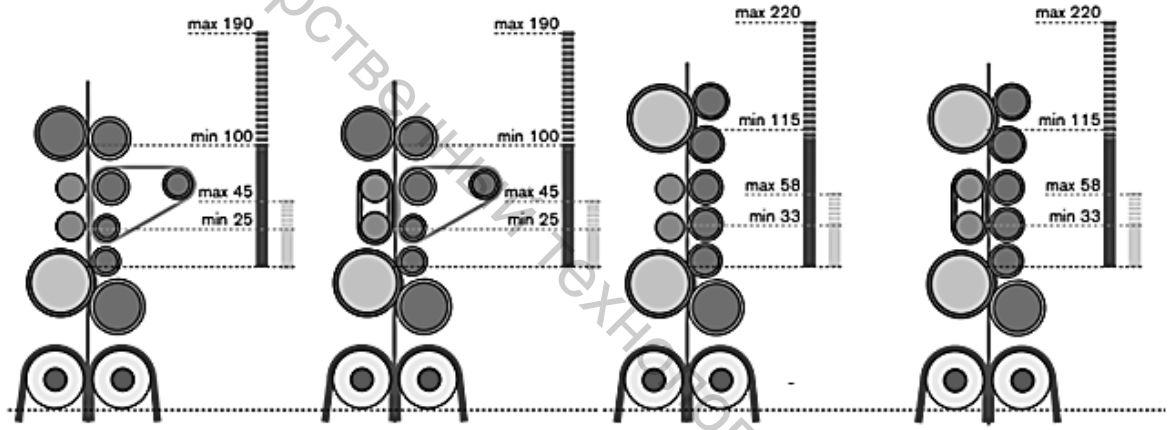


Рисунок 1.68 – Вытяжные приборы ровничной машины RF5 (Sant'Andrea Novara)

Вытяжка в зоне вытягивания и натяжение мычки между питающей и промежуточной парами на машине RF5 изменяется с помощью вариатора скоростей. Характеристики вытяжных приборов приведены в таблице 1.14.

Очистка цилиндров, валиков, ремешков вытяжного прибора и сучильных рукавов осуществляется пневматически с помощью центробежного вентилятора с пневмосистемой, включающей всасывающие сопла, пневмопровод и фильтр (рис. 1.69).

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Таблица 1.14 – Характеристики вытяжных приборов ровничных машин

Характеристика	Фирма/модель					
	NSC-Schlumberger			Savio-Cognetex	Sant'Andrea Novara	
	FMV40	FM20	FM20 P	FRC300	RF5/a	RF5/b
Расположение	вертикальное	горизонтальное		20°	вертикальное	
Вытяжка	7,2÷20,7	6,88÷19,95		8,2÷21,5	5,28÷25,14	6,22÷29,64
Линейная плотность ровницы, текс	А 200÷1515 Б 167÷667 С 167÷667	180÷1500	400÷2500	160÷1500	от 167	до 1250
Линейная плотность ленты, ктекс	А 8,5÷16 Б 7,5÷14 С 5÷9	12÷15		до 16	2÷10	2,5÷18
Диаметр цилиндров, мм - питающего - выпускного - промежуточных	40 25/50 -			35/35 30/45 -	35 25/45 -	32/32 30,2/48,5 30
Диаметр нажимных валиков, мм - питающего - выпускного	70 70	65 65	65 65	60 56	44 55	60 60
Разводка между питающей и выпускной парами, мм	А 205÷240 Б 145÷240 С 130÷240	145÷240	145÷240	127÷222	100÷190	115÷220
Разводка между промежуточной и выпускной парами, мм	31 (min)			25-56	25-45	33-58
Нагрузка на валик выпускной пары, даН	80	80	80	50	77,5	

Дополнительно эластичные покрытия валиков очищаются механически с помощью прижимающихся к ним резиновых скребков. Верхнее сопло очищает нажимные валики и валики Беш вытяжного прибора.

Нижнее сопло очищает вытяжные цилиндры, а также отдельное сопло производит очистку сучильных рукавов. Все три сопла объединены в общую пневмосистему. Воздух вместе с пылью и отделившимися волокнами проходит через фильтр, на котором оседают волокна. Фильтр очищается периодически вручную.

Витебский государственный технологический университет

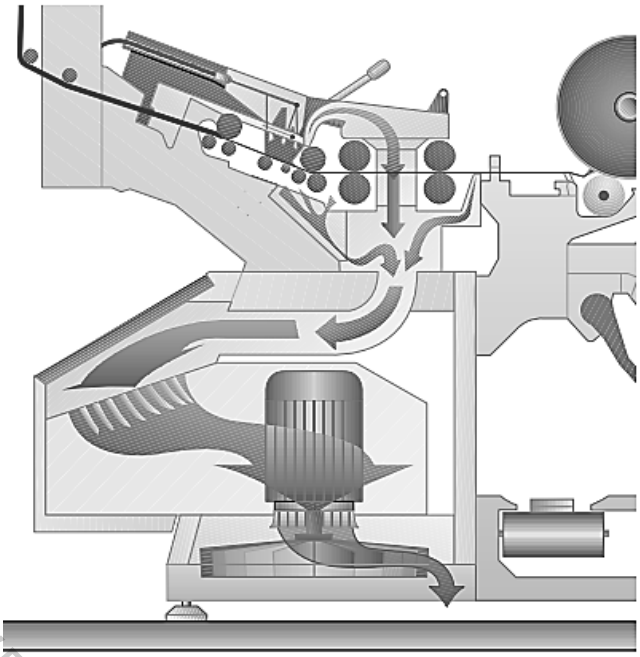


Рисунок 1.69 – Схема пневматической очистки машины FRC300 (Savio Cognetex)

1.18.4 Сучильные рукава

Скоростные параметры ровничных машин тесно связаны с числом циклов работы сучильного устройства. Число циклов сучильного механизма современных ровничных машин достигает 2200 м/мин, что позволяет увеличить скорость выпуска машины до 300 м/мин.

Число сучений, приходящихся на 1 м продукта, регулируют в зависимости от состава смеси. Для чистошерстяных и полушерстяных смесей оно составляет 4÷6 суч./м и 7÷8 суч./м – для смесей с высоким содержанием химических волокон или 100% химических волокон. Степень сучения регулируется путём изменения размаха сучильных рукавов (от 22 до 30 мм), разводки между рукавами (2–4 мм на входе в рукава, 1–3 мм на выходе), а также скорости выпуска ровницы.

Сучение выполняется с помощью одной или двух пар горизонтальных или вертикальных сучильных рукавов из синтетической резины и механизма, приводящего их в движение.

На машине FM20 (NSC-Schlumberger) сучильные рукава представляют собой резиновые полотна толщиной 3,5 мм, длиной 480 мм (верхний ремешок в развёртке) и 550 мм (нижний). Расстояние между осями валиков сучильных рукавов соответственно 163 и 180 мм. Оба рукава совершают возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном движению ровницы. Причём если один рукав перемещается вправо, то другой – влево, и наоборот. При таком движении рукавов и при разводке между ними, несколько меньшей толщины продукта, волокнистая ленточка получает боковые перемещения то в одну,

Витебский государственный технологический университет

то в другую сторону, в результате чего волокна в ней сближаются, а продукт, уплотняясь, получает необходимую для наматывания на бобину прочность.

Двойные сучильные рукава машины RF5 (Sant'Andrea Novara) представлены на рисунке 1.70. Для повышения эффективности процесса сучения внутрь обеих или одного из рукавов вводят валики, которые увеличивают давление на волокнистую ленточку. Внутри и снаружи сучильных рукавов имеются рёбра жёсткости для увеличения трения между резиной ремешков и материалом мычки. Рукава можно легко заменить по мере их изнашивания.

Привод сучильных рукавов каждого выпуска машины находится в масляной ванне приводной коробки и осуществляется двумя валами (один для обеспечения их вращательного движения, а второй – для возвратно-поступательного движения). На рисунке 1.71 представлена конструкция эксцентрикового вала для сообщения возвратно-поступательного движения сучильным рукавам машины RF5 (Sant'Andrea Novara). Движение валу сообщается косозубыми шестернями, которые также находятся в масляной ванне. На ровничных машинах фирмы Sant'Andrea Novara для проведения технического обслуживания каждая приводная коробка может быть отключена без останова всей машины, что значительно сокращает простои.

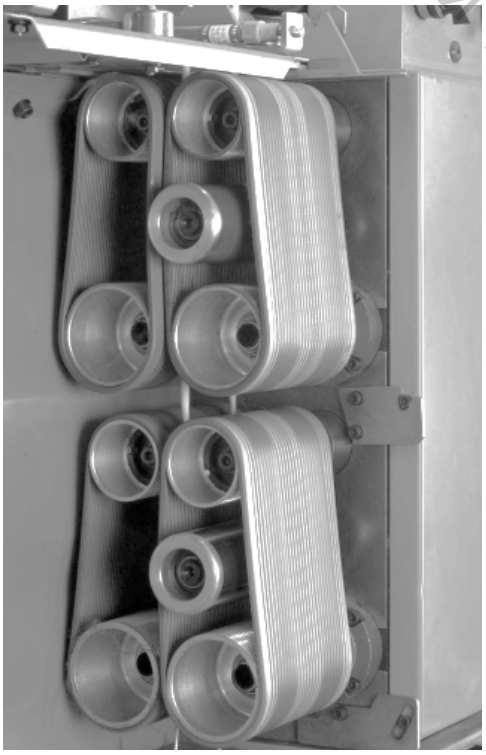


Рисунок 1.70 – Двойные сучильные рукава машины RF5 (Sant'Andrea Novara)

Рисунок 1.71 – Эксцентриковый вал машины RF5 (Sant'Andrea Novara)

Витебский государственный технологический университет

Применение двойных сучильных рукавов впервые было апробировано на ровничных машинах RF (Sant'Andrea Novara) моделей RF5/a и RF5/b. По сравнению с машинами, оснащенными одной парой сучильных рукавов, данная конструкция обеспечивает необходимую степень сучения на скоростях до 300 м/мин, а также позволяет добиться необходимого трения и сцепления мычки с материалом рукавов. Это позволяет получить ровницу необходимой прочности, что особенно важно при переработке смесей с высоким содержанием химических волокон, у которых более низкий коэффициент трения друг об друга и о резину покрытия рукавов, по сравнению с шерстяными волокнами. Модель RF5/b с двумя парами сучильных рукавов и с интенсивностью сучения 2200 сучений в минуту позволяет увеличить скорость выпуска до 300 м/мин. Сравнение интенсивности сучения с одной и с двумя парами сучильных рукавов представлено на рисунке 1.72.

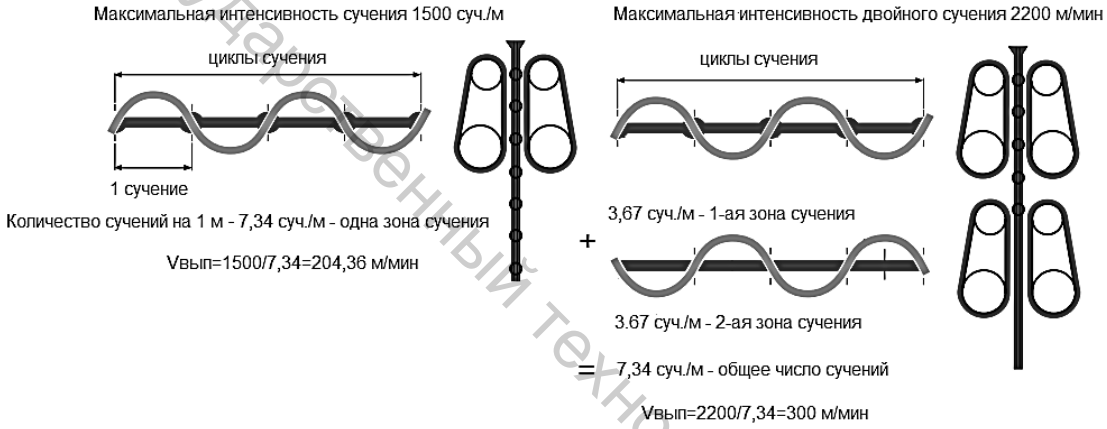


Рисунок 1.72 – Сравнение интенсивности сучения с одной и двумя парами сучильных рукавов (Sant'Andrea Novara)

В системах с одной парой сучильных рукавов на синусоидальных кривых, представляющих движение рукавов в поперечном направлении, видны точки с низким сцеплением с мычкой, в тот момент, когда рукава совершают обратное движение. Правильно расположив две пары сучильных рукавов, можно устранить эту проблему, обеспечив равномерное сцепление мычки с поверхностью рукавов. Две пары рукавов последовательно и синхронно воздействуют на мычку, равномерно уплотняя её. Такая система позволяет увеличить интенсивность сучения до 2200 сучений в минуту, таким образом фактически удваивая количество сучений на метр ровницы и позволяя работать на высокой скорости при повышенной производительности.

Следует отметить, что двойное сучение способствует достижению оптимальной плотности намотки и максимального веса бобины с ровницей. Ровничные машины RF5/a и RF5/b позволяют получать бобины

Витебский государственный технологический университет

массой от 5 до 6,8 кг (в зависимости от вида сырья и линейной плотности ровницы).

1.18.5 Наматывание и съём ровничных катушек

Наматывающий механизм служит для формирования цилиндрической бобины с ровницей крестовой намотки. Намотка осуществляется за счёт вращательного движения бобины при трении о накатной вал и возвратно-поступательного движения нитеводителя. На машинах старых моделей возвратно-поступательно двигались бобины с ровницей.

Для получения плотной намотки ровницу перед поступлением на катушку дополнительно уплотняют. Из сучильных рукавов одновременно выходят две ровницы, которые вместе наматываются на бобину (рис. 1.73) для экономии производственной площади в приготовительном и прядильном цехах.

Рисунок 1.73 – Нитеводитель ровничной машины

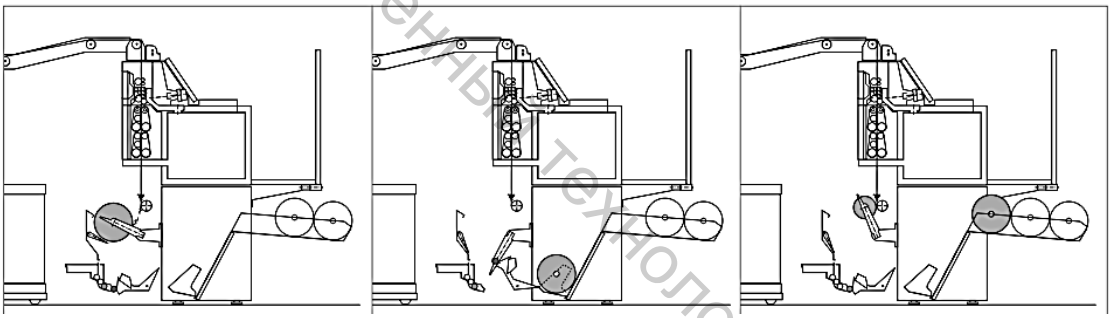
Ровницы сдваиваются при сближении выходных отверстий уплотнителей, расположенных близко к месту касания бобины с накатным валом. Для этого на ровничной машине установлен нитеводитель, выполненный в форме уплотнителя. Уплотнитель состоит из фарфорового глазка и стальной пружины, внутри витков которой проходит ровница. Ровница обвивает спирали пружины и получает при этом ложную крутку, способствующую её упрочнению и снижению обрывности. Количество витков пружины может быть различным в зависимости от линейной плотности ровницы. При прохождении ровницы через такой уплотнитель волокна в ней сближаются, кончики волокон, торчащие на поверхности, прилегают к телу ровницы, в результате чего плотность ровницы увеличивается и уменьшается сцепление сдвоенных ровниц на бобине. Основная цель применения уплотнителя в этом случае – сообщить значительное натяжение ровнице, не вызывая скрытой вытяжки в момент её наматывания на бобину, что обеспечивает высокую плотность намотки.

На машине RF5 (Sant'Andrea Novara) длина намотки может изменяться в пределах 250÷280 мм, а масса бобины – от 5 до 6,8 кг. За счёт применения двойных сучильных рукавов выравнивается натяжение

Витебский государственный технологический университет

ровницы при наматывании, и, соответственно, плотность намотки. Опционально машина может быть оснащена вариатором скорости движения нитераскладчика в зависимости от диаметра намотки. Контроль за формированием бобины с ровницей осуществляется электронным наматывающим устройством. За счёт высокого качества намотки, оптимальной плотности ровницы и плотности намотки к минимуму сводится образование сдвоенных концов ровницы при разматывании на прядильной машине и пуховыделение при раздваивании ровниц. При обрыве ровницы или наматывании необходимой длины на бобину, машина автоматически останавливается с помощью фотоэлементов и счётчиков длины. Один фотоэлемент одновременно контролирует наличие двух ровниц на участке между сучильными рукавами и наматывающим устройством. Натяжение ровницы между сучильными рукавами и наматывающим устройством, а также угол скрещивания витков на бобине меняются с помощью сменных шестерён.

Съём бобин с ровницей может осуществляться вручную или автоматически. На рисунке 1.74 представлена схема автоматического съёма бобин с ровницей на машине RF5 (Sant'Andrea Novara).



а б в

Рисунок 1.74 – Автоматический съём бобин с ровницей на машине RF5 (Sant'Andrea Novara)

Как только на бобину намотается необходимая длина ровницы, нитераскладчики медленно перемещаются к её центру. После этого бобины автоматически обвязываются ровницей для закрепления намотки; ровница при этом делает несколько оборотов по центру намотки. Устройство для автоматической обвязки бобин полезно для предотвращения их случайного разматывания при хранении и транспортировке. Затем рычаги бобинодержателей опускаются (рис. 1.74, а) и ровница обрывается.

Далее с помощью пневматического управления бобинодержатели разжимаются, высвобождая бобину, которая опускается в накопитель и далее под машину на конвейер (рис. 1.74, б). Одновременно в бобинодержатели устанавливаются пустые катушки. Дозатор пустых катушек

Витебский государственный технологический университет

состоит из магазина, имеющего вместимость, рассчитанную на 4 съёма ровницы, распределителя катушек и цепного конвейера для их перемещения к позиции заправки.

Пустые катушки прижимаются к накатным валам (рис. 1.74, в), после чего происходит заправка ровницы за счет разряжения воздуха, создаваемого между патрубками особого профиля и перфорированными катушками. После намотки нескольких (закрепительных) слоёв ровницы на низкой скорости машина переходит на рабочую скорость. Одновременно подъёмный механизм поднимает и выгружает бобины с ровницей в задней части машины на высоте, удобной для обслуживания оператором или роботом-манипулятором.

Аналогичным образом работают и автоматические съёмники ровничных машин других компаний.

На рисунке 1.75 представлена принципиальная схема ровничной машины FRC 300S (Cognetex).

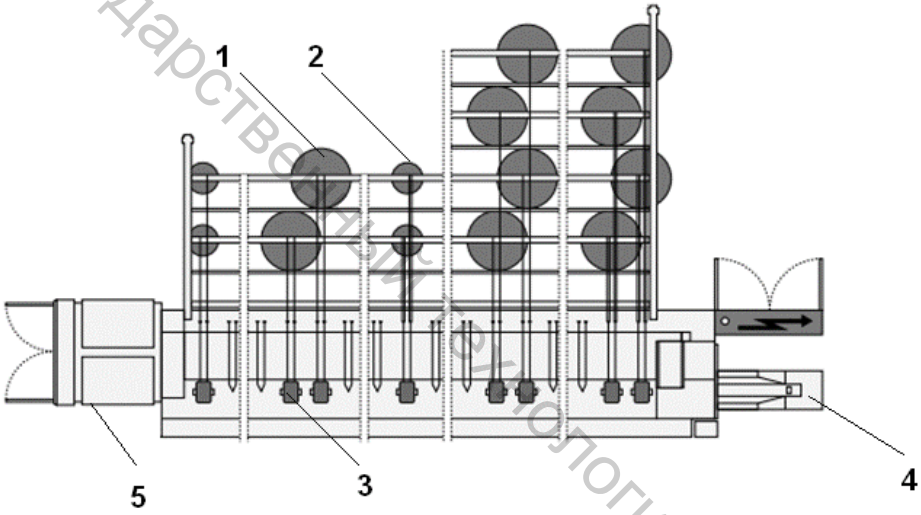


Рисунок 1.75 – Принципиальная схема ровничной машины FRC 300S (Cognetex): 1 – заправка машины при питании двумя лентами из одного таза; 2 – заправка машины при питании двумя лентами из двух тазов; 3 – зона намотки двух ровниц на одну бобину; 4 – зона выгрузки полных бобин с ровницей; 5 – зона подачи пустых катушек

Ровничная машина модели FM20P (NSC-Schlumberger) оснащена выпускным устройством в виде лентоукладчика для укладки двух или четырёх ровниц в один таз. Такие машины применяются для питания ровницей высокоскоростных прядильных машин, например – аэродинамических, фрикционных или самокруточных. Машина оснащена горизонтальным вытяжным прибором и позволяет выпускать ровницу из шерстяных или длинных химических волокон линейной плотностью от 500 до 2500 текс на скорости до 220 м/мин. Она также может использоваться как предварительный переход при получении очень тонкой шерстяной пряжи.

Витебский государственный технологический университет

1.18.6 Управление ровничной машиной и её производительность

Контроль и управление параметрами работы современной ровничной машины осуществляется с интерактивного дисплея. Микропроцессор управляет следующими основными параметрами работы:

- скорость выпуска ровницы;
- длина ровницы на бобине;
- вытяжка;
- разводка в зоне вытягивания;
- линейная плотность ровницы;
- степень сучения.

Также на дисплее отображается время, затраченное на съём катушек с ровницей, КПВ машины и возникшие в процессе работы неисправности. В памяти программы сохраняются настройки для определенного ассортимента ровницы, которые легко применяются к аналогичной партии.

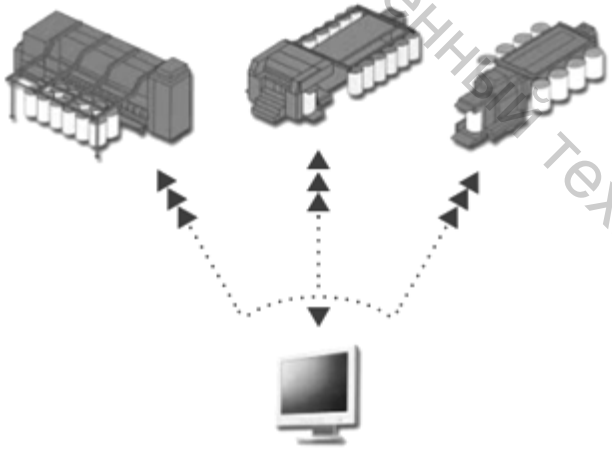


Рисунок 1.76 – Управление параметрами работы оборудования

Все машины ленточно-ровничного отдела могут быть подключены в единую сеть (рис. 1.76) для централизованного управления и контроля параметров, поступающих из цеха с помощью специальных протоколов связи. Также с помощью специальных приложений можно в режиме онлайн подключить любой контроллер машины к Internet через сеть мобильной связи GSM для оказания сервисной помощи.

Управление натяжением ленты между шпулярником и вытяжным прибором, вытяжным прибором и сучильными ремешками, сучильными ремешками и устройством намотки происходит при помощи одного редуктора.

Для упрощения монтажа и последующего технического обслуживания ровничные машины RF5/a и RF5/b (Sant'Andrea Novara) собраны из отдельных модулей – вытяжных приборов, сучильных рукавов и устройства намотки. Это позволяет увеличить КРО машины и её производительность.

Витебский государственный технологический университет

Фактическая производительность ровничной машины для сучёной ровницы рассчитывается по следующей формуле, кг/ч:

$$P = \frac{v \cdot T \cdot a \cdot 60 \cdot КПВ}{10^6}, \qquad (1.35)$$

где v – скорость выпуска, м/мин; T – линейная плотность ровницы, текс; a – количество выпускаемых ровничных нитей; $КПВ$ – коэффициент полезного времени.

С учетом показателей технико-экономической эффективности перспективными являются следующие направления повышения производительности ровничных машин для шерсти:

- повышение скорости выпуска ровницы до 300 м/мин и более;
- применение вертикальных вытяжных приборов высокой вытяжки с двумя ремешками или валиками Беш;
- использование вытяжных приборов для переработки волокон с длиной более 250 мм;
- совершенствование вытяжного прибора за счет увеличения нагрузки на вытяжную пару;
- применение в вытяжном приборе трёх уплотнителей мычки;
- автоматическое изменение разводки;
- применение вариаторов для плавного изменения скорости рабочих органов;
- применение автоматических съёмников наработанных паковок;
- оснащение машины электрическими самоостановами при обрыве ленты и ровницы, наработке съёма;
- оснащение машины системой пневмоотсоса пыли от вытяжного прибора и сучильных рукавов, оборвавшейся мычки;
- оснащение машины передвижным пухообдувателем, непрерывно производящим очистку основных рабочих зон и пола возле машины;
- использование для изготовления машины высокопрочных материалов, обладающих повышенными антистатическими свойствами, что позволяет повысить скорость выпуска и облегчает обслуживание ровничных машин;
- снижение шума за счёт применения гибких передач;
- маркировка бобин с ровницей при съёме;
- автоматическое управление параметрами технологического процесса, контроль за наработкой партии и характеристиками ровницы.

Витебский государственный технологический университет

1.19 Ровничные машины для льна

Целью получения льняной ровницы является создание сравнительно тонкого (1,5 ктекс и менее) продукта, равномерного по линейной плотности, который можно было бы подвергнуть без разрушения отварке, отбеливанию и крашению, транспортированию и подаче на прядильную машину без повреждений. Для приготовления льняной ровницы применяются ровничные машины, которые вытягивают поступающую на них ленту, подкручивают тонкую мычку и наматывают получившуюся ровницу на двухфланцевую катушку.

В прядении льна в настоящее время всё мокрое прядение базируется на использовании кручёной ровницы. В сухом же прядении на кольцевых машинах, которые имеют вытяжные приборы высокой вытяжки, используется безровничное прядение, при котором машина питается лентой из тазов.

Основное отличие ровничных машин для льна – это наличие гребенных полей в вытяжном приборе, предназначенных для дальнейшего разрушения комплексов технических волокон, удаления костры, распрямления и параллелизации элементарных волокон.

В льнопрядении применяются как подвесные рогульки, так и рогульки, приводимые во вращение посредством веретён. Машины с подвесными рогульками позволяют повысить частоту вращения рогулек и, следовательно, обеспечить более высокую производительность.

Фирма Zhejaing Golden Eagle (КНР), являющаяся приемником английской компании Bridge Mackie Textile International, выпускает ровничные машины для переработки льняных волокон моделей FX401A, FX401B, FX402.

Модель FX402 применяется для малых паковок с ровницей. Эта машина перерабатывает ленту с заключительной ленточной машины. Линейная плотность вырабатываемой ровницы 330÷1200 текс.

Технологическая схема ровничной машины FX402 представлена на рисунке 1.77. Лента из тазов *16* проходит через направляющие ролики *15*, которые принудительно выбирают её из тазов, направляющий гребень *17*, который является датчиком контроля обрыва ленты, и поступает в вытяжной прибор через направляющую воронку *14*.

Вытяжной прибор однозонный и состоит из питающей пары, выпускной пары и гребенного поля с падающими гребнями. Питающая пара состоит из двух стальных цилиндров *12* и *13*, причём диаметр цилиндра *13* несколько больше диаметра цилиндра *12*. Сверху на них лежит нажимной валик *11* (жокей). Лента при заправке огибает жокей сверху (рис. 1.78, а). За счет большой длины льняных волокон и зажима их одновременно цилиндрами *12* и *13*, валик *11* плотно прижимается к вытяжным цилиндрам, предотвращая этим проскальзывание волокон в пи-

Витебский государственный технологический университет

тающей паре. Питающие цилиндры вытяжного прибора непрерывно очищаются от пыли и налипших волокон валиками *18*. Вытяжная пара состоит из нажимного валика *7* и цилиндра *8* меньшего диаметра для уменьшения длины неконтролируемого пространства между гребенным полем и выпускной парой. Нагрузка на выпускную пару пружинная. Гребенное поле *10* приводится в движение червячным гребенным механизмом. Число падений гребней в минуту увеличено за счёт применения трехзаходных червяков. Гребенное поле представляет собой плоские двухрядные гребни с острыми иглами, которые движутся друг за другом в направлении выпускной пары. Скорость движения гребенного поля на 3÷5% больше скорости питающей пары для создания необходимого натяжения волокон. Попадая передним кончиком в зажим выпускной пары, волокна начинают двигаться быстрее и протаскиваются через гребни, при этом происходит интенсивное расщепление оставшихся в мычке технических волокон. Расстояние *A* между последним гребнем и выпускной парой (рис. 1.78, а) постоянно меняется, что вызывает периодическую неровноту от вытягивания в ровнице.

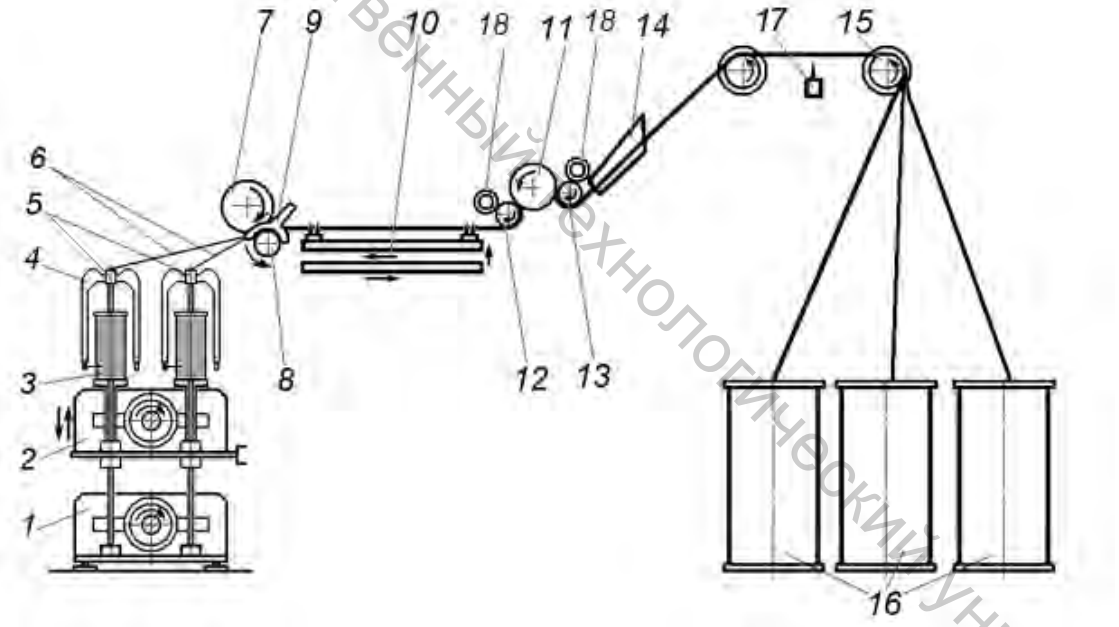
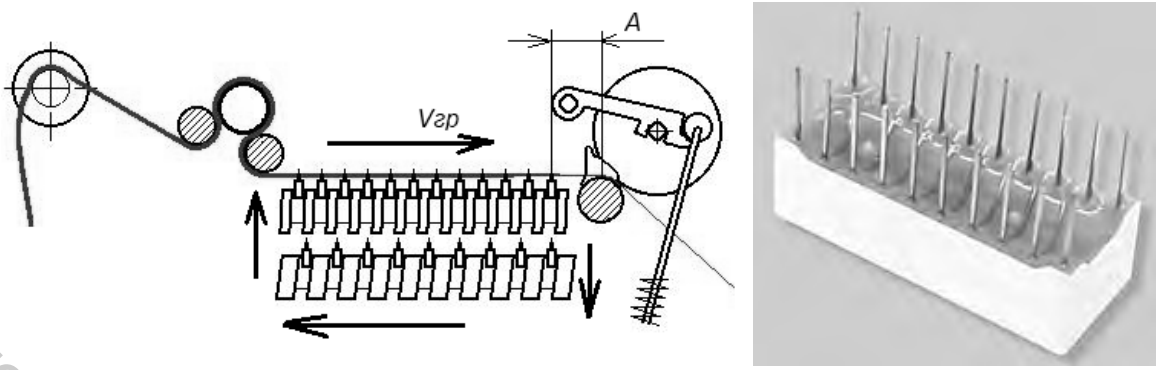


Рисунок 1.77 – Технологическая схема ровничной машины марки FX402

После вытяжного прибора мычка уплотняется в воронке *9*. Затем ровница *6* поступает в глазок рогульки *5* и получает крутку. Проходя полую ветвь рогульки *4*, полученная ровница наматывается на катушку *3*. Рогульки, установленные на веретёна, получают вращение от нижней каретки *1*, а катушки – от верхней каретки *2*. Для обеспечения стабильной намотки и увеличения вместимости катушки ровница наматывается на двухфланцевые катушки. Форма намотки цилиндрическая, поэтому размах движения катушечной каретки *2* не изменяется.

Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 1.78 – Гребенное поле ровничной машины для льна

Технические характеристики ровничной машины FX402 представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Техническая характеристика ровничной машины FX 402

Характеристика	Значение
Линейная плотность ровницы (текс)	330÷1200
Вытяжка	8,34÷12,51
Кручение, кр./м	29÷41
Направление крутки	Z (правое)
Опережение переднего питающего цилиндра над задним	1,3%
Давление нажимного валика, кг	5,5
Частота вращения рогулек, мин$^{-1}$	677, 731, 782, 833, 887
Количество головок	15
Количество веретён	120
Число веретён в головке	8
Шаг рогулек (мм)	190,5
Расстояние между рядами рогулек	184,81
Разводка между вытяжными парами (мм)	550
Ширина передней воронки, мм	12,7
Перемещение катушечной каретки, мм	300
Диаметр переднего (вытяжного) цилиндра, мм	Ø38,1
Диаметр заднего питающего цилиндра, мм	Ø37,5
Диаметр переднего питающего цилиндра, мм	Ø38
Диаметр нажимного валика питающего цилиндра, мм	Ø54
Диаметр нажимного валика выпускного цилиндра, мм	Ø80-200
Размеры катушек, мм	280×Ø140×Ø38

Изменение частоты вращения катушек и скорости катушечной каретки в соответствии с условиями наматывания осуществляется с по-

Витебский государственный технологический университет

мощью вариатора скорости в виде конических барабанчиков. Для сложения скоростей применяется дифференциальный механизм.

Увеличение КПВ машины, её производительности происходит по следующим направлениям:

1. Автоматическое управление работой машины.

Электрическая система управления машиной обеспечивает автоматический возврат ремня коноидов в исходное положение, работу смазочного насоса по заданной программе. Также можно автоматически настроить заданную длину ровницы на катушке, предварительное уведомление о достижении заданной длины, период смазки, время смазки, время запуска и время задержки полных катушек. На сенсорном экране высвечиваются данные о скорости подачи ленты, скорости выпуска, вытяжке, величине крутки, заданной длине ровницы на катушке, текущей длине ровницы, частоты вращения рогулек и другим параметрам. Для контроля прохождения лент имеются три фотодатчика.

2. Совершенствование конструкции гребенного поля.

Для перемещения гребней в вытяжном поле рекомендуется использовать трёхзаходные червяки. Пульсация гребенного поля при падении гребней при переработке очёса и других коротких волокон имеет большое значение и значительно влияет на периодическую неровноту ровницы от вытягивания. Поэтому следует стремиться к минимальному шагу гребней – 9,5 мм и менее. При уменьшении шага между гребнями уменьшается пульсирование неконтролируемого пространства между гребенным полем и выпускной парой и уменьшается число пороков ровницы – шишек. Уменьшение длины гребня позволяет повысить их скорость и частоту вращения рогулек до 1100 мин$^{-1}$.

3. Совершенствование конструкции вытяжных приборов.

Применение пневматической нагрузки на выпускную пару позволяет улучшить зажим волокон и их разделение на элементарные.

4. Применение подвесных рогулек и механизма поворота катушечной каретки для облегчения снятия съема. Замена зубчатых передач зубчатыми ремнями для снижения уровня шума в цехах.

На современных производствах стремятся всю ровницу, которая идёт для выработки пряжи, ранее подвергавшейся отварке, отбеливанию или крашению, подвергать соответствующей химической обработке. Химическая обработка ровницы, кроме того, позволяет восполнить недостаточное разрушение клеящего комплекса при мочке, пропаривании или декортикации соломы льна.

Учеными установлено, что метод химической обработки (отварки, отбеливания и крашения) ровницы более выгоден, чем ранее применявшиеся процессы химической обработки пряжи с точки зрения технико-экономических и эргономических показателей. Необходимо стремиться к тому, чтобы вся пряжа мокрого прядения вырабатывалась из

Витебский государственный технологический университет

предварительно химически обработанной ровницы, чтобы была полностью ликвидирована химическая обработка пряжи и необходимая для этого перемотка пряжи в бобины и сушка пряжи после химической обработки. Пряжа мокрого прядения должна повергаться сушке на прядильных паковках и в таком виде передаваться в ткацкое производство.

Химическая обработка ровницы производится на перфорированных ровничных катушках, которые изготавливают из полипропилена или нержавеющей стали (рис. 1.79).

Процесс химической обработки ровницы ведут в аппаратах периодического действия по заданной программе. Процессы щелочной и окислительной варки, а также глубокое отбеливание проводят дифференцированно для ровницы из разных волокон в зависимости от стойкости клеящего комплекса и количества не целлюлозных примесей, имеющихся в ровнице.

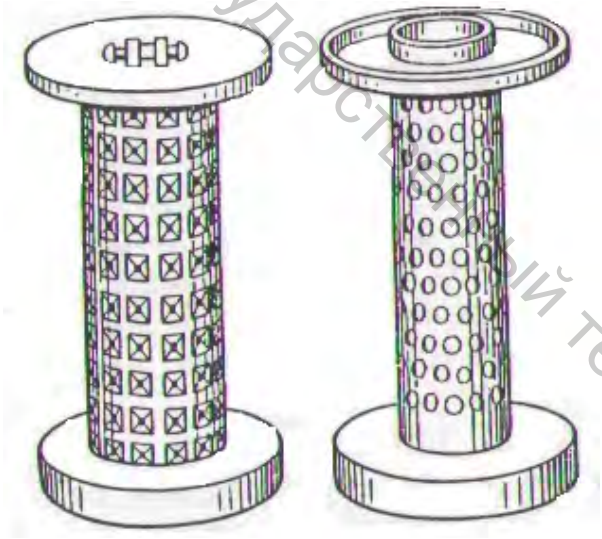


Рисунок 1.79 – Перфорированные ровничные катушки

В результате химического воздействия на технические волокна резко ослабляются связи между волокнистыми комплексами в процессе вытягивания, идет значительно более интенсивное дробление. Это позволяет успешно перерабатывать волокно с устойчивым клеящим комплексом – грубое, перестойное, недолежалое, мочецовое или даже с совершенно не нарушенными связями – зеленый луб. Возможность усиления дробления позволяет вырабатывать более тонкую пряжу из обычных сортов льна.

Удаление большого количества примесей до прядения позволяет резко улучшить условия труда и условия работы деталей прядильной машины. Температура воды в корыте может быть около 30 °С, т. е. наиболее благоприятной с точки зрения гигиены труда.

В последние годы разработан и внедряется метод глубокого отбеливания ровницы с использованием хлорита натрия или других хлорсодержащих соединений, позволяющий почти полностью разрушить клеящий комплекс срединных пластинок, соединяющих волокна.

Витебский государственный технологический университет

2 ПРЯДЕНИЕ. КОЛЬЦЕВЫЕ ПРЯДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Кольцепрядильная машина была изобретена американцем по имени Джон Торп в 1828 году. В первоначальной конструкции отсутствовал один из основных элементов машины – бегунок, функцию которого выполняли два кольца: одно неподвижное, а другое – вращающееся за счёт натяжения нити, наматывавшейся на веретено. Дженк – другой американец, добавил бегунок, вращающийся по кольцу, в 1830 году. За прошедший более чем 170-летний период кольцепрядильная машина претерпела значительные изменения в деталях, но основная концепция осталась прежней.

В настоящее время в мире установлено около 277 млн веретен различных способов прядения (рис. 2.1).

Из них на долю кольцевого способа прядения приходится 83% (традиционное прядение 64%, компактное 19%), т. е. 230 млн веретен. На другие способы прядения приходится: 3% – пряжа аэродинамического прядения, 14% – пневмомеханическая. По ассортименту перерабатываемых волокон доминирующая позиция остаётся за хлопковыми волокнами (рис. 2.2).

Рисунок 2.1 – Распределение установленной мощности по технологиям прядения в 2018 г.

До недавнего времени считали, что развитие кольцевого способа прядения приостановилось, тогда как другие способы прядения, в частности пневмомеханический, фрикционный и аэродинамический, продолжают активно совершенствоваться. Однако в последние годы отмечено оживление активности в производстве кольцевой пряжи. Это связано с несколькими факторами.

Главным из них является появление устройств безузлового соединения концов пряжи, что позволило сагрегировать кольцевые прядильные машины с мотальными автоматами. Важным побочным эффектом такого агрегирования является возможность повышения частоты вращения веретён за счет уменьшения размеров початка и диаметра колец.

Другим, но менее заметным фактором, явился мировой экономический рост, который способствовал повышению требований к качеству продукции, особенно в области модной одежды. Стало использоваться больше волокон улучшенного качества, повысился спрос изготовителей

Витебский государственный технологический университет

модных тканей на пряжу малой линейной плотности. Для выработки высококачественной пряжи кольцевой способ пока не имеет конкурентов. Кольцевой способ прядения является эталонным способом, на который ориентируются все другие способы прядения. Качество и прочность кольцевой пряжи, а также широкий диапазон линейных плотностей нельзя получить никаким другим способом, несмотря на то, что преимуществами новых способов прядения являются более высокие скорости и более низкая себестоимость производства.

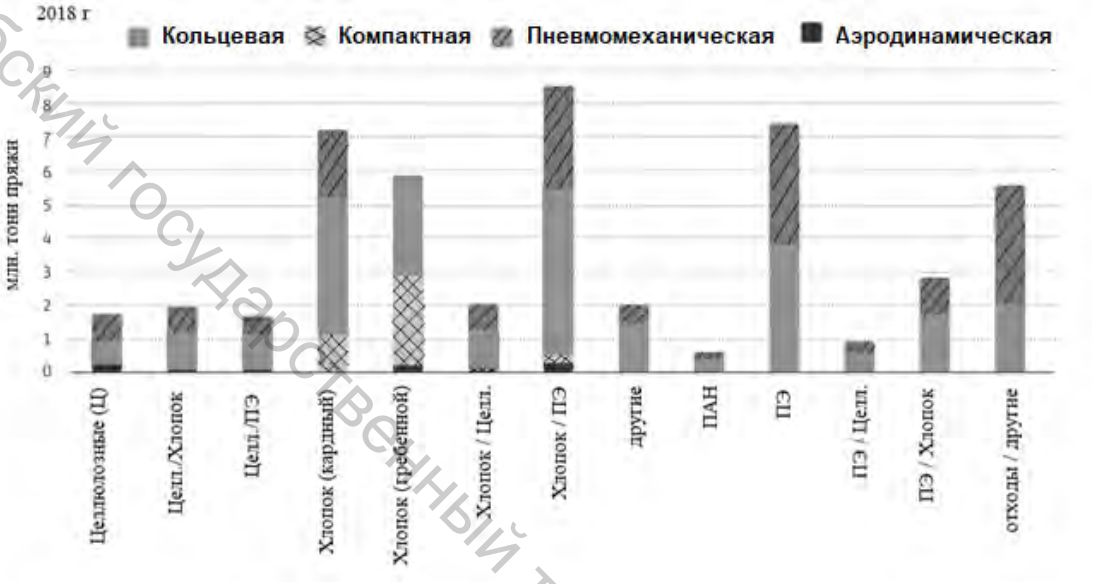


Рисунок 2.2 – Ассортимент перерабатываемых волокон в различных технологиях прядения

Рисунок 2.3 – Стоимость структурных расходов в кольцевом прядении

Кроме прочего, кольцевое прядение является и самым затратным в структуре прядильного производства, его затраты в общей структуре себестоимости пряжи достигают 60% (рис. 2.3). В связи с повышенным вниманием к кольцевому прядению ведущие фирмы вкладывают значительные инвестиции в исследования в области усовершенствования кольцевых прядильных машин, выходящие за рамки простого создания автоматических систем смены паковок и управления параметрами процесса.

Витебский государственный технологический университет

2.1 Общее устройство и работа кольцевой прядильной машины

Целью прядения является получение из ровницы или ленты пряжи, удовлетворяющей определенным требованиям в отношении линейной плотности, разрывной нагрузки, равномерности, разрывного удлинения, чистоты, гладкости и других свойств.

Сущность процессов, осуществляемых на кольцевой прядильной машине, состоит в том, что поступающий в машину полуфабрикат утоняется до заданной линейной плотности путём вытягивания, приобретает определенную структуру и необходимую прочность посредством кручения, а затем пряжа наматывается на паковку, удобную для транспортировки и дальнейшей переработки.

В настоящее время на этих машинах вырабатывают всю пряжу малой линейной плотности (5÷15,4 текс), пряжу для технических тканей и часть пряжи средней (15÷50 текс) и большой линейной плотности (50÷100 текс).

Зарубежными производителями предлагается следующая классификация линейной плотности пряжи: грубая (более 40 текс), средней тонины (40÷16 текс), тонкая (16÷7,5 текс), очень тонкая или супертонкая (7,5÷2 текс).

Кольцевые прядильные машины имеют большое число однотипных рабочих мест, расположенных вдоль машины по обеим её сторонам. Из-за значительной длины машины выполняются секционными.

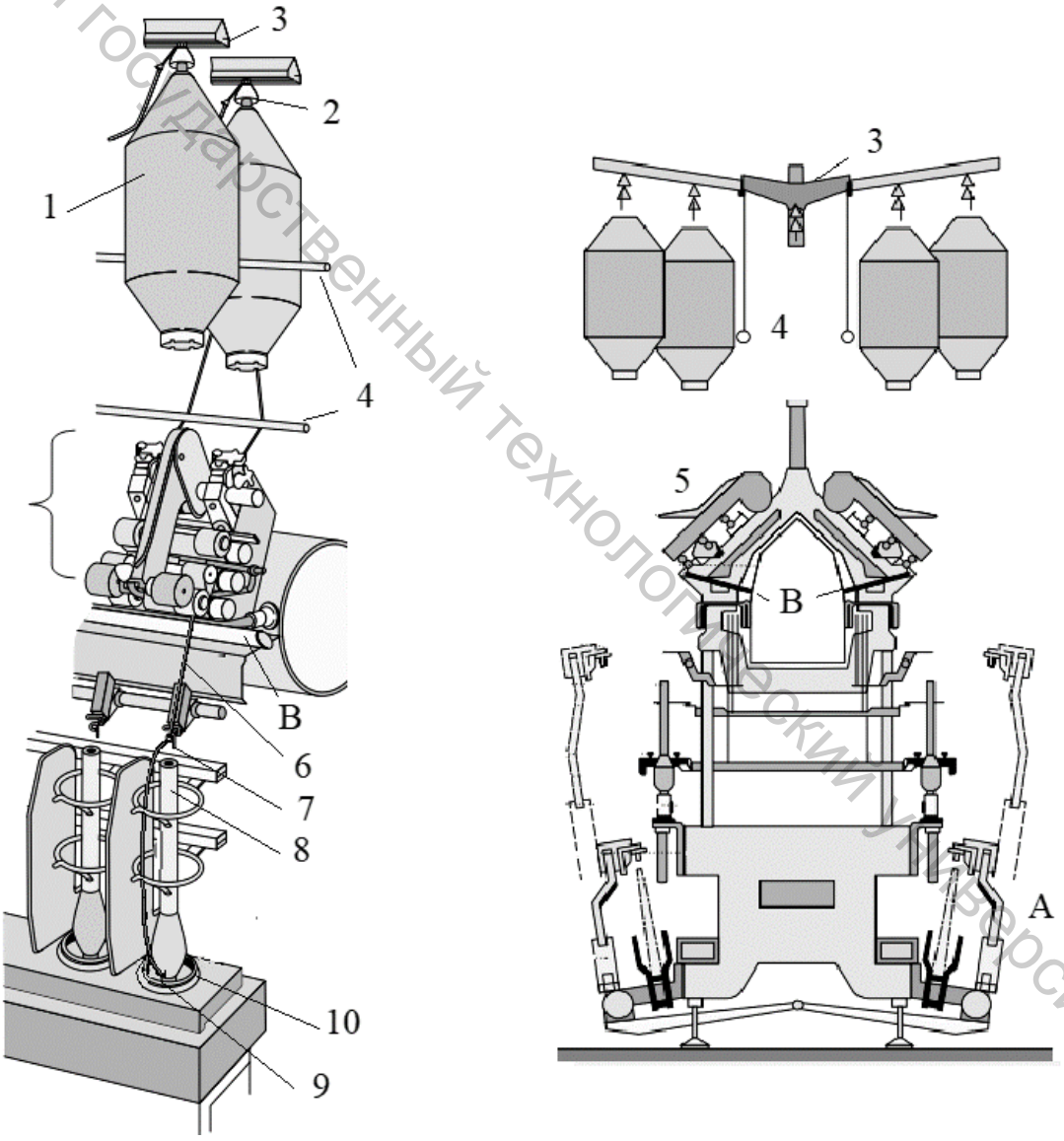
Кольцевые прядильные машины отличаются конструкцией питающих устройств, вытяжного прибора, веретён, типом патронов, типом и размером колец, бегунков, а также расстоянием между веретенами (РМВ) и величиной подъёма кольцевой планки. Отличия имеются и в конструкциях привода машины и мотального механизма.

Прядильная машина двусторонняя. Катушки с ровницей *1* вставляются в держатели *2,* установленные в ровничной рамке *3* (рис. 2.4). Ровница, сматываясь с катушки, огибает направляющие прутки *4* и поступает в вытяжной прибор *5.* Здесь ровница утоняется до требуемой линейной плотности и выходит из прибора в виде мычки *6* – узкой ленточки из распрямлённых и параллельно расположенных волокон. Мычка скручивается под действием вращающегося веретена *8* с плотно надетым на него патроном, при этом мычка движется через глазок нитепроводника *7,* центрирующего продукт над осью веретена, и заправляется под бегунок *9,* перемещающийся по поверхности кольца *10*, закреплённого на кольцевой планке. Пряжа, намотанная на патрон при вращении его с веретеном, тянет за собой бегунок, который вращается по кольцу. При непрерывной подаче нити вытяжным прибором к веретену бегунок под действием сил трения о кольцо отстаёт во вращатель-

Витебский государственный технологический университет

ном движении вокруг веретена от последнего. Вследствие этого нить непрерывно наматывается на патрон.

Кольцевая планка перемещается вверх и вниз, распределяя витки пряжи по поверхности намотки по заданной программе, формируя паковку с пряжей – початок. Веретёна приводятся в движение от тесьмы, либо от тангенциального ремня. После наработки полной паковки машина останавливается, паковки заменяют пустыми патронами, одновременно закрепляя на них концы нитей, остающихся на каждом веретене, и процессы возобновляются. Съём паковок осуществляется с помощью автосъёмника початков *А*. При обрыве мычки в процессе прядения она автоматически засасывается в пневматический мычкоуловитель *В,* установленный под каждым выпуском вытяжного прибора.



а б

Рисунок 2.4 – Кольцевая прядильная машина:
а – технологическая схема; б – общий вид

Витебский государственный технологический университет

Прядильные машины для хлопка и смесей с химическими волокнами выпускаются следующими фирмами: Rieter (Швейцария), Marzoli (Италия), Toyota (Япония), Zinser/Saurer (Германия), Suessen (Германия), Jingwei Textile Machinery Co (Китай), Lakshmi machine works limited (Индия). В таблице 2.1 приведены технико-экономические показатели работы этих машин.

Развитие конструкции кольцепрядильных машин проводится по следующим направлениям:

- оптимизация траектории движения пряжи;
- совершенствование конструкции вытяжных приборов;
- разработка колец и бегунков новой улучшенной геометрии;
- разработка новых материалов для изготовления колец и бегунков;
- совершенствование конструкции и привода веретён;
- применение автоматических регуляторов частоты вращения веретён;
- прецизионное регулирование скорости рабочих органов машины;
- агрегирование прядильных машин с ровничными и мотальными машинами;
- автоматизация процесса прядения и вспомогательных операций;
- увеличение скоростных параметров работы машины;
- снижение уровня шума машины, уменьшение выделения пуха и пыли;
- расширение ассортимента выпускаемой пряжи.

2.2 Питание машины ровницей

Питающее устройство в виде рамки предназначено для установки катушек с ровницей и хранения её запасов. По расположению катушек различают рамки одноярусные однорядные, 2-, 3-, 4-, 5- и 6-рядные (рис. 2.5). Однорядные чаще используются на прядильных машинах для шерсти и льна.

Конструкция рамок должна обеспечивать следующее:

– возможность регулирования её габаритов;

– возможно меньшую высоту для удобства обслуживания;

– достаточную освещенность рабочего места;

– доступ к любой катушке для её смены;

– удобство для обмахивания и автоматической чистки самой рамки и других внешних частей машины;

– меньшую поверхность, на которой возможно накопление пуха;

– легкое вращение катушек для сматывания ровницы без излишнего натяжения и без ложной вытяжки.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.1 – Технико-экономические показатели кольцепрядильных машин для хлопка

Фирма	Marzoli		Zinser/ Saurer		Toyota	Rieter	Jingwei TM Co	Lakshmi MWL	
Страна	Италия		Германия		Япония	Швейцария	Китай	Индия	
Модель	MP1N	MDS2	ZR 72 XL	ZR 71	RX300	G38	JWF1589	LRJ/9A	LRJ/9S
РМВ, мм	70; 75		68; 75; 75	68; 75	70; 75	70; 75	70	70	
Длина волокна, мм	до 60		до 54		до 51	до 63	до 60	до 60	
Линейная плотность пряжи, текс	59÷118	1,68÷150	3,7÷94 (хлопок) 5,9÷59 (химические волокна и смеси)	3,6-59 (хлопок) 7,3÷19,6 (химические волокна и смеси)	2÷590	4,5÷160	4,86÷ 36	2,9÷49 (хлопок) 4,9÷42 (смеси) 4,9÷36 (химические волокна)	
Крутка, кр./м	160÷2210		200÷2100		200÷2300	200÷3000	230÷3000	260÷2550	
Вытяжка	7,5÷80		15÷85		10÷80	10÷80	10÷60	до 60	до 100
Диаметр кольца, мм	36÷54		36÷54	36÷48 (без CoWeMat)	36÷53	36÷51	38÷45	36÷45	
Высота патрона, мм	180÷260		180÷260	180÷230	180÷230	180÷250	160, 180	160÷210	160÷190
Максимальное число веретен, шт.	1824		2016 (шаг 68,75мм) 1848 (шаг 75мм)	1440	1824	1824 (шаг 70 мм)1632 (шаг 75мм)	1824	1824	
Частота вращения веретён, мин$^{-1}$	до 25000		до 26000	до 25000	до 25000	до 25000	до 25000	до 25000	
Привод ремень на	4 веретена	96 веретён	96 веретён		4 веретена				
Габаритные размеры, мм: длина при максимальном числе веретён									
с автосъёмником	71300		76850	54890	74260	69625	39660	-	
ширина:									
по остову	1140		1146	851	1140	1586 (с ROBOspin)	830	-	
Опции	Фасонная, высокорастяжимая, комбинированная, Siro пряжа		Фасонная, в т.ч. многоцветная пряжа		Фасонная, компактная, высокорастяжимая пряжа	Фасонная, комбинированная, Siro	Фасонная пряжа	Фасонная, в т.ч. многоцветная, Siro пряжа	

Витебский государственный технологический университет

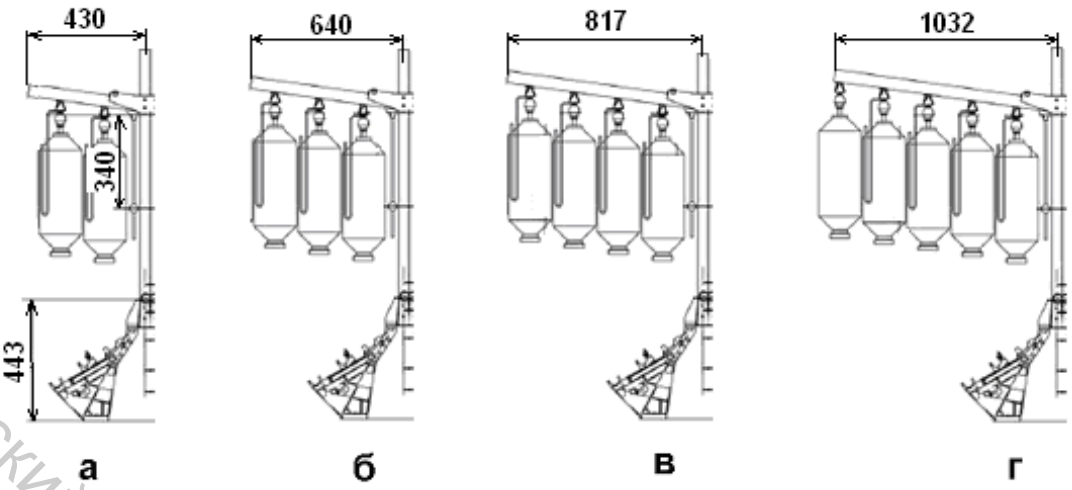


Рисунок 2.5 – Способы установки ровницы в питающей рамке прядильной машины модели G35 (Rieter):
а – двухрядная; б – трёхрядная; в – четырёхрядная; г – пятирядная

Ровница разматывается с катушки вследствие непрерывного поступления её в задний зажим вытяжного прибора. При этом на участке от прутка рамки до вытяжного прибора ровница испытывает натяжение:

$$P_1 = P \cdot e^{\mu\varphi}, \qquad (2.1)$$

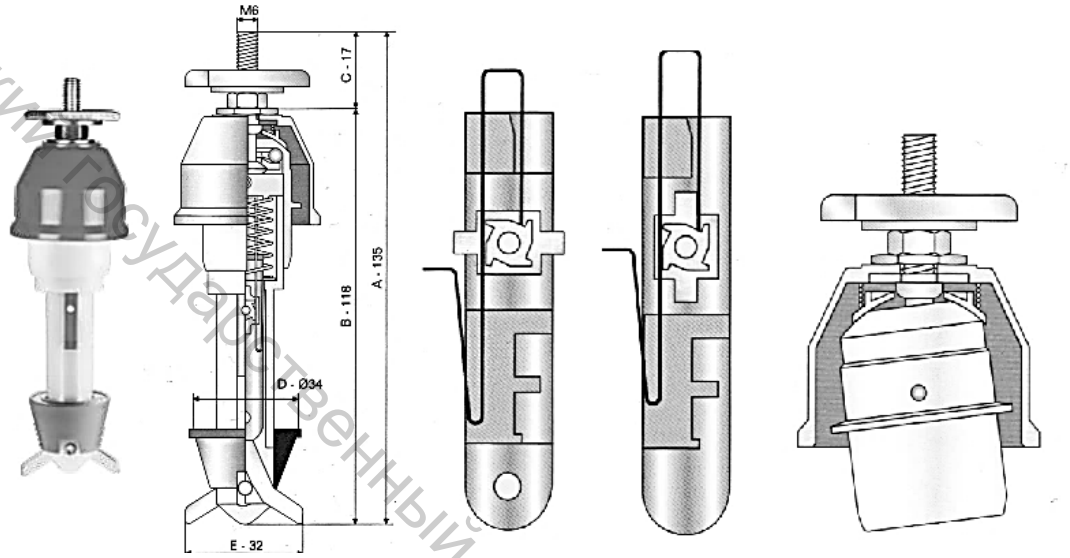
где P – сила натяжения ровницы между катушкой и прутком; e – основание натуральных логарифмов; μ – коэффициент трения ровницы о пруток; φ – угол обхвата направляющего прутка ровницей, градусы.

Натяжение P зависит от массы ровницы на катушке, массы пустой катушки, коэффициента трения в держателе катушки, диаметра катушки в момент сматывания, угла схода ровницы с катушки. При прочих равных условиях сила P больше при сматывании крайних верхних и нижних витков. Она будет наименьшей при угле схода ровницы с катушки $\alpha = 90°$. Сила P_1 натяжения ровницы между прутком и вытяжным прибором больше при сматывании нижних витков ровницы. Чтобы натяжение P_1 ровницы после огибания ею прутка при сматывании верхних и нижних витков катушки было по возможности одинаковым, направляющий пруток для ровницы устанавливают примерно на уровне ⅓ высоты намотки, считая снизу. Этот уровень обоснован и теоретическими исследованиями, и практическим опытом.

Рассмотрим конструкцию держателя-подвески катушек фирмы Autotex (Индия). Катушка с ровницей устанавливается на держателе-подвеске (рис. 2.6, а), который зафиксирован на питающей рамке. Держатель-подвеска (рис. 2.7, б) полностью закрыт для защиты от попада-

Витебский государственный технологический университет

ния пуха, изготовлен из специального антистатического материала, имеет систему сферических стальных подшипников. Конструкция является самосмазывающейся и имеет плавное вращение. Механизм храповика обеспечивает надёжное снятие и надевание катушки путём давления пружины на собачку храповика (рис. 2.7, в, г): положение *в* показывает удержание катушки, положение *г* – освобождение. Усилие, прилагаемое при снятии и надевании катушки, не влияет на систему подшипников. Разработчики гарантируют 20 лет эксплуатации держателя.



а б в г д

Рисунок 2.6 – Держатель-подвеска Autotex
и её структурные элементы

Внутренняя тормозная система работает по принципу сферической центровки (рис. 2.6, д) и не допускает вращения катушки быстрее, чем сматывание ровницы, обеспечивает плавное и постоянное вращение катушки с постоянным тормозным усилием в любом ряду питающей рамки весь цикл сматывания.

Рисунок 2.7 – Четырёхточечный фиксатор

Держатель снабжен четырехточечным фиксатором катушки (рис. 2.7), который подходит для любой системы транспортировки катушек. Фиксатор обеспечивает:

- стабильную фиксацию паковки для равномерной подачи ровницы;
- подходит для широкого спектра ровничных катушек с различным внутренним профилем в соответствии с международными требованиями;

Витебский государственный технологический университет

• крепление A Stable обеспечивается четырёхточечной фиксацией даже для бобин, имеющих повреждения во внутреннем отверстии;

• система подвески гасит удары и предотвращает повреждение ровницы при ручном/механическом управлении транспортировки бобин.

Для обеспечения натяжения ровницы при сматывании компания Autotex разработала держатель с тормозной системой – MBS (рис. 2.8). В этом держателе тормозное усилие может быть выбрано в соответствии с требуемыми параметрами поворотом головки до нужного положения индикатора (табл. 2.2).

Рисунок 2.8 – Тормозная система катушек MBS

Таблица 2.2 – Положения тормозных колодок

Тормозные колодки	Линейная плотность ровницы, текс	Натяжение
1 – зелёный	330 текс и менее	очень слабое
2 – красный	333÷500	лёгкое
3 – жёлтый	500÷1000	среднее
4 – серый	более 1000	высокое

Дополнительно, для обеспечения постоянного натяжения ровницы при сматывании верхних и нижних витков с катушки, в питающей рамке машины устанавливают примерно на уровне ⅓ высоты намотки, считая снизу, нитенаправительный пруток. Этот уровень обоснован теоретическими исследованиями и практическим опытом.

2.3 Основные типы вытяжных приборов кольцевых прядильных машин

Как известно, различают вытягивание первого рода (натяжение) и вытягивание второго рода (смещение волокон друг относительно друга). Вытяжка первого рода невелика: вследствие малой разницы в скоростях питания и выпуска продукт натягивается, волокна в нём не-

Витебский государственный технологический университет

сколько распрямляются, но не смещаются, необратимого сдвига волокон не происходит. Чем больше вытяжка первого рода, тем большее усилие необходимо приложить к продукту для его растяжения.

Вытяжка второго рода приводит к смещению волокон и при прекращении вытягивания продукт не может вернуться в исходное состояние – он становится длиннее и тоньше. При этом в отличие от вытяжки первого рода, чем больше вытяжка второго рода, тем меньшее усилие потребуется для смещения волокон, тем меньше сила вытягивания.

Так, при вытягивании ровницы, имеющей в поперечном сечении 1000 волокон, в два раза потребуется извлекать из каждого сечения $\frac{1000}{2} = 500$ волокон, а при вытягивании той же ровницы в четыре раза – $\frac{1000}{4} = 250$ волокон, и усилие для извлечения из общей массы 250 волокон вместо 500 потребуется меньшее. Кривая зависимости усилий вытягивания от вытяжки показана на рисунке 2.9.

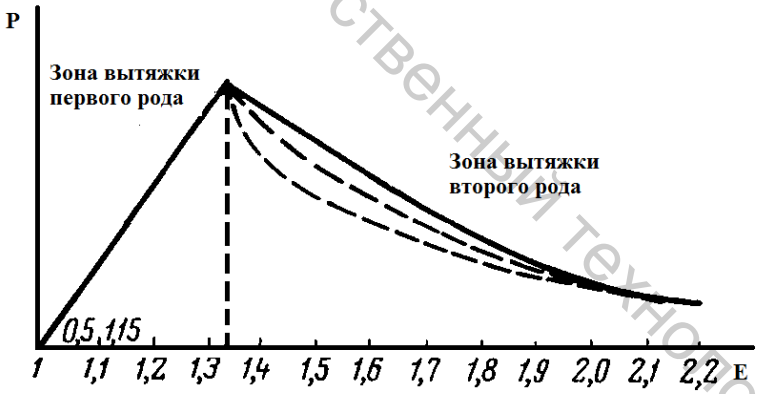


Рисунок 2.9 – Кривая зависимости усилий вытягивания от вытяжки

Как видно из рисунка, сначала усилие вытягивания растёт по закону прямой линии – продукт натягивается, но не разрушается (вытяжка первого рода). Затем наступает критический момент (ему соответствует на кривой наивысшая точка).

При дальнейшем увеличении вытяжки продукт растягивается, т. е. нарушаются контакты между волокнами, волокна смещаются (вытяжка второго рода). Далее при увеличении вытяжки усилия вытягивания снижаются. Исследования показали, что в вытяжных приборах старых конструкций вытяжка в задней зоне была равна критической, соответствующей наивысшей точке кривой – границе между вытяжкой первого и второго рода, т. е. наихудшей из всех возможных частных вытяжек. Следовательно, при малейших колебаниях толщины ровницы при вытягивании, продукт будет или протаскиваться без вытягивания в следующую зону (при утолщении), или легко и в большей степени случайно утоняться (при утонении); процесс будет неустойчивым, а продукт неравномерным; на машинах возникнет высокая обрывность. Поэтому частную вытяжку в задней зоне стали снижать до 1 (1,05÷1,08 вместо 1,35) или повышать до 1,9÷2,1. В обоих случаях, как это видно на ри-

Витебский государственный технологический университет

сунке 2.9, при отходе от зоны неустойчивого вытягивания уменьшаются усилия вытягивания.

В процессе своего развития вытяжные приборы кольцевых прядильных машин претерпели много изменений, и в настоящее время на фабриках применяются различные типы и варианты вытяжных приборов в зависимости от свойств перерабатываемого волокна и назначения пряжи. По принятой классификации различают:

– трёхцилиндровые и многоцилиндровые приборы (по числу цилиндров);

– двухзонные, многозонные и однозонные вытяжные приборы (по числу активных зон вытягивания);

– двухремешковые, одноремешковые и безремешковые приборы;

– с прямым или изогнутым полем вытягивания;

– по величине вытяжки: на приборы сверхвысокой вытяжки (более 120÷200), приборы высокой вытяжки (20÷120) и приборы малой вытяжки (ниже 18÷20, вплоть до 10÷12);

– компактного или обычного прядения.

По величине вытяжки разделение приборов условное. В частности, прибор одной и той же конструкции, но выполненный с большей точностью, может обеспечивать более высокую вытяжку, сохраняя при этом требуемую равномерность и прочность пряжи. Чем больше допускаемая вытяжка, тем толще может быть поступающий полуфабрикат (например, лента вместо ровницы).

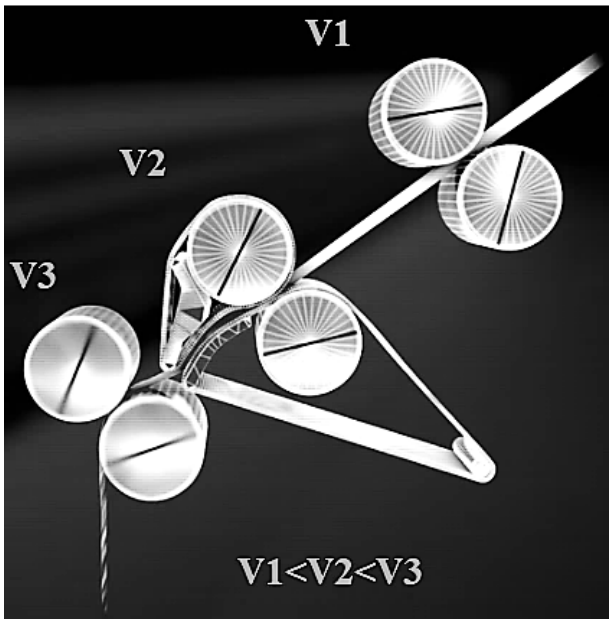


Рисунок 2.10 – Принципиальная схема вытяжного прибора 3×3

Наиболее распространённым является трехцилиндровый двухремешковый вытяжной прибор 3×3, принципиальная схема которого представлена на рисунке 2.10.

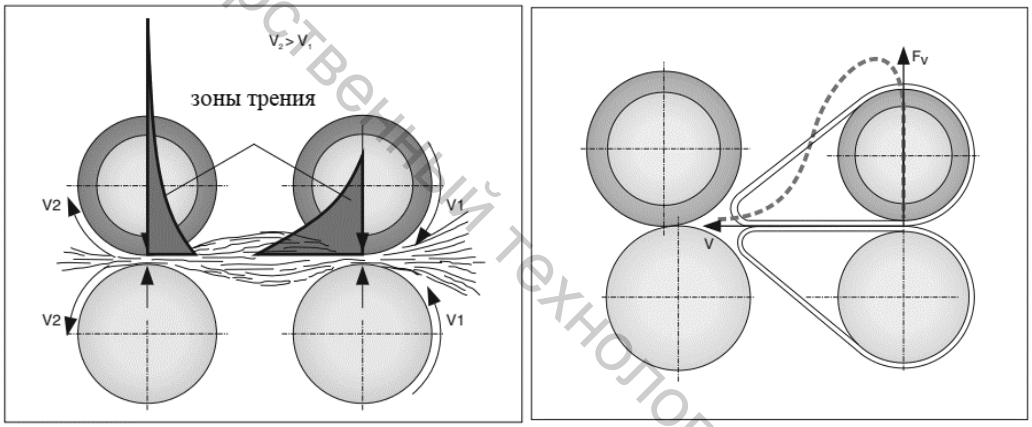
Наличие ремешков позволяет лучше контролировать волокна в активной зоне вытягивания. Две пары за счёт прижима друг к другу создают необходимое трение волокон за счёт давления прижима (рис. 2.11). Уплотнение волокон, вызванное этим давлением, имеет не только вертикальный эффект, но распространяется в обе стороны мычки.

Витебский государственный технологический университет

Оба поля трения не должны перекрываться, но и не должны находиться слишком далеко друг от друга. Поле трения выпускной пары (V_2) должно быть коротким и сильным (рис. 2.11, а), чтобы из мычки вытягивались только зажатые волокна.

Высокая степень параллельности волокон, достигаемая предыдущими этапами вытяжки и благодаря крутке ровницы, приводит к тому, что трение между волокнами на линии зажима мычки все ещё остается высоким.

При установке ремешков сила вытягивания вначале значительно возрастает (рис. 2.11, б). Она достигает максимума, когда первые волокна начинают двигаться и статическое трение превращается в кинетическое. Этот процесс происходит в основной зоне между двумя ремешками. Когда начинают двигаться все волокна, сила вытягивания снова значительно уменьшается. Это условие достигается в передней области обоих ремешков до линии зажима пары передних валиков. Межволоконное трение в этой области очень низкое.



а б

Рисунок 2.11 – Силы вытягивания в зоне активной вытяжки

Наибольшее распространение в хлопкопрядении получил трёхцилиндровый двухзонный двухремешковый вытяжной прибор фирмы SKF (Швейцария) (рис. 2.12). Вытяжной прибор SKF с рычагом нагрузки РК 2600 имеет три линии рифлёных стальных цилиндров *8, 5* и *12*. Цилиндры разных рядов имеют различное рифление. На питающих и выпускных цилиндрах выполнено наклонное рифление, которое обеспечивает плавное вращение цилиндров и хороший зажим волокон. На среднем цилиндре выполнено ромбическое рифление «рыбья чешуя», которое обеспечивает хорошее прижатие и меньшее проскальзывание нижнего длинного ремешка *11*.

Биение вытяжных цилиндров не превышает 0,001 мм. На переднем и заднем цилиндрах установлены нажимные валики *1* и *6* с эла-

Витебский государственный технологический университет

стичными покрытиями. На средний цилиндр *5* надет длинный ремешок *11*, огибающий профильную планку Ri-Q-bridge *13*. На валик *4* надет короткий ремешок *3*. Длинный ремешок натягивается под действием натяжителя *10*, расположенного на прутке *9*. Оптимизированная траектория движения нижнего и верхнего ремешков обеспечивает хороший контроль за движением волокон, позволяет уменьшить неконтролируемое пространство и количество плавающих волокон в основной зоне вытягивания.

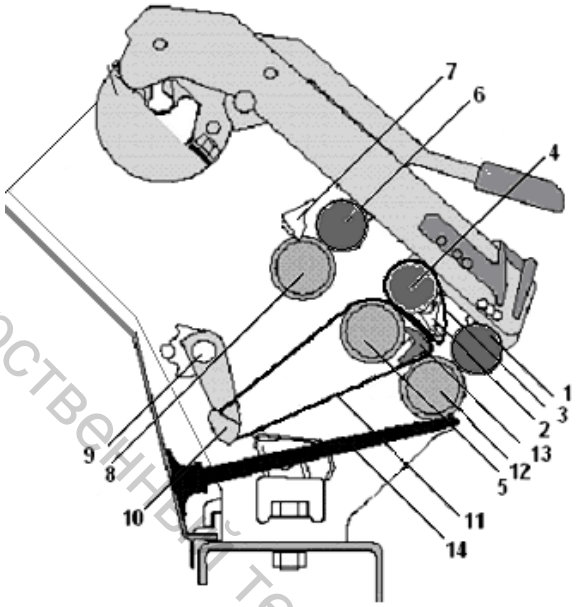


Рисунок 2.12 – Вытяжной прибор фирмы SKF (Швейцария)

Ось выпускного валика *1* смещена относительно оси цилиндра *12* на несколько миллиметров для уменьшения дуги обтекания пряжей выпускного цилиндра. Промежуточная вытяжная пара образована средним цилиндром *5* с нижним длинным ремешком и нажимным валиком *4* с верхним коротким ремешком. Верхний ремешок огибает клеточку *2*. Ось среднего валика *4* смещена назад относительно оси цилиндра *5*. На входе вытяжного прибора установлена уплотнительная воронка *7*. Под вытяжным прибором установлен пневматический мычкоуловитель *14*.

Общая вытяжка в вытяжном приборе новой конструкции может быть повышена до 80 без ухудшения качества пряжи. Это позволяет вырабатывать пряжу большого диапазона линейных плотностей из одной и той же ровницы, что облегчает переналадку ровничных машин.

Значение вытяжки в основной зоне вытягивания, а также величину нагрузки на вытяжные цилиндры можно изменять нажатием кнопки на пульте управления машиной. Нагрузка на линии нажимных валиков пневматическая или механическая пружинная. В вытяжном приборе можно перерабатывать смеси из 100% хлопка, смеси хлопка с химиче-

Витебский государственный технологический университет

скими и льняными волокнами, а также смеси из 100% химических волокон. Техническая характеристика вытяжного прибора SKF представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Техническая характеристика вытяжного прибора SKF

Характеристика	Величина
Общая вытяжка	до 80
Длина перерабатываемого волокна, мм	25÷45
Диаметры цилиндров, мм: передний средний задний	 32 27 32
Диаметры валиков (по покрытию), мм	28/25/28
Нагрузка на валики, Н: передняя линия/средняя линия/задняя линия	 100/100/150
Разводки, мм между передним и средним цилиндром между средним и задним цилиндром	 49 60-80

2.3.1 Рычаги нагрузки на вытяжные приборы

Фирма Saurer выпускает рычаги нагрузки для вытяжных приборов типа SKF, которые могут быть установлены на прядильных машинах для хлопчатобумажных, шерстяных, химических волокон и их смесей. Рычаги Saurer могут быть оснащены системой пневматической или пружинной нагрузки.

Рисунок 2.13 – Рычаг нагрузки серии РК 2600 SE 2600

Рычаг нагрузки РК 2600 SE предназначен для переработки хлопковых, искусственных волокон и их смесей с длиной волокон до 60 мм (рис. 2.13). SE в маркировке рычага обозначает съёмный элемент (single element) для независимо работающих элементов нагрузки на каждый валик. Рычаг РК 2630 SEH может быть установлен на прядильных машинах с шестигранными опорными валами, например, он установлен на всех кольцепрядильных машинах Rieter. Рычаги нагрузки серии РК 3000 с пневматической нагрузкой верхних валиков предназначены для трехцилиндровых двухремешковых вытяжных приборов.

Витебский государственный технологический университет

Общая вытяжка в таких вытяжных приборах достигает 50. Рекомендуемые значения вытяжки для приборов типа РК3000 приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Рекомендуемые вытяжки для разных типов волокон

Общая вытяжка	Тип волокон
12-20	Очень короткие хлопковые волокна
20-35	Кардный хлопок
20-40	Гребенной хлопок
25-45	Смеси хлопка и химических волокон
25-50	100% химические волокна

В предварительной зоне вытягивания рекомендуется устанавливать вытяжку 1,15÷1,3. Если ровница имеет высокую крутку или это продукт из синтетических волокон с высоким трением между волокном, то вытяжка в предварительной зоне устанавливается максимальной, если же ровница имеет малую крутку, то – минимальной.

Для прядения особо тонкой пряжи, или для прядения с высокой общей вытяжкой фирма Saurer рекомендует рычаги РК 2055 и РК 2065. В этом случае возможна вытяжка в задней зоне более 1,3, а общая вытяжка до 80. Выбор же величины предварительной вытяжки лучше осуществлять экспериментальным путём. Для рычагов типа 2055 и 2065 рекомендуемые значения вытяжки представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Рекомендуемая вытяжка для рычагов РК2055 и 2065

Тип волокон	Общая вытяжка	Вытяжка в предварительной зоне
Хлопок	до 50	1,15-1,3
Искусственные волокна	50-70	1,3-1,6
Смеси	более 70	1,6-1,8

Активная зона вытягивания имеет разводку в зависимости от применяемого типа клеточки верхнего ремешка. Например, РК 3025-1257 300 выпускают с клеточкой ремешка типа ОН 2022 для коротковолокнистого хлопка, синтетических волокон и их смесей с длиной до 45 мм; с клеточкой типа ОН 2042 – для длинноволокнистого хлопка и синтетических волокон с длиной до 54 мм; с клеточкой типа ОН 1225 – для синтетических волокон длиной до 60 мм. Характеристики клеточек для валиков диаметром 25 мм представлены в таблице 2.6.

Клеточки этой серии обладают следующими преимуществами:

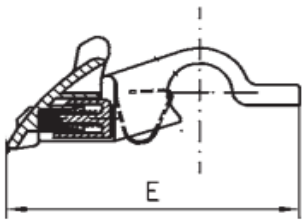
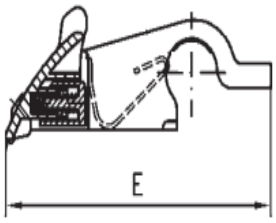
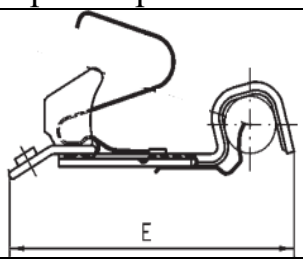
• ремешки можно заменять без демонтажа, т. е. целым узлом;

• индивидуальное натяжение ремешка с помощью подвижных направляющих обеспечивает меньшую нагрузку на волокно;

• низкий коэффициент трения обеспечивает длительный срок службы.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.6 – Характеристика клеточек для верхних ремешков

		
Тип ОН 2022, Е=51,4 мм	Тип ОН 2042, Е=58,7 мм	Тип ОН 1225, Е=67,7 мм

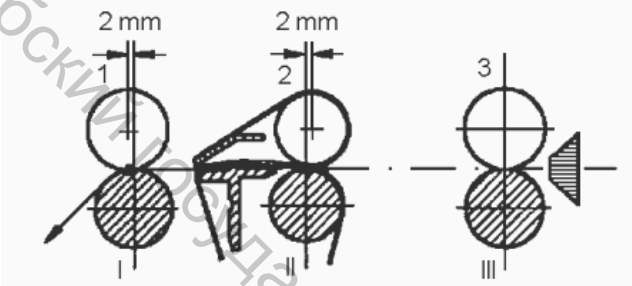


Рисунок 2.14 – Смещение валиков относительно цилиндров

При монтаже вытяжного прибора ось выпускного валика должна быть смещена относительно оси цилиндра на 2 мм вперед (по ходу движения продукта), а ось среднего валика – на 2 мм назад (рис. 2.14). Прижим валиков к цилиндрам в РК 3000 создается системой сжатого воздуха (рис. 2.15), интегрированной в опорную штангу.

Установка давления выполняется централизованно на пневматическом блоке. Нагрузку на валики можно регулировать бесступенчато и централизованно давлением воздуха, в зависимости от вида перерабатываемого волокна. Благодаря пневматической пружине в рычаге нагрузки рабочее давление преобразуется в механическую нагрузку на опору непосредственно через прижимные пластины отдельных элементов рычага. В большинстве случаев достаточно рабочего давления от 1,7 до 2,0 Бар. В случае переработки химических волокон и их смесей давление может быть увеличено от 2,2 до 2,5 Бар.

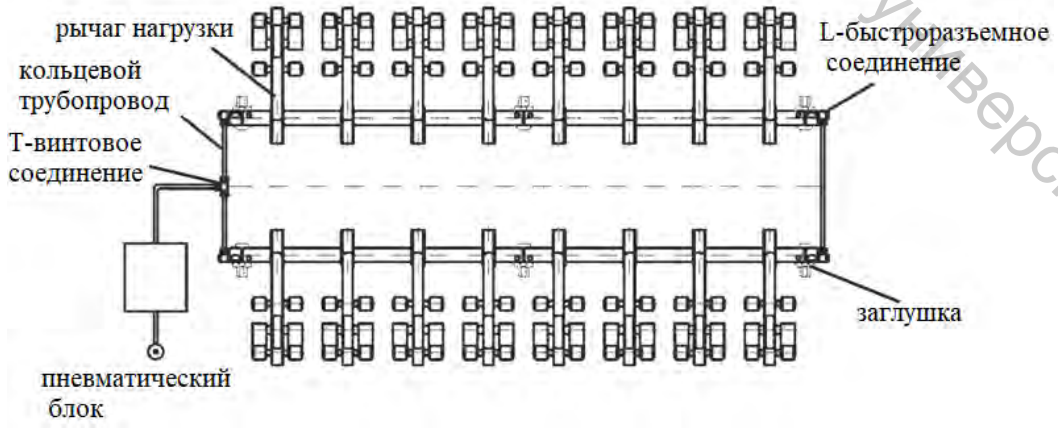


Рисунок 2.15 – Система подачи воздуха в рычаги серии РК 3000

Витебский государственный технологический университет

Рычаг РК6000 (3-цилиндровый 2-ремешковый) предназначен для переработки шерстяных волокон, химических волокон и их смесей, а также лубяных волокон сухого прядения длиной до 200 мм. В зависимости от типа подготовки в вытяжной прибор можно подавать кручёную или сучёную ровницу. Внешний вид, конструктивные особенности и техническая характеристика рассмотренных вытяжных приборов представлены на рисунке 2.16 и в таблице 2.7.

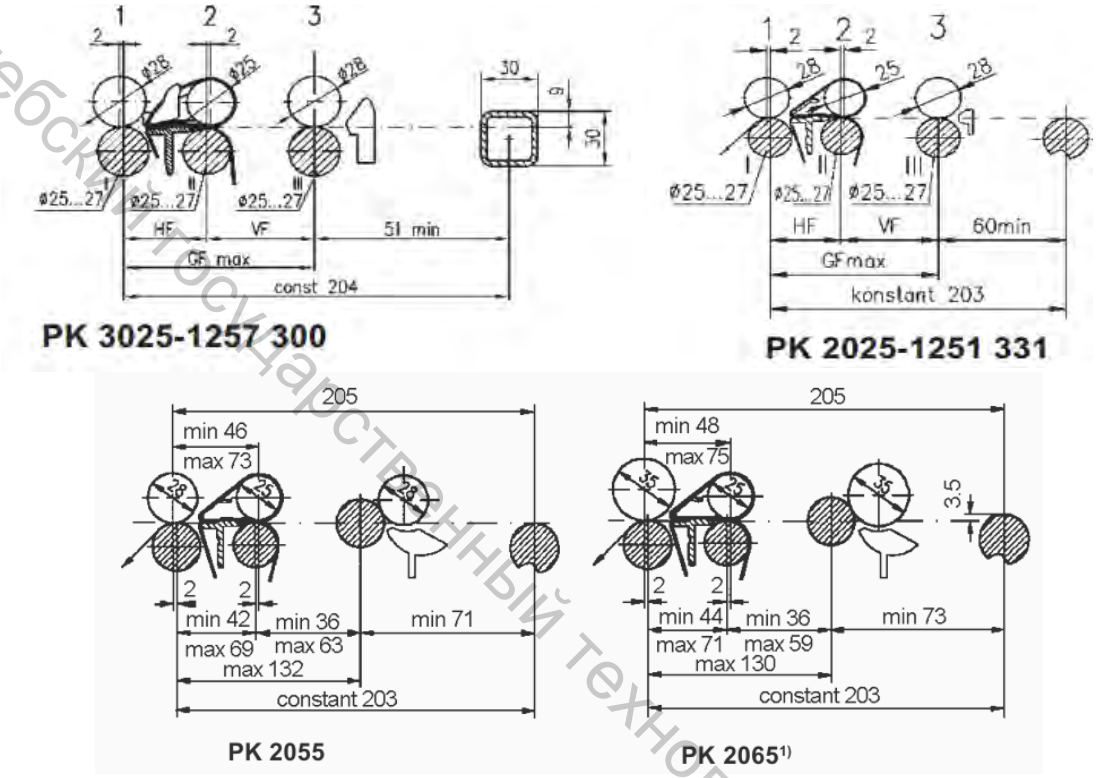


Рисунок 2.16 – Вытяжные приборы серии РК

Для рычагов с пружинной нагрузкой РК 2000 возможна регулировка нагрузки на переднюю пару вытяжного прибора. Установка четырёх различных нагрузок осуществляется с помощью эксцентрикового переключателя с помощью установочного ключа. Нагрузку можно определить по цвету кода на переключателе, который виден в отверстии на передней направляющей (рис. 2.17). На среднюю и заднюю пару нагрузка выставляется за счёт поворота эксцентрикового механизма.

Рисунок 2.17 – Установка пружинной нагрузки рычага РК 2000

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.7 – Характеристика вытяжных приборов серии РК

Тип рычага	Клеточка верхнего ремешка	Разводка в зоне HF (активная зона), мм	Разводка в зоне VF min, мм	Разводка в зоне GF max, мм	Максимальная длина волокна, мм	Нагрузка на пару, Н
РК 3025	ОН 2022	44	41*	153	45	передняя пара 115÷205 средняя пара 100÷160 задняя пара 120÷160
	ОН 2042	53			54	
	ОН 1225	68			60	
РК 3035	ОН 2022	46			45	
	ОН 2042	55			54	
	ОН 1225	70			60	
РК 2025	ОН 2022	44	34*	143	45	передняя пара 100, 140, 180 средняя пара 100, 140 задняя пара 120, 160
	ОН 2042	53			54	
	ОН 122	68			60	
РК 2035	ОН 2022	46			45	
	ОН 2042	55			54	
	ОН 122	70			60	
РК 2055	ОН 2022	44	36*	132	45	передняя пара 100, 140, 180 средняя пара 100, 140 задняя пара 180
	ОН 2042	53			54	
	ОН 122	68			60	
РК 2065	ОН 2022	46		130	45	
	ОН 2042	55			54	
	ОН 122	70			60	

* *разводка может меняться в зависимости от вида и длины волокна, от крутки ровницы*

Для производства хлопчатобумажной пряжи из ленты со второго ленточного перехода разработаны пятицилиндровые вытяжные приборы типа РК 1500 с двумя парами ремешков (рис. 2.18).

Вытяжной прибор состоит из двух секций: первая между парами 5 и 3 – зона предварительного вытягивания, вторая – между парами 3 и 1 – зона активной вытяжки. Нагрузка на вытяжные пары составляет:

- на пару 1 → 9-12-15 даН;
- на пару 2 → 10-15-20 даН;
- на пару 3 → 15-20-25 даН;
- на пару 4 → 10-15-20 даН;
- на пару 5 → 10-15-20 даН.

Линейная плотность перерабатываемой ленты 3÷6 ктекс. Общую вытяжку в таком приборе устанавливают:

- ≤200 – для кардной ленты из коротких хлопковых волокон;
- 150÷250 – для кардной ленты из средневолокнистого хлопка;
- 200÷350 – для гребенной ленты.

Витебский государственный технологический университет

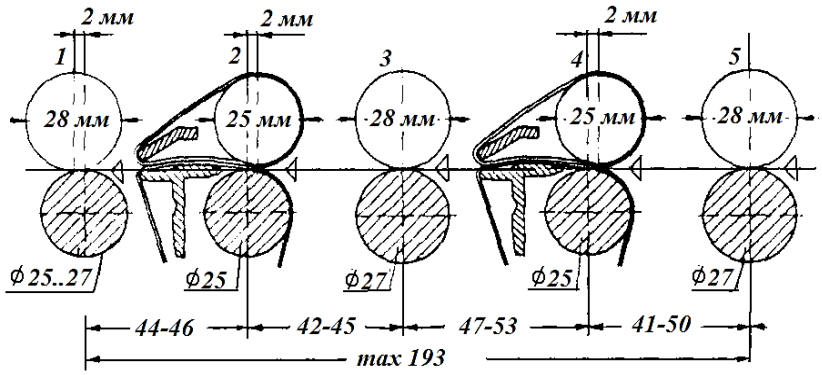


Рисунок 2.18 – Вытяжной прибор SKF PK 1500 для вытягивания ленты

Фирма Suessen выпускает вытяжные приборы серии HP, характеристика которых представлена в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Характеристики вытяжных приборов серии HP (Suessen)

Характеристики	Рычаг HP-A310/320
Тип вытяжного прибора	3-цилиндровый, 2-ремешковый
Вид волокна	все виды
Длина волокна	до 60 мм
Суммарная длина вытяжных полей	145 мм
Общая длина рычага нагрузки	max 205 мм
Расстояние от опорного вала до заднего валика	min 60 мм
Разводка в задней зоне вытягивания, min/max	31/101 мм
Разводка в передней зоне вытягивания, min/max	44/75 мм
Нагрузка на передний валик на средний валик на задний валик	 120 Н/160 Н или 172 Н/230 Н 120 Н или 140 Н или 170 Н 140 Н или 180 Н или 230 Н
Диметр переднего и заднего валика	28 мм
Диаметр среднего валика	25 мм

Разработчики вытяжного прибора отдельное внимание уделили пластинчатой пружине для натяжения и направления верхнего ремешка. Она выполнена из закалённой стали со специальным покрытием. Оптимизированная компьютером конструкция позволяет уменьшить трение между контактирующими элементами, снизить нагрузку на верхний валик, обеспечить движение верхнего ремешка без перекосов. Пластина позволяет перераспределить нагрузку на верхний валик по всей длине ремешка (рис. 2.19).

Витебский государственный технологический университет

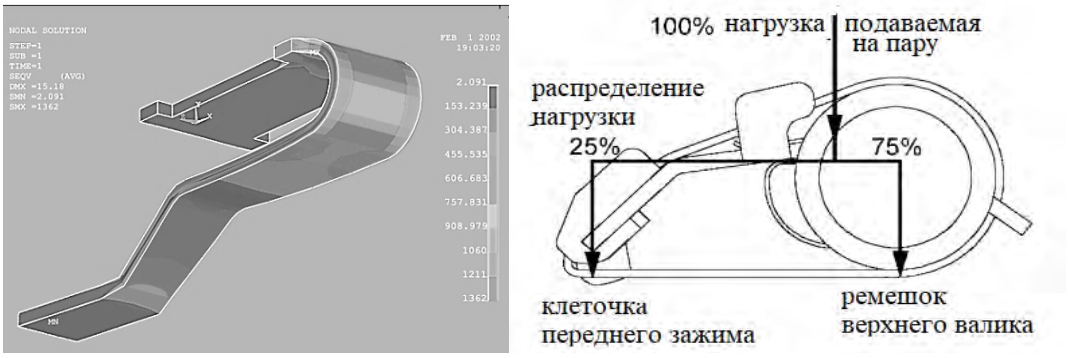


Рисунок 2.19 – Усиленная пружина для натяжения верхнего ремешка

2.3.2 Распорные клипсы

Разводка (зазор *X*) между верхним и нижним ремешками определяет контроль и направление волокнистого материала в этой зоне (рис. 2.20). Чем меньше *X*, тем ровнее получается пряжа. Однако при слишком малом зазоре возможен обрыв ровницы или образование участков с невытянутой ровницей. Выбор разводки *X* зависит от следующих параметров:

- вида перерабатываемых волокон;
- массы волокна в основной зоне вытягивания;
- линейной плотности ровницы и пряжи;
- типа клеточки верхнего ремешка;
- вида и размеров ремешка.

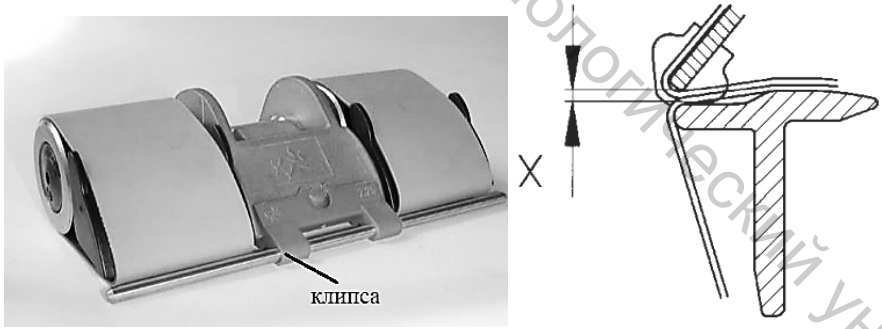


Рисунок 2.20 – Установка клипсы для регулирования разводки *X*

Для достижения оптимальных условий вытягивания разводку *X* регулируют с помощью распорных скоб – клипс, которые являются сменными и изготавливаются из износостойкого пластика. Клипсы изготавливают различной толщины; для удобства обслуживания их выпускают разного цвета.

Фирма Saurer предлагает клипсы в зависимости от типа используемого вытяжного прибора (табл. 2.9) и линейной плотности пряжи (табл. 2.10).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.9 – Рекомендации по выбору распорных клипс

Цвет клипсы	X, мм			
	Тип клеточки верхнего ремешка			
	ОН 2022 (короткий)	ОН 2042 (средний)	ОН 122 (длинный)	ОН 6022
красный	-	2,4	2,6	-
желтый	2,2	2,8	3,4	-
лиловый	2,5	3,2	3,4	-
белый	2,8	3,5	3,7	-
серый	3,3	4,0	4,2	-
черный	3,8	4,6	4,7	2,6
бежевый	4,8	6,0	5,7	3,7
зеленый	5,5	6,6	6,2	4,1
розовый	-	-	-	5,6
голубой	-	-	-	8,0

Таблица 2.10 – Рекомендации по выбору клипс

Линейная плотность пряжи		Цвет клипсы (размер X см. таблицу 2.18)					
		красный	желтый	лиловый	белый	серый	черный
		Тип клеточки верхнего ремешка – ОН 2022					
Ne	Nm						
6	10						
10	17						
20	34						
30	51						
40	68						
>40	>68						
Ne	Nm	Тип клеточки верхнего ремешка – ОН 2042					
6	10						
10	17						
20	34						
30	51						
40	68						
>40	>68						
Ne	Nm	Тип клеточки верхнего ремешка – ОН 122					
6	10						
10	17						
20	34						
30	51						
40	68						
>40	>68						

Фирма Suessen оптимизировала конструкцию клипсы. Разработанное устройство Pin Spacer NT устанавливается в основном поле вытягивания и способствует более закономерному движению волокон между ремешками.

Витебский государственный технологический университет

Данная конструкция позволила решить проблему разделения двух параметров настройки: «прижим ремешков» и «положение штифта». PIN Spacer NT состоит из двух компонентов:

– клипса Spacer NT (рис. 2.21) устанавливает зазор между передней кромкой клеточки верхнего ремешка и нижней клеточкой (разводку *X*);

– штифт с пластиковой насадкой PIN NT, которая крепится на клипсе с помощью специальной защёлки. Для предварительно выбранной разводки между ремешками вытяжного прибора предлагаются 5 различных насадок PIN NT разной высоты (рис. 2.22).

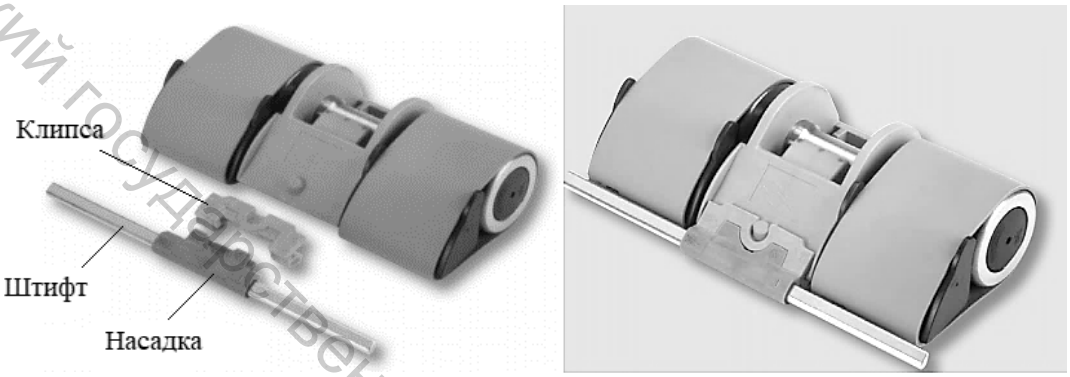


Рисунок 2.21 – Устройство Pin Spacer NT

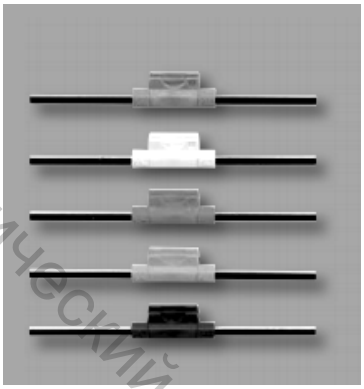


Рисунок 2.22 – Насадки PIN NT

Насадки PIN NT определяют прижим штифта к ремешкам. Благодаря овальному поперечному сечению штифта волокна предохраняются от набегания на него, а за счет наклона штифта волокна направляются к его нижней стороне. PIN Spacers NT могут применяться на всех вытяжных приборах Suessen. За счёт применения этого устройства уменьшается количество дефектов, связанных с неровнотой, а также улучшается разрывная нагрузка пряжи. Spacer NT рекомендуется для прядения 100% хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 29 текс и менее.

Также и на прядильных машинах фирмы Rieter, начиная с модели G36, вместо профильной планки Ri-Q-bridge установлена система Q-Package, которая состоит из двух элементов – планки специального профиля (рис. 2.23), на которую натягивается нижний длинный ремешок, и верхней клеточкиActive Cradle Package (ACP), на которую натягивается верхний короткий ремешок.

Витебскийгосударственныйтехнологическийуниверситет

Рисунок 2.23 – Профильная планка устройства Q-Package

Q-Package обеспечивает хороший зажим волокон между ремешками и максимальный контроль за движением коротких волокон между промежуточной и выпускной парами, обеспечивающий их движение по первой предельной схеме. Дополнительный контроль за движением коротких волокон осуществляется специальным штифтом, который вместе с распорной клипсой закрепляется на клеточке ACP.

Штифт позволяет в ещё большей степени уменьшить неконтролируемое пространство в основной зоне вытягивания. Установлено, что применение Q-Package для обычных кольцепрядильных машин и машин компактного прядения позволяет снизить количество дефектов, связанных с неровнотой, до 30%. Частота вращения веретён может быть увеличена до 10% без влияния на неровноту и ворсистость пряжи. Кроме того, возможно до 4% снизить количество коротких волокон, удаляемых при гребнечесании, без ухудшения качества пряжи, и сэкономить, таким образом, дорогостоящее сырьё. Q-Package выпускается в двух комплектациях: для хлопка и для химических волокон и смесей.

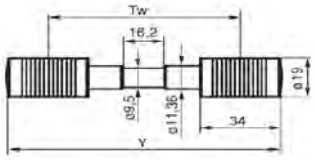
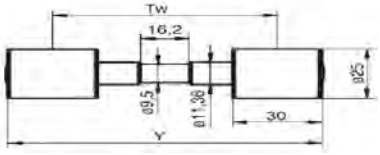
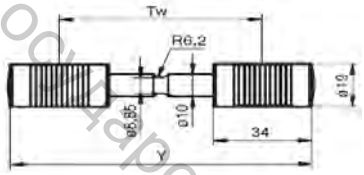
2.3.3 Валики и цилиндры вытяжного прибора

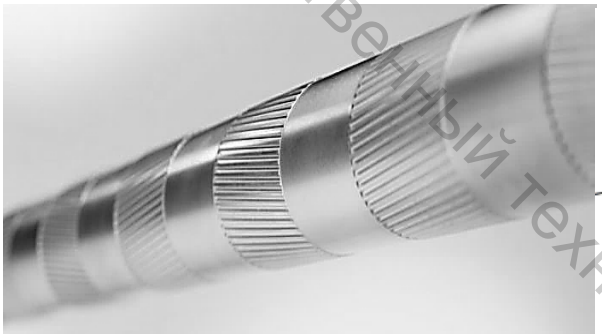
Для качественного процесса вытягивания все детали вытяжного прибора должны иметь оптимальные конструктивные параметры. Характеристики валиков фирмы Saurer без эластичных покрытий для хлопковых и химических волокон представлены в таблице 2.11.

Вытяжные цилиндры состоят из отдельных звеньев, соединённых посредством резьбы. На каждом звене имеются рифлёные тумбочки по числу выпусков. Рифления на поверхности цилиндра, расположенные под углом к оси вращения, способствуют меньшему износу эластичных покрытий валиков (рис. 2.24). Поскольку кольцевая прядильная машина имеет две стороны, то звенья цилиндров одной стороны имеют правую резьбу, другой – левую, чтобы при вращении они не развинчивались. Главное требование к цилиндрам – высокая точность их изготовления. Выполняются цилиндры из малоуглеродистой стали марки 10 или 15 с соответствующей термической обработкой или из стали 45 с поверхностной закалкой токами высокой частоты. Поверхность цилиндров должна быть высокой твёрдости.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.11 – Конструкция и маркировка валиков фирмы Saurer

Серия	Внешний вид	РМВ Tw, мм	Длина Y, мм	Нагрузка, Н	Примечание
LP1002		75 82,5	109 116,5	250	для серии РК 2000 2100, 2630 SE, 2630SEH, 3000
LP1003		68,4 75 82,5 90	98,4 105 112,5 120	250	для серии РК 2000, 2100, РК 3000 средний валик под ремешок
LP 302 со специальной седелкой		70 75 80 90	104 109 114 124	250	в качестве переднего, заднего и среднего валиков



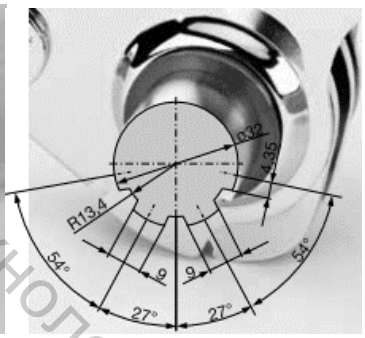


Рисунок 2.24 – Вытяжные цилиндры фирмы Rieter

Вытяжные цилиндры на машинах фирмы Rieter имеют диаметр 30 мм, вместо обычных 27 мм, для предотвращения наматывания мычки на цилиндр, особенно при переработке длинных волокон.

Эластичные ремешки предлагает фирма Bracker (Германия). Ремешки серии Berkol® подходят как для переработки 100% хлопка, так и для смесей с химическими волокнами (рис. 2.25).

Ремешки сериии I-HX8/U-HP и I-HX8/C-HP (Berkol) применяются в качестве нижних длинных и коротких для обычного или компактного прядения. Они изготовлены из антистатической искусственной резины для снятия образующего электростатического заряда. Срок их службы увеличен до 35% по сравнению с предыдущими сериями и составляет:

- 23÷25 месяцев для прядения хлопка и смесей с химическими волокнами для верхних и нижних длинных ремешков;
- 12÷14 месяцев для нижних коротких ремешков;
- 10÷12 месяцев для химических волокон.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 2.25 – Эластичные ремешки разных производителей

Увеличенный срок эксплуатации стал возможен за счёт:

• повышенной износостойкости за счет минимального сдавливания;

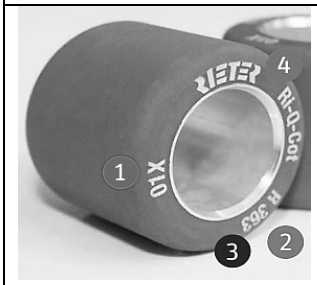
• высокой устойчивости к деформации поверхности. Быстрое извлечение волокон обеспечивает их оптимальный захват и контроль;

• повышенной прочности на разрыв и устойчивости к изгибу приводит к меньшему растрескиванию поверхности.

Втулки валиков имеют эластичное покрытие из синтетических материалов. Покрытия валиков и ремешки должны быть упругими, иметь малую жёсткость и большой коэффициент трения скольжения. Для равномерности зажима волокон толщина покрытий должна быть 4÷5 мм.

Эластичные покрытия Ri-Q-Cots (Rieter) имеют увеличенный срок службы и высокую износостойкость, отличаются высокой гибкостью в течение длительного времени и обеспечивают необходимую твёрдость по Шору даже после шлифовки поверхности (табл. 2.12).

Таблица 2.12 – Рекомендации по применению эластичных покрытий

Внешний вид	Серия	Цвет	Твёрдость по Шору	Применение
 1 – месяц и год изготовления; 2 – первая цифра после R, определяет серию; 3 – две последние цифры – твёрдость по Шору; 4 – логотип Rieter	Ri-Q-Cot R 363	фиолетовый	63	100% хлопок 3,7-21 текс; смеси 6,5-14,7 текс
	Ri-Q-Cot R 366	розовый	66	
	Ri-Q-Cot R 370	серо-зеленый	70	100% хлопок 21,8-29,5 текс; смеси 15,2-19,6 текс
	Ri-Q-CotR 375	тёмно-голубой	75	100% хлопок 31-59 текс; смеси 20,3-32,8 текс; 100% MMF 34,7-107,3 текс
	Ri-Q-CotR 383	серый	83	100% хлопок 107,3-65,5 текс; смеси 34,7-107,3 текс; 100% химические волокна 6,5-32,8 текс

Витебский государственный технологический университет

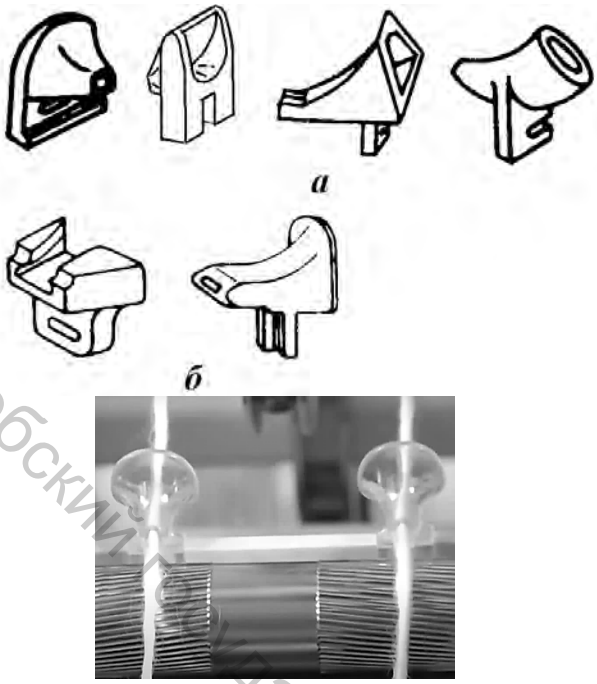


Рисунок 2.26 – Уплотнители ровницы (водилки)

Фирма SKF предлагает водилки ровницы для обычных кольцевых прядильных машин с вытяжными приборами РК 220, РК 225, РК 1500 (рис. 2.26, а) и для машин, работающих на высоких скоростях с вытяжными приборами типа РК 1500, РК 1600 и (рис. 2.26, б). Уплотнительные водилки устанавливают перед входом в вытяжной прибор.

Они предназначены для сообщения ровнице возвратно-поступательного движения с целью обеспечения равномерного износа эластичных покрытий валиков. Кроме того, при прохождении ровницы через уплотнители периферийные волокна прижимаются к центральным, за счёт чего увеличиваются силы трения между ними. Волокна движутся более закономерно, а количество пуха и невозвратных отходов уменьшается.

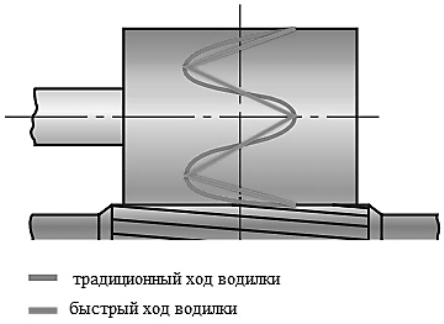


Рисунок 2.27 – Траектория движения водилки

Для увеличения срока службы эластичных покрытий валиков фирма Toyota предлагает механизм Quick Traverse Mechanism (рис. 2.27). В отличие от обычной траектории движения, водилка не останавливается в крайних положениях, а быстро меняет направление своего движения, при этом отсутствует неравномерный износ поверхности эластичного покрытия валика в крайних точках.

В процессе вытягивания часть волокон отделяется от мычки за счёт возникающего из-за трения статического заряда электричества и вследствие других причин. Эти волокна оседают на рабочих органах машины, сокращая периодичность чистки, увеличивают количество невозвратных отходов, а также становятся причиной заработки пуха в пряжу. Для уменьшения количества таких волокон в вытяжных приборах применяются чистительные валики, которые устанавливаются над нажимным валиком передней пары.

Витебский государственный технологический университет

Чистительные валики Autoclean фирмы Autotex удаляют налипшие волокна с нажимных валиков благодаря угловому расположению выступов, которые способствуют выталкиванию волокон (рис. 2.28). Они устанавливаются в специальные сиделки, выполненные в рычаге нагрузки, и вращаются за счёт трения о нажимные валики. Образующийся эффект раздувания при вращении валиков предотвращает попадание микропыли и пуха на их поверхность. Срок службы валика – более 5 лет. Они предназначены для использования в компактном прядении и используются для очистки не только переднего валика вытяжного прибора, но также среднего и заднего.

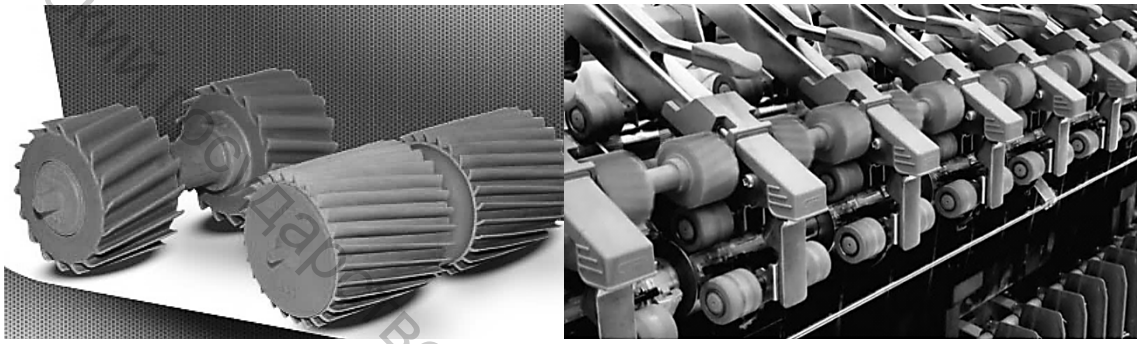


Рисунок 2.28 – Чистительные валики Autoclean фирмы Autotex

Фирма Simta (Индия) предлагает чистительные валики с суконным покрытием, которые также устанавливаются над передним валиком и собирают с его поверхности налипшие волокна (рис. 2.29). Такие валики используются на прядильных машинах фирм Rieter, Zinser, Toyota, LMW, Marzoli и Suessen.

Рисунок 2.29 – Чистительные валики фирмы Simta

Налипший пух снимается в специальной машине для очистки валиков с помощью металлической щетки, мягко снимающей волокна, не повреждая покрытия. В случае переработки химических волокон используют валики с антистатическим покрытием. Волокна после очистки отправляются на повторную переработку.

2.3.4 Мычкоуловители

Под каждым выпуском вытяжного прибора устанавливают мычкоуловитель, предназначенный для улавливания, в случае обрыва, вы-

Витебский государственный технологический университет

ходящий из вытяжного прибора нескрученной мычки (рис. 2.30). При обрыве пряжи прядильная машина не останавливается, а сматывание ровницы не прекращается. Следовательно, мычка продолжает выпускаться вытяжным прибором. Засасывание мычки предотвращает её выпуск в зону кручения и перепутывание с пряжей из соседних выпусков, сокращается среднее время, затрачиваемое прядильщицей на ликвидацию одного обрыва, с 4÷5 секунд до 2,5÷3.

Рисунок 2.30 – Мычкоуловитель

При этом также исключается наработка бракованной пряжи при заработке оборвавшейся мычки в пряжу на соседних веретёнах, что снижает КПВ машины.

Мычкоуловитель представляет собой стальную или пластиковую трубочку, в которой создаётся разряжение воздуха. Оборвавшаяся мычка засасывается в мычкоуловитель до тех пор, пока обрыв не будет устранён прядильщицей или роботом-автоприсучальщиком.

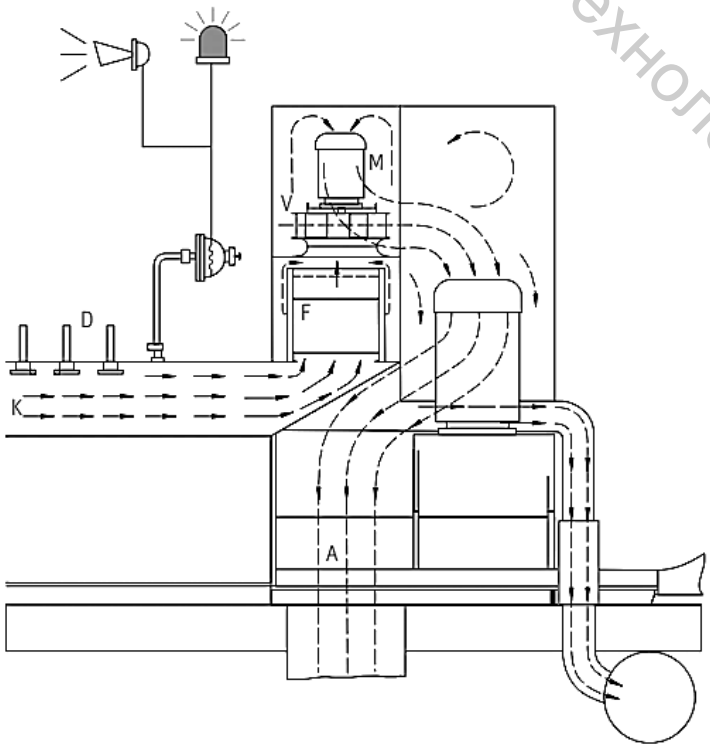


Рисунок 2.31 – Устройство системы мычкоуловителя

Механизм мычкоуловителя (рис. 2.31) состоит из центрального канала *K*, проходящего через всю машину на уровне вытяжного прибора, с большим количеством всасывающих трубок *D*, ведущих от канала к каждому выпуску машины.

Необходимый вакуум создается вентилятором *V*. Прежде чем отработанный воздух попадает в систему кондиционирования через канал отработанного воздуха *A*, он проходит через фильтр *F*, в котором осаждается мычка.

Витебский государственный технологический университет

Эти фильтры выполнены вращающимися, очистка их происходит автоматически.

Для надёжного улавливания оборванной мычки необходим относительно высокий вакуум в системе. Величина давления воздуха составляет 600÷800 Па для хлопка и 1000÷1200 Па для химических волокон. При этом следует учитывать, что для длинных машин возникает значительное падение давления между вентилятором и последним веретеном и увеличение расхода воздуха. Расход воздуха в зависимости от длины машины составляет от 5 до 10 $м^3$/час.

Фирма Rieter разработала конструкцию энергосберегающего мычкоуловителя ECOrized, которая позволяет снизить расход воздуха на каждом рабочем месте до 67% (рис. 2.32).

Рисунок 2.32 – Мычкоуловитель ECOrized (Rieter)

Мычкоуловитель имеет заслонку, которая на 85% перекрывает воздухопроводящий канал во время работы без обрыва. Заслонка удерживается закрытой за счет постоянного вакуума во всасывающем канале. При этом расход воздуха минимален. В редких случаях, когда проходит отрезок мычки большой массы, например, отрезок невытянутой ровницы – сама масса волокна заставляет заслонку открываться. При обрыве мычка начинает засасываться в мычкоуловитель, при этом она заставляет заслонку отклониться и полностью открыть канал. В этом случае большое поперечное сечение канала обеспечивает хорошее всасывание. После устранения обрыва заслонка за счёт разряжения воздуха возвращается в прежнее положение. Благодаря заслонке потребность в воздухе снижается до 50%. Экономится от 3 до 4 Вт на каждое рабочее место, а в год экономия составит около 30 кВт или $3 на каждое рабочее место. Мычкоуловитель ECOrized можно устанавливать вместо мычкоуловителей обычной конструкции без модернизации машины.

Длина современных прядильных машин достигает 80 метров. При этом увеличивается время обхода прядильщицей машины. Поэтому при возникновении обрыва мычка может несколько минут засасываться в мычкоуловитель. При этом хорошее подготовленное к прядению волок-

Витебский государственный технологический университет

но попадает в отходы. Для снижения отходов такого вида на современных прядильных машинах применяется автоматическое прерывание питания ровницей. Прерывание питания осуществляется путем подъёма нажимного валика вытяжного прибора относительно питающего цилиндра. При этом прекращается сматывание ровницы одновременно с двух катушек. Подъём может быть выполнен за счет клина, клиновидной втулки или рычага, отжимающих нажимной валик от цилиндра после сигнала датчика контроля обрыва. В качестве датчиков используются механические, магнитные или оптические системы.

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

2.4 Обоснование наклона вытяжного прибора

На прядильной машине плоскость вытягивания в вытяжном приборе располагают наклонно (рис. 2.33, а). Цель наклона – уменьшить дугу обтекания переднего цилиндра выходящей мычкой. На этот участок мычки крутка не распространяется, и поэтому прочность на разрыв его составляет 22÷44% от прочности готовой пряжи.

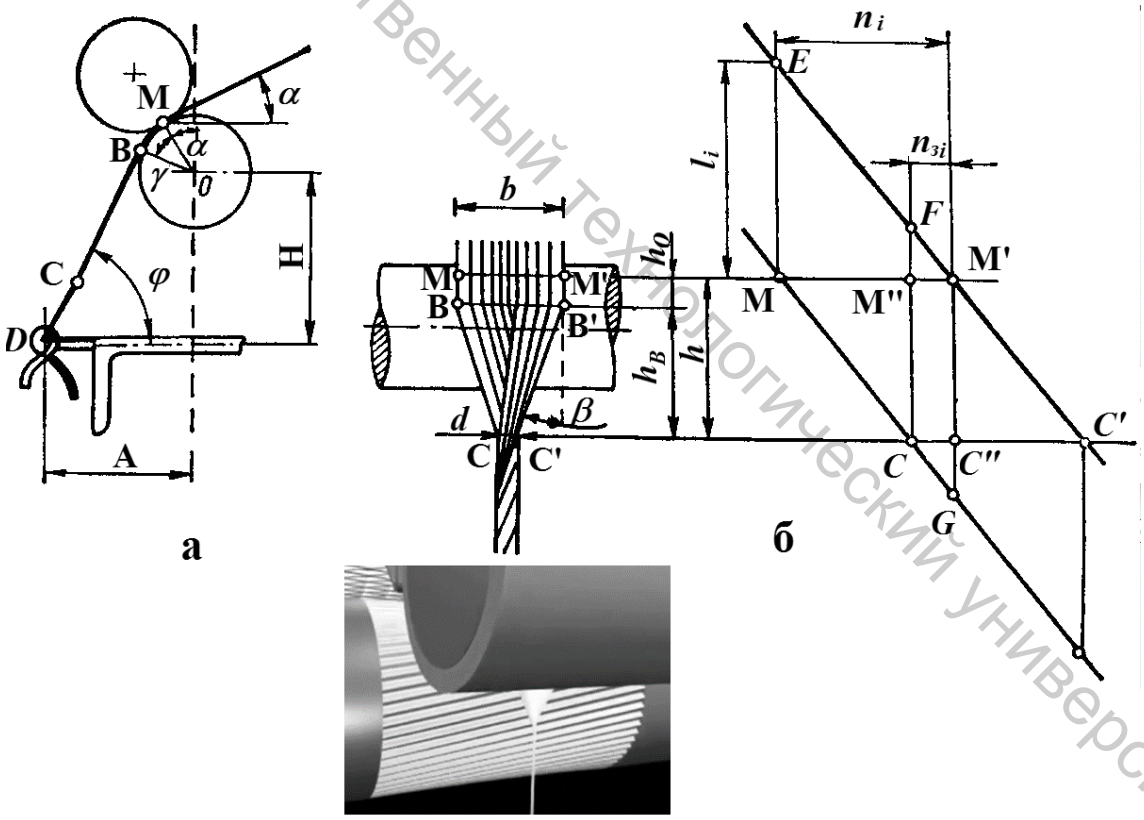


Рисунок 2.33 – Схема расположения волокон у порога крутки:
а – дуга обтекания цилиндра мычкой; б – количество зажатых волокон

Пусть в поперечном сечении *MM′* (рис. 2.33, б) находится n_i волокон длиной l_i. Волокна, расположенные в мычке на участке *MM",* зажа-

ты в вытяжной паре прибора по линии *MM"*, а передними концами не пересекают сечение *CC′* у порога крутки продукта. Волокна, расположенные на участке *C"C′,* зажаты в скрученном участке продукта, но уже вышли из зажима выпускной пары.

Волокна, расположенные на участке *M"M′,* задними концами зажаты в вытяжной паре, а передними – в скрученном участке продукта. При приложении растягивающей нагрузки, приводящей к разрыву продукта, волокна участка *M"M′* оказывают большое сопротивление деформации и разрываются, волокна участка *MM"* проскальзывают относительно волокон пряжи, а волокна участка *C"C′* – относительно выходящей мычки.

Количество волокон *M"M′* с одновременно зажатыми обоими концами определяется из подобия треугольников *CC"G* и *MM'G:*

$$n_{зi} = (1 - \frac{h}{l_i}) n_i , \tag{2.2}$$

а суммарное среднее число таких волокон разных длин:

$$n_з = \sum_{l_{\min}}^{l_{\max}} n_{зi} \ . \tag{2.3}$$

Прочность мычки будет тем больше, чем больше в ней волокон, одновременно зажатых в сечениях *CC* и *MM'*. Формула (2.3) показывает, что число нескользящих волокон тем больше, чем меньше расстояние *h*. Длина *h* – это сумма длины дуги обтекания *MB* (h_o), на которой мычка прижата к цилиндру, и высоты треугольника кручения *CBB'* (h_B). Длина дуги обтекания *MB*, м:

$$h_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot \gamma}{360} , \tag{2.4}$$

где d – диаметр цилиндра, м; γ – угол обтекания цилиндра мычкой, градусы.

Угол γ связан с углом наклона вытяжного прибора α и углом наклона нити к горизонту φ:

$$\varphi = \alpha + \gamma \ \text{ и } \ \gamma = \varphi - \alpha \, .$$

Витебский государственный технологический университет

Ю.В. Павлов установил, что при использовании уплотнителей в передней зоне вытяжного прибора необходимо, чтобы $\gamma \approx 10°$. Для пряжи большой линейной плотности при ширине мычки b=2 мм можно допустить γ=20...25°.

Уменьшение дуги обтекания h_0 приближает порог крутки к линии защемления MM' волокон мычки передней парой. Эта дуга тем меньше, чем больше угол α, больше расстояние A и меньше расстояние H. Эти величины должны быть оптимальными по отношению к габаритам машины. При слишком большом угле α может быть затруднено обслуживание машины из-за неудобства присучивания нити, а также из-за необходимости располагать ровничную рамку более высоко. При расположении клапанов нитепроводников на большем расстоянии A от переднего цилиндра увеличивается ширина машины, а при малой величине H затруднен уход за цилиндровым брусом. Угол наклона нити:

$$\varphi = \arcsin \frac{A \cdot r + H\sqrt{A^2 + H^2 - r^2}}{A^2 + H^2}, \qquad (2.5)$$

где r – радиус переднего цилиндра.

Из рисунка 2.33, б видно, что мычка, сходя с цилиндра, сужается и скручивается в пряжу, начиная с сечения BB'. На участке h_B=BC продукт оказывается ослабленным, так как не получает часть витков крутки. Длина этого участка:

$$h_B = \frac{0.5b}{tg\beta}, \qquad (2.6)$$

где β – угол кручения продукта в сечении CC', градусы.

$$tg\beta = \pi \cdot d \cdot K_C, \qquad (2.7)$$

где d – диаметр пряжи в сечении CC', м; $Кс$ – крутка в сечении CC', кр./м.

Подставляя выражение для $tg\beta$, получаем:

$$h_B = \frac{0.5b}{\pi \cdot d \cdot K_C}. \qquad (2.8)$$

Витебский государственный технологический университет

Для уменьшения длины ослабленного участка h_B продукта уменьшают ширину мычки *b,* используя уплотнители и ограничители ширины мычки в вытяжном приборе, увеличивают крутку *Кс* в зоне формирования нити, уменьшая для этого угол *(90-φ)* перегиба нити в нитепроводнике.

2.5 Кручение продукта на кольцевой прядильной машине

2.5.1 Выбор направления и величины крутки пряжи

В зависимости от направления вращения крутильного органа волокнистый продукт получает либо правую крутку, обозначаемую *Z*, либо левую крутку – *S*. В хлопкопрядении левая крутка применяется редко, лишь при выработке пряжи, идущей на изготовление утка для полубархата и начёсных тканей, в которых рисунок переплетения должен быть скрыт, и поэтому необходима основная и уточная пряжа с круткой различного направления.

Величина крутки, которую сообщают пряже, зависит от ряда факторов: назначения пряжи, линейной плотности, длины и линейной плотности волокон в пряже, природы волокон.

Критической называется крутка, соответствующая максимальной прочности пряжи. Обычно для повышения производительности прядильной машины пряжу вырабатывают с меньшей круткой, чем критическая. Увеличение крутки выше критической допускается лишь при выработке пряжи для креповых тканей. Основную пряжу для ткачества вырабатывают с большей круткой, чем уточную; так как основа испытывает большее напряжение при переработке на ткацких станках и должна обладать большей упругостью. Пониженную крутку имеет пряжа, предназначенная для изготовления трикотажных изделий для снижения её жёсткости. Крутка продукта – количество кручений на 1 м продукта, кр./м:

$$K = \frac{\alpha_T \cdot 100}{\sqrt{T}}, \qquad (2.9)$$

где α_T – табличный коэффициент крутки; T – линейная плотность продукта, текс.

Пряже сообщают тем большую крутку, чем короче и тоньше волокна, её составляющие, меньше распрямлённость этих волокон, меньше линейная плотность пряжи.

Рекомендуемые коэффициенты крутки пряжи кольцевого способа формирования приведены в таблицах 2.13 и 2.14.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.13 – Типичные величины коэффициентов крутки α и угла кручения для различных видов нитей

Вид нити	Коэффициент крутки, α	Угол кручения
Пряжа: хлопчатобумажная	25,3-47,4	17-30
льняная	23,6-36,3	15-29
шерстяная	14,2-47,4	11-32
вискозная	30,0-37,9	20-25
шелк (нити)	2,2-10,5	1-7
Комплексные нити:		
вискозная обычная	2,9-5,7	2-3
ацетатная обычная	2,1-9,4	1-2
капроновая обычная	3,6-7,8	3-6

2.5.2 Влияние крутки на свойства продукта

Мычка, выходящая из вытяжного прибора, подвергается кручению, в результате которого между волокнами возникают силы трения, способные противостоять усилию, растягивающему продукт. Величина крутки влияет на физико-механические свойства пряжи.

Разрывная нагрузка продукта возрастает с увеличением крутки до некоторой величины и снижается при дальнейшем увеличении крутки. Разрывная нагрузка волокон используется в пряже лишь на 40÷60%.

Основные причины этого: 1) неодинаковое напряжение волокон в момент разрыва пряжи и неодновременный их разрыв; 2) наличие в сечениях пряжи выскальзывающих волокон, не обрывающихся при обрыве; 3) уменьшенное число волокон в сечениях обрыва пряжи; 4) наличие в сечениях пряжи коротких волокон, сорных примесей; 5) отклонение оси волокон от оси продукта.

При параллельном расположении волокон, когда крутка равна нулю, прочность всех волокон была бы использована полностью при разрыве продукта и разрывная нагрузка выражалась бы отрезком $OA = P = P_B m_B$ (рис. 2.34, а), где P_B – разрывная нагрузка волокна; m_B – число волокон.

Если учесть неравномерность волокон по свойствам коэффициентом k, то разрывная нагрузка пряжи будет выражаться отрезком $OA_1 = P = P_B \cdot m_B \cdot k$. Если бы использование прочности волокон в прочности пряжи с увеличением крутки не изменялось, то при любой крутке, как и при отсутствии её, разрывная нагрузка характеризовалась бы прямой A_1B_1. Однако с увеличением крутки увеличивается наклон волокон к оси продукта, увеличивается угол β (рис. 2.34, б) и прочность волокна не в полной мере используется в прочности пряжи.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.14 – Рекомендуемые коэффициенты крутки пряжи кольцевого способа прядения

Линейная плотность пряжи, текс	Коэффициенты крутки для основной пряжи								Коэффициенты крутки для уточной пряжи							
	Длина волокна, мм															
	28/29	29/30	30/31	31/32	32/33	33/35	35/37	37/39	28/29	29/30	30/31	31/32	32/33	33/35	35/37	37/39
5,9	-	-	-	-	-	-	-	34,4	-	-	-	-	-	-	-	33,8
7,5	-	-	-	-	-	-	38,3	33,5	-	-	-	-	-	-	35,4	32,3
8,5	-	-	-	-	-	-	37,3	33,2	-	-	-	-	-	36,7	34,8	31,6
9	-	-	-	-	-	-	36,9	33,2	-	-	-	-	-	36,4	34,8	31,6
10	-	-	-	-	-	41	36	32,9	-	-	-	-	-	36	34,1	31
10,8	-	-	-	-	-	40,3	35,2	31,8	-	-	-	-	-	35,8	33,4	30
11,8	-	-	-	43,9	43,3	39,9	34,8	31	-	-	-	37,3	37	35,4	32,9	29,1
14	-	-	-	43	42,4	39,4	34,1	30,7	-	-	-	36,6	36,3	35,1	32,3	28,8
15,4	-	-	43,6	42,7	42	39,2	33,8	30,7	-	-	37	36,3	36	34,8	31,6	28,4
16,5	-	-	42,7	41,7	41,1	38,3	33,5	30,4	-	-	36,1	35,8	34,9	34,2	31,1	28,2
18,5	-	43,6	42	41,1	40,5	37,6	33,2	29,4	-	37	35,4	34,8	34,1	33,8	30	27,9
20	49,3	43,3	41,4	40,7	40	37,2	32,9	29,1	-	36,6	34,9	34,3	33,7	33,3	29,5	-
21	44,3	43,3	41,1	40,5	39,8	37	32,9	29,1	-	36,3	34,9	34,3	33,7	33,3	29,5	-
22	43,9	42,8	40,8	40,2	39,6	36,5	32,9	29,1	-	35,8	34,9	34,3	33,7	32,8	29,1	-
25	43,3	42,1	40,5	39,8	39,2	36	32,6	28,8	36	35,4	34,4	33,8	33,2	32,4	28,8	-
27	42,8	41,5	40,1	39,5	38,9	35,7	32,3	28,8	36	35	34,4	33,8	33,2	32,4	-	
29	42,9	41,1	39,8	39,2	38,6	35,4	32,3	28,5	35,5	34,6	34	33,4	32,7	31,8	-	-
34	41,4	40,5	39,2	38,2	37,6	34,4	31,9	-	34,1	32,7	32,1	31,7	31,4	31	-	-
36	41,1	40,2	38,9	37,9	37,3	34,1	31,6	-	33,8	32,2	31,6	31,3	31	30,7		
38	40,5	39,7	38,5	37,3	36,8	-	-	-	33,3	31,7	31,1	30,8	-	-	-	-
42	39,8	39,2	37,9	36,7	36,4	-	-	-	32,9	31,3	30,7	30,3	-	-	-	-
50	39,2	38,3	36,7	35,7	-	-	-	-	31,9	30,7	28,4	-	-	-	-	-

Витебский государственный технологический университет

Принимая разрывную нагрузку волокна P_B как равнодействующую двух сил P'_B и P_B'', видно, что сила $P'_B = P_B \cos\beta$. С увеличением угла кручения уменьшается *cosβ*, следовательно, уменьшается разрывная нагрузка пряжи. Кривая разрывной нагрузки пряжи при увеличении крутки отклоняется от линии A_1B_1 и изменяется по линии A_1D.

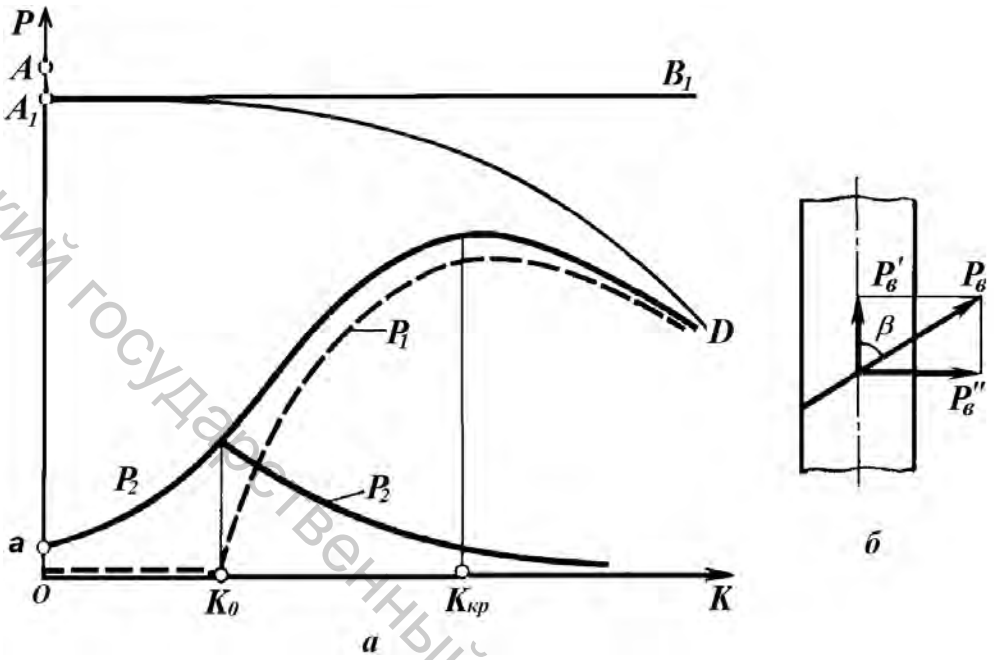


Рисунок 2.34 – Зависимость разрывной нагрузки пряжи от крутки

Приведенные рассуждения справедливы тогда, когда при разрыве пряжи в каком-либо сечении разрываются все волокна. В реальных условиях при разрыве пряжи внешняя растягивающая сила P преодолевает, во-первых, сопротивление разрывающихся волокон P_1, и, во-вторых, сопротивление скользящих волокон P_2, пересекающих линию разрыва пряжи.

Соотношение скользящих и разрывающихся волокон изменяется с увеличением крутки. При нулевом значении крутки разрывная нагрузка продукта обусловлена только силами цепкости волокон и имеет небольшую величину (*Oa*). При скручивании продукта между волокнами возникают силы трения, и разрывная нагрузка пряжи возрастает.

До некоторого значения крутки *Ko* силы трения между волокнами ещё недостаточно велики, и при разрыве пряжи внешняя растягивающая сила преодолевает сопротивление скользящих волокон. Разрывающихся волокон ещё нет. При дальнейшем увеличении крутки *K>Ko* силы трения между волокнами возрастают, и при разрыве пряжи уже появляются разрывающиеся волокна, затрачивается усилие P_1. Кривая P_1 с увеличением крутки вначале быстро возрастает, а затем замедляется и асимптотически приближается к естественному пределу – линии A_1D.

Витебский государственный технологический университет

С повышением крутки, начиная с *Ко,* доля скользящих волокон при разрыве пряжи быстро уменьшается, поэтому уменьшается и другая составляющая разрывной нагрузки пряжи P_2.

Сумма ординат P_1 и P_2 показывает характер изменения разрывной нагрузки пряжи при увеличении крутки. При некотором значении крутки (критической крутке $K_{кр}$) разрывная нагрузка пряжи достигает максимальной величины. Критическая крутка зависит от природы, длины и разрывной нагрузки волокон и линейной плотности пряжи.

Во всех практических случаях разрывная нагрузка пряжи меньше, чем суммарная разрывная нагрузка волокон, находящихся в её поперечном сечении. Также относительная разрывная нагрузка пряжи R меньше относительной разрывной нагрузки составляющих её волокон R_B. Их отношение характеризует коэффициент использования разрывной нагрузки волокна в разрывной нагрузке пряжи КИП.

$$K_{И.П} = \frac{R}{R_B}. \qquad (2.10)$$

Для хлопчатобумажной пряжи $K_{И.П.}$ = 0,44...0,53.

Укрутка пряжи проявляется в том, что длина пряжи l оказывается на 2÷6% меньше, чем длина l_0 мычки. Отношение длины пряжи к длине мычки называют коэффициентом укрутки.

$$K_y = \frac{l}{l_0}. \qquad (2.11)$$

Отношение укорочения мычки к её первоначальной длине называют укруткой и выражают в процентах.

$$У = \frac{l_0 - l}{l_0}100 = \left(1 - K_y\right)\cdot 100. \qquad (2.12)$$

Укрутка пряжи тем больше, чем толще пряжа, больше крутка (рис. 2.35), больше модуль первого рода E и чем меньше натяжение пряжи при кручении. Коэффициент укрутки можно рассчитать по эмпирической формуле К.И. Корицкого:

$$K_y = 1 - \frac{9\cdot\alpha_T^2\cdot\sqrt[3]{T}}{10^6}. \qquad (2.13)$$

Витебский государственный технологический университет

В зависимости от линейной плотности пряжи T и коэффициента крутки α_T (табличного) коэффициент укрутки K_y= 0,93...0,99.

Объёмная плотность пряжи с увеличением коэффициента крутки замедленно возрастает вследствие повышения её уплотнённости.

Неровнота по разрывной нагрузке пряжи *Ср* (рис. 2.35) сначала снижается быстро с увеличением крутки до величины, близкой к критической, а затем медленно. При дальнейшем увеличении крутки неровнота увеличивается сначала быстро, а затем медленно. Вначале крутка способствует упрочнению слабых мест, так как витки чаще ложатся на более тонкие участки пряжи, увеличивая их прочность. Увеличение неровноты после достижения критической крутки происходит вследствие перекручивания и ослабления тонких мест пряжи.

Диаметр пряжи с увеличением коэффициента крутки сначала уменьшается быстро под действием радиальных сил, сжимающих волокна при кручении.

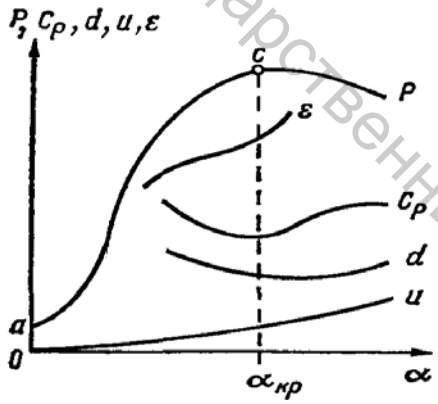


Рисунок 2.35 – Влияние крутки на свойства крученого продукта

Затем уменьшение замедляется и, наконец, по достижении определенной величины крутки под влиянием укрутки диаметр снова возрастает (рис. 2.35).

Расчетный диаметр пряжи, мм:

$$d_{расч} = 0{,}0357\sqrt{\frac{T}{\rho}}, \qquad (2.14)$$

где ρ – объёмная плотность пряжи (табл. 2.15).

Таблица 2.15 – Плотность вещества γ и объемная масса ρ нитей

Вид пряжи	Плотность вещества γ, мг/мм^3	Объемная плотность ρ, мг/мм^3
Хлопчатобумажная пряжа	1,5	0,8-0,9
Льняная пряжа	1,5	0,9-1,0
Шерстяная пряжа	1,3	0,7-0,8
Шёлковая пряжа	1,3	0,7-0,8
Вискозная пряжа	1,5	0,7-0,8
Вискозные комплексные нити	1,5	0,8-1,2
Ацетатные комплексные нити	1,3	0,6-1,0
Капроновые комплексные нити	1,14	0,6-0,9

Витебский государственный технологический университет

Удлинение пряжи при разрыве ε (рис. 2.35) с увеличением крутки возрастает в результате быстрого увеличения поперечного сжатия пряжи. При этом возрастает обратимая деформация.

Выносливость пряжи при многократном растяжении с увеличением крутки возрастает.

2.5.3 Анализ процесса кручения

За один оборот бегунка нить получает одно кручение. Число кручений на единицу длины продукта, кр./м, подаваемого в зону кручения:

$$K = \frac{n_б}{V_{В.Ц.} \cdot K_У} = \frac{n_б}{\pi d_{В.Ц.} \cdot n_{В.Ц.} \cdot K_У}, \qquad (2.15)$$

где $n_б$ – частота вращения бегунка, мин$^{-1}$; $V_{В.Ц}$ – окружная скорость выпускного цилиндра, м/мин; $Ку$ – коэффициент укрутки; $d_{В.Ц}$ – диаметр выпускного цилиндра, м; $n_{В.Ц}$ – частота вращения выпускного цилиндра. мин$^{-1}$.

Длина пряжи, наматываемой в единицу времени, равна длине мычки, выпущенной вытяжной парой за это время, с учетом укрутки, т. е. равна скорости наматывания:

$$V_Н = V_{В.Ц} K_у = \pi d_Н (n_В - n_б), \qquad (2.16)$$

где $d_Н$ – диаметр витка намотки; $n_В$ – частота вращения веретена, мин$^{-1}$.

$$n_б = n_В - \frac{V_{В.Ц.} \cdot K_у}{\pi d_Н}. \qquad (2.17)$$

Подставляя формулу (2.17) в (2.15), получим:

$$K = \frac{n_В}{V_{В.Ц} \cdot K_у} - \frac{1}{\pi d_Н}. \qquad (2.18)$$

Формула (2.18) показывает, что число кручений K пряжи, намотанной на початок, несколько меняется в зависимости от изменения диаметра витка намотки на початке: при увеличении $d_Н$ пряже сообщается большая крутка. Разница в числе кручений при намотке хлопчатобумажной пряжи на участках конуса намотки с большим и меньшим

Витебский государственный технологический университет

диаметрами витков оказывается около 1%. Таким образом, пряжа на початке имеет крутку меньше рассчитанной по формуле (2.15). Но при разматывании пряжи с початка в осевом направлении каждый сматываемый виток пряжи добавляет ей одно кручение, и число кручений пряжи, смотанной с початка:

$$K = \frac{n_B}{V_{B.Ц} \cdot K_y} - \frac{1}{\pi d_H} + \frac{1}{\pi d_H} = \frac{n_B}{V_{B.Ц} \cdot K_y}. \qquad (2.19)$$

Эту формулу применяют на практике при расчете крутки.

Неровнота по крутке создается при движении кольцевой планки. При опускании планки на паковку наматывается пряжа меньшей длины, чем подаётся, так как часть её компенсирует увеличение высоты баллона. Поэтому нить дольше остаётся в зоне кручения и получает большую крутку. При подъёме кольцевой планки нить получает меньшую крутку. С учётом скорости движения планки $V_{К.П.}$ крутка пряжи на початке:

$$K = \frac{n_B}{V_{B.Ц} \cdot K_y \pm V_{К.П.}} - \frac{1}{\pi d_H}. \qquad (2.20)$$

Знак плюс при скорости $V_{К.П.}$ соответствует подъёму кольцевой планки, а знак минус – её опусканию. Неровнота по крутке по этой причине возникает на сравнительно коротких участках пряжи.

Неровнота пряжи по крутке возникает также из-за неровноты пряжи по линейной плотности (так как толстые места скручиваются труднее, а тонкие получают большую крутку), неравномерного вращения веретён вследствие плохой смазки и неравномерного скольжения тесьмы, слабой посадки патронов на веретёна, неправильного присучивания ровницы и других причин. Обычно неровнота по крутке может быть около 8%.

2.6 Основные органы крутильного механизма

2.6.1 Нитепроводники

Назначение нитепроводников состоит в следующем:

1) уменьшение дуги обтекания мычкой переднего цилиндра;

2) правильное расположение вращающейся нити относительно веретена;

3) уменьшение разницы в натяжении нити в течение наработки съёма;

Витебский государственный технологический университет

4) захватывание концов нитей при их обрыве и предотвращение тем самым захлёстывания и обрывов соседних нитей.

Нить, выходя из вытяжного прибора, проходит через направляющий глазок нитепроводника (рис. 2.36), закрепленный на металлическом откидном клапане. Заднюю стенку нитепроводника устанавливают строго по оси веретена, чтобы уменьшить колебания натяжения пряжи при каждом обороте вокруг веретена, а, следовательно, и обрывность. Поверхность нитепроводника цементируют, а на конце его делают насечку для захвата оборвавшихся нитей.

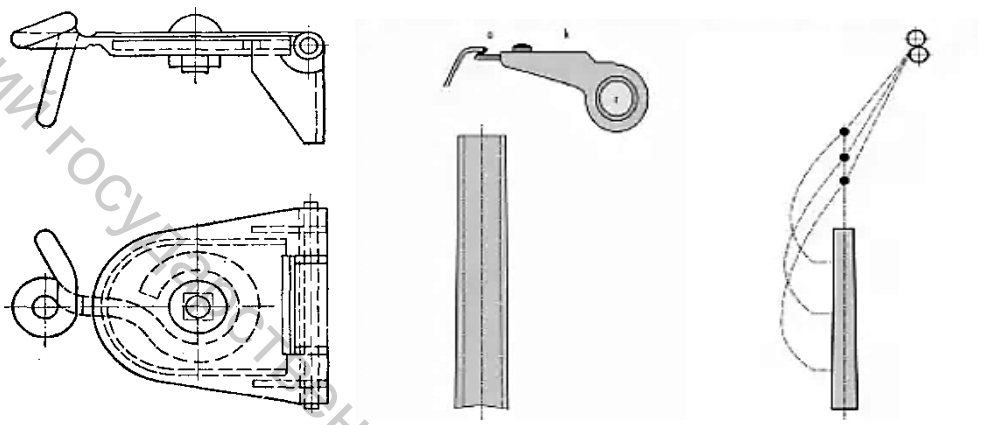


Рисунок 2.36 – Внешний вид нитепроводника, его центровка и положение при движении

Нитепроводники получают возвратно-поступательное движение вместе с кольцевой планкой от мотального механизма через систему рычагов и колонки для снижения разницы натяжения нити и сохранения размера баллона. Однако размах нитепроводника меньше подъёма кольцевой планки. При съёме початков нитепроводники откидываются вверх вручную или автоматически.

2.6.2 Разделители и ограничители баллона

Для предупреждения захлестывания соседних вращающихся нитей на прядильной машине устанавливают разделители баллона. Применяют пластинчатые и кольцевые разделители.

Пластинчатые разделители изготавливают из алюминия, легкого сплава или капролактама, они исключают захлестывание соседних нитей и препятствуют образованию потока воздуха вдоль кольцевой планки от вращения веретён и тангенциального ремня (тесьмы).

Компания Rieter предлагает ряд дополнительных усовершенствований в случае переработки химических волокон: нижние цилиндры увеличенного диаметра и усиленные баллоноограничители (рис. 2.37, а). Усиленная металлом передняя кромка баллоноограничителей предот-

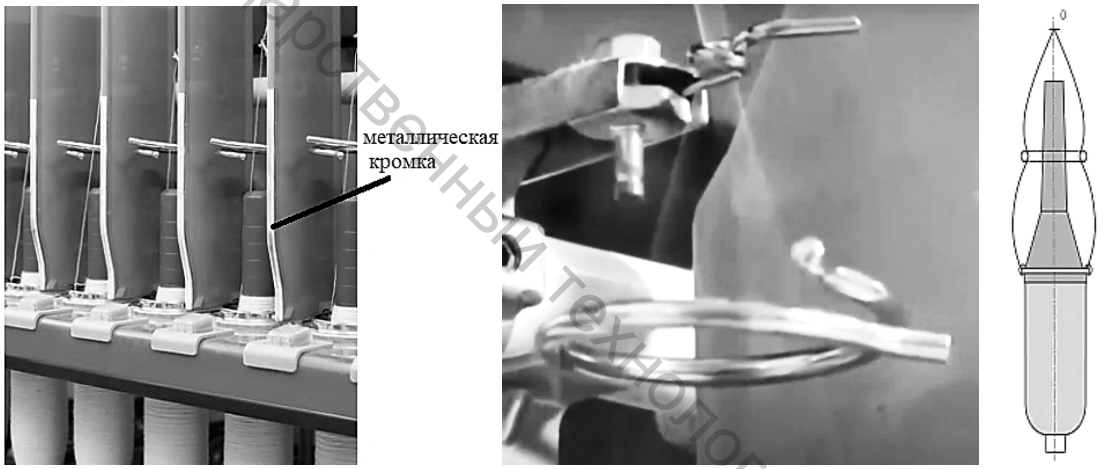
Витебскийгосударственныйтехнологическийуниверситет

вращает образование насечек от вращающихся концов нити, волокна не защемляются, пух не зарабатывается в пряжу, поэтому количество обрывов сокращается.

На прядильных машинах с большими паковками для уменьшения РМВ и снижения колебания натяжения выпрядаемой нити применяют кольцевые ограничители баллона. Каждое веретено оборудуют одним или двумя (верхним и нижним) кольцами (рис. 2.37, б).

Применение двух кольцевых ограничителей позволяет снизить натяжение нити у переднего цилиндра до 34,5% и разбить один большой баллон на несколько меньших по диаметру, снизив тем самым натяжение пряжи в баллоне и уменьшив вероятность её обрыва в этой зоне (рис. 2.37, в).

Диаметр верхнего кольца обычно выбирают равным нижнему или немного меньше (0,6÷0,65 диаметра кольца), а диаметр нижнего кольца берётся равным диаметру кольца или на 2–3 мм больше его.



а б в

Рисунок 2.37 – Разделители баллона: а – пластинчатые, б, в – кольцевые

Кольцевые ограничители позволяют работать при более высоких скоростях, но имеют недостатки:

• увеличение ворсистости пряжи;

• увеличивается истирание волокон и образование мушек;

• формирование точек плавления на искусственных волокнах за счёт трения.

2.6.3 Кольца

Кольцо служит опорной и направляющей поверхностью для движения бегунка. Кольца изготовливают из закаленной стали (марки 45 или 50), нитрированной или шарикоподшипниковой стали.

Витебский государственный технологический университет

Твердость колец должна составлять HRC=60÷63. Для уменьшения трения бегунка о кольцо поверхность кольца с помощью электрополировки доводят до высокой степени чистоты (10 класс и выше). Современные кольца имеют поверхностное покрытие, чтобы уменьшить трение и износ, предотвратить коррозию, упростить процесс обкатки при их установке в кольцевой планке.

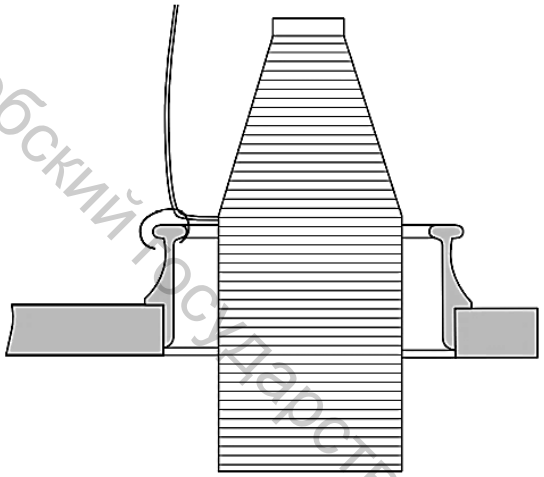


Рисунок 2.38 – Узел «кольцо – бегунок»

Используемые покрытия включают: оксиды, азотирование, нитроцементация, твердый хром, никель (в некоторых случаях содержащий твердые частицы), керамика.

Кольцо в большинстве случаев отвечает за ограничение производительности кольцевой прядильной машины. Оптимальные условия эксплуатации узла «кольцо – бегунок» (рис. 2.38) зависят от их материала, поверхностной отделки компонентов, износостойкости, плавности хода, приработки колец и смазки.

Различают:

• несмазываемые кольца – стандартные для коротких штапельных волокон;

• смазываемые кольца (для кардной пряжи и в камвольном прядении).

• Т-образные фланцевые кольца;

• наклонно-фланцевые кольца.

Т-образные фланцевые кольца бывают однобортными (рис. 2.39, а) или двубортными (рис. 2.39, б). В однобортных кольцах для работы используется только верхний бортик, а нижний служит для его установки в кольцевой планке, при изнашивании кольца заменяются новыми. В двубортных кольцах при срабатывании одного бортика кольца переворачивают. Недостатком двубортных колец является то, что при длительной работе одного бортика (несколько лет) второй бортик утрачивает свою шлифовку за счёт коррозирования материалов при соприкосновении стали со сталью.

Для решения этой проблемы и увеличения срока службы колец в 2 раза ряд фирм, такие как Bräcker (Швейцария), Prosino Borgosesia (Италия) и другие, выпускают составные кольца, состоящие непосредственно из кольца, которое вставляется в опорное кольцо (рис. 2.39, в). Здесь опорное кольцо с разрезом выполнено из высокопрочного алюми-

Витебский государственный технологический университет

ния, а основное кольцо – из стали. При соприкосновении этих металлов коррозии не происходит, а шлифовка кольца не повреждается. При износе верхнего бортика кольца оно извлекается из опорного кольца и переворачивается. Срок службы опорного кольца не ограничен.

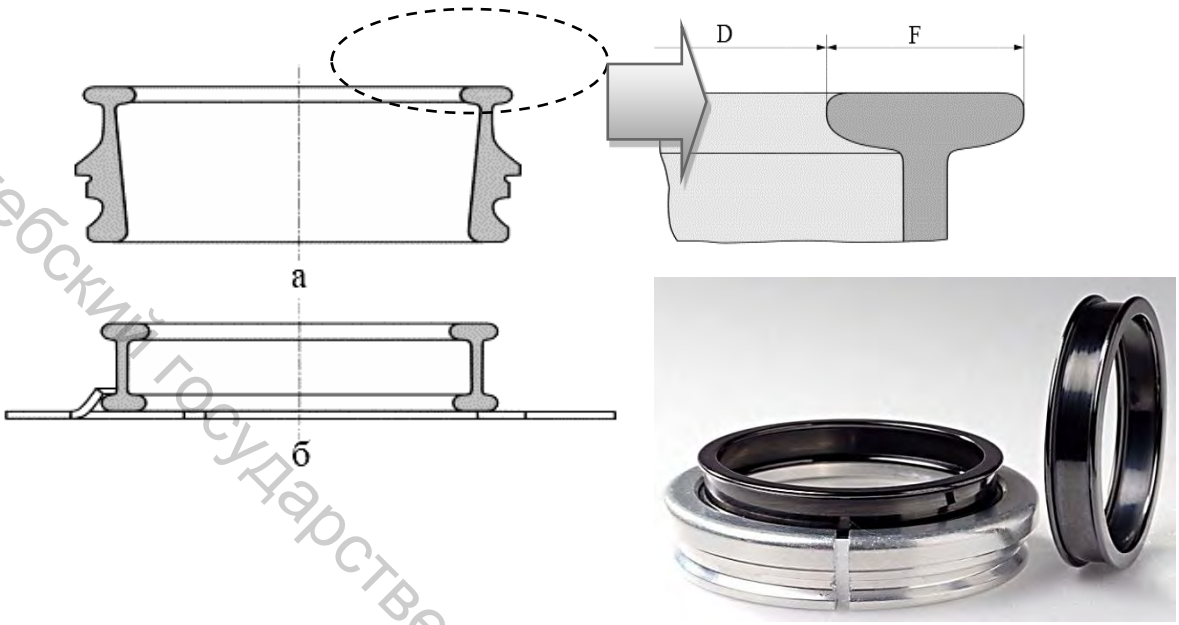


Рисунок 2.39 – Т-образные кольца

На рисунке 2.40, а представлено однобортное кольцо Infinity из специальной легированной стали фирмы Innospin Systems PVT. Ltd (Индия). Фирма проводит два типа обработки колец: Marathon Tuff Coat со стальным зеркальным покрытием и Marathon-SL Micro Lube Coat с глянцевым покрытием для улучшения его твердости и увеличения срока службы колец и бегунков на высоких скоростях в различных условиях работы. На рисунке 2.40, б представлено двубортное кольцо Infinity Plus той же фирмы.

Эта же фирма выпускает кольца Infinity future (рис. 2.40, в) для переработки волокон, которые могут оплавляться при повышенных температурах (синтетических). Кольцо является самосмазывающимся, отводит тепло при нагреве от трения, может использоваться для паковок большой вместимости при скоростях бегунка более 45 м/с.

Кольца также различают по ширине фланца (бортика) F и внутреннего диаметра D. Их выбирают в зависимости от формы бегунка (длины дужки), от назначения и линейной плотности пряжи. В соответствии с диаметром кольца подбирают диаметр патрона, подъём кольцевой планки, расстояние между веретёнами, номер бегунка и частоту вращения веретён. Оптимальное соотношение диаметра кольца к диаметру патрона от 2:1 до 2,2:1.

Витебский государственный технологический университет

а б в

Рисунок 2.40 – Кольца Infinity фирмы Innospin Systems PVT. Ltd (Индия)

Кольцо «Антиклин» (рис. 2.41) имеет фланец с расклешённой внутренней поверхностью и сильно сплющенное сверху. Это изменение формы позволило работать на более высоких скоростях и использовать бегунки с низким центром тяжести и эллиптическим профилем. Поскольку пространство для прохождения нити ограничено, эта комбинация может быть использована только для пряжи малой и средней линейной плотности.

Плоское кольцо (рис. 2.42) с сильно сглаженной верхней дугой формирует большое пространство для прохождения нити, поэтому с ним можно использовать С-образный или плоский бегунок, кроме эллиптического. Это наиболее широко используемая форма кольца выпускается компаниями – Bräcker, Reiners & Fürst и другими.

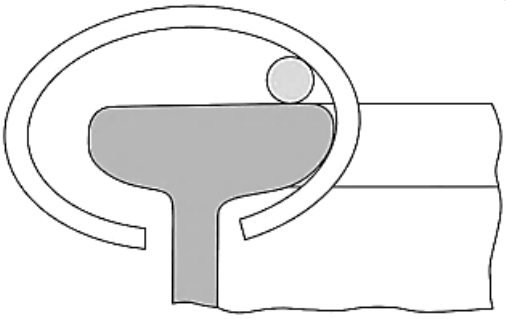


Рисунок 2.41 – Кольцо «Антиклин»

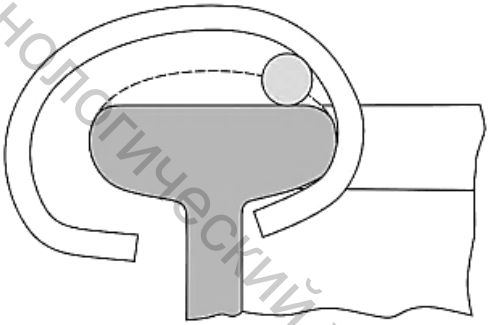


Рисунок 2.42 – Плоское кольцо

Наклонно-фланцевые кольца (рис. 2.43). Преимуществом наклонно-фланцевых (орбитальных) колец является гораздо большая площадь контакта между кольцом и бегунком. Это уменьшает давление между ними и, таким образом, улучшает отвод тепла от зоны контакта. По сравнению с Т-образными фланцевыми кольцами орбитальные кольца позволяют увеличить скорость движения бегунка до 15%.

Витебский государственный технологический университет

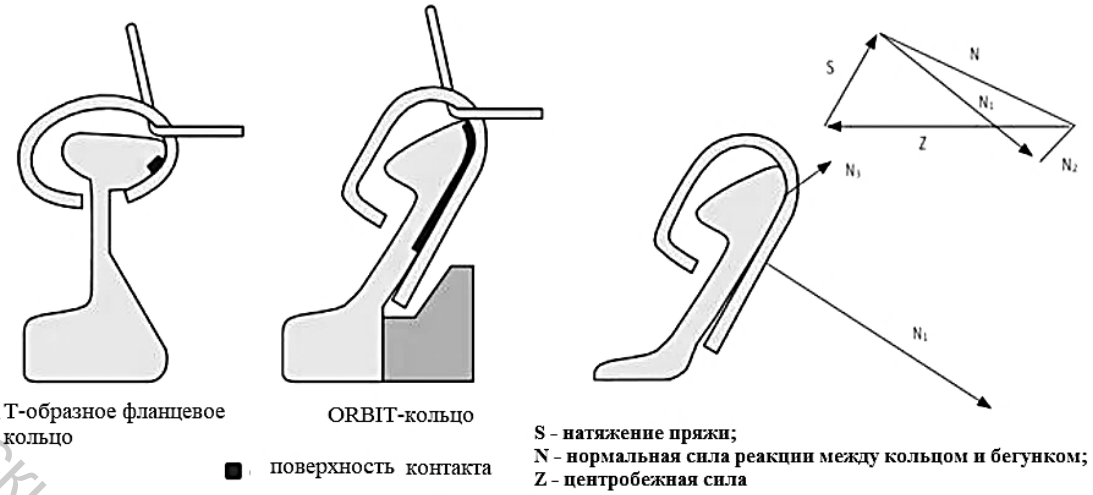


Рисунок 2.43 – Наклонно-фланцевые кольца

На рисунке 2.44, а представлено кольцо Red Orbit фирмы Bräcker (Швейцария) орбитального сечения, состоящее из кольца и держателя. Такая система обеспечивает жёсткость конструкции, стабильность вращения бегунка, способствует снижению обрывности и отсутствию термических повреждений при обработке синтетических волокон.

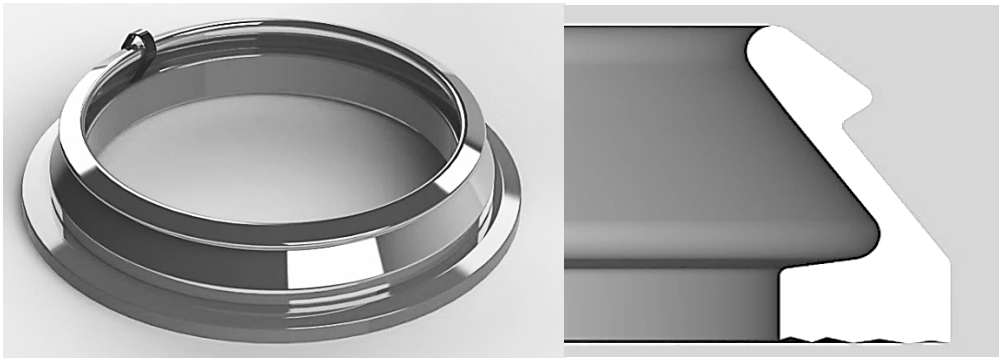
Фирма Bräcker также выпускает кольца следующих типов:

- Т-образные кольца для С-образных бегунков;
- наклонные фланцевые кольца Orbit для производства пряжи на максимальной скорости;
- кольца SU для пряжи средней и большой линейной плотности из химических волокон. Большая площадь контакта в зоне кольцо-бегунок предупреждает повреждение волокон, обеспечивает хороший отвод тепла, а плазменная обработка поверхности позволяет вращаться бегунку без смазки (рис. 2.44, б);
- кольца Opal – специально для китайских кольцевых прядильных машин не требуют специального времени приработки, обеспечивают высокую производительность с момента установки и рассчитаны на срок службы около 5 лет.

Фирма Bräcker производит следующие виды отделки рабочей поверхности колец:

- Titan – покрытие для высокоскоростного прядения пряжи малой и средней линейной плотности;
- Thermo 800 – для производства пряжи малой линейной плотности и швейных ниток;
- Strato+ – для пряжи малой линейной плотности и компактной пряжи.

Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 2.44 – Кольца Red Orbit и SU фирмы Bräcker (Швейцария)

Кольца на современных машинах должны быть точно центрированы относительно веретена и иметь строго горизонтальное положение. Они закрепляются на кольцевой планке с помощью шайб.

Раньше предполагалось, что взаимодействие кольца и бегунка связано исключительно с трением металл/металл, что создавало ограничение скорости передвижения бегунка примерно до 28÷30 м/с. В действительности же, бегунок движется по созданной им самим смазочной плёнке, состоящей в основном из отходов истирания волокон. Если частицы волокна застревают между кольцом и бегуном на высоких скоростях и, соответственно, высоких центробежных силах, они частично раздавливаются бегунком. Он преобразует их в небольшую бесцветную полупрозрачную плёнку толщиной в несколько микрон, располагающуюся по всей контактной поверхности кольца. Эта плёнка по-разному прилипает к кольцу и поэтому неоднократно снимается, но снова обновляется.

Положение, форма и структура смазочной плёнки зависят от многих факторов, таких как линейная плотность пряжи, крутка, сырьевой состав, масса и скорость бегунка и т. д. Например, при выработке пряжи 7,5 текс можно ожидать образование незначительной смазки из-за малой массы движущейся части и, следовательно, низкой центробежной силы. В этом случае максимальная скорость движения бегунка ниже, чем для пряжи средней линейной плотности.

На современных прядильных машинах применяется централизованная смазка колец, а управление процессом смазки осуществляется с пульта управления машиной.

При замене изношенных колец на новые на них не образуется смазочная плёнка, поэтому в течение определенного времени преобладает чисто металлическое трение. В этот момент кольца могут быть повреждены из-за задиров. Поэтому производители установили правила приработки, адаптированные к данному типу кольца для фазы приработки, во время которой поверхность кольца должна быть сглажена,

Витебский государственный технологический университет

окислена и покрыта смазочной пленкой:

• не обезжиривать новые кольца, а протирать их сухой тканью;

• постоянная температура и влажность;

• выбор бегунка на 12 номеров меньше и снижение частоты вращения веретён на 15÷20%;

• первая смена бегунка – через 15 мин, вторая – через 30 мин, третья – через 1–1,5 часа, четвёртая – после первого съема;

• смена бегунка после 2-го и 3-го съёма, после 5-го и 8-го съёмов.

Во время приработки колец скорость веретён можно постепенно увеличивать. Для пряжи тоньше 7,5 текс приработка более деликатная и длительная процедура: скорость должна быть уменьшена на 20–30%, а кольца смазываются время от времени пропитанным маслом войлоком. Новые кольца проходят обкатку в течение трёх месяцев.

Если машина оборудована устройством для фасонной пряжи, это устройство нельзя использовать во время приработки колец. Несоответствие натяжения нити, вызванное изменением массы пряжи, препятствует образованию равномерной смазывающей плёнки. Также во время приработки колец не следует производить комбинированную пряжу с сердечником.

Для очистки бегунков применяют пухоочистители (рис. 2.45), устанавливаемые на кольцевой планке на расстоянии 1,5÷2 мм от кольца. Срок службы кольца при скорости бегунка 30 м/с составляет примерно 40 месяцев.

Пухоочиститель

Рисунок 2.45 – Пухоочистители

Фирма Reiners+Fürst (R+F) (Германия) выпускает кольца и бегунки различной конфигурации для прядильного и крутильного оборудования при производстве пряжи из средне- и длинноволокнистого хлопка. Фирма выпускает следующие виды колец:

- Chempion из мелкозернистой шарикоподшипниковой стали;
- Cera-nit (структура покрытия похожа на керамику);
- Cera-dur со специальным покрытием малого трения.

Витебский государственный технологический университет

Особенность колец Chempion – это гладкая микроскопическая скользящая поверхность, которая уменьшает силы трения между бегунком и кольцом и ускоряет образование необходимой смазочной пленки. Эти кольца применяют, если скорость бегунка не превышает 36 м/с.

Кольца Cera-nit имеют однородное покрытие с твёрдостью до 1100 HV. Поверхность кольца обрабатывается современным методом полировки, что придает кольцам очень прочную поверхность, уменьшает шероховатость и повышает срок их эксплуатации.

Кольца Cera-dur разработаны для высоких нагрузок с целью создания наименьшего коэффициента трения между бегунком и кольцом. Покрытие колец выполняется из очень прочного дисперсионного сплава из борного карбида с никелем твёрдостью до 2000 HV. Борный карбид имеет наименьший коэффициент трения среди известных материалов. Эти кольца зарекомендовали себя лучше всего при производстве пряжи из коротковолокнистого хлопка.

Новые кольца Turbo-S (Turbo-2020) были представлены на выставке ITMA 2019.Они изготовлены из подшипниковой стали 100 Cr6 с хромированной поверхностью и имеют высокую твёрдость и износостойкость. Структура их поверхности значительно ускоряет образование смазочной плёнки в зоне контакта бегунка. Такие кольца можно использовать для любой пряжи, в том числе и для компактной.

Фирма Prosino Borgosesia (Италия) представляет кольца Steelhawk, снабженные специальным неметаллическим сухим смазочным покрытием, которое позволяет запускать кольцо на полной скорости без обкатки. Плазменное покрытие Everlast не допускает микросваривания между кольцом и бегунком. Кольцо изготовлено из высокоуглеродистой и высокохромистой закалённой шарикоподшипниковой стали. Позволяет перерабатывать окрашенные химические волокна, 100% вискозу, хлопковые волокна в компактном прядении.

Кольца Steelhawk способствуют уменьшению ворсистости. Одной из причин появления повышенной ворсистости является изменение натяжения волокон в треугольнике кручения из-за изменения его площади, на которую сильно влияет коэффициент трения между кольцом и бегунком. При износе поверхности кольца коэффициент трения изменяется. Покрытие Everlast сохраняет коэффициент трения постоянным, оставляя тем самым стабильным показатель ворсистости. Параметры выбора диаметра кольца от заправки прядильной машины представлены в таблице 2.16.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.16 – Рекомендуемый диаметр колец в зависимости от заправки прядильной машины

Диаметр кольца, мм	Волокна	Линейная плотность пряжи, текс	Частота вращения веретена, мин$^{-1}$	Скорость бегунка, м/с	Номер бегунка, ИСО	Длина наматываемой пряжи, м
36	хлопок	14,7	21 000	39,6	31,5	2742
36	хлопок	9,8	22 700	42,8	22,4	2278
36	хлопок	7,4	22 700	42,8	18	1831
38	вискоза	19,6	17 000	33,8	56	3372
38	хлопок	7,4	22 700	45,2	18	1933
38	хлопок	14,7	20 300	40,4	23,6	2026
38	хлопок	11,8	21 000	41,8	16	1470
40	хлопок	24,6	17 500	36,6	50	3358
40	хлопок	14,7	19 800	41,5	22,4	1926
40	ПЭ/хлопок	19,6	18 500	38,7	56	4204
40	ПЭ/хлопок	18,4	18 500	38,7	56	4204
41	хлопок	29	16 500	35,4	71	4345
41	ПЭ	29	16 500	35,4	63	3856
45	ПЭ	74	9 000	22,2	200	3997
51	ПЭ	42	7 800	20,8	250	4253

2.6.4 Бегунки

Бегунок представляет собой стальную скобочку из игольной проволоки, через которую продевают пряжу, идущую на початок. При вращении веретена нить натягивается, и бегунок движется по кольцу за вращающейся нитью. При вращении бегунок прижимается к кольцу центробежной силой и движется со скоростью 28÷40 м/с. Большое удельное давление, высокий коэффициент трения о кольцо и большой путь, совершаемый им при работе (800 км и более за 8 ч), приводят к сильному разогреву ножки бегунка (до 360÷500°С). Вследствие этого углерод стали окисляется, металл становится мягким – бегунок выгорает, т. е. перетирается и вылетает с кольца. Износ бегунка ускоряется под действием дополнительных причин: изношенной поверхности кольца, неравномерности нити, проходящей через бегунок, неправильно выбранных размеров бегунка.

Бегунки выпускают различных типов, наиболее распространенные С-образные (рис. 2.46, а), плоские (2.46, б), эллиптические (рис. 2.46, в) и N-профиль (рис. 2.46, г). Твёрдость бегунков всех типоразмеров HRC 50–56, а шероховатость рабочей поверхности не ниже 9 класса.

Бегунки этих форм выпускают с различными дужками, отличающимися высотой *H*, шириной *B* и расстоянием между ножками *b* (рис. 2.46). Размеры бегунка должны соответствовать размеру бортика

Витебский государственный технологический университет

кольца. Способ заправки пряжи под бегунок показан на рисунке 2.38.

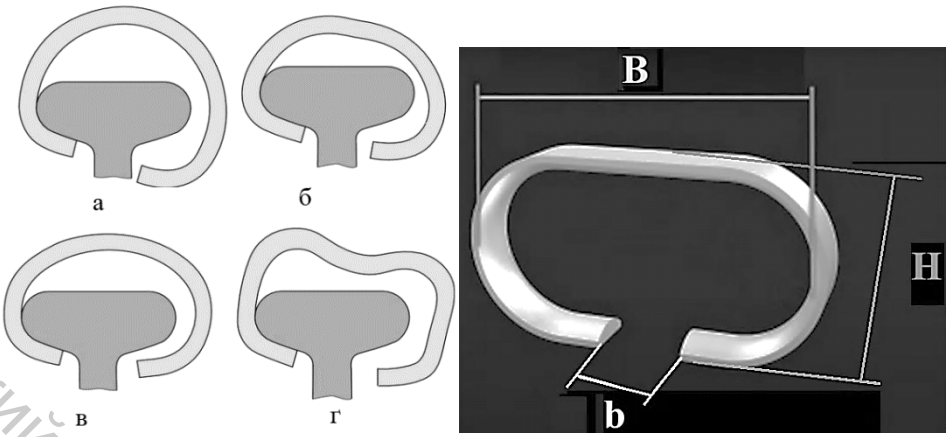


Рисунок 2.46 – Основные типы бегунков и его параметры

В зависимости от типоразмеров бегунков применяют различные профили его поперечного сечения, которые требуются для достижения высокого и одинакового качества пряжи из различных волокон либо позволяют повышать скорости прядения.

На рисунке 2.47 представлены профили сечения бегунков фирмы Reiners+Fürst. Бегунки профиля r – (round wire) круглого сечения предпочтительней использовать для переработки пряжи из длинноволокнистого хлопка или синтетических волокон, их не используют на высоких скоростях.

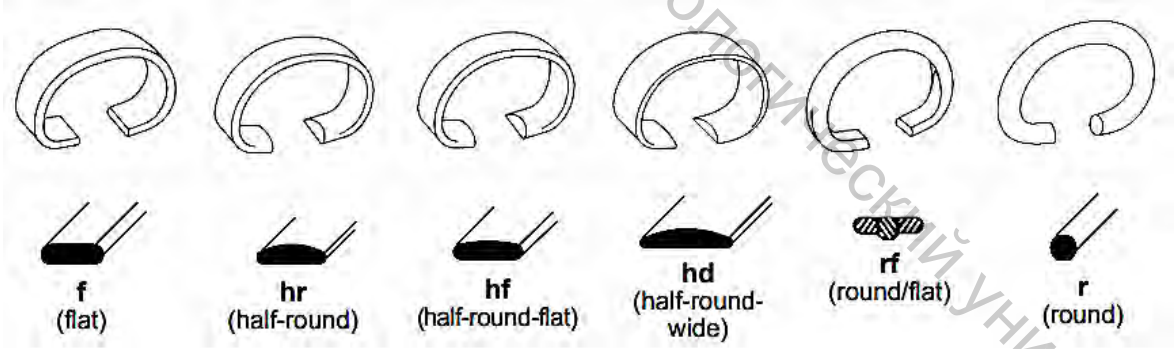


Рисунок 2.47 – Профили поперечного сечения бегунков (Reiners+Fürst)

Профили hr (half round) – полукруглые – используют для производства тонкой гребенной пряжи, они обеспечивают низкую ворсистость и обрывность волокон. Профиль hd (half round wide) – полукруглые широкие, подходят для высоких скоростей, особенно рекомендуются для тонкой пряжи из хлопка, химических волокон и их смесей, идеально подходят для ткацкой пряжи. Профиль f (flat) – плоский и f Type-F (extra flat) – экстра плоский – используют для получения гребенной

Витебский государственный технологический университет

пряжи малой линейной плотности с минимальной ворсистостью на средних скоростях. Профиль rf (round flat) – круглоплоские, круглая часть бегунка выполнена в точке, где происходит касание нити бегунка, а плоская часть контактирует с поверхностью кольца, используются такие бегунки при переработке основной пряжи из синтетических волокон, особенно ПАН.

Выбор бегунка определяется размерами кольца, по которому бегунок должен двигаться, т. е. шириной бортика кольца и массой бегунка, от которой зависит развиваемая в движении центробежная сила, а, следовательно, и натяжение нити при наматывании.

В зависимости от массы бегунков установлена их нумерация. Номер бегунка соответствует массе в граммах 1000 бегунков. Так, № 32 бегунка означает, что 1000 таких бегунков имеют массу 32 г. Чем меньше диаметр патрона, тоньше пряжа, выше частота вращения веретён, больше диаметр кольца (т. е. во всех случаях, когда увеличивается натяжение при наматывании), тем легче должен быть бегунок.

Номер бегунка можно рассчитать:

$$N_{ISO} = \frac{H^2 \cdot T}{D \cdot 1000} \cdot K \ , \qquad (2.21)$$

где H – высота патрона, мм; T – линейная плотность пряжи, текс; D – диаметр кольца, мм; K – эмпирический коэффициент (К=25 для Т=125÷200 текс; К=24 при Т=60÷100 текс и Т=8,7÷10 текс; К=20 при Т=15÷50 текс; К=22 при Т=12÷14,3 текс; К=23 при Т=10,2÷11,5 текс; К=26 при Т=8,4 текс и менее).

Приближенно массу бегунка, мг, рассчитывают по формуле И.Г. Обуха:

$$m_б = \frac{(H + 40)\mu \cdot T \cdot 1000}{D_k \cdot n_B^2 \cdot f}, \qquad (2.22)$$

где H – подъем кольцевой планки, мм; μ – величина, определяемая по формулам: для основы $\mu = 17914 - \frac{24973{,}5}{T}$, для утка $\mu = 14331 - \frac{19980{,}7}{T}$; T – линейная плотность пряжи, текс; $Dк$ – диаметр кольца, мм; n_B – частота вращения веретён, мин$^{-1}$; f – коэффициент трения (для обработанных колец $f = 0.65 - 0.00004 \cdot n_B$, для необработанных новых колец $f = 0.65 - 0.00003 \cdot n_B$).

Витебский государственный технологический университет

Для определения массы бегунка можно использовать формулу К.И. Корицкого (для пряжи средней линейной плотности):

$$m = \frac{0.00155 \cdot T \cdot \left(H + h + R_K\right)^2}{D_K}, \qquad (2.23)$$

где h – расстояние от нитепроводника до верхушки веретена (≈52 мм); R_K – радиус кольца, мм.

Фирмой Reiners+Fürst выпускаются бегунки с различной обработкой наружной поверхности:

1. Black-Speed – бегунки, на поверхности которых в результате химико-термической обработки образуется чёрный блестящий оксидный слой, увеличивающий износостойкость и являющийся антикоррозийным, обеспечивает лучшую адгезию с формируемой плёночной смазкой от волокон, бегунок становится прочным и эластичным. Покрытие обеспечивает устойчивость к вредным воздействиям окружающей среды: агрессивные волокнистые вещества, осветлители, смазочные материалы и неблагоприятные воздействия микроклимата помещения. Термоустойчивость бегунка повышенная.

2. Avus – бегунок изготовлен из высоколегированной стали, обеспечивающей высокую износоустойчивость. Полученная гладкая поверхность обеспечивает чрезвычайно быстрое наращивание широкой и оптимальной контактной поверхности с кольцом. Эта особенность гарантирует хороший отвод тепла. Также достигается очень хорошая адгезия со смазочной плёнкой. Avus применяется при переработке хлопковых и других целлюлозных волокон, пряжи с высокой круткой, тонкой и сверхтонкой пряжи, которая даёт мало или почти не даёт волокон для наращивания волокнистой смазочной плёнки. Применяются при высокой и очень высокой скоростях прядения.

3. Econ – бегунки из сплава легированной стали, что увеличивает их износостойкость. Предварительным прокаливанием бегунков добиваются повышения термостойкости поверхностного слоя.

4. Super Speed – сверхскоростные бегунки с никелевым покрытием. Этот слой обеспечивает износостойкость, длительный срок службы, низкий коэффициент трения, что гарантирует щадящее прохождение пряжи под бегунком, обеспечивая постоянное качество пряжи.

5. Vector – бегунок имеет специальное покрытие с тефлоновыми включениями, которое гарантирует работу даже в экстремальных условиях. Если образование смазочной пленки кратковременно нарушается внешними воздействиями, то кольцо снабжается смазкой от покрытия. Это снижает обрывность пряжи, защищает поверхность кольца от по-

Витебский государственный технологический университет

вреждений, продлевает срок службы. Подходит для выработки пряжи линейной плотности от 7,4 до 29 текс из всех видов волокон.

6. Cera-Dur – бегунок для колец Cera-Dur и Turbo, образует хорошую смазку, подходит для пряжи линейной плотности от 7,4 до 29 текс.

7. Dia-Dur – бегунки также применяются при использовании высокоскоростных веретён. Линейная скорость бегунка до 40 м/с. Характеризуются очень высоким сроком эксплуатации, повышенной износостойкостью и низкой обрывностью пряжи. Покрытие Dia-Dur® специально разработано для прядения особо чувствительных нитей.

Рекомендации фирмы Reiners+Fürst по выбору бегунка в зависимости от линейной плотности пряжи представлены в таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Выбор номера бегунка (Reiners+Fürst)

Линейная плотность пряжи, текс	Номер Reiners+Fürst	Номер ISO, г/1000 шт.
100	14-18	236-300
85	12-15	200-250
72	11-13	180-224
59	8-10	125-160
50	6-7	106-112
42	4-5	85-95
36	2-3	71-80
34	1-2	60-71
30	1/0-1	50-60
25	2/0-1/0	45-50
23	3/0-2/0	40-45
21	4/0-3/0	35,5-40
20	4/0-3/0	35,5-40
18	5/0-4/0	31,5-35,5
17	6/0-5/0	30-31,5
15	7/0-6/0	26,5-30
13	8/0-7/0	23,6-26,5
12	9/0-8/0	22,4-23,6
11	9/0-8/0	22,4-23,6
10	10/0-9/0	20-22,4
8,3	12/0-11/0	18-19
7,4	15/0-13/0	14-16
6,7	17/0-15/0	11,8-14
6	18/0-16/0	11,2-13,2
5,6	19/0-17/0	10-11,8
5,3	20/0-18/0	9-11,2
4,6	21/0-19/0	8,5-10

Фирма Bräcker выпускает бегунки со следующими видами покрытий (табл. 2.18).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.18 – Характеристики бегунков фирмы Bräcker

SAPHIR. С-образные для Т-образных фланцевых колец SFB и SU, для наклонных фланцевых колец. Диффузионная обработка распространяется по всему поперечному сечению и обеспечивает высокую износостойкость. • применяют для обкатки кольца и для общего применения; • для всех типов волокон	
ONYX. Улучшенные характеристики трения позволяют увеличить обороты веретена до +1 000 мин$^{-1}$ и/или увеличить срок службы бегунка до +50%. Время обкатки может быть сокращено. • хлопчатобумажная традиционная и компактная пряжа; • искусственные волокна; • для высоких скоростей прядения; • для всех линейных плотностей пряжи	
STARLET plus. Бегунки для тонких или чувствительных волокон. Особенно рекомендуется для смесей вискозы с хлопковыми и полиэфирными волокнами, в т. ч. окрашенными. • устойчив к коррозии; • низкий коэффициент трения; • для всех линейных плотностей пряжи; • увеличенный срок службы (до 50% и более)	
STARLET. Для химических волокон и их смесей, имеет никелевое покрытие, используют для сложных климатических условий	
PYRIT – бегунок имеет диффузионную обработку поверхности. • от 50% до 100% больший срок службы, чем у колец Saphir; • для высоких скоростей прядения; • для всех типов волокон	
ZIRKON – стальной бегунок с керамическим покрытием, гарантирующий высокие эксплуатационные характеристики в течение длительного срока службы. Разработан специально для компактного прядения. Используется только на кольцах TITAN. • срок службы более 1 000 часов; • для высоких скоростей прядения; • для всех типов волокон	
CARBO – бегунки специально для искусственных волокон, имеют специальное углеродное покрытие, обеспечивающее лучшее трение скольжения, увеличен срок службы на 50% по сравнению с бегунками STARLET, более короткий период обкатки, применяют для пряжи высокой крутки (основная пряжа)	

Превышение бегунком скорости выше 32÷45 м/с приводит к сильному его нагреванию, сокращению срока работы и к резкому повышению обрывности. Таким образом, условия работы бегунка препятствуют дальнейшему увеличению частоты вращения веретён, а значит и производительности прядильных машин. Поэтому совершенствование бегунков происходит в направлении повышения их износостойкости, снижения коэффициента трения, разработки рациональной геометрии.

Витебский государственный технологический университет

2.6.5 Веретёна

Веретено является одним из наиболее ответственных крутильных органов, определяющих производительность прядильной машины. Конструкция веретена должна отвечать следующим требованиям:

- шпиндель веретена при рабочей скорости не должен иметь большой амплитуды колебаний;
- шпиндель должен быть достаточно жёстким, чтобы не деформироваться при надевании или снятии патронов;
- опоры шпинделя должны обеспечивать равномерное вращение, долговечность, хорошую смазку и малое энергопотребление;
- обслуживание веретена должно быть простым и удобным.

Все элементы веретена в сборе представлены на рисунке 2.48, а.

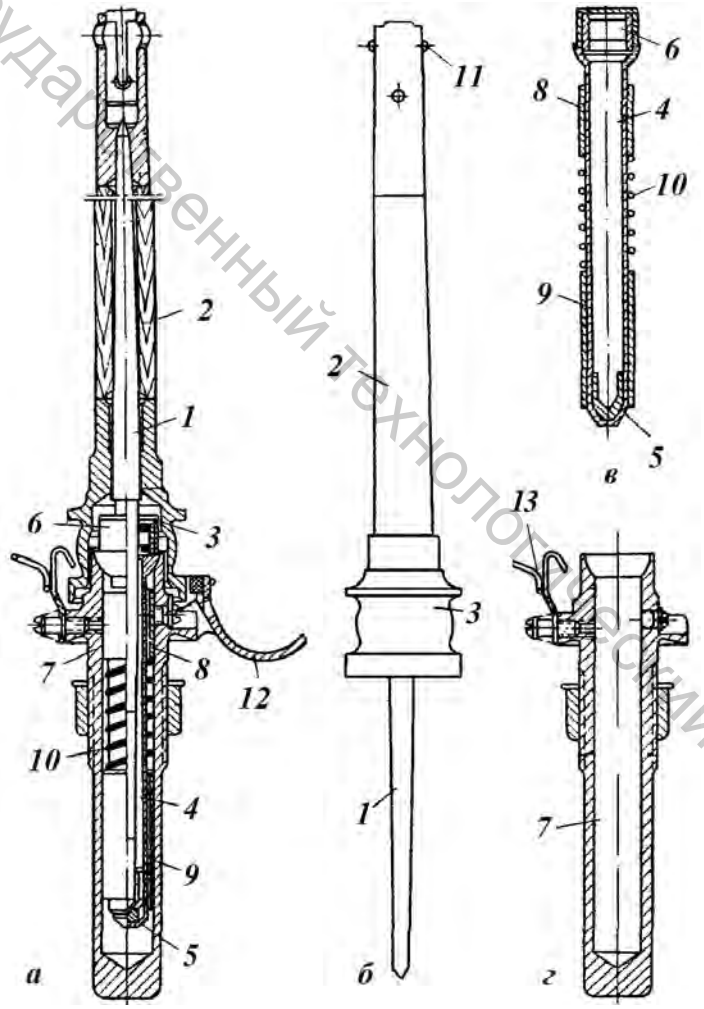


Рисунок 2.48 – Веретено кольцевых прядильных машин

Сборными единицами веретена кольцевой прядильной машины являются шпиндель *1* (рис. 2.48, б), втулка *4* (рис. 2.48, в), гнездо *7* (рис. 2.48, г). Шпиндель веретена состоит из собственно шпинделя *1*

Витебский государственный технологический университет

(рис. 2.48, б), запрессованного на нем блочка *3,* алюминиевой насадки *2* с фиксаторами *11* под патрон. Шпиндель веретена изготавливают из стали и термически обрабатывают. Втулка предназначена для размещения опор шпинделя. В современных веретёнах в качестве верхней радиальной опоры использован роликовый подшипник *6*, а нижней опоры – подпятник *5*, являющийся подшипником скольжения (рис. 2.48, в). Сферические поверхности втулки и гнезда позволяют втулке покачиваться для демпфирования и уравновешивания веретена во всех направлениях, что повышает его устойчивость и долговечность.

В сферической втулке располагаются центрирующие устройства – верхняя *8* и нижняя *9* втулки и демпфирующее устройство – пружина *10*. Верхняя втулка *8* и пружина *10* обеспечивают прижим сферической головки втулки *4* к сферической поверхности гнезда *7*.

Гнездо *7* веретена служит резервуаром для смазочного масла и опорой для втулки. На фланце гнезда имеется балансир *13* (рис. 2.48, г) с крючком, предохраняющим шпиндель от подскоков во время работы. При извлечении шпинделя из втулки балансир с крючком отклоняется. В веретёнах с увеличенной паковкой к гнезду также прикрепляется тормозок 12 для торможения веретена (при его останове).

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования динамики веретён показали, что при слишком малых частотах вращения веретена (5000÷6000 мин$^{-1}$) или слишком больших (26000÷30000 мин$^{-1}$) наблюдается сильная вибрация вершины веретён. Чем больше разница между рабочей и критической частотами вращения, тем спокойнее вращается веретено. Амплитуда колебаний веретена на расстоянии 10–15 мм от верхнего конца не должна превышать 0,15 мм при блочке веретена диаметром до 32 мм и 0,25 мм при блочке диаметром более 32 мм.

Фирма Novibra (Германия) является лидером на рынке производителей веретён и выпускает модели HPS 68, Nasa HPS 68 и Lena для прядильных машин Rieter, Toyota, Marzoli и других. Главным отличием веретён Novibra от традиционных является применение сферического наконечника шпинделя вместо конического, а также применение не одного, а двух подшипников (рис. 2.49). Верхние роликовые подшипники *1* воспринимают радиальные нагрузки, возникающие при вращении шпинделя *2*. Нижний упорный подшипник *3* состоит из радиальной опоры *4* (сферического подпятника), которая действует гидродинамически, и свободно сидящего плоского диска *5*, который воспринимает и гасит осевые нагрузки. Поэтому, даже в случае возникновения повышенной вибрации верхней части веретена, возникающие нагрузки будут гаситься за счёт перераспределения и поглощения радиальных и осевых нагрузок двумя подшипниками.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 2.49 – Веретено Novibra Nasa HPS 68 со сферическим подпятником

Такая конструкция улучшает динамические характеристики веретён, снижает вибрацию и позволяет повысить их частоту вращения до 30000 мин$^{-1}$. При частоте вращения 20000 мин$^{-1}$ веретено такой конструкции экономит около 3 Вт/веретено. Высокоскоростные веретена Novibra обладают высочайшей точностью и балансировкой.

Развитие конструкции веретён происходит по пути увеличения точности их изготовления, уменьшения диаметра шпинделя для снижения энергопотребления, уменьшения диаметра блочка для увеличения скорости, разработки подшипников с низким потреблением смазки, снижения уровня шума.

Так, на веретёнах Novibra модели LENA диаметр блочка снижен до 17,5 мм, что в перспективе позволит увеличить частоту вращения веретён до 30000 мин$^{-1}$. Диаметр шпинделя веретена уменьшен до 5,8 мм, а нижнего упорного подпятника всего до 3 мм, что за счёт снижения массы шпинделя и за счёт снижения трения в подшипниках даёт экономию электроэнергии до 4–6% на одно веретено.

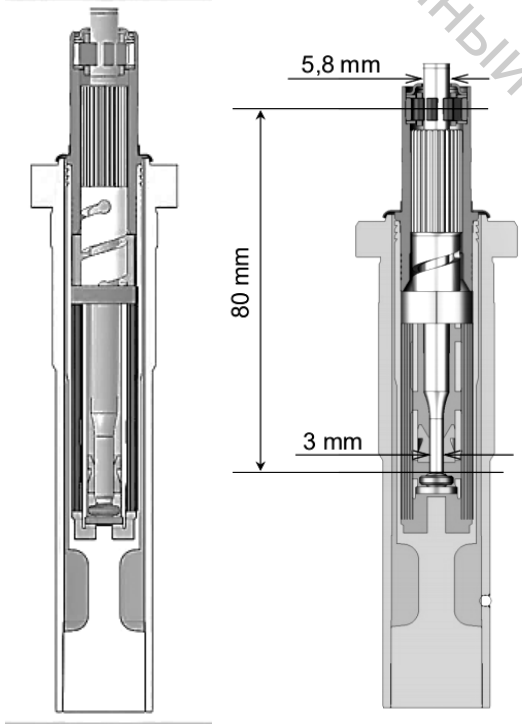
Характеристики веретён Novibra различных конструкций приведены в таблице 2.19.

Фирма Spindel Neudorf GmbH (Германия) представила веретено, приводимое в действие индивидуальным двигателем (рис. 2.50). Торможение при обрыве и пуск веретена осуществляются электронной системой управления. Веретено достигает коэффициента полезного действия 94% при нагрузке 50 Вт.

На традиционных кольцепрядильных машинах для заправки используют предварительную подмотку пряжи на веретено, что даёт возможность закрепить кончик пряжи. Затем на веретено надевают пустой початок, и начинается процесс прядения. Операция подмотки является очень трудоёмкой, при этом возникает необходимость в периодической очистке веретён от подмотов, а также большое количество подмотов влияет на потребление энергии.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.19 – Характеристика веретен фирмы Novibra

Шпиндель	Описание
HPS 68 HPS 68/3	Серия HPS 68 и HPS 68/3 стандартный высокоскоростной шпиндель с двумя подшипниками. • диаметр блочка 18,5 мм; • низкая вибрация, длительный срок службы; • хорошие ходовые качества, даже в случаях несбалансированности патронов; • для пряжи 5,9-42 текс; • частота вращения до 20000 мин$^{-1}$; • поставляется как с крючком, так и с внутренним замком (AV lock). Серия L HPS 68 рекомендуется: • для пряжи 19,6-130 текс; • скорость до 20000 мин$^{-1}$; • для патронов высотой 220-280 мм
 Nasa HPS 68 LENA	Серия Nasa HPS 68 рекомендуется для пряжи 42 текс и менее. • скорость до 30000 мин$^{-1}$; • для прядильных машин премиум-класса; • более низкий уровень шума, чем у HPS 68, за счёт двухкамерного корпуса веретена. Энергосберегающий шпиндель LENA (LE – низкая энергия, NA – шумопоглощение). • скорость до 30000 мин$^{-1}$; • для пряжи 19,6 текс и более; • патроны высотой до 210 мм; • экономия энергии 4–6% благодаря уменьшенному диаметру блочка до Ø17,5 мм; • низкое трение в подшипниках; • нижний подпятник Ø3 мм; • диаметр шпинделя 5,8 мм

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 2.50 – Веретено с индивидуальным приводом

На современных прядильных машинах применяют различные устройства для осуществления съёма прядильных початков без предварительной подмотки снизу початка. Фирма Novibra предлагает для этих целей использовать в комплекте со своими веретёнами устройство CROCOdoff, а фирма Rieter – SERVOgrip. Принцип работы этих устройств идентичен.

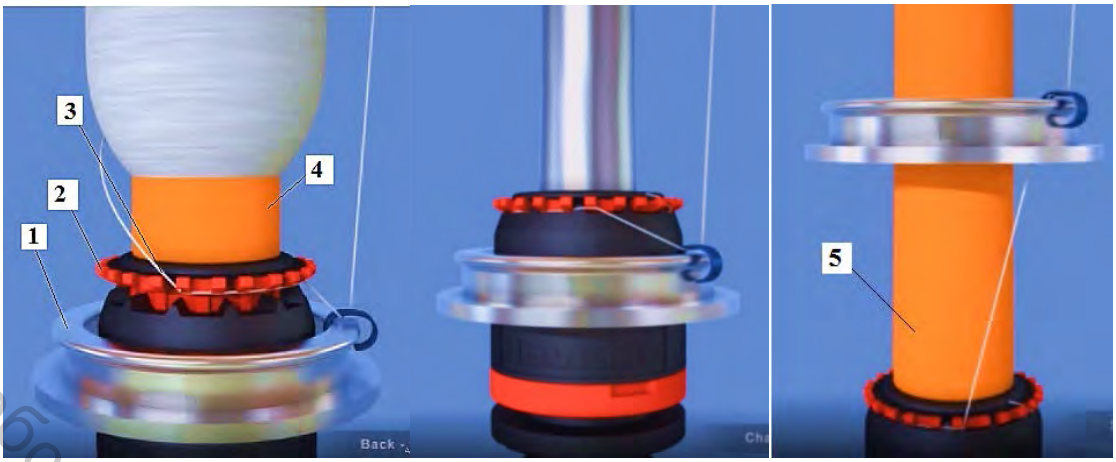
Отделительное устройство CROCOdoff помогает надёжно фиксировать пряжу на веретене при смене початков и в начале цикла наматывания (рис. 2.51). Принцип работы механизма основан на центробежной силе, которая при окончании процесса формирования початков при числе оборотов веретён до 25000 мин$^{-1}$ замыкает элемент конструкции прядильной машины. Механизм работает следующим образом:

а) после наработки початка кольцевая планка *1* опускается и открывает механизм захвата кончика пряжи CROCOdoff *2* (рис. 2.51, а). Веретено при этом продолжает вращаться, а центробежная сила отбрасывает кончик пряжи *3* между зубьями зажимного устройства *2*;

б) механизм CROCOdoff закрывается, зажимает кончик пряжи *3*; початок *4* снимается автосъёмником, пряжа обрывается, её кончик длиной несколько сантиметров при этом зажат в механизме *2* (рис. 2.51, б);

в) на веретено механизмом автосъёмника надевается пустой початок *5*. Механизм CROCOdoff освобождает кончик пряжи, который теперь фиксируется между патроном и веретеном. При включении машины после перезаправки пряжа оказывается зажатой с двух концов. Один конец зажат в выпускной паре вытяжного прибора, второй – между початком и веретеном (рис. 2.51, в). Процесс прядения при этом возобновляется без участия прядильщицы.

Витебский государственный технологический университет



а б в

Рисунок 2.51 – Механизм CROCOdoff (Novibra)

Рисунок 2.52 – Механизм SERVOgrip (Rieter)

Механизм фиксации кончика пряжи SERVOgrip (Rieter) также состоит из двух частей: верхней неподвижной зубчатой коронки *1* и нижней подпружиненной подвижной зубчатой коронки *2* (рис. 2.52). В момент заправки коронка *2* под давлением опускается, кончик пряжи при этом попадает между зубьями коронки *1*. После этого коронка *2* поднимается, а кончик пряжи фиксируется между зубьями коронок *1* и *2*. Фирма Rieter предлагает при переработке химических волокон дополнительно использовать в устройстве нож.

Пряжа из химических волокон является высокопрочной и может не оборваться при смене початков, поэтому обрезается ножом *3*.

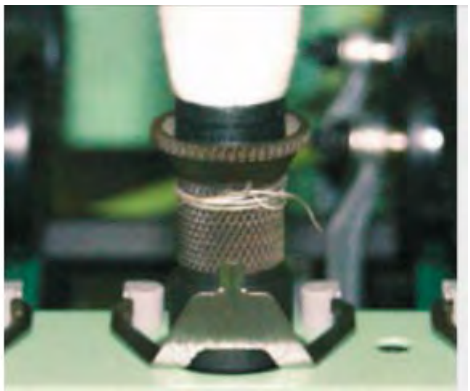


Рисунок 2.53 – Подмот

В случае отсутствия на веретёнах механизмов автоматического подмота (рис. 2.53), применяются устройства для автоматического срезания подмотов с веретён. Металлический нож движется вместе с пухообдувателем и обрезает подмот, когда пухообдуватель находится напротив шпинделя веретена. Подмот после срезания засасывается в пневмосистему.

Витебский государственный технологический университет

Применение механизмов автоматического подмота даёт следующие преимущества:

– отсутствие чистки веретена от подмотов;
– снижение количества отходов;
– уменьшение количества дефектов в пряже;
– значительное повышение КПВ машины.

2.6.6 Привод веретен

На большинстве прядильных машин веретёна приводятся в движение посредством тангенциального ремня.

Требования, которым должны удовлетворять ремни:

- отсутствие накопления пуха в течение всего срока эксплуатации;
- плотный контакт с веретеном и постоянную скорость вращения;
- иметь острые и гладкие края и не накапливать статические заряды;
- обеспечивать тихую работу без вибрации, особенно при максимальной скорости движения, в целях снижения уровня шума, а также для достижения длительного срока службы ремня и подшипников веретена;
- равномерная толщина ремня и однородная зона соединения (спайки краёв). Возможно соединение концов ремня непосредственно на машине с использованием специальных инструментов и клея. На рисунке 2.54 показано соединение внахлест с помощью термоклея (метод Thermofix) и сращиванием (метод Flexproof);
- не должны соскакивать со шкивов и/или проскальзывать во время работы, что обеспечивается правильным выравниванием натяжения ремня;
- высокий модуль упругости тангенциального ремня, чтобы не увеличивать длину машин из-за длинного натяжного механизма, а также для меньшей разницы в скорости между первым и последним веретеном;
- ремни должны быть устойчивы к смазочным химикатам (масло, жир, авиваж), чтобы обеспечить стабильную работу и оптимальное обслуживание.

Фирма SIMTA (Индия) выпускает полиамидные и полиуретановые тангенциальные ремни. Толщина полиамидных ремней 0,56÷1,10 мм, а разрывная нагрузка до 190 кгс. Относительное удлинение при нагрузке 3 кг составляет всего 0,3÷0,8%, что гарантирует минимальное растяжение ремня в процессе длительной эксплуатации.

Витебский государственный технологический университет

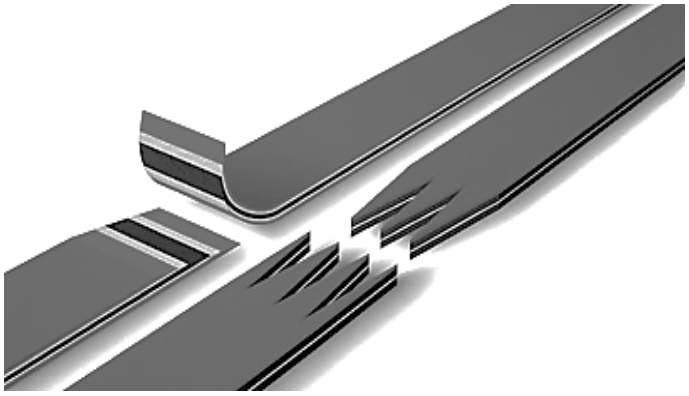


Рисунок 2.54 – Способы соединения концов тангенциального ремня

Фирма Elgi Ultra Industries Limited (Индия) также занимается выпуском приводных ремней Elgitex Flat. Ремень представляет собой слоистую структуру: поверхность, контактируемая с блочком веретена (изнаночная), может быть двух видов: NBR – нитрилбутадиеновый каучук или TPU – термопластичный полиуретан, а наружная (лицевая) поверхность ремня – чаще всего из полиамида. Между лицевой и изнаночной сторонами размещается нейлоновая ткань, которая образует связующее звено. Полиамид обеспечивает высокое сопротивление изгибу и прочность на разрыв. NBR слой – высокую стойкость к истиранию благодаря стабильному коэффициенту трения от шкива к ремню.

Ремни серии Elgitex PEX изготавливаются из высокомодульного полиэстера. Ткань скреплена слоем термопласта сверху и снизу, поверхность ремня покрыта NBR. Толщина ремня выбирается в зависимости от диаметра блочка и скорости вращения веретена, варьируется в диапазоне от 0,57 до 1,2 мм.

Привод веретён может осуществляться тангенциальным ремнём несколькими способами:

1 способ (рис. 2.55) – привод четырёх веретён *3* от приводного барабана *2*: по два веретена с каждой сторонки машины. Натяжные ролики *1*, натягивая ремень, обеспечивают постоянную частоту вращения веретён.

2 способ – секционный (рис. 2.56) ремень, приводящий в движение секцию веретён (48÷96 веретён), от индивидуального двигателя. Приводятся в движение веретёна с обеих сторон машины.

3 способ – привод всех веретён одним ремнём (рис. 2.57). Приводной шкив получает движение от электродвигателя и посредством тангенциального ремня вращает все веретёна обеих сторон машины. За счёт большой длины ремень будет постепенно растягиваться, поэтому на таких машинах предусмотрена система автоматического натяжения ремня.

Витебский государственный технологический университет

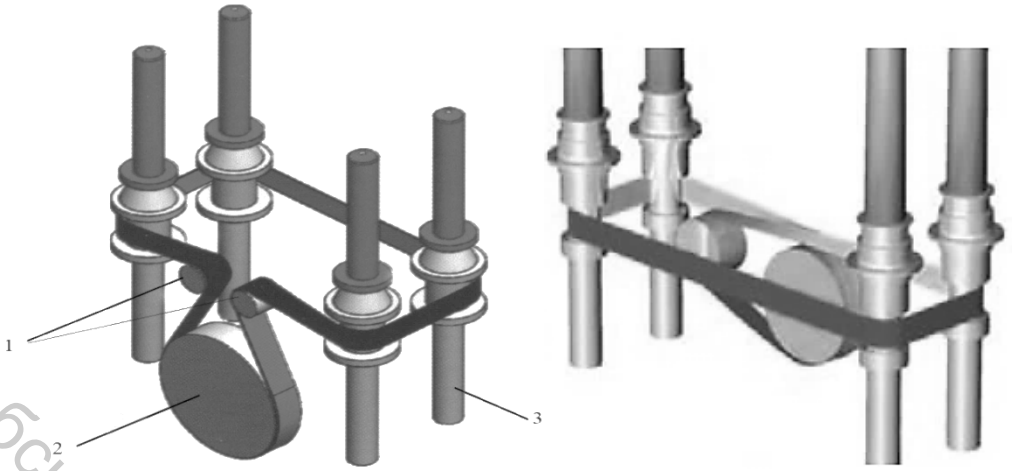


Рисунок 2.55 – Передача движения веретёнам от ремня через два (слева)/один (справа) натяжных ролика

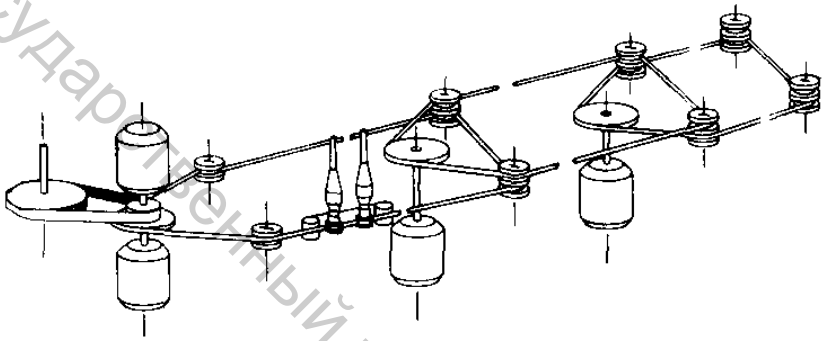


Рисунок 2.56 – Секционный привод веретён тангенциальным ремнём

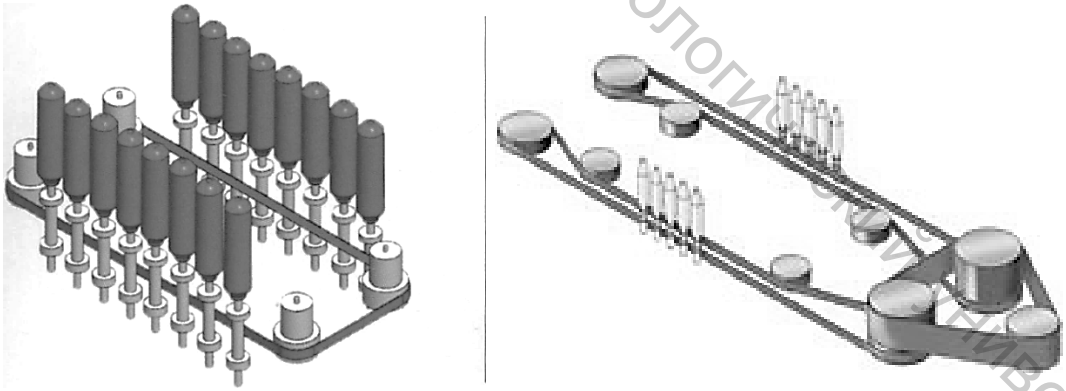


Рисунок 2.57 – Привод веретён одним тангенциальным ремнём

На машине модели MDS2 (Marzoli) для увеличения срока службы тангенциального ремня и подшипников предусмотрен асимметричный привод (рис. 2.58). Расположение двигателя привода веретён увеличивает угол наклона тангенциального ремня на наиболее нагруженном подшипнике. Это обеспечивает лучший баланс сил на двух подшипниках, увеличивая срок службы подшипников и ремня до 2 раз.

Витебский государственный технологический университет

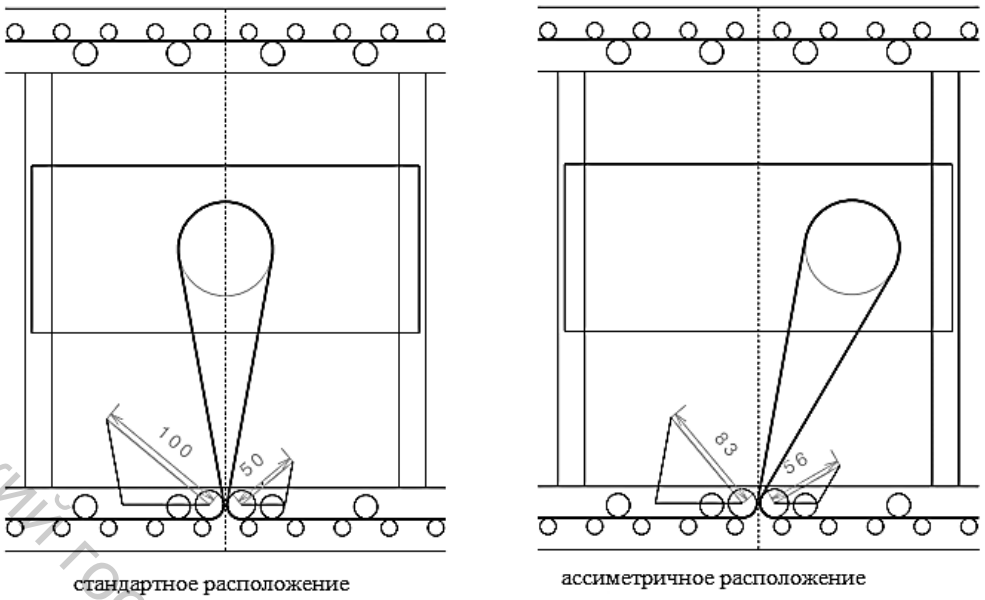
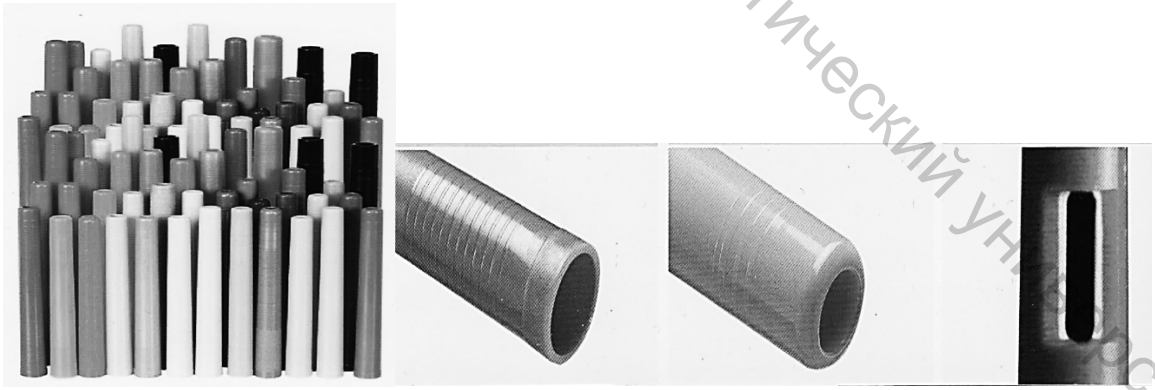


Рисунок 2.58 – Асимметричный привод веретен

2.6.7 Патроны

Пряжу наматывают на пластмассовые патроны (рис. 2.59, а). По характеру отделки поверхности патроны делят на гладкие и рифлёные (наличие ровных канавок на нижней части, рис. 2.59, б), имеющие гладкий верхний конус (рис. 2.59, в), внутри патрона со специальной самосмазывающийся втулкой, предназначенной для автоматического снятия и стабилизации (рис. 2.59, г). Патроны выпускаются разного цвета для исключения перепутывания партий пряжи разной линейной плотности.



а б в г

Рисунок 2.59 – Патроны

Внутреннее отверстие патрона должно быть гладким, чтобы патрон давил на шпиндель с давлением от 0,7 кг до 1,5 кг и обеспечивал более длительный срок службы. В нижнем отверстии патрона имеется небольшая ступенька, известная как YRG (запасная канавка для пряжи),

Витебский государственный технологический университет

в которой при перезаправке размещается пряжа на шпинделе и предотвращается заедание патрона.

Патроны изготавливают из разных видов полимерных материалов: полипропилена, поликарбоната, ударопрочной технической термопластической смолы на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Допустимый предел эксцентриситета патронов 0,25 мм.

К патронам предъявляют высокие требования. Они должны иметь одинаковую по высоте посадку на всех веретёнах для получения полной намотки пряжи. Обязательна соосность посадочных отверстий патронов во избежание биения и повышенного износа вибрирующих веретён с паковкой, а также предупреждения обрывности из-за повышения амплитуды колебания натяжения пряжи при наматывании.

Патроны не должны иметь задиров, заусенцев, измятых участков. Все патроны систематически проверяют и отбраковывают негодные.

Диаметр патронов выбирают в соответствии с диаметром колец прядильных машин.

Чем больше диаметр патрона, тем меньше натяжение пряжи на участке от бегунка до початка. Оптимальные величины отношения диаметра патрона $d_П$ к диаметру кольца $D_к$: $\frac{d_П}{D_К} = 0.4 \ldots 0.54$.

2.7 Наматывание пряжи на початок

2.7.1 Основные уравнения наматывания

Цель наматывания пряжи – получение плотной, компактной паковки, по возможности большой ёмкости и массы, удобной для транспортировки, хранения и последующего разматывания без спутывания, излишнего натяжения и ухудшения качества пряжи.

Различают следующие виды намотки пряжи: коническую с прослойком и беспрослойную, цилиндрическую с открытыми и закрытыми конусами и цилиндрическую комбинированную.

Наматывание пряжи на кольцевой прядильной машине осуществляется при определенных условиях.

Первое условие наматывания устанавливает связь между частотой вращения бегунка $n_б$, веретена $n_В$, диаметром намотки $d_Н$, м, шагом витка h, м, и скоростью выпускного цилиндра $V_{В.Ц}$. Длина одного витка намотки равна $\sqrt{(\pi d_Н)^2 + h^2}$, а длина пряжи, намотанной за 1 мин, м:

$$L = (n_В - n_б)\sqrt{(\pi d_Н)^2 + h^2}. \qquad (2.24)$$

Длина пряжи, подаваемой выпускным цилиндром за 1 мин, м:

Витебский государственный технологический университет

$$L = V_{В.Ц} \cdot K_y, \qquad (2.25)$$

где K_y – коэффициент укрутки.

Приравнивая правые части равенств (2.24) и (2.25) и решая относительно частоты вращения бегунка, получаем первое уравнение наматывания:

$$n_б = n_В - \frac{V_{В.Ц}.K_y}{\sqrt{(\pi d_Н)^2 + h^2}}. \qquad (2.26)$$

При наматывании основного слоя шаг витка h мал по сравнению с величиной $\pi d_Н$. Если принять $\frac{h}{\pi d_Н} = 0$, то первое уравнение:

$$n_б = n_В - \frac{V_{В.Ц}.K_y}{\pi d_Н}, \qquad (2.27)$$

т. е. частота вращения бегунка тем больше, чем больше частота вращения веретена, больше диаметр витка намотки и меньше скорость выпуска. Так как $n_В$ и $V_{В.Ц.}$ – постоянные величины, частота вращения бегунка изменяется по мере изменения диаметра витков намотки.

Бегунок отстает от веретена на 1÷2%, эта разность зависит от диаметра намотки $d_Н$. На рисунке 2.60, а показан график зависимости частоты вращения бегунка от $d_Н$.

Второе условие наматывания устанавливает связь между поступательной скоростью кольцевой планки $V_{К.П.}$ и диаметром витка $d_Н$. За время наматывания одного витка планка перемещается вдоль оси паковки вверх или вниз на шаг витка h. Скорость кольцевой планки, м/мин:

$$V_{К.П.} = \frac{h \cdot V_{В.Ц.} \cdot K_y}{\sqrt{(\pi d_Н)^2 + h^2}}. \qquad (2.28)$$

Витебский государственный технологический университет

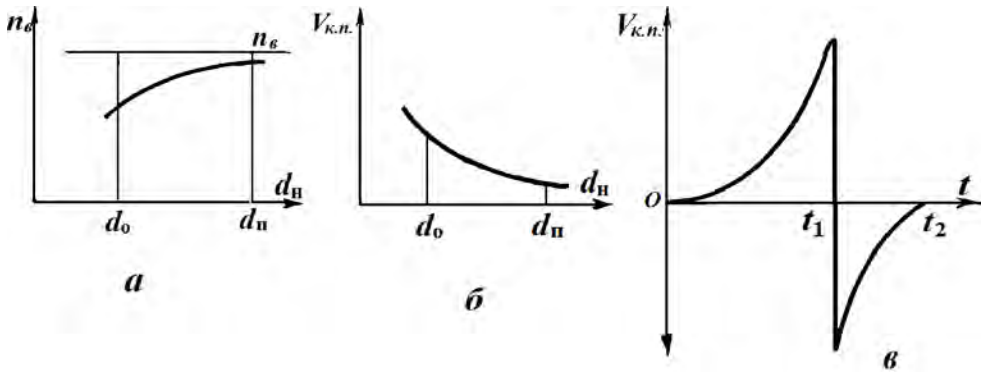


Рисунок 2.60 – Графики частоты вращения бегунка и скорости кольцевой планки

Если принять $\frac{h}{\pi d_H} = 0$, то второе уравнение наматывания получит вид:

$$V_{К.П.} = \frac{h \cdot V_{В.Ц} \cdot \cdot K_y}{\pi d_H}, \qquad (2.29)$$

т. е. скорость кольцевой планки обратно пропорциональна диаметру витка намотки (рис. 2.61, б). Величина $V_{К.П.}$ непрерывно изменяется по мере изменения d_H, она также зависит от шага витков и скорости выпуска пряжи.

Изменение скорости кольцевой планки во времени при наматывании слоя и прослойка показаны на рисунке 2.61, в. На нём за положительное значение принята скорость движения кольцевой планки снизу вверх и за отрицательное движение – сверху вниз.

Средняя скорость движения кольцевой планки при наматывании прослойка больше, чем при наматывании слоя. Поэтому $0t_1 > t_1t_2$, где $0t_1$ – время наматывания слоя, t_1t_2 – время наматывания прослойка (обычно $\frac{t_1t_2}{0t_1} = \frac{1}{3} \cdots \frac{1}{4}$).

При наматывании пряжи без прослойка время подъёма и опускания кольцевой планки одинаковое $0t_1 = t_1t_2$.

2.7.2 Строение початка

Пряжа, намотанная на патрон, образует початок. Намотка должна быть прочной, т. е. сохранять форму при транспортировке, и плотной, чтобы вмещать в заданном объёме большую длину пряжи. При последующем перематывании пряжа должна легко сматываться с початка, не спутываясь и без излишнего натяжения. Различают два вида намотки: коническую и цилиндрическую. В хлопкопрядении распространена коническая намотка, в льнопрядении обе формы намотки.

Витебский государственный технологический университет

Початок конической намотки (рис. 2.61, а) состоит из гнезда *1, 9, 10, 6, 7, 8, 1,* тела початка *1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 9, 1*, верхнего конуса намотки, называемого носиком початка, и нижнего конуса. Пряжа наматывается на вращающийся вместе с веретеном патрон и образует початок. При конической намотке вначале формируют гнездо, а затем тело початка. При конической намотке один полный слой формируется за время двойного хода кольцевой планки.

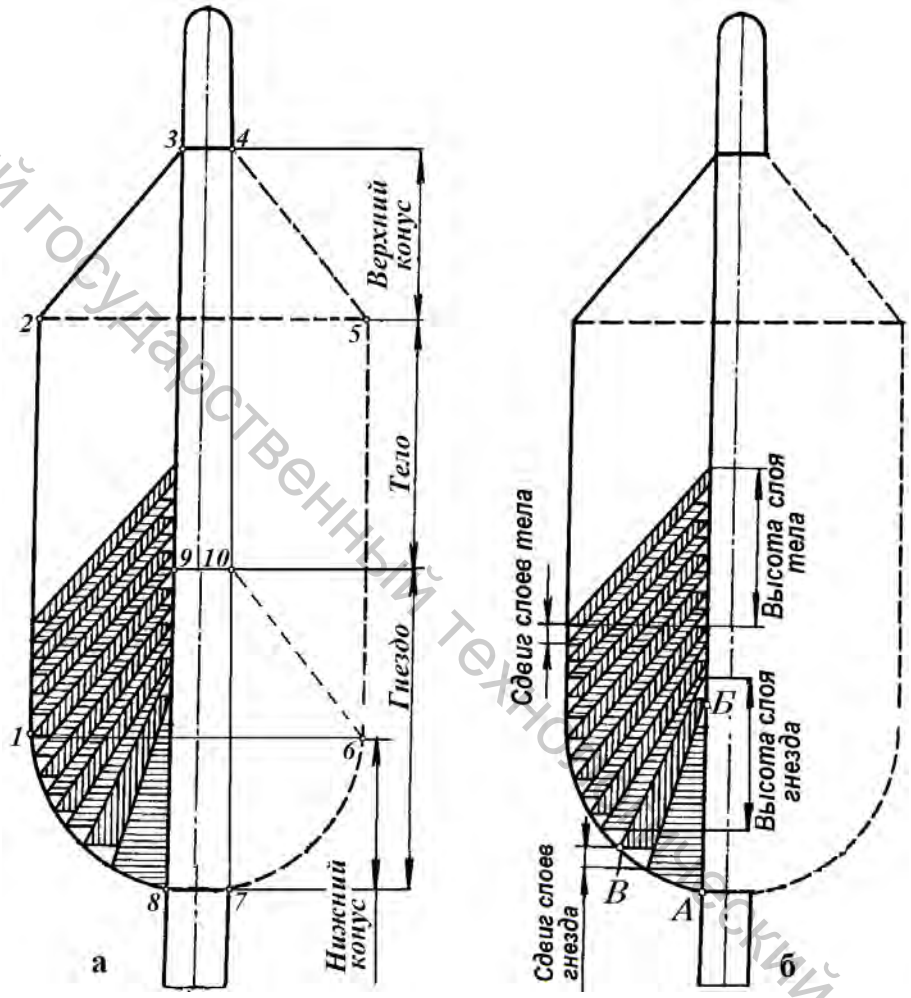


Рисунок 2.61 – Початок конической намотки

Наматывание начинается с крайнего нижнего положения – точка *А* на патроне (рис. 2.61, б). При медленном движении кольцевой планки вверх до точки *Б* пряжа укладывается плотными витками на патрон, образуя первый слой. Дойдя до точки *Б,* планка быстро опускается, и пряжа наматывается редкими витками, образуя прослоек, нижней границей которого является точка *В,* находящаяся несколько выше точки *А*.

Затем планка снова медленно движется вверх, образуя второй слой. Верхние витки второго слоя перекрывают витки первого слоя, укладываясь на них сверху. Далее планка быстро опускается, образуя

Витебский государственный технологический университет

второй прослоек, и вновь не доходит до крайнего витка предыдущего слоя. Внешний вид полного початка представлен на рисунке 2.62.

Такое чередование слоёв и прослойков с постепенным смещением вверх каждого последующего слоя над предыдущим происходит в течение всего наматывания до образования полного початка (рис. 2.63).

Рисунок 2.62 – Початок с пряжей

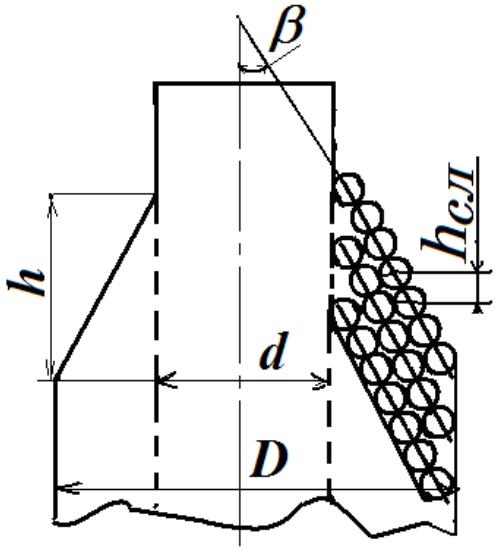


Рисунок 2.63 – Структура намотки в теле прядильного початка:
d – диаметр патрона; *D* – диаметр початка; *β* – угол конусности; *hсл* – высота слоя намотки; *h* – высота конуса намотки

Чтобы несколько увеличить объём намотки, наружное очертание гнезда делают выпуклым. Для этого высота первых слоёв делается меньше, что способствует увеличению плотности наматывания, так как общая длина нити в каждом слое сохраняется постоянной.

Кроме того, скорость перемещения планки по вертикали в нижних витках каждого слоя уменьшена, и пряжа наматывается плотнее.

Таким образом, в гнезде початка:

– первый слой имеет наименьшую высоту, а высота последующих слоёв гнезда увеличивается, т. е. $H_1 < H_2 < H_3 < \ldots < H_n$;

– первый слой имеет наибольшую толщину, толщина последующих слоёв гнезда уменьшается, т. е. $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3 > \ldots > \delta_n$, что увеличивает конусность поверхности для наматывания каждого последующего слоя гнезда;

– смещение низа слоёв гнезда вверх постепенно уменьшается, т. е. $S_1 > S_2 > S_3 > \ldots > S_n$,

В теле початка:

– высота слоёв – размах кольцевой планки – постоянен и наибольший, т. е. *H=const*;

– толщина слоёв – постоянна, т. е. $\delta = const$;

Витебский государственный технологический университет

– сдвиг слоёв (смещение) – постоянен, но наименьший, т. е. $S = const$.

Верхний конус початка представляет собой последний слой початка. При конической намотке облегчается сматывание пряжи вдоль оси початка при последующих операциях. При таком сматывании колебания фактической крутки пряжи выравниваются. В тоже время натяжение нити при сматывании непрерывно изменяется.

При намотке с прослойком полный слой состоит из более плотного основного слоя, наматываемого отлогими витками снизу-вверх, и менее плотного слоя – прослойка, наматываемого крутыми витками сверху вниз.

Плотность намотки в прослойках в 3–4 раза меньше, чем в слоях, что снижает длину нити в початках. В связи с этим на многих фабриках применяют беспрослойную намотку: кольцевая планка распределяет нить вдоль початка с одинаковой плотностью вниз и вверх. Беспрослойная намотка позволяет увеличить длину нити на початке на 20–25%. При этом во избежание слётов при последующем перематывании пряжи на больших скоростях угол верхнего конуса у беспрослойных початков заостряют (увеличивают высоту конуса).

Длина нити в полном слое при конической намотке, мм:

$$L = V_{К.П.} \cdot K_{у} \cdot t \cdot 10^3, \qquad (2.30)$$

где t – продолжительность наматывания полного слоя, мин.

$$L = L_{СЛ} + L_{ПР} = \pi \frac{D+d}{2}\left(\frac{h}{\cos\beta} : \frac{C\sqrt{T}}{31.6}\right)(1+a), \qquad (2.31)$$

где $L_{СЛ}$, $L_{ПР}$ – длина нити соответственно в слое и прослойке, см; h – высота верхнего конуса початка, мм; β – угол наклона верхнего конуса к оси початка, град.; $\frac{C\sqrt{T}}{31.6}$ – шаг витков намотки пряжи на верхнем конусе (T – линейная плотность пряжи, текс); C – коэффициент С=4,94; D – диаметр полного початка, мм ($D = D_K - 3мм$, где D_K – диаметр кольца, мм); d – диаметр пустого патрона, мм; a – доля, которую длина прослойка составляет от длины слоя.

Если при конической прослойной намотке $L_{СЛ}/L_{ПР} = 3$, то длину пряжи в слое тела початка можно определить:

Витебский государственный технологический университет

$$L_{СЛ} = \frac{\pi(D + d)h}{2h_{СЛ}}, \qquad (2.32)$$

где $h_{СЛ} = 0.156 \cdot \sqrt{T}$.

Тогда длина нити в полном слое:

$$L = L_{СЛ} + L_{ПР} = \frac{2\pi \cdot (D + d) \cdot h}{3h_{СЛ}}. \qquad (2.33)$$

Толщина полного слоя (слоя с прослойком):

$$\delta = \frac{2 \cdot T \cdot L \cdot \cos\beta}{10^3 \cdot \Delta \cdot H \cdot \pi(D + d)}, \qquad (2.34)$$

где Δ – плотность тела початка (объёмная плотность намотки), г/см^3; H – высота слоя, мм.

Шаг витков намотки слоя и прослойка в теле початка:

$$h_{СЛ} \approx H\frac{\pi(D + d)}{2 \cdot L_{СЛ}}$$
$$h_{ПР} \approx H\frac{\pi(D + d)}{2 \cdot L_{ПР}} \cdot \qquad (2.35)$$

Объём пряжи на початке, см^3 (рис. 2.64):

$$V = \frac{\pi}{12}\left[H_B\left(D^2 + d_B^2 + Dd_B\right) + H_H\left(D^2 + d_H^2 + Dd_H\right) + 3D^2H_Ц - H\left(d_B^2 + d_H^2 + d_Bd_H\right)\right], \qquad (2.36)$$

где H_B и H_H – соответственно высота верхнего и нижнего конуса початка, см; $H_Ц$ – высота цилиндрической части початка, H – полная высота початка, см; D – диаметр тела початка, см; d_B и d_H – соответственно диаметр верхней и нижней части патрона, см.

Объём пряжи на початке можно определить по сокращённой формуле И.Г. Обуха:

для основы $V = 0.785(H - 0.9D)(D^2 - d^2)$; (2.37)

для утка $V = 0.785(H - 1.21D)(D^2 - d^2)$, (2.38)

Витебский государственный технологический университет

где $d = \frac{d_B + d_H}{2}$ – средний диаметр патрона, см.

Масса пряжи на початке, г:

$$M = V \cdot \Delta . \tag{2.39}$$

В зависимости от линейной плотности пряжи масса початка изменяется в пределах от 80 г до 255 г. Длина пряжи на початке, м:

$$L_П = \frac{10^3 \cdot M}{T}. \tag{2.40}$$

Початок должен иметь определённые размеры, плотность и максимальную массу. Применение больших паковок на прядильных машинах позволяет увеличить время наматывания одного съёма, уменьшить количество и общее время перерывов в работе (на съёмы, перезаправку и т. д.), число узлов при перематывании, таким образом, стоимость обработки пряжи снижается.

Увеличения паковок можно достичь следующими путями:

– увеличить диаметр кольца, а, следовательно, и початка;
– увеличить высоту початка;
– увеличить плотность намотки початка.

Первоначально все фабрики использовали первый путь. Однако дальнейшее увеличение диаметра кольца на существующих машинах ограничено расстоянием между веретёнами. Кроме того, линейная скорость бегунка при движении по кольцу увеличенного диаметра возрастает и может превысить скорость 35–40 м/с; в связи с этим при увеличении диаметра кольца приходится уменьшать частоту вращения веретён, а, следовательно, производительность.

Увеличение высоты початка (второй путь) не приводит к подобному недостатку, но увеличение размеров початка по высоте даёт меньший прирост объёма, чем увеличение диаметра намотки.

Третий путь – увеличение плотности намотки – имеет ограниченные возможности. Это, в первую очередь, переход на беспрослойную намотку, стремление работать с более тяжелыми бегунками (что возможно только при цилиндрической намотке), затем – переход на резко пониженную скорость кольцевых планок для более плотной укладки витков по высоте с зазором 2–2,5 диаметра нити вместо 4–5 на большинстве старых прядильных машин. На практике следует использовать все эти возможности в комплексе, находя для каждого конкретного случая оптимальные.

Витебский государственный технологический университет

Выбирая размеры паковки, следует учитывать расход электроэнергии, который может возрасти до 80%. В частности, в Японии из-за высокой стоимости электроэнергии применяют относительно небольшие паковки.

Зарубежные производители для уменьшения колебаний натяжения увеличивают соотношение диаметра патрона $d_П$ к диаметру кольца $D_к$: $\frac{d_П}{D_К} = до \quad 0{,}7$, т. е. увеличивают диаметр патрона. Однако это приводит к уменьшению длины пряжи на початке, т. е. чаще производят съём початков и соответственно связывание концов пряжи при перематывании. Но благодаря установке сплайсеров на мотальных машинах такое решение регулирования натяжения является вполне приемлемым.

2.8 Теория натяжения нити в процессе прядения

2.8.1 Натяжение нити в зоне бегунок-початок

Нить в процессе прядения на машине, проходя от нитепроводника до бегунка, принимает форму кривой под влиянием сил, действующих на неё, и образует так называемый баллон. Проходя на участке от бегунка до патрона, нить располагается по касательной к початку.

Теорию натяжения пряжи на кольцепрядильной машине разработали русские ученые. В этой области можно отметить работы: профессора П.Ф. Ерченко и профессора А.П. Минакова.

Рассмотрим силы, действующие на бегунок, и силы, действующие на нить в баллоне.

Силы, действующие на бегунок. Для определения величины натяжения нити на участке от початка до бегунка составим уравнения равновесия бегунка на кольце, применив метод кинетостатики.

Будем считать бегунок находящимся в равновесии под действием следующих сил: центробежной, натяжения нити на участке от бегунка до початка, натяжения нити баллона у бегунка, реакции кольца, сопротивления воздуха движению бегунка, веса бегунка.

Рассмотрим эти силы.

Центробежная сила инерции, которую обозначим через *С*, подсчитывается по формуле:

$$C = m \cdot R \cdot \omega^2, \qquad (2.41)$$

где m – масса бегунка в г; R – радиус кольца в *м;* ω – угловая скорость вращения в рад/с.

Витебский государственный технологический университет

Величина этой силы достигает значительных размеров, так как угловая скорость вращения бегунка имеет большое значение. Центробежная сила направлена (рис. 2.64) по радиусу кольца от оси вращения.

Сила натяжения нити на участке от бегунка до патрона, которую обозначим через *P,* раскладывается на две составляющие – радиальную и тангенциальную:

$$P_t = P \cdot \sin\gamma$$

$$P_r = P \cdot \cos\gamma ,$$

где γ – угол между направлением нити и радиусом кольца;

но

$$\sin\gamma = \frac{r}{R},$$

где r – радиус намотки; R – радиус кольца.

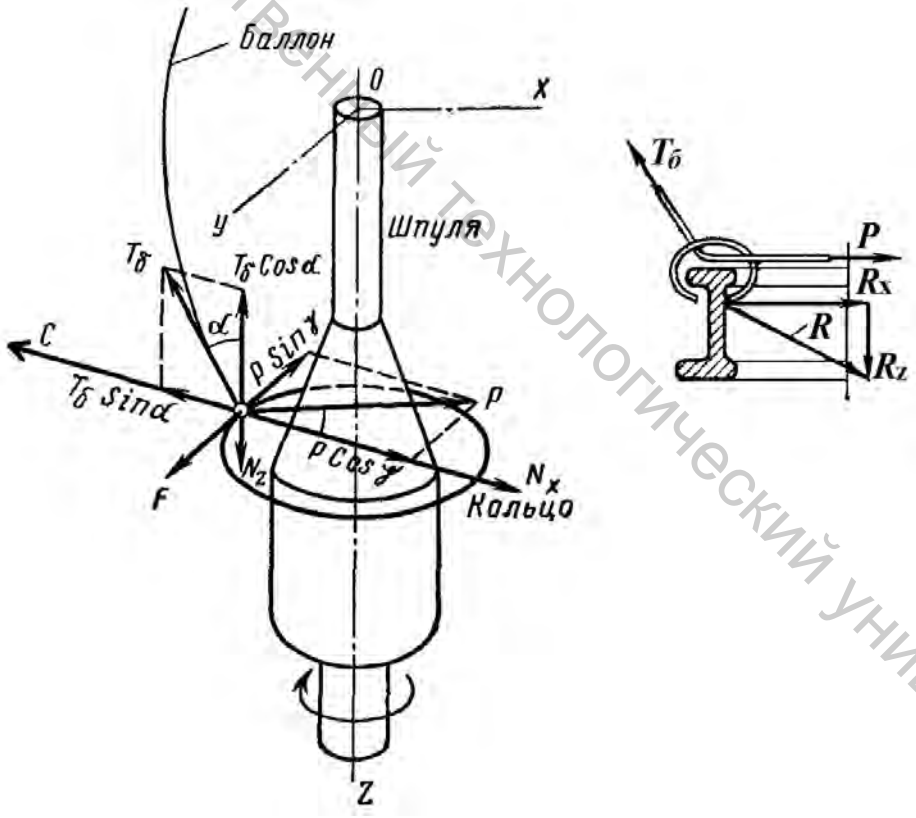


Рисунок 2.64 – Схема сил, действующих на бегунок

Натяжение нити баллона $T_б$ считаем направленным по касательной к нити баллона у бегунка, которая с направлением оси *OZ* составляет угол α. Тогда проекции силы $T_б$ на ось *OX* и ось *OZ* равны:

Витебский государственный технологический университет

$$T_{б(X)} = T_б \sin\alpha$$

$$T_{б(Z)} = T_б \cos\alpha \cdot$$

Можно считать, что бегунок касается кольца в двух точках, тогда *нормальные реакции кольца* будут N_X и N_Z, а силы трения в этих двух точках соответственно равны:

$$fN_X \text{ и } fN_Z,$$

где f – коэффициент трения бегунка о кольцо, равный 0,2–0,3 и определяемый экспериментально.

Эти силы трения направлены по касательной к кольцу в сторону, противоположную движению бегунка, и могут быть сложены алгебраически, то есть:

$$F = fN_X + fN_Z.$$

Сопротивление воздуха движению бегунка и собственный вес бегунка очень малы по сравнению со всеми другими силами, и потому ими можно пренебречь.

Составим уравнения равновесия бегунка на кольце:

$$\sum Y_i = +fN_X - fN_Z - P\sin\gamma = 0, \qquad (2.42)$$

$$\sum X_i = -C - T_б \sin\alpha + P\cos\gamma + N_X = 0, \qquad (2.43)$$

$$\sum Z_i = -T_б \cos\alpha + N_Z = 0. \qquad (2.44)$$

Из уравнений (2.43) и (2.44) имеем:

$$N_Z = T_б \cos\alpha, \qquad (2.45)$$

$$N_X = C + T_б \sin\alpha - P\cos\gamma. \qquad (2.46)$$

Но между натяжением нити P и натяжением нити в баллоне у бегунка $T_б$ существует следующая зависимость:

$$P = T_б e^{\mu\varphi},$$

Витебский государственный технологический университет

где μ – коэффициент трения нити о бегунок; φ – угол охвата бегунка нитью (величина переменная).

Тогда можем написать:

$$P = T_б \cdot K\,, \tag{2.47}$$

где $K=e^{\mu\varphi}$ – коэффициент, который можно определить экспериментальным путем; установлено, что он находится в пределах от 1,8 до 2,2.

Подставив значение P из уравнения (2.47) и значения N_x и N_Z из уравнений (2.45) и (2.46) в уравнение (2.42), получим:

$$f \cdot C + f \cdot T_б \cdot \sin\alpha - f \cdot K \cdot T_б \cdot \cos\gamma + f \cdot T_б \cdot \cos\alpha - K \cdot T_б \cdot \sin\gamma = 0\,,$$

или, разделив все члены этого уравнения на f и вынеся $T_б$ за скобку, получим:

$$C = T_б\left(K \cdot \cos\gamma + \frac{K}{f} \cdot \sin\gamma - \sin\alpha - \cos\alpha\right).$$

Отсюда

$$T_б = \frac{C}{K\left(\cos\gamma + \dfrac{\sin\gamma}{f}\right) - (\cos\alpha + \sin\alpha)} = \frac{m \cdot R \cdot \omega^2}{K\left(\cos\gamma + \dfrac{\sin\gamma}{f}\right) - (\cos\alpha + \sin\alpha)}.$$

Если пренебречь углом α из-за его незначительной величины, т. е. считать, что $\alpha = 0$, то полученная формула примет более простой вид:

$$T_б = \frac{m \cdot R \cdot \omega^2}{K\left(\cos\gamma + \dfrac{\sin\gamma}{f}\right) - 1}. \tag{2.48}$$

Из этой формулы видно, что натяжение нити в нижней точке баллона изменяется прямо пропорционально массе бегунка, радиусу кольца и квадрату угловой скорости вращения веретён. Кроме того, натяжение нити зависит от угла γ, т. е. от отношения радиуса намотки к радиусу кольца.

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Выведенная формула даёт возможность определить натяжение нити в баллоне у бегунка для различных диаметров намотки, а также вычислить величину натяжения нити между початком и бегунком.

Натяжение нити (сН) в зоне бегунок-патрон можно ориентировочно подсчитать по формуле В.А. Ворошилова:

$$T_б = \frac{\mu \cdot m_Б \cdot R_K^2 \cdot \omega^2}{r \cdot 981}, \qquad (2.49)$$

где μ – коэффициент трения бегунка о кольцо (0,12÷0,25 при $n_в$=13500÷10000 мин$^{-1}$); $m_Б$ – масса бегунка, г; R_K – радиус кольца, см; ω– угловая скорость веретён, с$^{-1}$ ($\omega = \frac{2\pi \cdot n_B}{60}$, где n_B – частота вращения веретён, мин$^{-1}$); r – радиус наматывания пряжи, см.

Для снижения обрывности пряжи из-за повышенного натяжения на участке между нитепроводником и бегунком на современных прядильных машинах применяется автоматическое регулирование частоты вращения веретён. Изменение частоты вращения веретён достигается тремя путями.

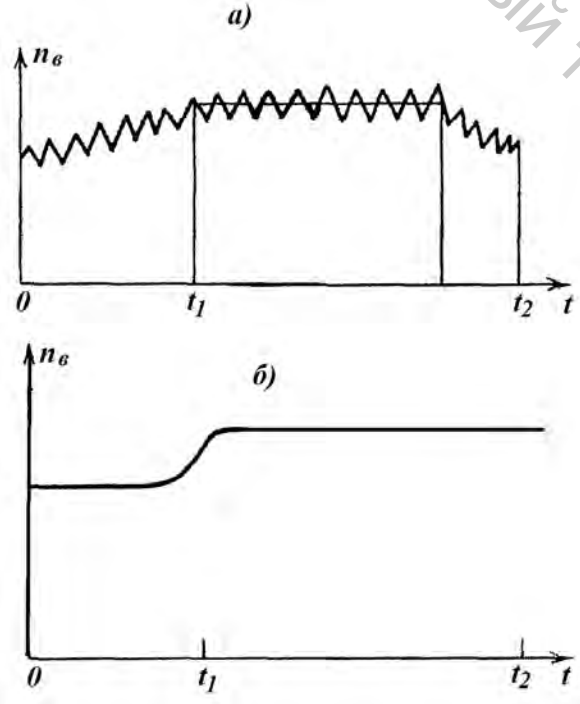


Рисунок 2.65 – Изменение частоты вращения веретён

1. Послойное регулирование – изменение за время двойного хода кольцевой планки (снижение с уменьшением диаметра витков намотки) (рис. 2.65, а).

2. Базисное регулирование – частота вращения веретён изменяется при наматывании гнезда и тела початка (рис. 2.65, б).

3. Полное – сочетание послойного и базисного регулирования.

Базисные регуляторы просты в работе, при их использовании производительность машин повышается примерно на 5%, а обрывность снижается на 15–20%.

Витебский государственный технологический университет

На современных прядильных машинах применяется полное регулирование частоты вращения веретён во время всего цикла намотки с помощью программируемых приводов электродвигателей. Так, на машине модели MDS2 (Marzoli) применяется система контроля частоты вращения веретён (рис. 2.66) на разных стадиях формирования початка.

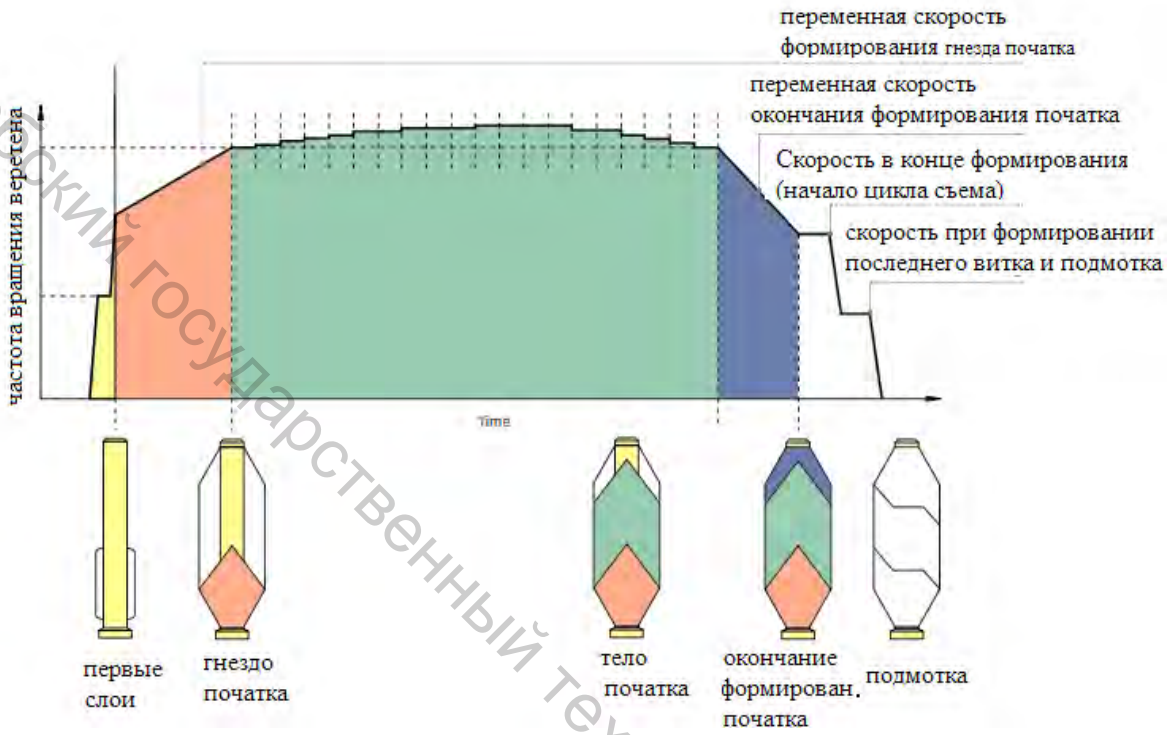


Рисунок 2.66 – Система контроля частоты вращения веретён (Marzoli)

Тупой угол конуса по початку позволяет увеличить вместимость на нём пряжи. Полное автоматическое регулирование частоты вращения веретён позволяет увеличить производительность машины на 5–10%.

2.8.2 Силы, действующие на нить в баллоне

Вследствие быстрого вращения на участке от нитепроводника до бегунка нить под действием центробежной силы изгибается и образует баллон. В конечных точках баллона на нить действуют силы натяжения $T_б$ и $T_н$ (рис. 2.67), направленные по касательным к образующей баллона. Так как нить вращается вокруг оси веретена, то на каждый участок её действует центробежная сила, расположенная горизонтально.

Сумма этих сил составляет общую центробежную силу баллона $C_б$, расположенную также в горизонтальной плоскости. Кроме этих сил, на нить баллона действует сопротивление воздуха, собственная масса нити и добавочная переносная (кориолисова) сила инерции.

Витебский государственный технологический университет

Сопротивление воздуха зависит от ряда факторов, точное влияние которых трудно учесть, поэтому часто при определении натяжения нити делают поправку, увеличивая полученный результат на 10%.

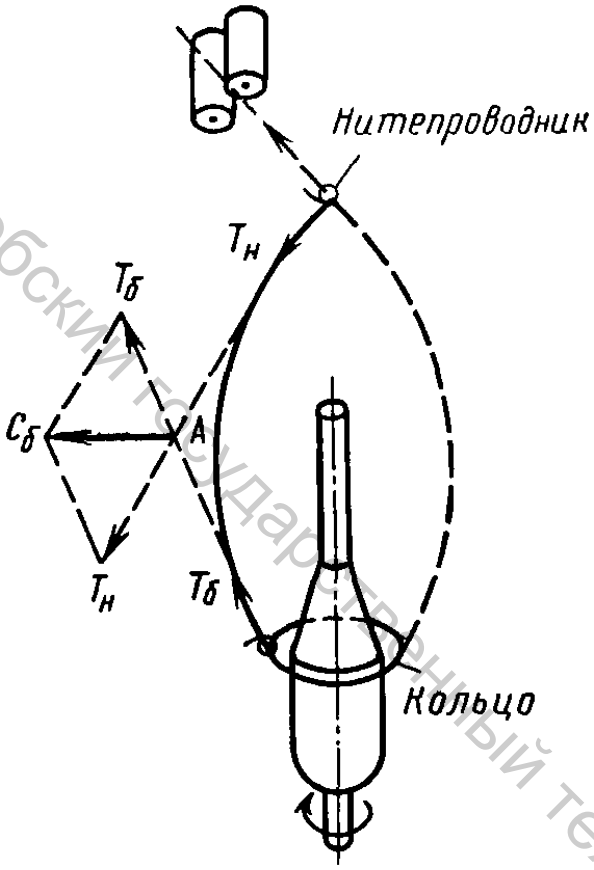


Рисунок 2.67 – Схема сил, действующих в баллоне

Под действием сопротивления воздуха нить в баллоне приобретает форму линии двойной кривизны. Упрощенно считаем, что нить баллона расположена в одной плоскости.

Если проектировать силы, действующие на нить в баллоне, на эту плоскость, то окажется, что силы $T_б$, $T_н$ и $C_б$ проектируются в натуральную величину, а проекция силы сопротивления воздуха, действующая перпендикулярно плоскости чертежа, равна нулю. Собственным весом нити и кориолисовой силой ввиду их незначительности можно пренебречь. Для равновесия сил необходимо, чтобы они пересекались в одной точке, которую можно найти, если продолжить направление сил $T_б$ и $T_н$.

Центробежная сила $C_б$ будет направлена горизонтально. Чтобы найти величины указанных сил, достаточно знать одну из них, например, $T_б$ или $C_б$, которую можно определить по формуле:

$$C_б = \sum C_X = \frac{l}{N \cdot 9{,}81}\left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \left(r_1 + r_2 + \ldots + r_n\right), \quad (2.50)$$

где l – длина участка нити в баллоне; $r_1 \ldots r_n$ – радиус баллона в разных точках баллона, N – номер пряжи; n – частота вращения веретена, мин$^{-1}$.

Натяжение нити за нитепроводником или у переднего цилиндра T_X будет меньше силы T_H на величину трения, которое нить испытывает в нитепроводнике, т. е.:

$$T_H = K_1 \cdot T_X,$$

Витебский государственный технологический университет

где K_1 – коэффициент, учитывающий трение нити в нитепроводнике (≈1,1).

Форму баллона, образуемого вращающейся нитью, можно получить путем фотографирования. Используя фотографии баллона, можно определить натяжение нити в вершине баллона по формуле И.И. Мигушова:

$$P_0 = T_{ПР} \cdot 10^{-6} \cdot \omega_б^2 \left\{ R_M^2 + \left[\frac{H_б}{\arcsin\left(\frac{R_K}{R_M}\right)} \right]^2 \right\}, \qquad (2.51)$$

где $T_{ПР}$ – линейная плотность пряжи, текс; $\omega_б$ – угловая скорость бегунка, с$^{-1}$; R_M – максимальный радиус баллона (замеряют по фотографии), м; R_K – радиус кольца, м; $H_б$ – высота баллона (замеряют по фотографии), м.

2.9 Обрывность на кольцевой прядильной машине

Обрыв продукта чаще происходит у переднего цилиндра в зоне обтекания его мычкой. Обрыв может произойти при существенном уменьшении разрывной нагрузки продукта или увеличении натяжения его, или при совпадении обоих этих изменений во времени. Таким образом, обрывность зависит, с одной стороны, от уровня неровноты пряжи, с другой – от уровня неровноты натяжения, определяемого качеством изготовления, наладкой и обслуживанием машин. Все причины обрывности принято разделять на две группы: 1) технологические; 2) связанные с плохим состоянием прядильных машин.

К технологическим причинам относится неправильный выбор сырья, несовершенство системы прядения (недостаточные очистка от сора, пороков и удаление коротких волокон, разрыхление и смешивание компонентов, недостаточный эффект выравнивания по толщине продукта), неоптимальный план прядения (особенно в отношении вытяжек, числа сложений, крутки, скоростей), колебания температуры и влажности, а также большое число случайных производственных погрешностей.

Обрывность, зависящая от качества наладки и обслуживания машин, происходит вследствие нарушений условий сматывания ровницы, износа и нарушения установки деталей вытяжного прибора, крутильно-мотального аппарата, неправильной насадки патронов, неправильной

Витебский государственный технологический университет

установки нитепроводников и колец относительно веретён, повышенной вибрации веретён и т. п.

Борьбе с обрывностью придаётся большое значение, так как при большой обрывности снижается производительность оборудования, ухудшается качество пряжи, уменьшается выход пряжи и снижается производительность труда прядильщицы, увеличивается её загруженность, причём при очень большой её неравномерности, иногда приходится сокращать зону обслуживания.

Обычно обрывность учитывают на 1000 веретён в час. Сравнивая работу машин с разной частотой вращения веретён, определим обрывность на единицу длины выпускаемой пряжи (1 км). Найдем зависимость между числом обрывов R_1 на 1000 веретён·ч и числом обрывов R_2 на 1 км вырабатываемой пряжи.

Длина пряжи, выработанной за 1 ч на 1000 веретёнах, км:

$$L = 60 \cdot V_{В.Ц.} \cdot K_У ,$$

где $V_{В.Ц.}$ – линейная скорость выпуска мычки (скорость выпускного цилиндра), м/мин; $K_У$ – коэффициент усадки мычки от крутки.

Очевидно, что

$$R_2 = \frac{R_1}{L},$$

или

$$R_2 = \frac{R_1}{60 \cdot V_{В.Ц.} \cdot K_У} . \qquad (2.52)$$

Соотношение между R_1 и R_2 можно выразить через коэффициент крутки α_T, частоту вращения веретен n_B, мин$^{-1}$, и линейную плотность пряжи T, текс. Зная, что крутка равна

$$K = \frac{\alpha_T}{\sqrt{100}} = \frac{n_B}{V_{В.Ц.} \cdot K_У},$$

получим

$$V_{В.Ц.} \cdot K_У = \frac{n_B \cdot \sqrt{T}}{\alpha_T}. \qquad (2.53)$$

Витебский государственный технологический университет

Подставляя выражение (2.53) в формулу (2.52), найдем:

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot \alpha_T}{60 \cdot n_B \cdot \sqrt{T}}.$$

Длина пряжи, км, на которую приходится один обрыв:

$$L_1 = \frac{60 \cdot n_B \cdot \sqrt{T}}{R_1 \cdot \alpha_T}. \qquad (2.54)$$

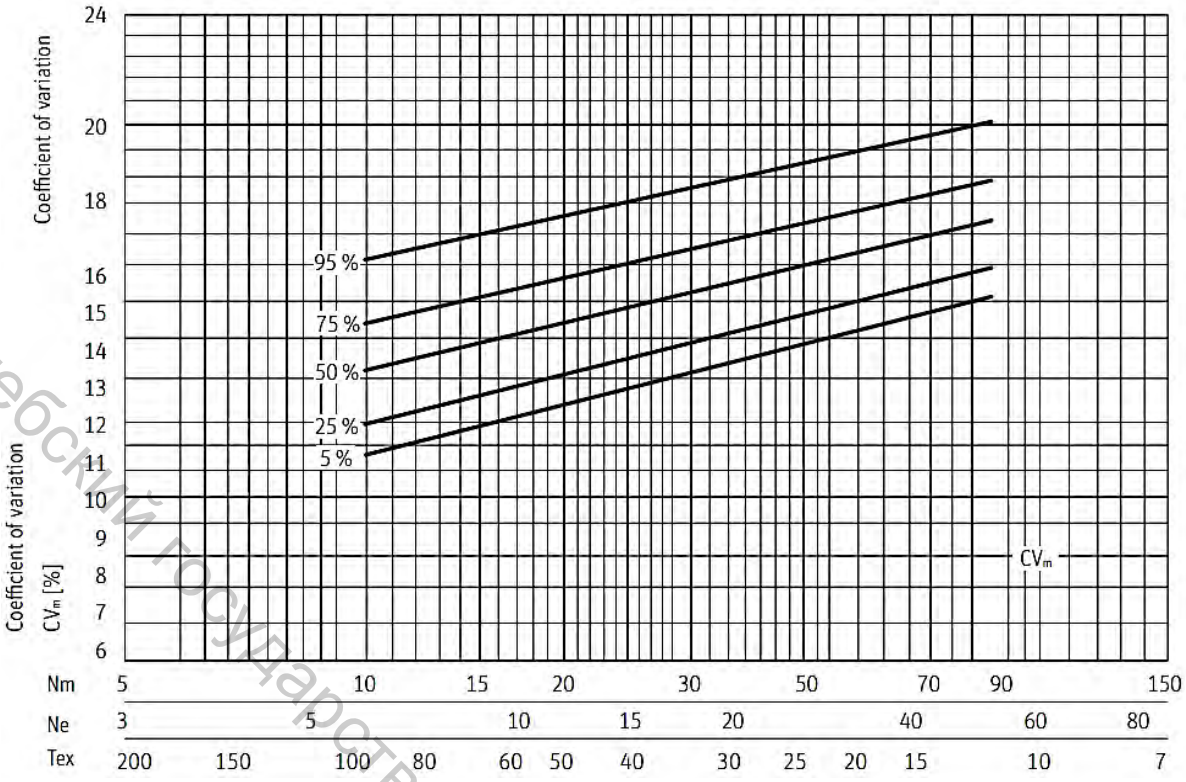
Уровень обрывности различен не только для разных фабрик, но и в пределах одной фабрики и даже на разных веретёнах одной машины. Количество обрывов должно составлять 30÷40 обрывов на 1000 веретён в·час. Наблюдения показали, что на машине имеются веретёна, на которых в течение более 60 ч работы не было ни одного обрыва, в то время как на некоторых соседних веретёнах нить обрывалась часто. Такие веретёна называют неисправными или «больными», допуская, что неисправность может быть на любом участке данного прядильного места – от ровницы до початка. Эффективный способ борьбы с обрывностью в прядении должен базироваться на поверетённом контроле и устранении причин, вызывающих систематическую обрывность.

2.10 Технический контроль

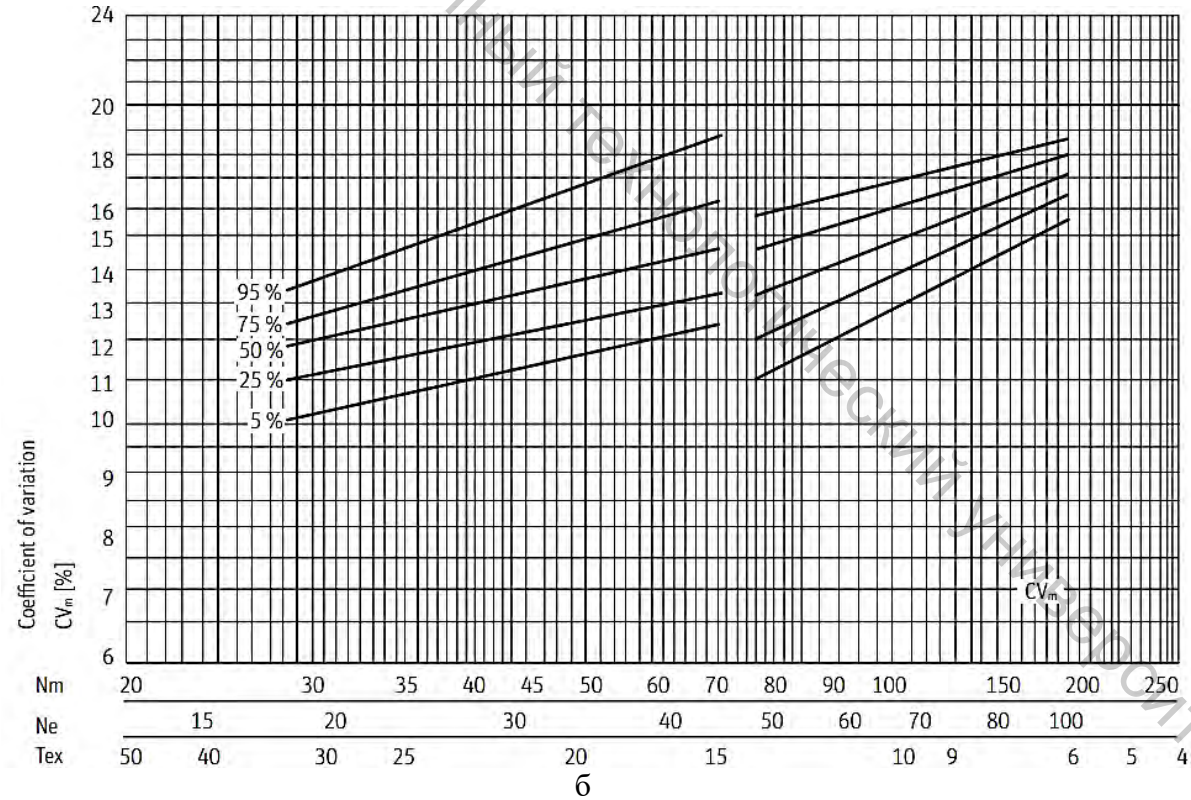
Технический контроль производства осуществляют отдел технического контроля и фабричная лаборатория.

Линейную плотность пряжи, разрывную нагрузку пасмы, относительную разрывную нагрузку пасмы и неровноту по линейной плотности определяют ежедневно на всех машинах, а при большом количестве машин, заправленных пряжей одной линейной плотности, машины разбивают по группам. Характеристика пряжи по показателю неровноты на коротких отрезках представлена на рисунках 2.68, 2.69.

Витебский государственный технологический университет



а



б

Рисунок 2.68 – Неровнота на коротких отрезках 100% хлопчатобумажной пряжи на початках ткацкого назначения: а) кардная система; б) гребенная

Витебский государственный технологический университет

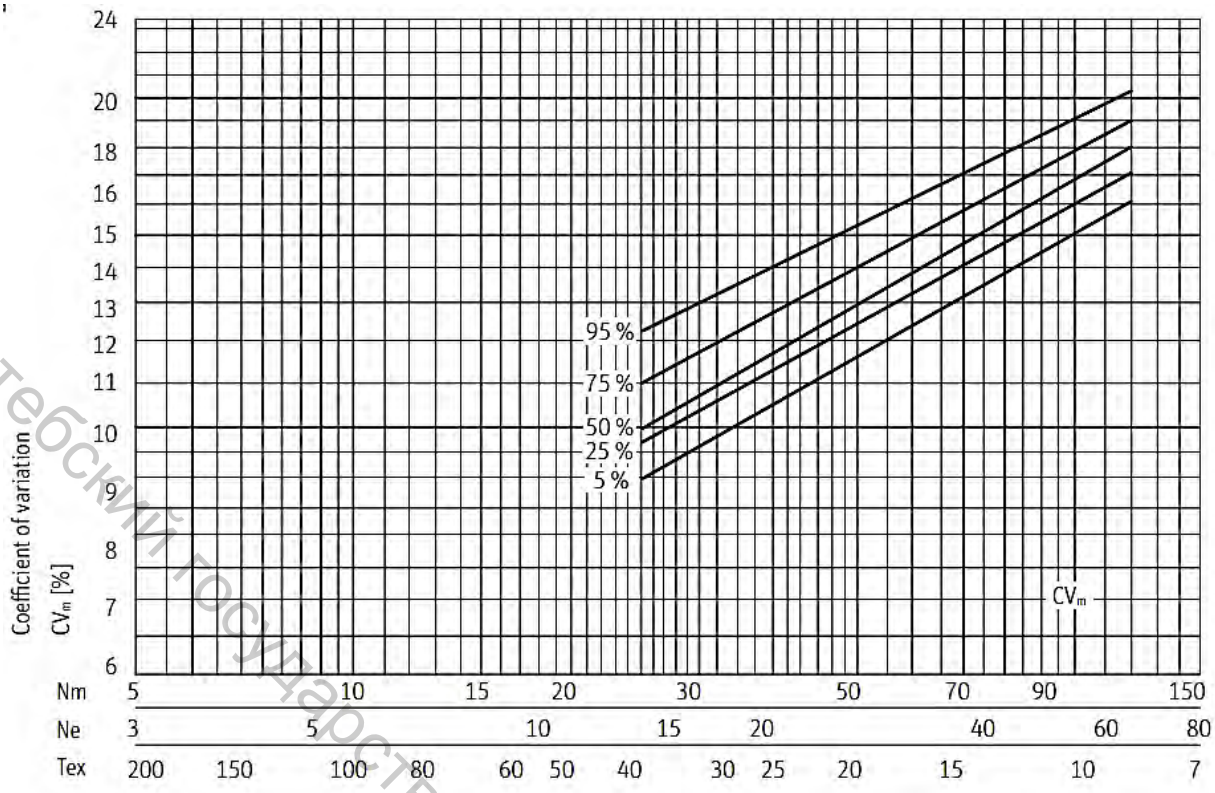


Рисунок 2.69 – Неровнота на коротких отрезках смесовой гребенной пряжи на початке состава 67 ПЭ/33 хлопок

Абсолютную и относительную разрывную нагрузку одиночной пряжи и неровноту по разрывной нагрузке определяют 1 раз в месяц на всех машинах для пряжи каждой линейной плотности.

Крутку и коэффициент крутки уточной пряжи проверяют 1 раз в неделю, а основной пряжи – при перезаправках.

Засорённость пряжи, определяющей её класс, контролируют у пряжи каждой партии при изменении сортировки и по заданию.

Влажность пряжи определяют ежедневно для пряжи каждой линейной плотности и сортировки.

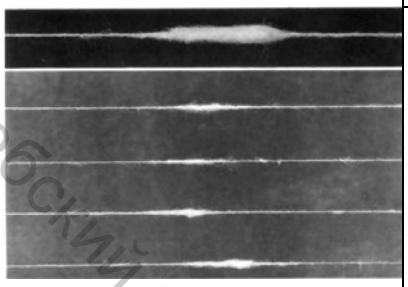
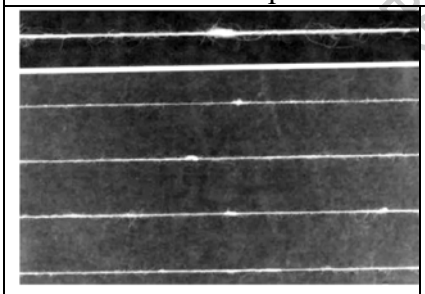
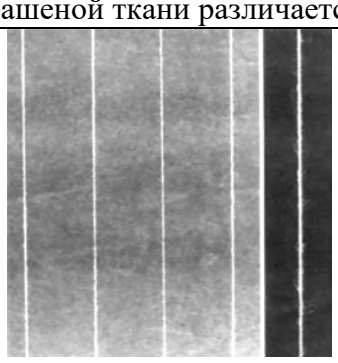
Плотность намотки, массу пряжи и длину её на початке проверяют после капитального ремонта машины и по заданию.

Обрывность контролируют ежемесячно по каждой машине и по заданию.

Вся снятая с машин пряжа направляется в пункт приёма, где её взвешивают в той же смене, в которой вырабатывают. Недоработанные или переработанные съёмы считаются неполноценными. Недоработанные съёмы снимают с разрешения помощника мастера. Основные пороки пряжи представлены в таблице 2.20.

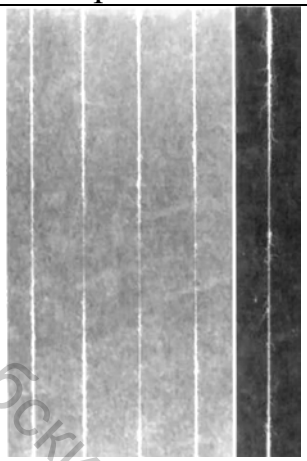
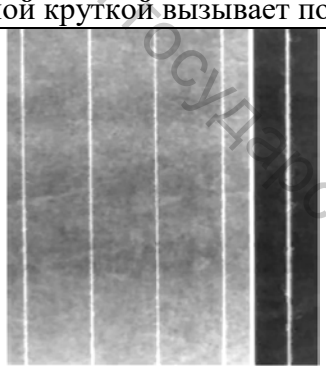
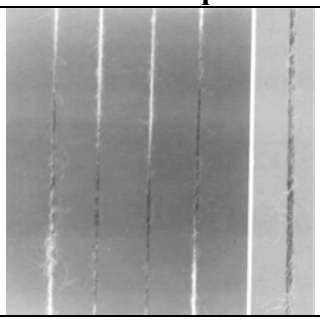
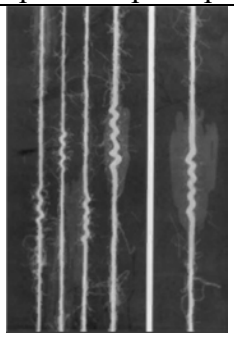
Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.20 – Пороки пряжи

<table>
<tr><th>Внешний вид и название порока</th><th>Причины</th><th>Способы устранения</th></tr>
<tr><td colspan="3">Шишки. Порок в виде скопления плотно перепутанных волокон в форме узелка размером до 2,5 диаметра нити, участок имеет меньшую крутку, приводит к увеличению обрывности на следующих переходах, ухудшает внешний вид ткани</td></tr>
<tr><td></td><td>Причина</td><td>Меры устранения</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ скопление пыли и пуха на деталях машины;
~ неровнота ровницы;
~ недостаточная распрямленность волокон;
~ неисправности деталей вытяжного прибора;
~ плохая присучка;
~ неправильно одетые очистители верхних валиков</td><td>• обеспечить правильную работу очистителей;
• избегать поломки зубьев шестерни и обеспечивать надлежащее зацепление;
• улучшить параллелизацию волокон на этапе чесания;
• оптимальная нагрузка верхнего валика в задней зоне</td></tr>
<tr><td colspan="3">Непсы. Порок в виде утолщения малой длины, ухудшает внешний вид ткани, изменяет оттенки окрашенных тканей</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ скопление пыли и пуха на деталях машин;
~ плохое прочёсывание волокон;
~ неисправности деталей вытяжного прибора;
~ плохая присучка;
~ налипший пух на очистителях валиков</td><td>аналогично утолщениям</td></tr>
<tr><td colspan="3">Сукрутины. Порок в виде участков пряжи с перекрутами наружных волокон вокруг осевых из-за недостаточного натяжения, ухудшается внешний вид ткани, цвет крашеной ткани различается</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ неправильное зацепление шестерен;
~ смешивание хлопка различной длины и использование незрелого хлопка;
~ повышенная крутка;
~ большое количество длинных тонких мест</td><td>• установить оптимальную крутку;
• установить правильно вытяжку для минимизации тонких участков;
• кондиционирование пряжи;
• корректировка параметров очистки на мотальных автоматах</td></tr>
<tr><td colspan="3">Утолщения и утонения. Переслежистая пряжа – порок в виде случайно повторяющихся утолщений и утонений пряжи. Пересечки – порок в виде периодически чередующихся толстых и тонких мест. Участки имеют низкую крутку, увеличивают обрывность на следующих переходах, ухудшают внешний вид ткани, придают тканям разнооттеночность</td></tr>
</table>

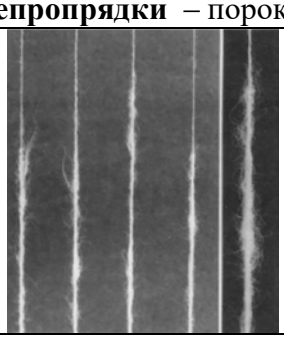
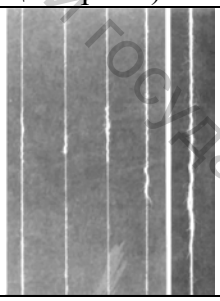
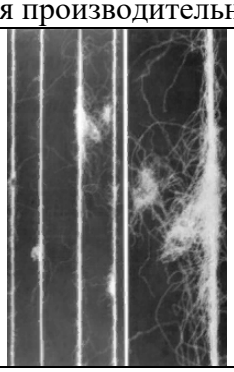
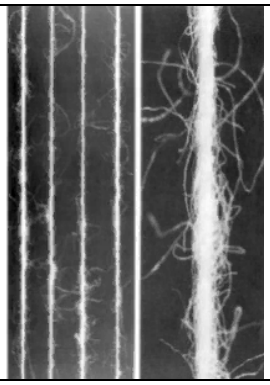
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 2.20

	~ эксцентриситет валиков и цилиндров; ~ неправильная разводка; ~ низкая нагрузка; ~ изношенные ремешки и неправильно подобранная клипса; ~ неправильное зацепление шестерён; ~ смешивание хлопка разной длины	• соосность расположения валиков и цилиндров и разводки между ними; • соблюдение графика проверки нагрузки; • правильно подобрать хлопок в сортировку; • поменять клипсу; • проверять техническое состояние ремешков
Пряжа отлогой крутки (непрокрутка). Порок в виде участка пряжи с пониженной круткой вызывает повышенную обрывность на последующих переходах		
	~ слабое натяжение тангенциального ремня; ~ неплотная посадка патрона на шпиндель; ~ пониженная крутка; ~ плохая очистка бегунка	• устранить вибрацию патрона на шпинделе; • обеспечить правильную установку пухоочистителя бегунка; • заменить изношенные кольца и бегунки; • правильно подобрать крутку; • натянуть ремень
Замасленная пряжа. Порок в виде загрязненного или замасленного участка		
	~ пролитое масло в движущихся частях; ~ присучивание или заправка грязными руками; ~ небрежное обращение с сырьем; ~ замасленные поверхности машины	• соблюдать соответствующие процедуры обращения с пряжей; • правильная смазка; • чистые контейнеры для транспортировки початков; • чистота контактных поверхностей
Краксы. Порок, представляющий собой утолщенные участки нити в виде спирали, образованной волокнами, обвившимися вокруг центральных волокон. Маленькие неровности, которые исчезают при натяжении, или пряжа пружинной формы. Более заметны на полиэфирной или смесовой пряже, приводит к частым обрывам при перематывании		
	~ смешивание хлопка разной длины; ~ неправильная разводка; ~ эксцентриситет валиков и цилиндров; ~ нарушение температурно-влажностного режима в цеху	• отшлифовать цилиндры; • подобрать хлопок близкой длины; • правильно установить разводку; • скорректировать температуру и влажность

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.20

<table>
<tr><td colspan="3">Непропрядки – порок в виде участков с невытянутой ровницей</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ слабый зажим мычки в вытяжной паре;
~ высокая крутка ровницы;
~ навивание мычки на соседнюю тумбочку цилиндра;
~ прорезание валиков при неработающей водилке</td><td>• проверить нагрузку;
• использовать ровницу с пониженной круткой;
• проверять состояние покрытий валиков;
• проверять работу водилки</td></tr>
<tr><td colspan="3">Дефектные места. Порок в виде сдвоенных концов пряжи, образующихся при присучивании большой длины соединяемых концов пряжи. Приводит к повышению обрывности на последующих переходах, увеличению количества отходов (концов пряжи)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ неправильный метод присучивания</td><td>• обучение прядильщиц правильным методам присучивания;
• проверить установку баллоноограничителей</td></tr>
<tr><td colspan="3">Засорённая пряжа. Наличие семян, кусочков листьев и мусора в пряже, ухудшает внешний вид ткани, образуют пятна при крашении, поломка игл при вязании, низкая производительность при перематывании</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ низкая эффективность очистки сырья;
~ использование хлопка с высоким содержанием фрагментов семенной оболочки</td><td>• повысить эффективность очистки на РОА и на чесальных машинах;
• соблюдать температурно-влажностный режим в цехах</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ворсистость. Порок в виде концов волокон, выступающих на поверхности пряжи. Ухудшает внешний вид изделий, особенно при выработке полиэфирнохлопковой пряжи, приводит к повышенной обрывности при перематывании, пиллингуемости тканей</td></tr>
<tr><td>  </td><td>~ использование хлопка в одной сортировке, сильно различающегося по свойствам. Использование изношенных колец и легких бегунков;
~ низкая влажность;
~ завышенная частота вращения веретена</td><td>• правильно подбирать смешиваемые компоненты;
• заменить кольца;
• подобрать бегунок;
• поддерживать оптимальным влажностный режим в цеху</td></tr>
</table>

Витебский государственный технологический университет

Основные дефекты намотки

Отсталые початки получаются при высокой обрывности, когда прядильщица не успевает вовремя ликвидировать обрывы.

Растрепанные початки нарабатываются при плохой центровке верётен с кольцами и мягкой намотке (лёгком бегунке).

Мягкие початки получаются при недостаточном натяжении пряжи вследствие использования слишком лёгких бегунков, недостаточной смазки веретён, проскальзывания тесьмы, слабой посадке патронов.

Тонкие или толстые початки могут нарабатываться при слишком большом или малом угле поворота храповика мотального механизма.

Початки с тупым или острым верхним конусом нарабатываются при неправильном размахе кольцевой планки. Тупой конус получается при малом размахе, острый конус – при слишком большом размахе планки.

Початки с толстым или тонким гнездом нарабатываются при неправильной установке кулачка мотального механизма: в первом случае кулачок сильно отклоняет цепь и действует более продолжительное время, а во втором случае – наоборот.

Бугры на початках появляются при поломанных зубьях храповика или шестерни мотального блока.

Основные виды отходов

Мычка – волокна, засасываемые мычкоуловителем после обрыва пряжи и собираемые в виде бесформенной массы на сетке волокносборника. Количество этих отходов зависит от уровня обрывности и продолжительности маршрута прядильщицы и составляет 0,5÷1% количества перерабатываемой смеси.

Рвань ровницы получается из-за неполного срабатывания ровницы с катушек, вырывания участков тонких и толстых пропусков и с другими пороками, неправильного присучивания; в зависимости от линейной плотности пряжи и системы прядения составляет 0,47÷0,57%.

Путанка – пряжа с початков с дефектами намотки, затрудняющими их переработку, или с початков, повреждённых при транспортировке. Количество путанки не должно превышать 0,05÷0,1%.

Пух с чистителей – короткие волокна, скапливающиеся на чистителях валиков, цилиндров и ремешков; количество пуха обычно составляет около 0,02% и тем больше, чем меньше влажность воздуха в цехе.

Подметь – отходы, собираемые при подметании пола; количество её не должно быть более 0,2%. Загрязненная подметь в прядильном производстве не используется.

Витебский государственный технологический университет

2.11 Особенности кинематических схем кольцепрядильных машин

Совершенствование кинематики современных кольцевых прядильных машин происходит по следующим направлениям:

- привод рабочих органов от независимых электродвигателей с управляемыми приводами для регулирования основных параметров работы машины с дисплея машины;
- замена зубчатых передач зубчатыми ремнями для снижения металлоёмкости оборудования и уровня создаваемого шума;
- использование приводов, позволяющих произвести замену сменных элементов в короткий срок;
- снижение энергопотребления оборудования;
- централизованная смазка.

Кинематическая схема кольцевой прядильной машины G35 фирмы Rieter представлена на рисунке 2.70. Двигатель D1 через ременную передачу приводит в движение веретёна, аналогично двигатель D4 – кольцевые планки, двигатель D2 – выпускной цилиндр вытяжного прибора, D3 – питающий и средний цилиндры вытяжного прибора.

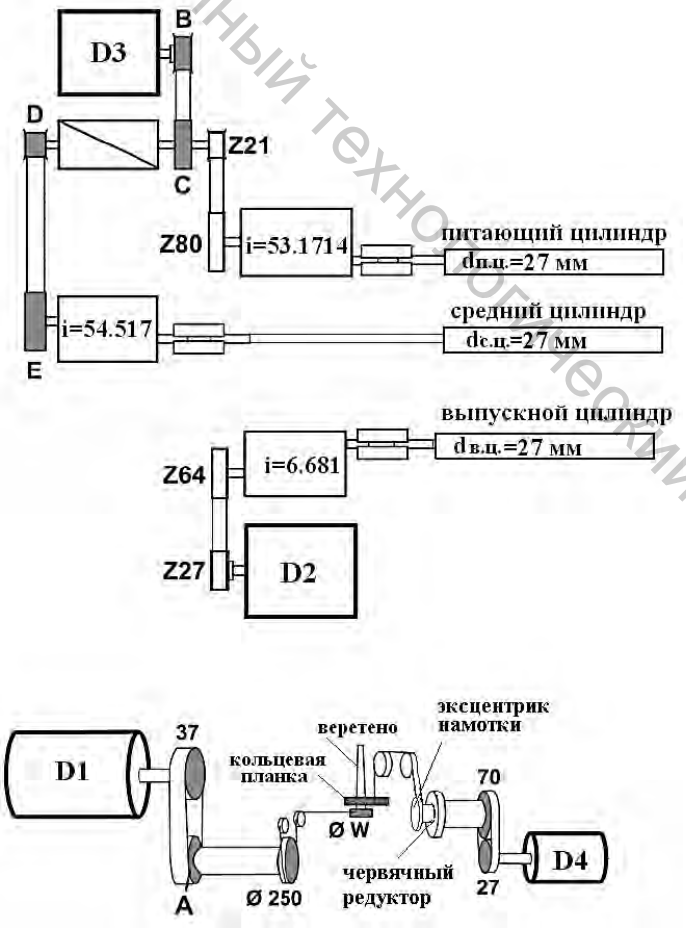


Рисунок 2.70 – Кинематическая схема прядильной машины G35 фирмы Rieter

Витебский государственный технологический университет

На машине модели RX300 фирмы Toyota вместо приводного ремня установлен винтовой вал подъёмного механизма кольцевой планки. Это устраняет перекос и колебания её движения в течение длительных периодов эксплуатации (рис. 2.71).

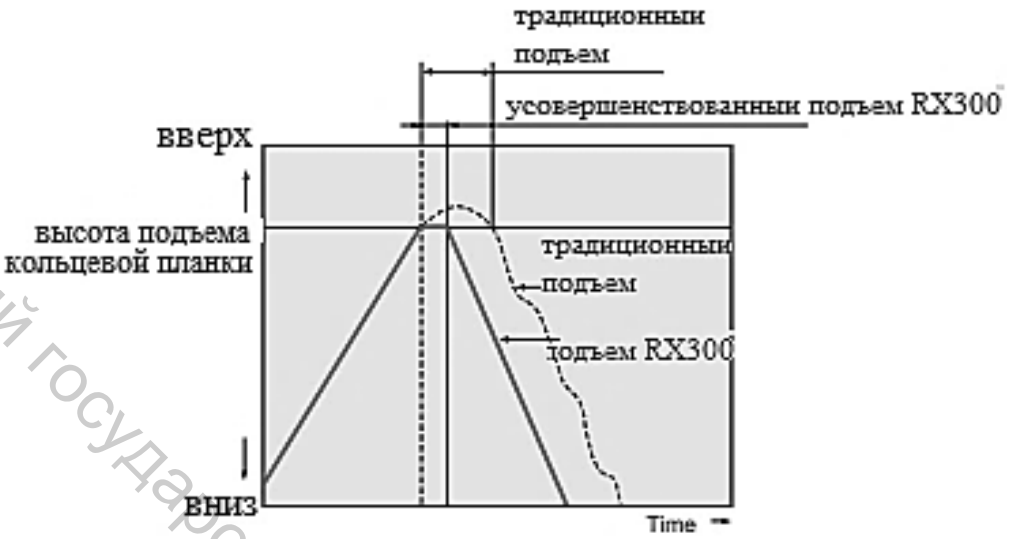


Рисунок 2.71 – График движения кольцевой планки

Прядильная машина RX300 оснащена энергосберегающими двигателями и специальным инвертором. В них используются технологии, позволяющие снизить энергопотребление примерно на 5%.

На прядильной машине модели RX300E (Toyota) все рабочие органы приводятся в движение от индивидуальных, управляемых частотными преобразователями, электродвигателей. Три цилиндра вытяжного прибора также приводятся отдельными электродвигателями, что позволяет прецизионно изменять вытяжку на машине.

На прядильной машине модели JWF1589 фирмы Jing Wei Co (КНР) крутку пряжи можно задавать очень точно путём синхронизации частоты вращения двигателей, приводящих в движение цилиндры вытяжного прибора и веретён, с помощью программируемого логического контроллера PLC.

В кинематической схеме машины модели MSS фирмы Marzoli (рис. 2.72) для достижения минимально возможной инерции вытяжных цилиндров, контроля их ускорения и замедления на высокой скорости, привод выполнен через двигатель, планетарную коробку передач и зубчатые ремни.

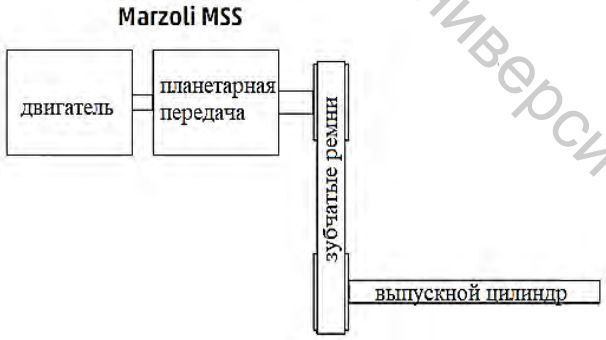


Рисунок 2.72 – Привод вытяжных цилиндров машины MSS (Marzoli)

Витебский государственный технологический университет

В кинематической схеме машин MDS 2 и MP 1N (Marzoli) передние, средние и задние цилиндры вытяжного прибора приводятся независимыми частотно-регулируемыми приводами, а общая вытяжка задаётся на сенсорном экране. На машинах с более чем 1200 веретёнами установлен один двигатель в головной части и один в хвостовой части машины для привода передних вытяжных цилиндров; один – в промежуточной части для привода средних и задних вытяжных цилиндров (рис. 2.73). Средний и задний цилиндры приводятся в движение бесщёточными двигателями (более высокий КПД по сравнению с двигателями с короткозамкнутым ротором) через зубчатые ремни (вместо шестерён). Это даёт ряд преимуществ: отсутствие смазки в приводе; простота обслуживания и очистки; низкий уровень шума; точность настройки вытяжки через сменный шкив; меньшая инерция при более высокой производительности (для фасонной пряжи).

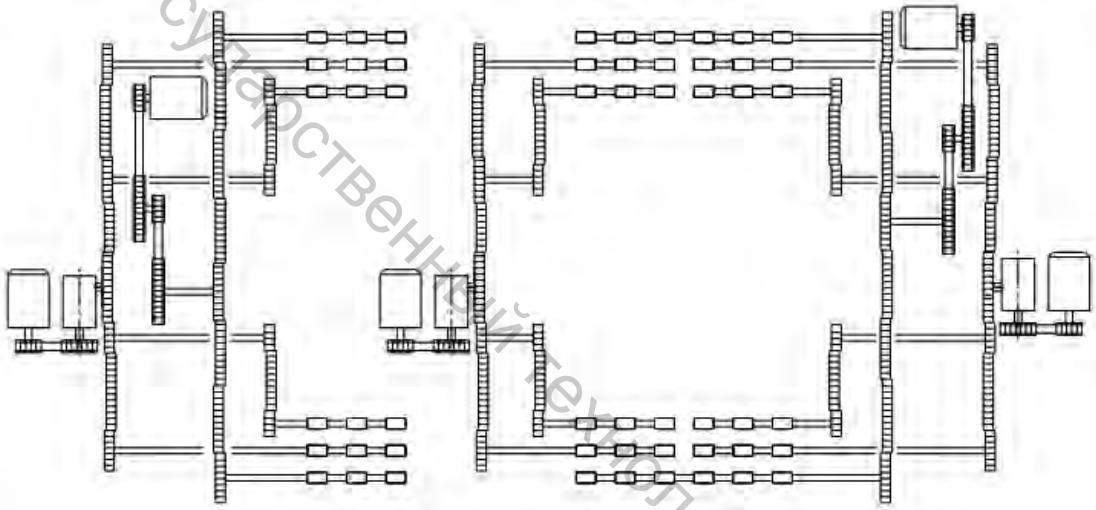


Рисунок 2.73 – Привод вытяжных цилиндров на машине MP 1N (Marzoli)

2.12 Автоматизация кольцевых хлопкопрядильных машин

Исследовательские работы в области высокопроизводительных кольцевых прядильных машин ведутся по двум основным направлениям: дальнейшая автоматизация механических операций и повышение производительности.

Автоматизация предусматривает:

- автоматический съём прядильных початков;
- автоматическое устранение обрывов;
- автоматическая заправка прядильной машины без подмота;
- автоматическое регулирование частоты вращения веретён;
- останов подачи ровницы при обрыве;
- применение автоматических пухосборников (см. главу 1);

Витебский государственный технологический университет

- автоматическая транспортировка катушек с ровницей от ровничных машин (см. главу 1);
- агрегирование прядильных машин и мотальных автоматов;
- сигнализация об обрыве пряжи;
- управление параметрами работы машины с панели управления:
- сбор информации о протекании процесса прядения и контроль качества пряжи.

Практически все современные модели кольцевых прядильных машин выпускаются со встроенными автосъёмниками, например, модель CO-WE-MAT фирмы Zinser, ROBOdoff фирмы Rieter, Spindoff фирмы Marzoli, модели TRC и SCD фирмы Toyota и др.

Механизм ROBOdoff (Rieter) управляется с пульта управления прядильными машинами и осуществляет съём одновременно с двух сторон машины. Механизм соединен с каркасом машины (рис. 2.74).

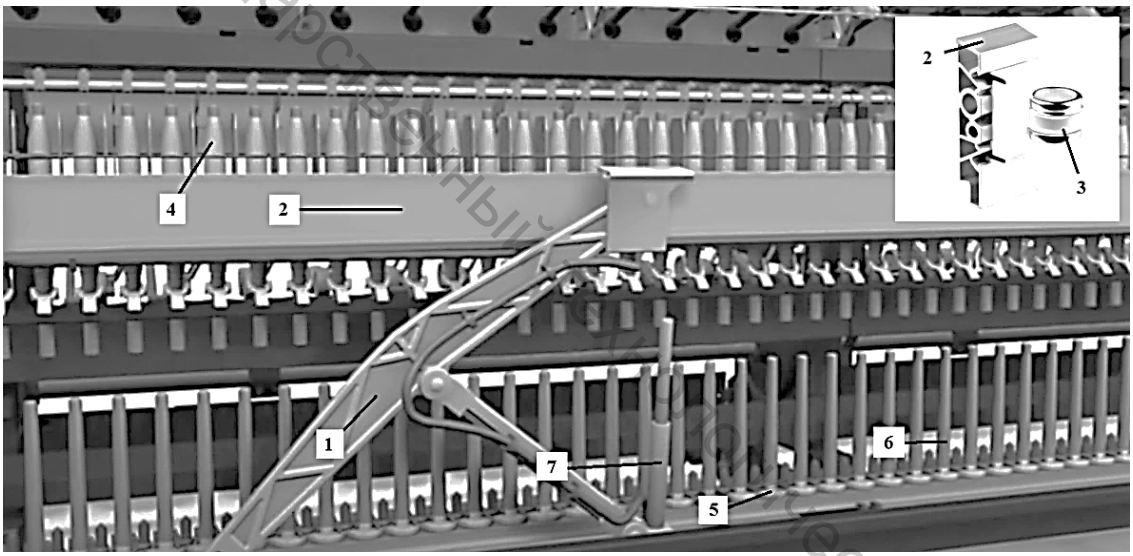


Рисунок 2.74 – Механизм автосъёма початков ROBOdoff (Rieter)

Процесс автосъёма осуществляется следующим образом. После наработки полных початков кольцевые планки автоматически опускаются в нижнее положение. Затем пружина *7* поднимает вверх кронштейн *1*, на котором закреплена профильная планка *2* с обжимными кольцами *3*. Резиновые кольца *3* пневматически обжимают носики прядильных початков *4* и снимают их с веретён. За счёт зажима носика патрона в трёх точках исключена опасность повреждения початка. После этого кронштейн *1* опускается и устанавливает прядильные початки на пустые держатели *5* конвейерной ленты. На держателях конвейера через один установлены пустые патроны *6*. После того, как полные початки будут установлены на конвейере, он перемещается на один шаг вперёд

Витебский государственный технологический университет

и обжимные кольца 3 захватывают пустые патроны *6*. После этого кронштейн *1* снова поднимается, и пустые патроны устанавливают на веретёна. Затем кронштейн возвращается в исходное положение, а процесс прядения возобновляется.

После этого конвейер с полными початками перемещается в правую сторону машины. Далее на прядильных машинах фирмы Rieter могут быть реализованы 2 опции – SERVOdisc при агрегировании прядильных машин и мотальных автоматов и ROBOload при загрузке початков в контейнер.

При использовании системы SERVOdisc (рис. 2.75) конвейер с прядильными початками автоматически перемещает их к мотальным головкам автомата. Агрегирование прядильных машин с мотальными автоматами позволяет устранить повреждение початков при транспортировке и укладке в контейнер, уменьшить диаметр кольца и, следовательно, увеличить производительность кольцепрядильной машины, ликвидировать транспортировку початков, уменьшить производственные площади и т. д. Также это является ещё одним шагом к созданию автоматических прядильных фабрик.

SERVOdisc представляет собой открытую систему транспортировки, по которой полные початки перемещаются от прядильной машины к мотальному автомату, а пустые – обратно к прядильной машине. Полные початки и пустые патроны передаются от одной машины к другой посредством автоматического поворотного диска. Початки перемещаются на специальных шайбовых держателях, внутри которых находится микрочип, хранящий информацию о перемещаемом початке (с какой прядильной машины, с какого веретена, обнаружен ли кончик пряжи). Эта информация способствует лучшему контролю качества и выявлению дефектных веретён.

Рисунок 2.75 – Агрегирование прядильной машины с мотальным автоматом

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

При использовании системы ROBOload (рис. 2.76) конвейер с полными початками *1* автоматически перемещается к контейнеру *3*. Прядильные початки снимаются с держателей и укладываются в контейнер, а на освободившиеся держатели *2* через один устанавливаются пустые патроны *5*, которые находятся в бункере *4*. Расстояние между держателями початков равно шагу между веретёнами.

Преимущества автосъёмников ROBOdoff следующие:

– время съёма початков на обеих сторонах машины 50–60 с;
– высокий КПВ;
– процесс съёма не нуждается в контроле человеком.

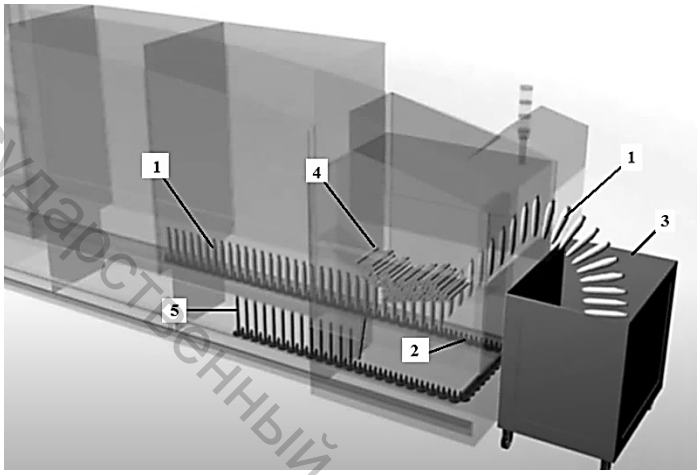


Рисунок 2.76 – Система транспортировки початков ROBOload

Фирма Zinser также применяет два типа автосъёмников початков: CO-WE-MAT395F – для отдельно работающих кольцевых прядильных машин, и CO-WE-MAT395V – для кольцевых прядильных машин, сопряженных с мотальными автоматами. Если при съёме початка возникает неполадка, машина автоматически останавливается при срабатывании датчика давления. Это обеспечивает снятие всех початков и установку пустых патронов на каждое веретено.

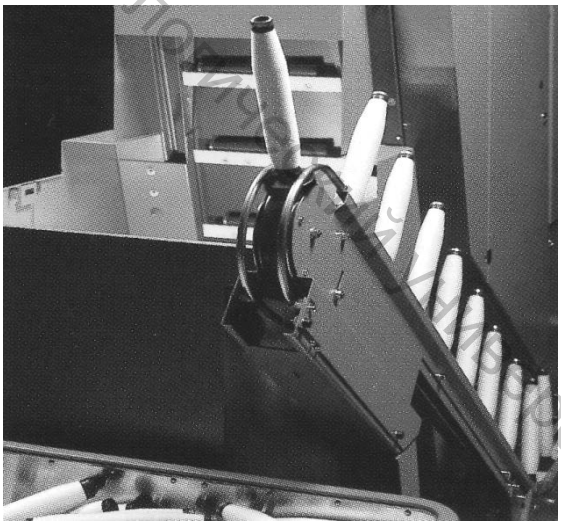


Рисунок 2.77 – Съём початков в тележку (CO-WE-MAT395F)

Система Co We Feed обеспечивает установку пустых патронов на конвейер большим диаметром вниз. При использовании автосъёмника

Витебский государственный технологический университет

CO-WE-MAT395F для отдельно работающих кольцевых прядильных машин снятые початки сбрасываются специальным механизмом в контейнер (рис. 2.77) с одновременным набором транспортером элеваторного типа пустых патронов из бункера. Автосъёмник CO-WE-MAT обеспечивает съём одновременно с двух сторон машины всего за 2 минуты, благодаря надежной вакуум-системе захвата початков.

Для того чтобы усилия от автосъёмника не передавались на машину, промежуточные стойки механизма отлиты из чугуна и образуют прочную раму машины. Веретённый брус, как и промежуточные стойки, тоже изготовлен из чугуна. Свойство чугуна демпфировать вибрации оказывает положительное влияние на характеристики кольцепрядильной машины.

Рисунок 2.78 – Автосъемник Spindoff фирмы Marzoli

Автосъёмник Spindoff фирмы Marzoli (рис. 2.78) отличается от описанных тем, что имеет промежуточную рейку. Сначала автосъёмник переносит пустые патроны с конвейера на промежуточную рейку, потом снимает полные початки и устанавливает на конвейер, а затем с промежуточной рейки устанавливает пустые патроны на веретёна. В среднем количество обрывов после съёма – 8 на 1000 веретён.

На кольцевых планках современных прядильных машин устанавливают оптические датчики, сигнализирующие об обрыве. При возникновении обрыва около веретена, где произошёл обрыв, загорается яркая светодиодная лампочка. Это помогает прядильщице быстрее найти и устранить обрыв. Такое устройство помогает дополнительно увеличить КПВ машины.

На машине G38 (Rieter) появилась система контроля работы каждого веретена ISM premium. Помимо светодиодных индикаторов на

Витебский государственный технологический университет

кольцевой планке возле каждого рабочего места имеется светодиод на каждой секции, а также сигнальные лампы в головной и концевой частях машины. Эти светодиодные лампочки загораются при достижении отдельно настраиваемого предельного количества обрывов пряжи. Трехуровневая индикация делает обнаружение места обрыва более эффективным. Еще одна функция системы – контроль частоты вращения каждого веретена. Если она не соответствует допустимым значениям, начинает мигать светодиодный индикатор. В результате оператор легко и быстро определяет, какое именно веретено вращается с отклонениями.

При агрегировании прядильных машин с мотальными автоматами, если на последний поступает непригодный початок, то подаётся сигнал в систему ISM, после чего на соответствующем прядильном месте загорается второй светодиодный индикатор. Это позволяет оператору сразу определить, на каком прядильном месте произошел сбой, и немедленно устранить неисправность.

Фирма Uster Technologies AG (Швейцария) разработала систему мониторинга обрывности пряжи Uster® Sentinel. Датчики обрывности установлены на каждом рабочем месте на кольцевой планке (рис. 2.79). Они очень лёгкие и не перегружают кольцевую планку во время его движения. Назначение этих датчиков не только сигнализировать об обрыве пряжи. Они собирают информацию об отклонении крутки от заправочной, обрывности и причинах её возникновения. Статистическая информация от каждого датчика и всей прядильной машины обрабатывается программным обеспечением и отображается на мониторе в виде удобных для пользователя графиков и диаграмм (рис. 2.80).

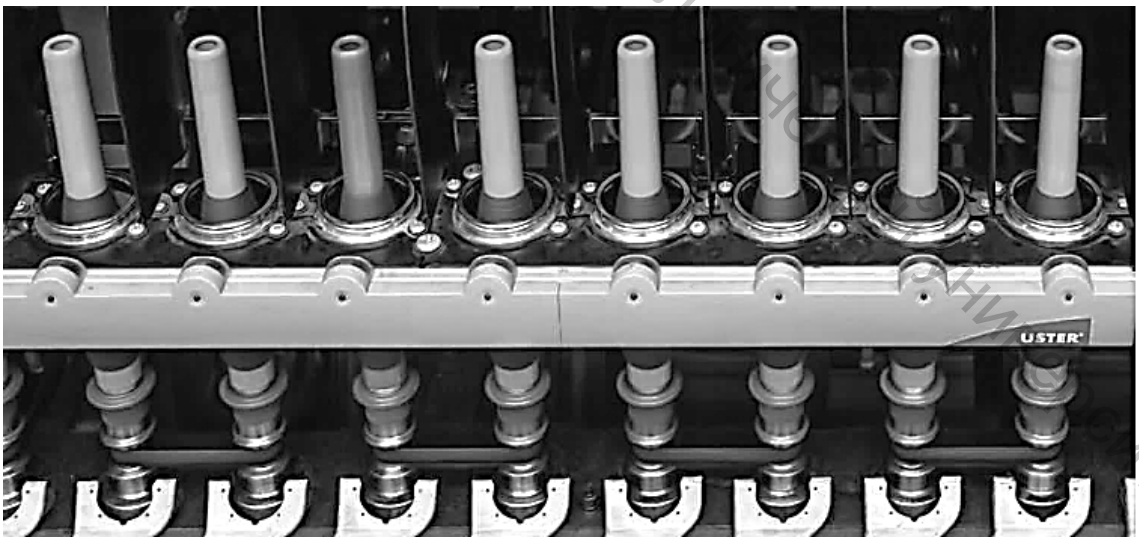


Рисунок 2.79 – Датчики системы Uster® Sentinel

Многофункциональное программное обеспечение позволяет контролировать в реальном времени различные параметры работы машины

Витебский государственный технологический университет

и быстро устанавливать причины обрывности, связанные с плохим состоянием оборудования (бегунков, эластичных покрытий валиков и ремешков), частотой вращения веретён и температурно-влажностным режимом в цеху. Программа Uster® Sentinel совместима с прибором Uster Tester 6, программой Quality Control и способствует глобальной оптимизации качества пряжи.

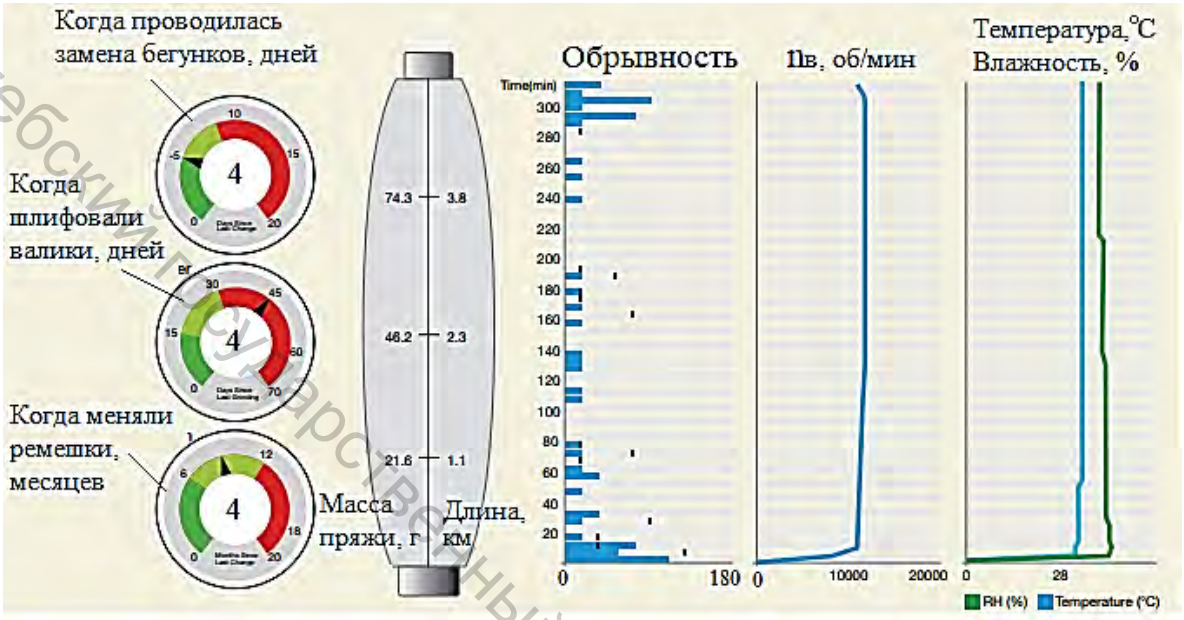


Рисунок 2.80 – Аналитическая информация программы Uster® Sentinel

Процесс ликвидации обрыва пряжи автоматизировать значительно сложнее. Работы ведутся в двух направлениях – создание встроенных в машину стационарных манипуляторов на каждый выпуск и создание передвижных автоматов, обслуживающих группу веретён или прядильных машин.

Передвижные манипуляторы являются автономными устройствами, копирующими действия прядильщицы. На прядильной машине G38 (Rieter) применяется полностью автоматический присучивающий робот ROBOspin (рис. 2.81). Датчик контроля обрыва пряжи подаёт сигнал роботу, который перемещается к нужному прядильному месту и фиксируется около этого веретена. Затем робот откидывает нитепроводник, снимает прядильный початок с веретена и устанавливает его на вращающийся шпиндель.

К початку подводится трубочка, из которой отсасывается воздух; за счёт возникающего разряжения кончик пряжи с початка засасывается в трубочку и удерживается в ней. После этого початок возвращается на веретено, а трубочка, перемещаясь по сложной траектории, последовательно заводит кончик пряжи под бегунок, кольцевой баллоноограничитель, нитепроводник и далее под выпускную пару вытяжного прибора.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 2.81 – Присучивающий робот ROBOspin (Rieter)

На выпускном цилиндре происходит соединение кончика пряжи с выпускаемой мычкой, и процесс прядения возобновляется. При неудачной попытке устранения обрыва цикл может повторяться несколько раз. Весь процесс устранения обрыва занимает около 1 минуты и зависит, в первую очередь, от расстояния, которое должен проехать робот до места обрыва, и от времени, потраченного на отыскание кончика пряжи на початке. Во время работы контакт с початком избегается, благодаря чему внешний слой пряжи не загрязняется. ROBOspin может работать круглосуточно, его применение позволяет сократить потребность в персонале и снизить трудозатраты.

Эффективность присучивания с первой попытки для хлопка достигает 80%. При второй попытке используется вспомогательная пряжа, что повышает эффективность еще на 10%.

На современных кольцевых прядильных машинах используется система управления, позволяющая устанавливать параметры заправки и контролировать технологический процесс с интерактивного пульта управления, оценивать качество пряжи и выявлять причины неудовлетворительной работы машины. На машине G38 (Rieter) с электронным управлением оператор на интерактивном дисплее может выбрать направление крутки – Z или S. Все вводимые значения проверяются на допустимость. Система управления позволяет хранить до 20 наборов настройки, которые могут быть вызваны в любое время и перенесены на другую машину.

Программное обеспечение позволяет контролировать большинство параметров работы прядильной машины, таких как: обрывность, КПВ, время до окончания съёма, эффективность заправки, вытяжку, скорости рабочих органов и многие другие.

Опциональный модуль FLEXIstart машины G38 позволяет включать и выключать вытяжной прибор поэтапно, благодаря чему обеспечивается более эффективный ввод машины в рабочий режим. В зависимости от

Витебский государственный технологический университет

длины машины при необходимости в работу можно ввести только четверть или половину машины. Программа OP-TI-START используется для автоматической приработки бегунков для увеличения срока их службы.

Кроме автоматизации прядильных машин и дальнейшего увеличения производительности, фирмы европейского и азиатского региона, их выпускающие, параллельно сосредоточили свои усилия на расширении функциональности оборудования. Многие современные кольцепрядильные машины оснащают дополнительными устройствами, позволяющими кроме традиционной пряжи выпускать:

- пряжу компактного прядения;
- кручёную пряжу Siro Spun;
- компактную кручёную пряжу Siro Spun;
- армированную пряжу Core Spun двух модификаций – с сердечником из комплексной или высокорастяжимой нити;
- фасонную переслежистую пряжу, в том числе из двух или трех разноцветных ровниц.

Прядильные машины Zinser/Saurer (Германия) ZR72XL и ZI72XL являются на сегодня самыми длинными в мире – общее количество веретён составляет 2016. Машина позволяет быстро переходить на новый ассортимент пряжи. Кроме классической пряжи, благодаря интегрированной системе FancyDraft, можно вырабатывать фасонную пряжу с различными эффектами, задавая с дисплея желаемый эффект через функцию EasySpin. Функции MultiCount и MultiTwist effect позволяют получать многоцветную пряжу.

Кольцепрядильная машина G38 (Rieter) позволяет быстро перестраиваться на новый ассортимент пряжи. Машину можно оснастить системой VARIOspin для производства фасонной узелковой пряжи с установкой серводвигателей последнего поколения. Данная система позволяет изготавливать мягкую (трикотажную) и жесткую (с высокой круткой) пряжу со стержневой нитью (комбинированную пряжу). Машина может быть оснащена разматывающим валиком для стержневой эластановой нити при производстве высокорастяжимой пряжи. Можно вырабатывать пряжу Siro Spun из двух ровниц, а также компактную пряжу.

Фирма Marzoli существенно расширила технические возможности производимых прядильных машин. Модель MDS2 благодаря особой геометрии питающей рамки позволяет производить пряжу любого типа: высокорастяжимую (с добавлением лайкры), комбинированную, крученую Siro Spun, традиционную и компактную. MSS – это технология Marzoli, разработанная для производства пряжи slub (с утолщениями). Такую пряжу получают за счёт раздельного управления скоростью цилиндров вытяжного прибора и периодического изменения вытяжки.

Фирма Toyota выпускает кольцевую прядильную машину модели RX300, имеющую 1824 веретена. Для уменьшения веса машины её рама

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

изготовлена из литого алюминия. На машине кроме традиционной пряжи возможен выпуск компактной и фасонной пряжи. Периодические фасонные эффекты образуются благодаря специальному программному обеспечению. На машине можно установить новое прядильное устройство Mosaic® с электронно управляемой вытяжкой, которое способно впрядать в пряжу отрезки разноцветной ровницы, а также получать фасонную пряжу из двух разноцветных ровниц, изменяя её линейную плотность, вид и размер эффектов в большом диапазоне.

2.13 Кольцепрядильные машины для переработки шерстяных волокон

2.13.1 Системы прядения шерстяных волокон

Процессы прядения шерсти имеют много общего с процессами прядения хлопка, но имеют и ряд особенностей. Особенности прядения шерсти обусловлены строением и свойствами шерстяных волокон. Осуществляется прядение шерсти по двум системам – аппаратной и гребенной (камвольной).

В аппаратной системе перерабатывают неоднородную полугрубую и грубую шерсть и получают пряжу большой линейной плотности, которая характеризуется:

- использованием в смесях наряду с шерстью большого числа различных по свойствам компонентов (химических волокон, отходов шерстопрядильных производств, восстановленной шерсти);
- небольшим числом технологических переходов; развитыми процессами подготовки волокон к смешиванию;
- смешиванием окрашенных волокон перед чесанием;
- однократным эмульсированием и вылеживанием смеси;
- получением ровницы путем деления ватки на чесальных аппаратах.

Аппаратная пряжа пушиста и менее равномерна, используется для выработки пальтовых, костюмных, плательных тканей, ковров, технических суконных тканей и в меньшей степени – трикотажа.

Гребенная система прядения шерсти разделяется на тонкогребенную и грубогребенную системы. По тонкогребенной системе прядения перерабатывают тонкую мериносовую шерсть и однородную качественную помесную шерсть с длиной волокон не менее 55÷130 мм и толщиной 14÷29 мкм. Линейная плотность вырабатываемой пряжи 12÷42 текс. По грубогребенной системе прядения – полутонкую, полугрубую и грубую шерсть с длиной волокон 60÷250 мм и толщиной 25÷67 мкм. Линейная плотность вырабатываемой пряжи 21÷500 текс.

Гребенная система прядения характеризуется: относительно не-

Витебский государственный технологический университет

большим числом компонентов смеси; наряду с шерстью и химическими волокнами используются наиболее высококачественные отходы своего производства; большим числом технологических переходов; наличием процессов гребнечесания, глаженья; длительным вылеживанием ленты и ровницы; эмульсированием смеси и ленты; смешиванием окрашенных лент; утонением полуфабрикатов путем их вытягивания. Гребенная пряжа тонкая, гладкая, равномерная, имеет высокую прочность, удлинение и упругость.

Наряду с рассмотренными системами прядения шерсти существует полугребенная система, по которой вырабатывают пряжу большой линейной плотности. В качестве сырья используется овечья помесная шерсть полугрубая и грубая, а также верблюжья шерсть различных сортов; длина шерстяных волокон 60÷250 мм, толщина 25÷67 мкм. В смеси с шерстью применяются химические волокна. В полугребенной системе отсутствуют процессы гребнечесания, вылёживания, глажения; смешивание компонентов может осуществляться как до чесания, так и лентами. По этой системе предусматривается сокращённый процесс обработки лент после кардочесания – три перехода ленточных машин и прядильная машина. Полугребенная пряжа уступает гребенной по равномерности, чистоте, прочности и удлинению. Сравнительные характеристики шерстопрядильных машин различных систем прядения приведены в таблице 2.21.

Таблица 2.21 – Сравнительные характеристики шерстопрядильных машин

Показатель	Система прядения		
	Камвольная	Полугребенная	Аппаратная
Питающий полуфабрикат	кручёная и сучёная ровница	лента, сучёная ровница	сучёная ровница
Линейная плотность пряжи, текс	12÷500	64÷300	145÷500
Вытяжной механизм	цилиндры и ремешки		цилиндры
Вытяжка	15÷30	80÷120	1,2÷1,3
Диаметр кольца, мм	45÷65	75÷180	100÷300
Частота вращения веретён, мин$^{-1}$	7000÷17000	3000÷6000	2500÷4000

Прядильные машины аппаратной системы прядения шерсти и её смесей с химическими волокнами выпускаются следующими фирмами: Gaudino (Италия), D.M. Engineering Srl (Италия), Bigagli (Италия).

Кольцепрядильные машины гребенной системы прядения шерсти и её смесей с химическими волокнами выпускаются фирмами: Cognetex (Италия), Gaudino, Zinser/Saurer (Германия), Tongda (КНР).

Кольцепрядильные машины полугребенной системы прядения выпускаются фирмами: Gaudino и D.M. Engineering Srl.

Витебский государственный технологический университет

2.13.2 Кольцепрядильные машины аппаратной системы прядения

Принципиальная технологическая схема кольцевой прядильной машины аппаратной системы прядения представлена на рисунке 2.82.

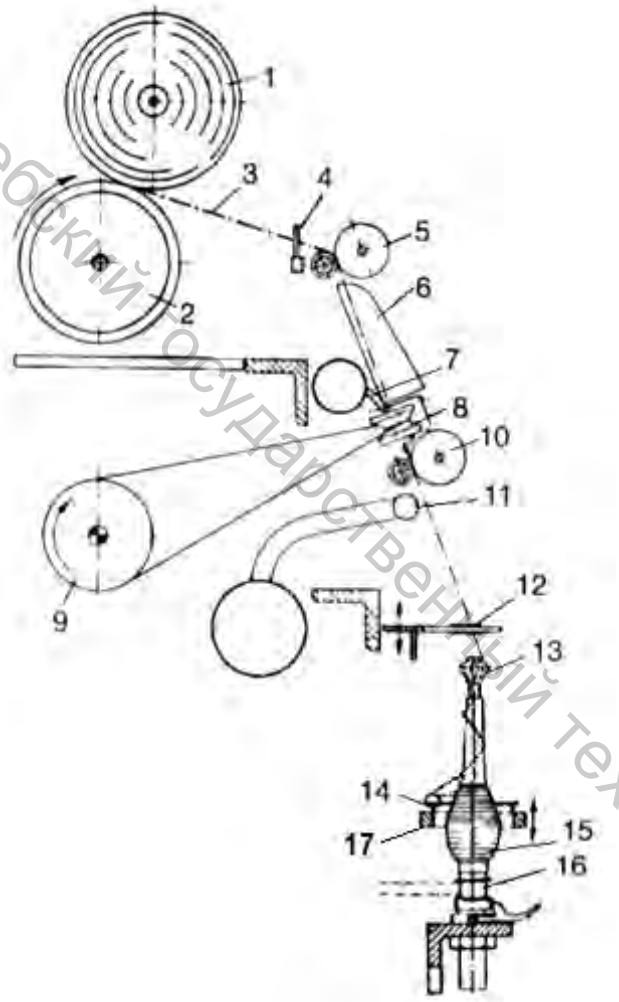


Рисунок 2.82 – Технологическая схема прядильной машины аппаратной системы прядения

Выйдя из зажима выпускной пары, мычка проходит через нитепроводник *12*, обвивает насадку *13*, установленную на вершине веретена*16*, проходит под бегунок *14*, надетый на кольцо *17* и наматывается на початок *15*, вследствие разности скоростей бегунка и веретена. Используемые на веретенах насадки устраняют баллон вращения и способствуют уменьшению натяжения пряжи между нитепроводником и выпускным цилиндром. При вращении вместе с веретеном и початком мычка получает крутку, упрочняется и превращается в пряжу.

Поскольку смеси, используемые в аппаратной системе, состоят из относительно коротких и неравномерных по длине волокон, они не подходят для получения пряжи малой линейной плотности, соответственно в вытяжном приборе невозможно применять высокие вытяжки, как на машинах гребенного или полугребенного прядения.

Вытяжка в однозонном вытяжном приборе находится в диапазоне 1,2÷1,3. Хорошее сцепление волокон в вытяжном поле обеспечивается механизмом ложного кручения.

Машины аппаратного прядения могут быть односторонние и двухстроонние. Для питания машины с сучёной ровницей служит раскатное устройство, которое должно обеспечивать разматывание ровничных нитей с бобин с наименьшим натяжением и минимальной обрывностью. Бобины с ровницей *1*, намотанной в кружки, раскатываются

Витебский государственный технологический университет

барабанами *2*. Нити ровницы *3* через одну направляются на левую и правую сторону машины, заправляются в нитеводитель *4* и поступают в питающую пару *5* вытяжного прибора, состоящую из рифлёного цилиндра и прижимного валика с эластичным покрытием.

Между питающей *5* и вытяжной *10* парами установлена направляющая пластина *6*, осуществляющая контроль за движением волокон в вытяжном поле, а также расположен механический вьюрок ложной крутки *8*, который служит альтернативой ремешка в вытяжном поле. Создаваемая вьюрком ложная крутка приближает точку вытяжки к зажиму передней пары и предупреждает тем самым обрывность в слабых (тонких) местах за счёт их упрочнения. Для нормального протекания процесса вытягивания вьюрок устанавливают как можно ближе к зажиму выпускной пары. Заправка ровницы во вьюрок происходит сжатым воздухом, поступающим через устройство *7*. Вращение вьюрка осуществляется ремнём от приводного шкива *9*. Под вытяжным прибором находится пневматический мычкоуловитель *11*, куда засасывается мычка в случае обрыва.

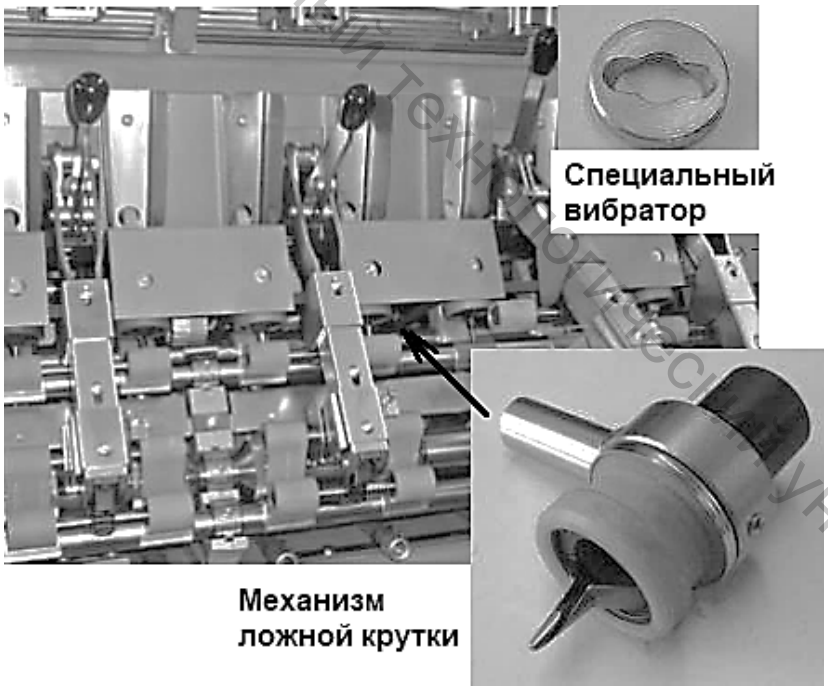
В шерстопрядении применяются вытяжные приборы с одной, двумя и более зонами вытяжки, которые подходят для прядения из сучёной, кручёной ровницы или из ленты. Эти вытяжные приборы конструктивно могут очень сильно различаться.

Сучёная ровница, которая применяется на большинстве машин аппаратной и камвольной систем прядения, характеризуется малой прочностью и большой неровнотой по линейной плотности и длине волокон, что может послужить причиной повышенной обрывности на прядильных машинах. Для её упрочнения и снижения неровноты на машинах аппаратного прядения устанавливают механический вьюрок ложного кручения. Вьюрок может быть установлен в зоне основного вытягивания в однозонных вытяжных приборах на машинах для получения пряжи большой линейной плотности (рис. 2.83, а), перед двухремешковым вытяжным прибором 3×3 в зоне предварительного вытягивания (рис. 2.83, б) на машинах аппаратного прядения для получения пряжи средней и большой линейной плотности или в задней зоне вытягивания. На рисунке 2.83 представлены различные варианты установки механизма ложного кручения на машинах фирмы D.M. Engineering Srl.

Принцип работы вьюрка заключается в следующем. Ровница проходит внутри вьюрка, который приводится во вращение ременной передачей, и огибает штифт, находящийся внутри него. При вращении вьюрка ровница получает крутку разного направления на участках до и после вьюрка (рис. 2.84). При кручении крутка сбегает с более толстых участков ровницы на тонкие, так как они оказывают меньшее сопротивление кручению. При этом утонённые участки ровницы уплотняются.

Витебский государственный технологический университет

а



б

Рисунок 2.83 – Механизм ложной крутки

Вьюрок расположен вертикально перед передней парой вытяжного прибора для облегчения заправки машины и уменьшения треугольника кручения в зоне действительной крутки. Вьюрок, вращающийся в

Витебский государственный технологический университет

шарикоподшипниках, состоит из двух частей. В верхней части находится вибратор специальной формы (рис. 2.83, б), сообщающий вибрацию ровнице для облегчения сдвига коротких волокон относительно более длинных. За счёт этого можно устанавливать повышенную вытяжку даже для полуфабрикатов с большим содержанием коротких волокон. В нижней части вьюрка находится специальная спиральная канавка (рис. 2.84), которая за счёт увеличения трения помогает виткам ложного кручения распределяться равномерно по сечениям мычки. Частота вращения вьюрка задаётся управляемым приводом в зависимости от линейной плотности и состава пряжи и составляет от 20% до 60% от частоты вращения веретена. Количество кручений, сообщаемых вьюрком, примерно 80÷160 кр./м.

Рисунок 2.84 – Спиральная канавка на вьюрке ложного кручения

Рисунок 2.85 – Процесс вытягивания ровницы с механизмом ложной крутки

Натяжение приводного ремня осуществляется автоматически с помощью натяжных роликов. Механизм ложного кручения совершает медленное возвратно-поступательное движение вдоль вытяжных цилиндров для равномерного износа эластичных покрытий нажимных валиков.

Так как аппаратная ровница состоит из волокон разной длины, в том числе и очень длинных, разводка между вытяжными парами большая и составляет на машинах разных моделей около 470 мм. За счет разницы скоростей цилиндров задней и передней вытяжных пар (рис. 2.85) волокна в ровнице начинают распрямляться и сдвигаться в тех местах, где трение между ними минимально, то есть на самых толстых участках мычки, так как здесь крутка меньше. При этом происходит сдвиг волокон и уменьшение объёма этих участков, который достигает параметров утонённых участков. Благодаря вьюрку вытягивание

Витебский государственный технологический университет

ровницы происходит на всех участках равномерно.

Вытяжка ровницы зависит от величины крутки, сообщаемой механизмом ложного кручения, поскольку при увеличении крутки увеличивается трение между волокнами и, таким образом, улучшается контроль за движением волокон. Однако слишком большая крутка препятствует сдвигу волокон в процессе вытягивания, а слишком малая – ухудшает контроль за их движением в вытяжном поле. Также следует учитывать, что чем меньше длина волокон в смеси, тем большую крутку должен сообщать ровнице механизм ложного кручения.

2.13.3 Конструктивные особенности узлов прядильной машины для переработки шерстяных волокон и смесей

Технологическая схема прядильной машины камвольного прядения шерсти принципиально не отличается от хлопкопрядильных машин, поэтому рассмотрим конструктивные особенности шерстопрядильных машин.

Питающие рамки

Питание прядильных машин аппаратной системы прядения осуществляется бобинами с сучёной ровницей, намотанной в кружки, полученными на чесальных аппаратах и размещёнными на скалке (рис. 2.86). Разматывание бобин происходит за счёт их контакта с поверхностью вращающихся раскатывающих барабанов, имеющих рифлёную поверхность. Скорость разматывания бобин ровницы устанавливается с помощью механического блока регулирования скорости.

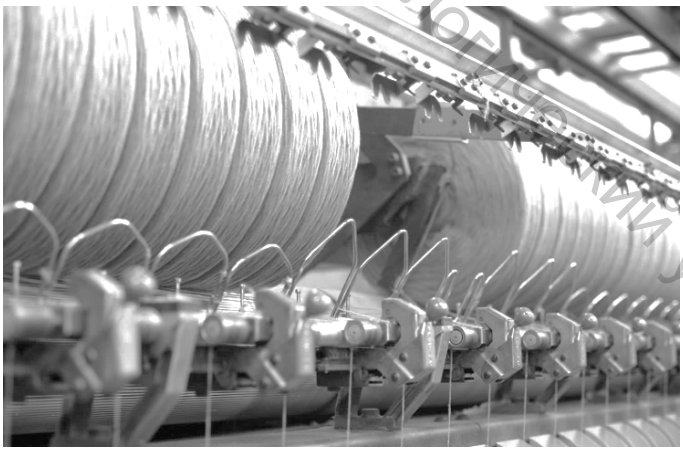


Рисунок 2.86 – Питающая рамка машины аппаратной системы прядения

Питающие рамки машин гребенной (полугребенной) систем прядения для сучёной ровницы бывают одноярусные однорядные (рис. 2.87, а) и одноярусные двухрядные (рис. 2.87, б). Бобины фиксируются на подвесных держателях, соединенных с механическим тор-

Витебский государственный технологический университет

мозком в виде ролика на планке, предназначенном для торможения бобины при вращении (предотвращение преждевременного схода ровницы).

а б

Рисунок 2.87 – Питающие рамки прядильных машин гребенной системы прядения

Вытяжные приборы машин аппаратного прядения

На прядильных машинах аппаратного прядения моделей W-SD 500 и W-SD 600 фирмы D.M. Engineering Srl, а также на прядильных машинах F6K 03 фирмы Gaudino установлен однозонный вытяжной прибор 2×2 с механизмом ложного кручения, описанный в разделе 2.13.2 и представленный на рисунке 2.84. Вытяжка в таких вытяжных приборах изменяется в пределах 1,03÷1,3. Разводка в вытяжной зоне составляет 470 мм. На таких прядильных машинах получают пряжу большой линейной плотности 100÷2000 текс.

На прядильных машинах аппаратного прядения моделей W-DD 350 W-DD 400 600 (D.M. Engineering Srl), а также на прядильной машине FST 03 (Gaudino) установлен трёхзонный вытяжной прибор (рис. 2.88), позволяющий обеспечить хороший контроль за движением даже очень коротких волокон.

Он состоит из двух вытяжных приборов, соединённых на машине в один механизм. Первый *1* – это вытяжной прибор 2×2 с механизмом ложного кручения *3*, описанным выше. Максимальная вытяжка в нём составляет 1.3. Второй *2* – это стандартный двухремешковый вытяжной прибор 3×3, используемый на машинах камвольного прядения. Такие машины предназначены для получения более тонкой аппаратной пряжи средней линейной плотности 27,8÷125 текс, которая отличается высокой эластичностью, объёмностью и равномерностью по линейной плотности.

Витебский государственный технологический университет

При производстве такой пряжи из сучёной ровницы необходима большая вытяжка, которая может вызвать повышенную неровноту по линейной плотности пряжи и высокую обрывность. Это связано с особенностями сырья в аппаратной системе (плохая распрямлённость волокон, большая неровнота по длине и линейной плотности волокон, повышенная засорённость). Вьюрок ложной крутки *3,* установленный между вытяжными парами, позволяет не только увеличить прочность мычки, но также уменьшить неровноту от вытягивания. Дополнительный контроль за движением коротких волокон обеспечивает ремешковый зажим *4*.

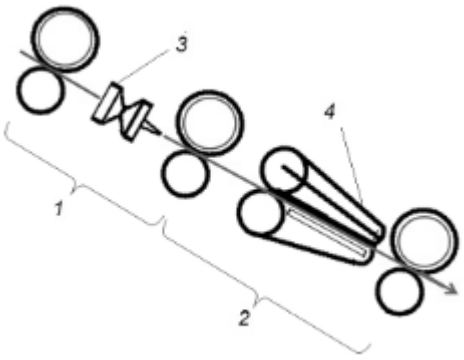


Рисунок 2.88 – Вытяжной прибор 4÷4

Вытяжные приборы машин камвольного прядения

Фирма TEXPart предлагает следующие типы вытяжных приборов для переработки шерстяных волокон и их смесей с синтетическими волокнами в гребенной и полугребенной системах прядения.

Вытяжной прибор типа РК 6000 (трёхцилиндровый двухремешковый) предназначен для переработки шерстяных, синтетических волокон и их смесей, а также лубяных волокон сухого прядения длиной до 200 мм (рис. 2.89).

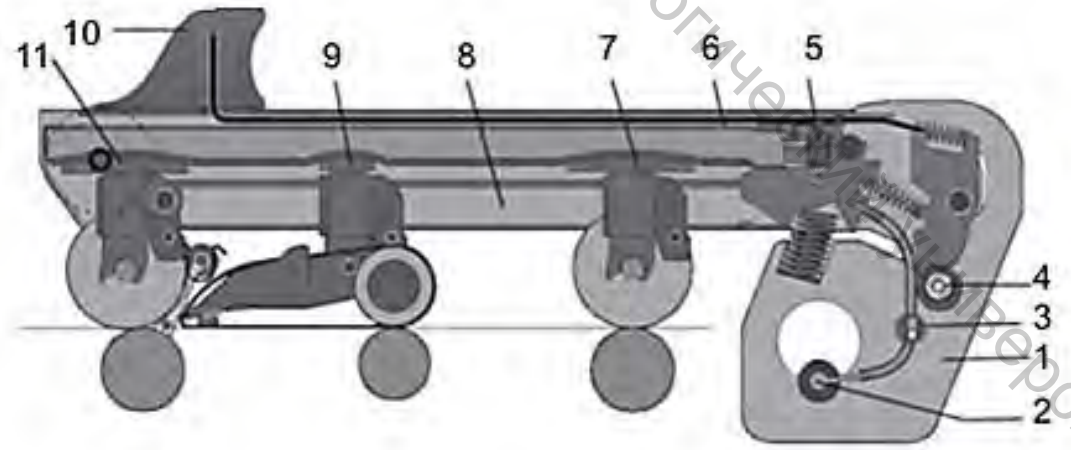


Рисунок 2.89 – Вытяжной прибор типа РК 6000:
1 – кронштейн, 2 – цанговое соединение для воздуховода, 3 – индикатор утечки воздуха, 4 – эксцентриковый винт для регулировки высоты, 5 – клапан, 6 – пневматическая рессора, 7 – прижимной элемент на задний валик (с пластиной), 8 – пластина, 9 – прижимной элемент на средний валик (с пластиной), 10 – ручка держателя, 11 – прижимной элемент на передний валик (с пластиной)

Витебский государственный технологический университет

В зависимости от подготовки в вытяжной прибор можно подавать кручёную или сучёную ровницу. Общая вытяжка подбирается в зависимости от вида перерабатываемого волокна (табл. 2.22).

Таблица 2.22 – Рекомендации по выбору вытяжки в вытяжном приборе типа РК 6000

Вид волокна	Вытяжка	Примечания
Шерсть	12÷30	Для сучёной ровницы выбрать вытяжку поменьше
Шерсть/синтетические волокна	18÷35	
Химические волокна: искусственные волокна синтетические волокна	 20÷40 30÷60	В случае переработки смесей общая вытяжка возрастает по мере увеличения доли искусственного волокна

Частная вытяжка в предварительной зоне вытягивания устанавливается в диапазоне 1,1÷1,25. Общая длина поля вытягивания (общая разводка GF) в приборе типа РК6000 составляет 223 мм (рис. 2.90). Длину поля вытягивания можно приблизительно определить следующим образом:

GF = максимальная длина волокна + приблизительно 15%.

Разводка в задней зоне (VF) обычно зависит от максимальной длины волокна. Для её определения необходимо вычесть разводку в активной зоне (постоянная величина, равная 105 мм) из установленной общей длины поля вытягивания GF:

VF = GF (рассчитано) –105 мм.

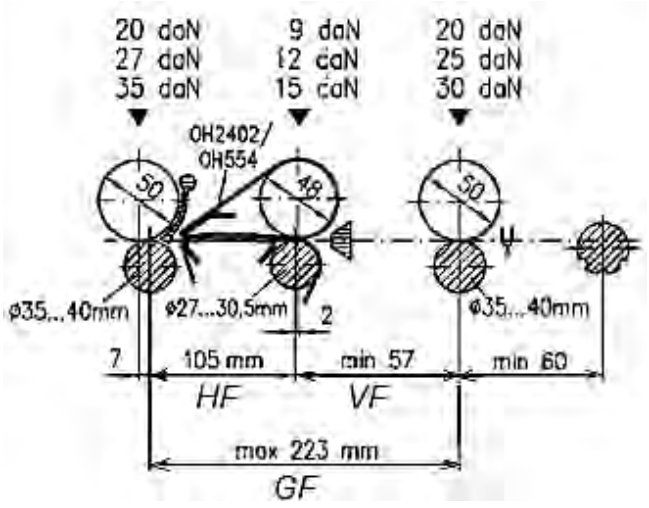


Рисунок 2.90 – Нагрузка на прижимные пары прибора типа РК 1660-6009

Разводка передней зоны (HF) определяется клеточкой верхнего ремешка, в данном приборе РК 6000 используется серия ОН 6022. Для улучшения условий процесса вытягивания средний валик может быть смещён на 2 мм назад. Передний валик смещён относительно оси цилиндра вперёд на 7 мм.

Витебский государственный технологический университет

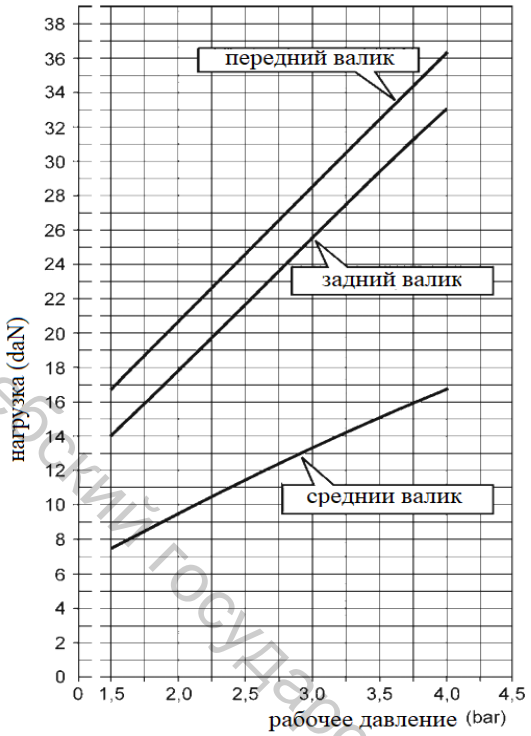


Рисунок 2.91 – Распределение нагрузки в приборе типа РК 6000-1252 924

Прижим валиков к цилиндрам происходит централизовано и пневматически под действием пневматической пружины в рычаге нагрузки: рабочее давление преобразуется в нагрузку на опору непосредственно через прижимные пластины отдельных прижимных элементов. Нагрузки на задние, передние и средние верхние валики связаны между собой в фиксированном соотношении. Это соотношение определяется размером прижимной пластины. При изменении рабочего давления это соотношение остаётся постоянным.

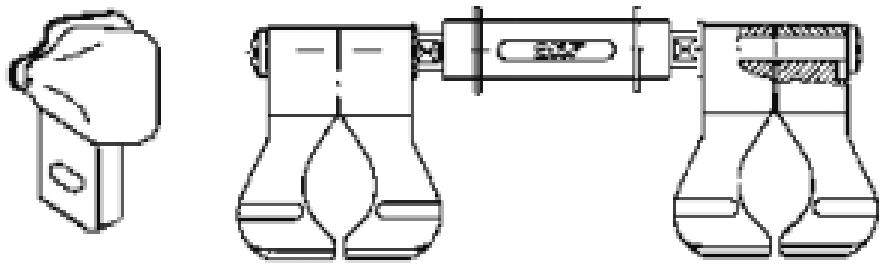
Взаимосвязь между установленным рабочим давлением и нагрузкой на опору всех верхних валиков показана в виде графика на рисунке 2.91.

В большинстве случаев достаточно рабочего давления 2,5–3,0 бар. В случае переработки волокон с высоким коэффициентом трения предпочтительно давление от 3,0 до 4,0 бар. Для волокон с низким коэффициентом трения или волокон, чувствительных к давлению, рекомендуется давление 1,5÷2,5 бар.

Рычаг нагрузки РК 6000 позволяет автоматически централизованно снимать нагрузку с валиков в случае выключения машины, благодаря этому валики и ремешки не деформируются, оставаясь под нагрузкой.

Для данного типа вытяжных приборов рекомендуются водилки типа KL-0997 469 (рис. 2.92, а), которые располагаются перед блоком ремешков; её форма позволяет сглаживать ровницу при попадании под ремешки. Перед вытяжным прибором устанавливают водилки типа KL-1248 233 (рис. 2.92, б), которые закреплены на планке, совершающей возвратно-поступательное движение вдоль валика для равномерного износа его эластичных покрытий.

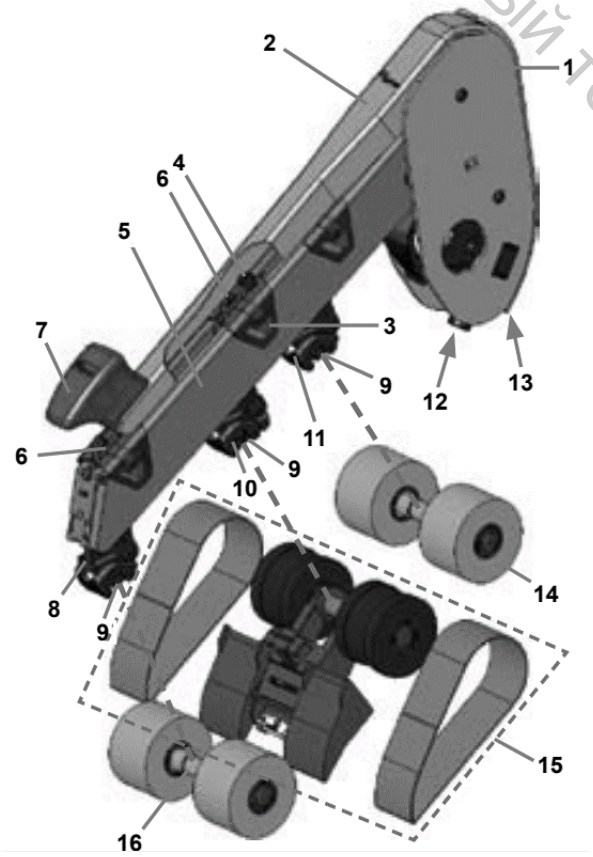
Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 2.92 – Водилки типа KL-1248 233 и KL-0997 469

Вытяжные приборы типа РК 1660 трёхцилиндровые двухремешковые, подходят для прядения шерсти, искусственных волокон или их смесей, а также лубяных волокон сухого прядения, с длиной волокон до 200 мм. Могут применяться для переработки кручёной и сучёной ровницы. Внешний вид прижимного рычага РК 1660 представлен на рисунке 2.93, рекомендуемые величины нагрузки на вытяжные пары – в таблице 2.23. Общая вытяжка подбирается в зависимости от вида перерабатываемого волокна (табл. 2.22). Величина разводки устанавливается аналогично прибору типа РК 6000.



1 – кронштейн; 2 – рычаг; 3 – индикатор установленной нагрузки; 4 – винт регулировки нагрузки; 5 – рычаг; 6 – селектор эксцентриковой нагрузки; 7 – рукоятка рычага; 8 – передняя седелка; 9 – седелковая пружина; 10 – средняя седелка; 11 – задняя седелка; 12 – регулировочный винт установки высоты; 13 – стопорный винт; 14 – задний верхний валик (35/40 мм); 15 – система: верхний ремешок, верхний средний валик (27/30,5 мм); 16 – передний верхний валик (35/40 мм)

Рисунок 2.93 – Прижимной рычаг типа РК 1660

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.23 – Величины нагрузки по зонам вытяжки

Параметр	Передний валик	Средний валик	Задний валик
Низкая нагрузка	200 Н	90Н	200Н
Средняя нагрузка	270Н	120Н	250Н
Высокая нагрузка	350Н	150Н	300Н

Фирма Suessen выпускает трёхцилиндровые двухремешковые вытяжные приборы серии HP для переработки шерстяных, синтетических волокон и их смесей с длиной волокон до 210 мм, характеристика которых представлена в таблице 2.24 и на рисунке 2.94.

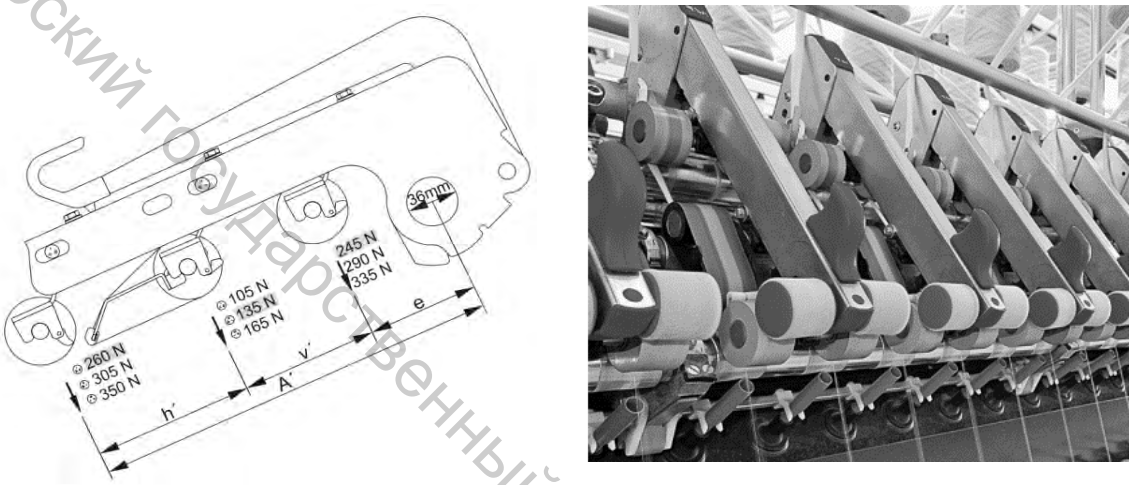


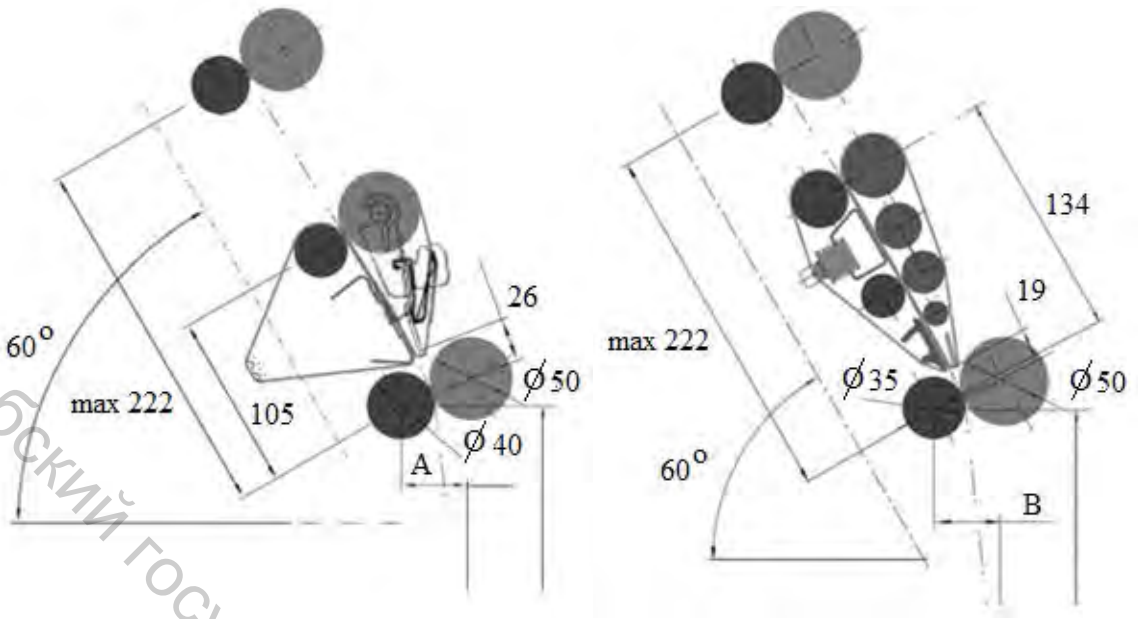
Рисунок 2.94 – Вытяжной прибор серии HP-A 510 (Suessen)

Таблица 2.24 – Техническая характеристика прибора типа HP

Параметр	Значение
Общая разводка (h´+v´), мм	222
Общая длина рычага (A´), мм	max 290
Расстояние от опорного вала до заднего валика (e), мм	min 68
Разводка в задней зоне (v´), min/max, мм	40/169
Разводка в передней зоне вытягивания (h´), min/max, мм	53/182
Нагрузка на передний валик, Н	260 (рекомендуемая), 305/350 (возможная)
Нагрузка на средний валик, Н	105/135 (рекомендуемая), 165 (возможная)
Нагрузка на задний валик, Н	245 (рекомендуемая), 290/335 (возможная)
Диметр переднего, среднего и заднего валиков, мм	40/37/50

Прядильные машины модели IDEA фирмы Cognetex выпускают с трёхцилиндровыми или четырёхцилиндровыми двухремешковыми вытяжными приборами (рис. 2.95). Четырёхцилиндровый вытяжной прибор разработан для производства тонкой и сверхтонкой пряжи из длинной шерсти. Валики внутри ремешков позволяют осуществлять надёжный контроль за короткими волокнами.

Витебский государственный технологический университет



трёхцилиндровый четырёхцилиндровый

Рисунок 2.95 – Типы вытяжных приборов машин IDEA(Cognetex)

Вытяжные приборы машин полугребенного прядения

Прядильные машины фирмы D. M. Engineering Srl модели SW 8 и SW 4 Electron для полугребенного прядения могут быть оснащены двумя типами вытяжных приборов:

1. Для вытягивания ровницы применяется четырёхцилиндровый двухремешковый вытяжной прибор 3×3, состоящий из питающей пары *2*, ремешковой пары *4* и передней пары *5*. В задней зоне вытягивания установлена дополнительно контролирующая пара, состоящая из нижнего стального цилиндра и верхнего валика Беш *3* (рис. 2.96). Нижний ремешок проходит по планке со специальной обработкой для повышения гладкости. Натяжение ремешка поддерживается автоматически винтовой муфтой.

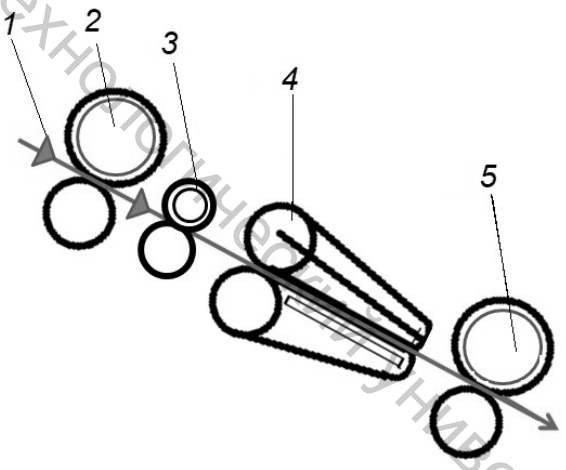


Рисунок 2.96 – Вытяжной прибор 3×3 с дополнительной контролирующей парой

Вытяжка в вытяжном приборе до 40. Перед вытяжным прибором и в задней зоне установлены уплотнители открытого типа *1*.

2. Для вытягивания ленты применяется трёхзонный восьмицилиндровый вытяжной прибор без ремешков с двумя контролирующими па-

Витебский государственный технологический университет

рами в задней зоне вытягивания и тремя – в передней зоне. Контролирующие пары также состоят из нижних стальных цилиндров и верхних валиков Беш. Общая вытяжка в вытяжном приборе до 200. Чистительные щётки снимают налипшее волокно с эластичных покрытий валиков, а специальные очистители, установленные под вытяжными цилиндрами, предотвращают образование на них намотов.

Прядильные машины односторонние, а лента или ровница поступает из тазов. Ровничные машины для укладки сучёной ровницы в таз выпускает фирма Schlumberger. Машины производят пряжу большой линейной плотности в диапазоне 83÷2000 текс. Линейная плотность питающей ленты до 20 ктекс. Вытяжные приборы машин D.M. Engineering Srl оснащены устройством Quick Set, которое позволяет автоматически изменять разводку в вытяжном приборе в зависимости от длины волокна. В вытяжных приборах второго типа Quick Set позволяет менять разводку в задней зоне вытягивания.

Прядильные машины фирмы Gaudino для полугребенного прядения могут быть оснащены двумя типами вытяжных приборов: для вытягивания ровницы на машине FPT03 и для вытягивания ленты на машине FPK03/8C. Машины также односторонние, лента или ровница поступает из тазов.

Машина модели FPT03 предназначена для выпуска пряжи средней и большой линейной плотности 42÷167 текс. Она оснащена двухзонным двухремешковым вытяжным прибором 3×3, аналогичным вытяжным приборам машин камвольного прядения. Питающий и выпускной цилиндры имеют наружный диаметр 45 мм, а цилиндр, приводящий в движение ремешки, – 40 мм.

Машина модели FPK03/8C предназначена для выпуска пряжи средней и большой линейной плотности 59÷1000 текс. На машине FPK03/8C для прядения из ленты применяется 8-цилиндровый вытяжной прибор, который имеет два поля вытягивания. Схема вытяжного прибора представлена на рисунке 2.97.

Первая вытяжная пара состоит из рифлёного цилиндра *1* и нажимного валика *4*, промежуточная пара из цилиндра *2* и нажимного валика *5* и выпускная пара из цилиндра *3* и валика *6*. Питающий и выпускной цилиндры имеют диаметр 45 мм, а промежуточный цилиндр – 51 мм. Для контроля за движением волокон в вытяжных зонах применяются промежуточные пары, состоящие из стальных рифлёных цилиндров *7* и нажимных валиков Беш *8*. Подробно конструкция валиков Беш описана в главе 1. В задней зоне вытягивания таких контролирующих пар две, а в передней – три. После второго, четвертого, пятого и шестого вытяжных цилиндров (по ходу движения продукта) установлены уплотнительные воронки открытого типа, которые осуществляют до-

Витебский государственный технологический университет

полнительный контроль за движением волокон, уплотняют ленту и препятствуют выделению в отходы периферийных волокон.

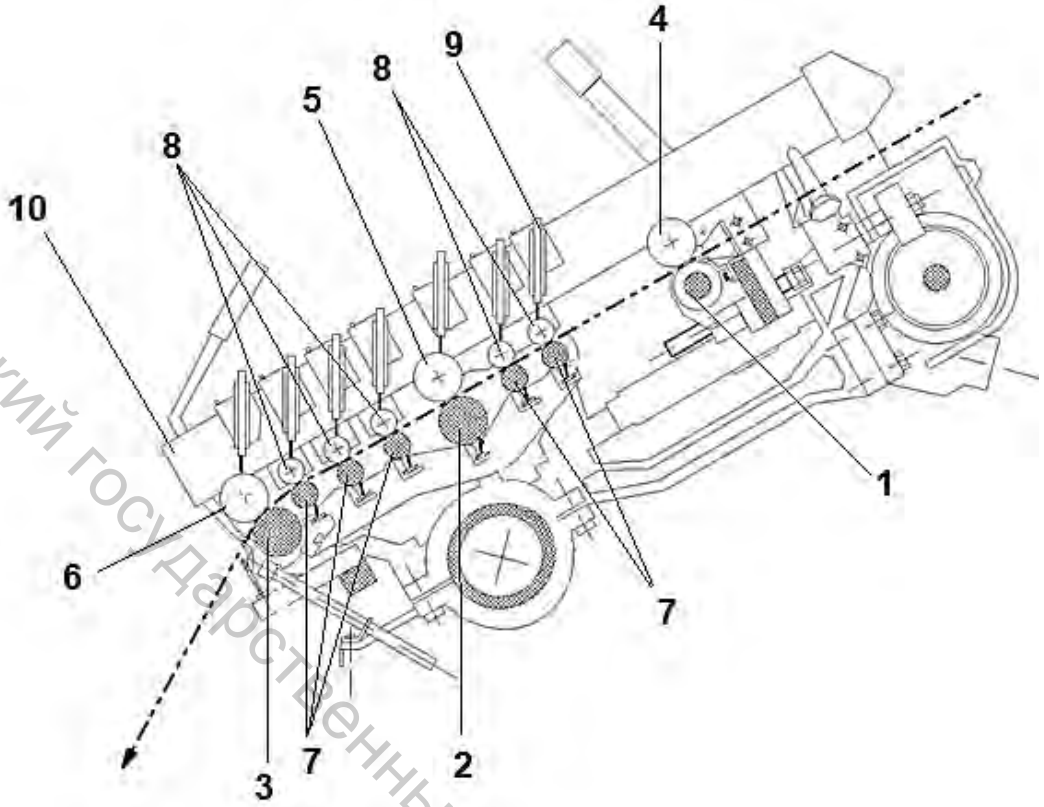


Рисунок 2.97 – Технологическая схема вытяжного прибора прядильной машины FPK03/8C (Gaudino)

Диаметр выходного отверстия воронок уменьшается в сторону выпуска. Над нажимными валиками установлены щётки *9*, очищающие эластичное покрытие. Нажимные валики и валики Беш закреплены в рычаге нагрузки *10*, нагрузка на который пружинная.

Положение питающего цилиндра можно изменять даже во время работы машины, чтобы изменить разводку в задней зоне вытяжки в зависимости от длины волокон смеси.

Крутильно-наматывающий механизм

Баллоноограничители изготавливают кольцевыми или пластинчатыми сплошными пластиковыми, либо из металлопластика (аналогично хлопкопрядильным машинам).

Фирма Bräcker (Германия) в зависимости от линейной плотности пряжи и вида волокон предлагает стальные бегунки J-образной формы под коническое кольцо с J-образной дорожкой. Такие бегунки используют в гребенной и полугребенной системах прядения для производства пряжи средних и малой линейной плотности (рис. 2.98). Например, для камвольного компактного прядения шерсти и смесей шерсти с химическими волокнами рекомендуется стальной бегунок J-Type 9.1 под коническое кольцо высотой 9,1 мм.

Витебский государственный технологический университет

Некоторые из этих бегунков выпускаются с обработкой покрытиями Saphir, Starlet или Pyrite для увеличения срока службы. Для достижения наилучшего скольжения и снижения коэффициента трения эти кольца имеют выпуклую, слегка изогнутую форму рабочей поверхности, благодаря чему зона касания стенки кольца с бегунком намного больше (рис. 2.99).

Рисунок 2.98 – Стальные бегунки J-образной формы (Bräcker)

Рисунок 2.99 – Дугообразная дорожка кольца в месте контакта с бегунком

Фирма Reiners+Fürst (R+F) выпускает стальные и нейлоновые бегунки серии J/HZ Super Polish, HZ hard chrome, Nylon, Nylon Steel, предназначенные для работы на высоких скоростях (табл. 2.25).

Фирма Bräcker выпускает конические кольца под бегунки J-образной формы (рис. 2.100) для гребенного и полугребенного прядения, для производства пряжи малой линейной плотности и специальной пряжи.

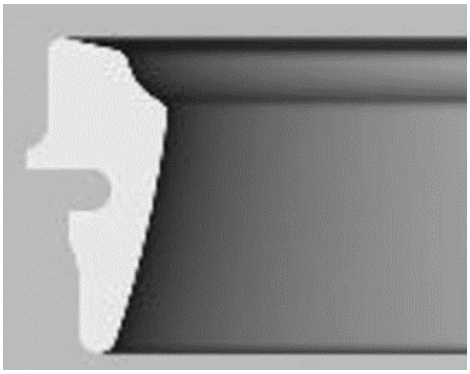


Рисунок 2.100 – Конические стальные кольца с J-образной дорожкой (Bräcker)

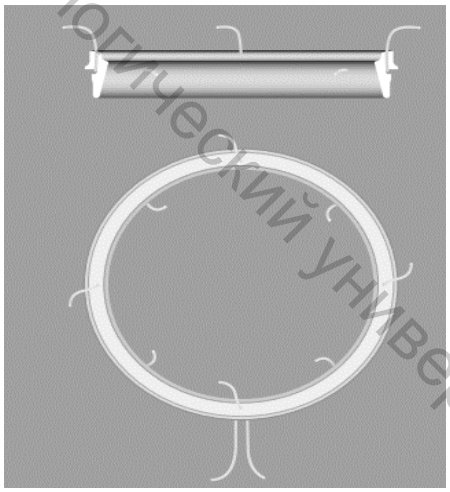


Рисунок 2.101 – Смазка кольца по принципу «4+4» (Bräcker)

Для смазки таких колец использует систему «4+4»: четыре отверстия в главной несущей поверхности кольца и четыре отверстия поверх

Витебский государственный технологический университет

кольца (рис. 2.101). В отверстия заводится фитиль, второй конец которого погружён в масляную ванну, установленную на кольцевой планке. Фитиль состоит из 100% шерсти. Как правило, используются два фитиля при получении пряжи линейной плотности 50 текс и менее из чистой шерсти или шерсти/ПАН или четыре фитиля при получении пряжи линейной плотности более 50 текс из ПАН-волокон или чистой шерсти. Масло поступает прямо на рабочую зону кольца и обеспечивает хорошую и постоянную смазку его поверхности.

Таблица 2.25 – Бегунки Reiners+Fürst для шерстяной пряжи

Модель	Характеристика
	Бегунки из стальной проволоки с оптимизированным профилем изгиба, закаленные и отполированные, антикоррозийные. Могут подвергаться дополнительным видам обработки поверхностей: Black Speed и Super Speed. Универсальное применение: для всех видов сырья и линейной плотности пряжи, оптимизированы для конических и вертикальных колец
	Хромированный бегунок HZ обладает большим сроком службы при высоких скоростях прядения. Твердое хромовое покрытие нанесено на головку бегунка в месте его контакта с пряжей, поэтому данный тип подходит для переработки жёстких волокон (с высоким коэффициентом трения). Возможно нанесение матового хромового покрытия Black Speed, для снижения трения нити о бегунок, натяжения пряжи
	Нейлоновые бегунки термостойкие, имеют низкую степень износа при максимальных скоростях веретена. Специальный процесс литья под давлением обеспечивает стабильную плотность по всему поперечному сечению и гладкую контактную поверхность. Это уменьшает износ бегунков и снижает обрывность пряжи. Эта серия может дополняться бегунками Super Nylon и Super Nylon3, армированными стекловолокном
	Nylon Steel – армированный бегунок: стальная проволока внутри, снаружи нейлоновое покрытие. Нейлон уменьшает массу бегунка. Проволочная скоба, используемая в головке бегунка, обеспечивает высокий срок службы бегунка. Этот бегунок сочетает в себе положительные свойства нейлона и стали. Бегунки выпускаются для различной формы и высоты колец

Фирма Reiners+Fürst для производства колец использует закаленную шарикоподшипниковую сталь 100Cr6. Фирма выпускает стальные кольца J/HZ SG и кольца из спеченной стали J/HZ (табл. 2.26).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.26 – Кольца Reiners+Fürst для прядения шерсти

Модель	Характеристика
	Изготавливают из износостойкой стали благодаря специальной термообработке. Применение: для широкого диапазона видов сырья и линейной плотности пряжи. Контактные поверхности бегунка с кольцом смазываются через несколько фитильных нитей (х/б или шерстяных) и точечную смазку «4+4». Кольца J и HZ можно универсально комбинировать со стальными или нейлоновыми бегунками. Высота J-образных колец: 9,1, 11,1 и 17,4 мм. Высота колец HZ: 6.3-38,1 мм
	Кольца из спечённой стали используются для производства пряжи из очень чувствительных волокон, обеспечивают максимальную скорость при минимальном загрязнении рабочей поверхности. Еще одна область применения – это специальная пряжа с использованием нейлоновых бегунков на кольцах большого диаметра

Рисунок 2.102 – Кольца типа XL-N (X-axis)

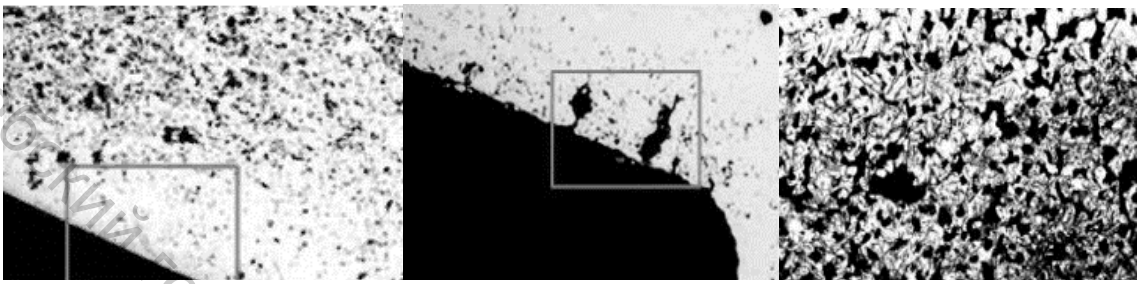
Фирма X-axis (Индия) выпускает кольца типа XL-N с винтовой канавкой для прядения шерсти, полушерсти и ПАН-волокон (рис. 2.102). Стандартные конические кольца выпускаются с различной высотой, например: 9,1 мм, 11,1 мм и 17,4 мм. Кольцо может иметь несколько пар точек смазки, таких как 2+2, 3+3 и 4+4, в зависимости от размера кольца и частоты вращения веретён.

Рисунок 2.103 – Профиль спечённых колец Sintered metal

Спечённые металлические кольца Sintered metal имеют высокую твердость, ровную и гладкую поверхность, что обеспечивает длительный срок службы, равномерное натяжение пряжи, регулярный расход масла. Конструкция узла подачи масла SE обеспечивает прочность профиля, простую замену фитиля и снижение затрат на техническое обслуживание. Размерный ряд колец (высота и диаметр) достаточно широк (рис. 2.103).

Витебский государственный технологический университет

Кольца Sintered metal обеспечивают регулярную подачу масла из масляного резервуара через кольцо до рабочей поверхности движения бегунка. Это может быть достигнуто только при спекании очень сбалансированной смеси металлических и неметаллических порошков. Ключевым фактором здесь является достижение высокой открытой пористости поверхности кольца для лучшего проникновения масла (рис. 2.104).



пористость стальных колец | пористость колец Prosino | пористость колец Steel 1

Рисунок 2.104 – Сравнение поверхностной пористости колец

Фирма предлагает спечённые металлические кольца Steel 1, разработанные для стальных бегунков: они очень пластичны и устойчивы к усталости благодаря повышенной плотности и специальным легирующим элементам, обеспечивающим большое количество открытых пор для прохождения масла (рис. 2.104). Такие кольца рекомендуется для гребенной и полугребенной пряжи из шерсти и смесей.

Веретёна прядильных машин установлены на антивибрационных роликовых подшипниках, обладают высочайшей точностью вращения и центровкой при большом количестве рабочих часов, высокой экономичностью благодаря малому потреблению энергии, имеют длительный срок службы. Веретёна приводятся в движение тангенциальным ремнем с автоматическими натяжными шкивами: один ремень на все выпуски или один на секцию (48 веретен), возможен вариант – один ремень на четыре веретена. Останов веретена осуществляется нажатием педали, расположенной на каждом веретене.

Фирмой TexPart выпускаются веретена серии CS (рис. 2.105). Серию CS1 используют на шерстопрядильных машинах гребенной системы при частоте вращения до 25000 мин$^{-1}$ под патроны высотой 180–260 мм. В гнезде в верхней части установлен роликовый подшипник, в нижней – цилиндрический подпятник со сферическим наконечником (как в хлопкопрядении).

При использовании веретена модели CS1 S достигается дополнительное снижение шума за счёт более низкого уровня акустического давления благодаря низким нагрузкам на подшипники. Позволяет работать при частоте вращения веретён до 30000 мин$^{-1}$.

Витебский государственный технологический университет

а б

Рисунок 2.105 – Общий вид веретен серии CS (а), гнездо веретена CS1 (б)

Веретена модели TXD611 для переработки шерстяных волокон фирмы Tongda имеют алюминиевый высокопрочный шпиндель, устойчивый к деформациям при частоте вращения до 25000 мин$^{-1}$.

В аппаратной и в полугребенной системах прядения получают пряжу большой линейной плотности, что влечёт за собой необходимость применения паковок и колец с большим диаметром. Увеличение диаметра колец приводит к резкому увеличению натяжения пряжи на участке между выпускной парой и нитепроводником, что является причиной повышенной обрывности.

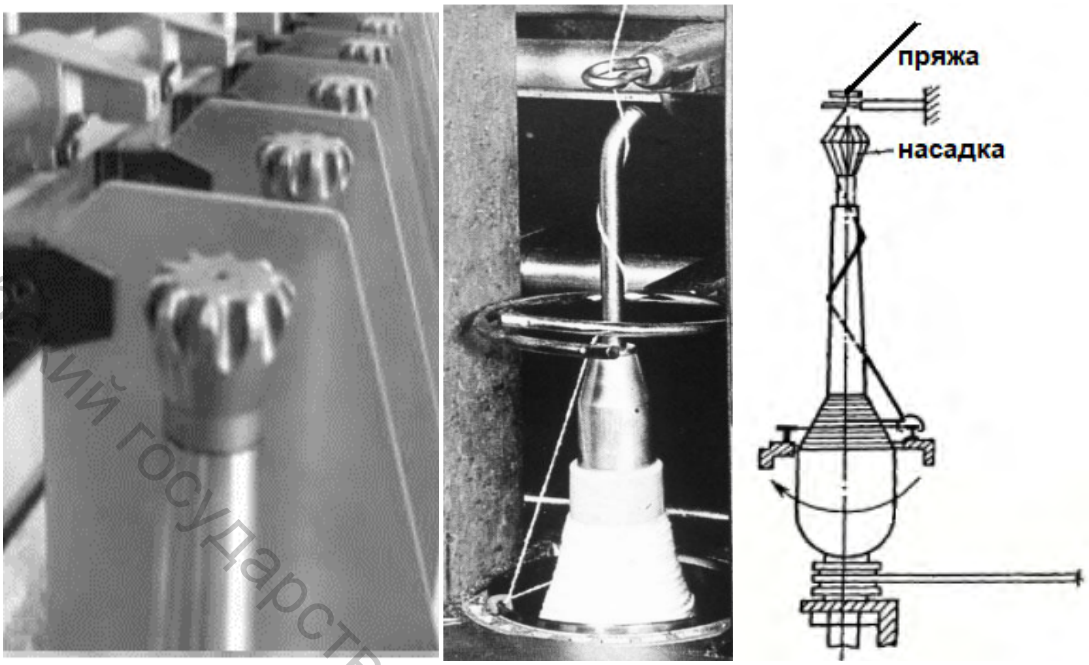
Для снижения натяжения пряжи в зоне её формирования применяют насадки на веретёна. При использовании насадок меняется высота баллона, что способствует снижению натяжения пряжи при наматывании до 5–16 сН, что значительно уменьшает обрывность.

Насадка – это расположенное на вершине веретена устройство, взаимодействующее с пряжей. Насадки бывают различных форм, среди которых наибольшее распространение получили насадки с зубчатыми головками цилиндрической или конической формы (рис. 2.106, а) и трубчатые насадки (рис. 2.106, б).

Диаметр насадки и расстояние от вершины насадки до нитепроводника должны обеспечивать постоянный и надежный захват пряжи зубьями головки или трубочкой. При выходе пряжи из вытяжного прибора насадка захватывает пряжу, выходящую из нитепроводника, пряжа

Витебский государственный технологический университет

при этом обвивает веретено редкими витками и направляется через бегунок к початку (рис. 2.106, в).



а б в

Рисунок 2.106 – Насадки на веретёна шерстопрядильных машин

Испытания выработки пряжи на одной и той же машине, одна половина веретён которой была оборудована насадками, а вторая работала без насадок, показали, что число обрывов на 1000 веретён в час снижается со 110 до 77 (полугребенное прядение). Наибольшая обрывность в обоих случаях наблюдается при наработке гнезда початка.

Натяжение пряжи Т на участке от вершины насадки до нитепроводника определяется по формуле

$$T = \frac{T_H}{e^{\mu \cdot \alpha \cdot \sin\beta}} + t \quad , \qquad (2.55)$$

где Тн – натяжение нити в баллоне в точке её соприкосновения с шейкой насадки; μ – коэффициент трения пряжи по огибаемой ею поверхности насадки; α – суммарный угол обхвата нитью насадки, включая её головку, рад; β – средний угол наклона нити к вертикали при огибании ею тела насадки; t – дополнительное натяжение, сН (1–2,5 сН).

Оценка уровня натяжения пряжи при формировании без прядильной насадки на веретене и с насадкой показала, что даже при повышенной частоте вращения веретён использование насадки позволяет существенно снизить натяжение пряжи (рис. 2.107).

Витебский государственный технологический университет

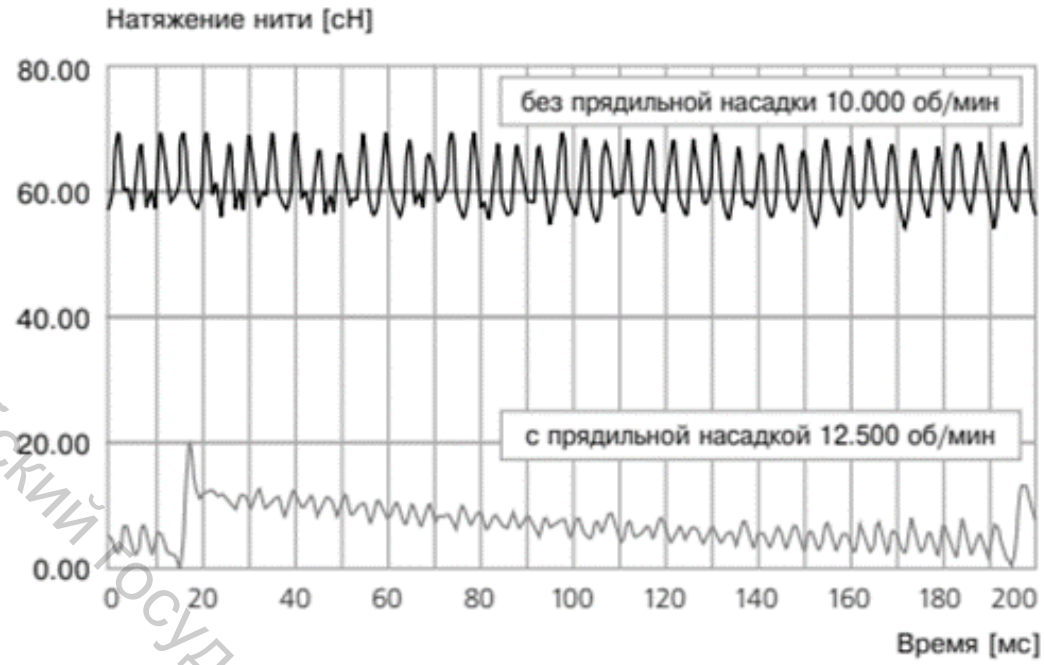


Рисунок 2.107 – Изменение натяжения пряжи при прядении с насадкой

Положительное влияние использования насадок на веретене машин Zinser ZR 451s на производительность также подтверждается проведенными исследованиями (рис. 2.108).

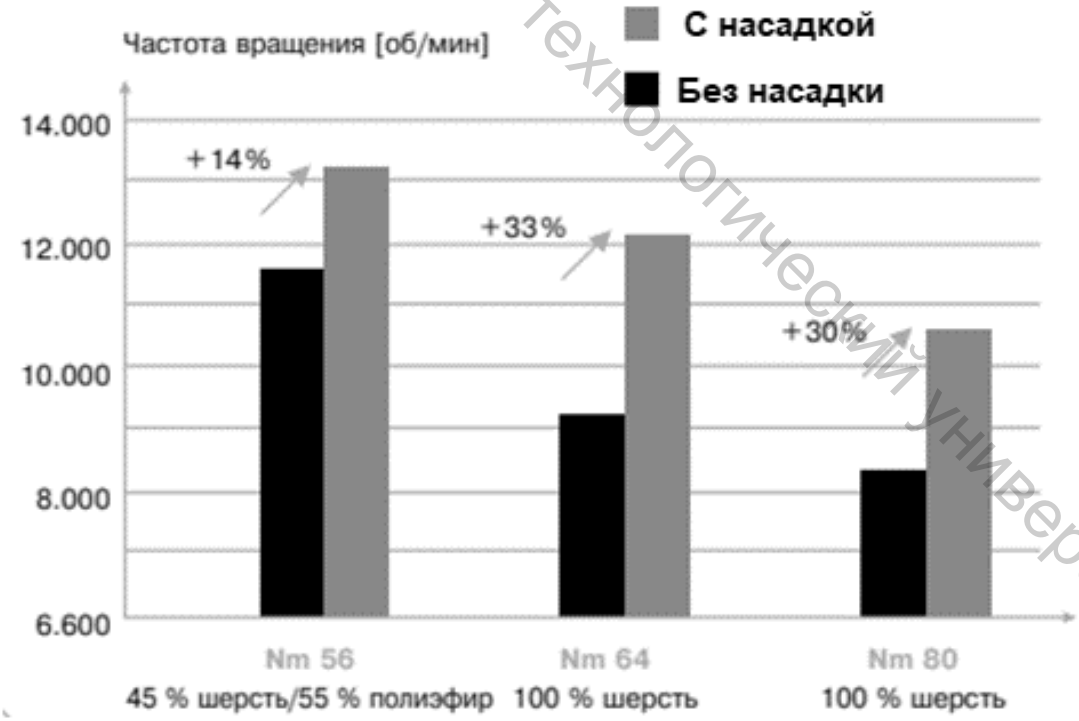


Рисунок 2.108 – Изменение частоты вращения веретён при прядении с насадкой

Витебский государственный технологический университет

2.13.4 Особенности привода рабочих органов шерстопрядильных машин

На прядильных машинах IDEA фирмы Cognetex разработана кинематическая схема, позволяющая пользователям изменять вытяжку и крутку с помощью электронного приводного механизма E-drive. Питающий, средний и выпускной цилиндры управляются четырьмя двигателями и двумя инверторами, частота вращения которых задаётся с помощью интерфейса машины Dialoguer (рис. 2.109). Привод веретён осуществляется асинхронными двигателями с переменной частотой вращения, что позволяет добиться максимальной экономии энергии.

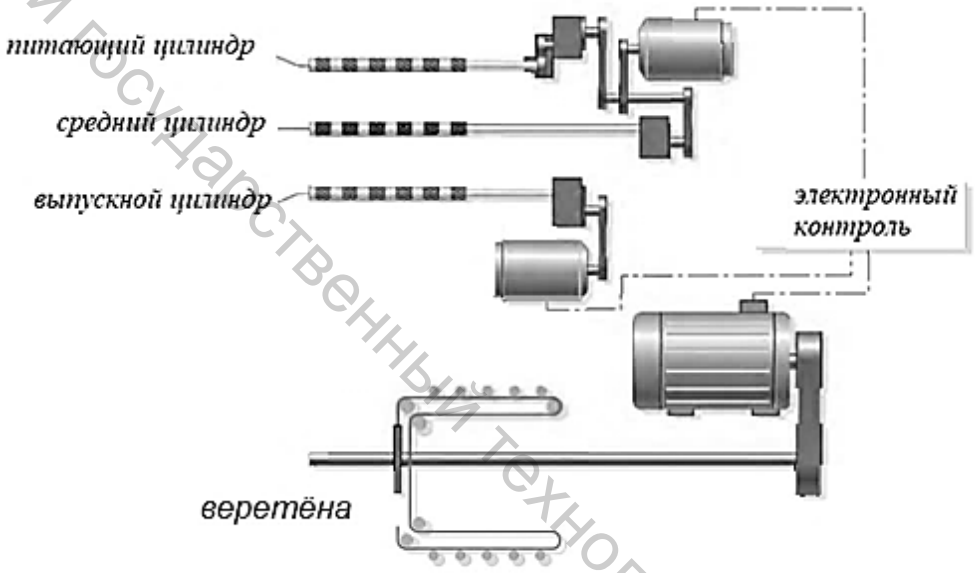


Рисунок 2.109 – Привод рабочих органов машины IDEA фирмы Cognetex

Веретёна приводятся тангенциальным приводом по 48 веретён с одним приводным валом вдоль остова машины. Он позволяет:

• работать с небольшим тангенциальным ремнём, что сводит к минимуму поглощение энергии и уровень шума;

• поддерживать одинаковые скорости вращения всех веретён;

• использовать ремни в виде ленты Мёбиуса, что увеличивает срок их службы;

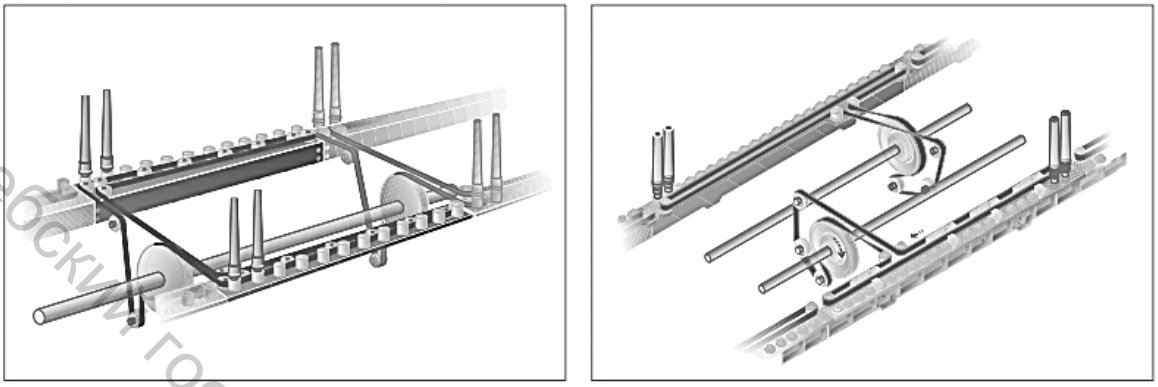
• работать с минимальным давлением ремня на блочок веретена для увеличения срока службы подшипников веретён.

Вся система привода веретён заключена в защитный кожух, сохраняющий механизмы в чистоте и обеспечивающий безопасность оператора.

Разработано несколько типов привода веретен. Однодисковый IDEA (рис. 2.110, а): в каждой секции ремень, приводимый в движение одним центральным приводным валом, одновременно охватывает 48

Витебский государственный технологический университет

веретён (по 24 с каждой стороны). Двухдисковый привод IDEA (рис. 2.110, б): в каждой секции ремень, приводимый в движение двумя полностью независимыми ведущими валами, одновременно охватывает 48 веретён с каждой стороны.



а б

Рисунок 2.110 – Способы привода веретен: а – однодисковый; б – двухдисковый

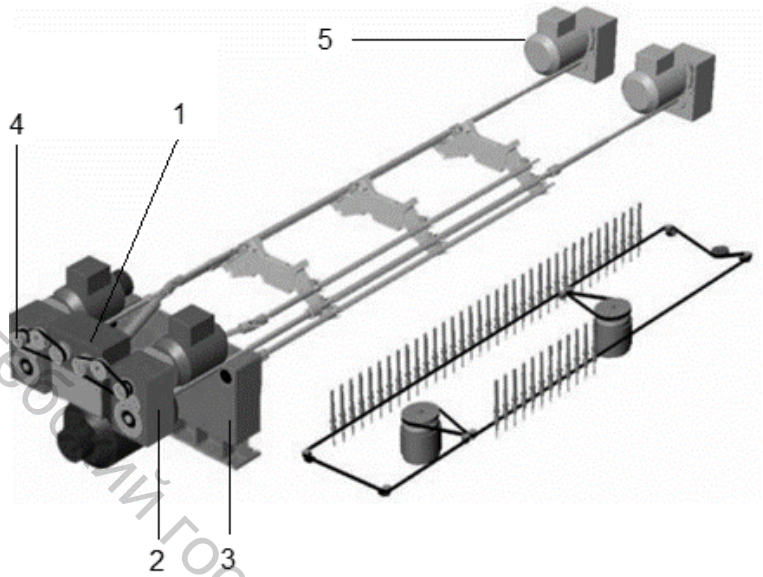
Движение кольцевой планки, баллоноограничителей и нитепроводников осуществляется приводом от серводвигателя, синхронизированного с вытяжными цилиндрами. Принудительное возвратно-поступательное движение кольцевой планки с помощью двух приводов обеспечивает высокую точность и быстрое изменение направления движения.

Регулировки движения кольцевой планки, связанные с увеличением размера паковки (гнездо намотки, тело початка, высота конуса), могут быть установлены непосредственно с помощью интерфейса Dialoguer во время работы машины. Система управления также содержит устройство, обеспечивающее постепенную остановку машины при отключении электроэнергии.

На машинах Zinser/Saurer модели ZR 451 установлен новый регулируемый привод вытяжных приборов Servo Draft, обеспечивающий изменение вытяжки и крутки с пульта управления за минимальное время при смене партии пряжи (рис. 2.111).

Изменение величины крутки и вытяжки производится бесступенчато во всём диапазоне, без обрывов и без образования пороков пряжи. Ввод необходимых параметров основной вытяжки и крутки производится в диалоговом режиме. Все введённые значения перед передачей в систему управления проверяются на допустимость. Данные могут быть сохранены и вызваны в любое время.

Витебский государственный технологический университет



1 – привод заднего вытяжного цилиндра;
2 – привод среднего вытяжного цилиндра;
3 – привод переднего цилиндра;
4 – сменные шкивы для изменения вытяжки в задней зоне;
5 – дополнительный привод среднего цилиндра Synchro Draft при длине переднего цилиндра более 35 м

Рисунок 2.111 – Привод Servo Draft для 1200 веретен (Zinser/Saure):

На всех кольцепрядильных машинах модели Zinser 451 применяется многомоторный привод веретён с одним тангенциальным ремнем. На длинных машинах дополнительно применяется Synchro Draft для двухстороннего привода средних нижних цилиндров вытяжных приборов. Стабильность частоты вращения всех веретён снижает колебания крутки производимой пряжи до минимума, а многомоторная приводная система отличается низким уровнем шума.

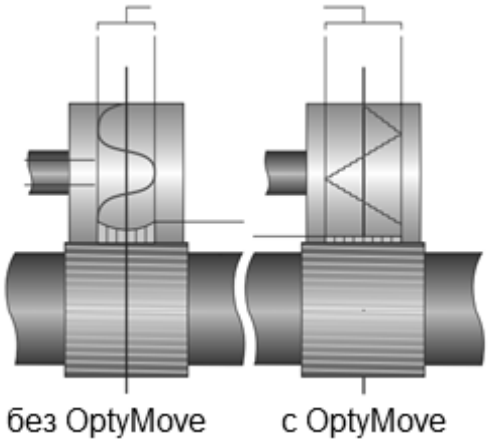


Рисунок 2.112 – Механизм движения водилки OptiMove

На машинах применяется автономный электрический привод водилок ровницы OptiMove, при использовании которого водилка не останавливается в крайних положениях. Благодаря этому ремешки и эластичные покрытия валиков подвергаются равномерному износу, а срок их службы существенно увеличивается. Привод водилок потребляет мало энергии, а управление осуществляется индукционными бесконтактными выключателями (рис. 2.112).

Условием достижения высокого качества пряжи и высокой скорости выпуска при низкой обрывности является оптимальное движение нити. Натяжение нити на протяжении всего цикла намотки должно оставаться, по возможности, постоянным. Поэтому необходимо оптими-

Витебский государственный технологический университет

зировать движение всех элементов кольцепрядильной машины, которые влияют на величину этого натяжения. Для достижения максимальной производительности и качества пряжи при постоянном и низком натяжении необходимо, наряду с наклоном вытяжного прибора, строго согласовать между собой движение нитенаправляющих элементов и кольцевой планки в течение всего цикла намотки. Характер движения нитенаправляющих элементов относительно кольцевой планки за время цикла намотки на машине Zinser ZR451 оптимизирован для любой высоты патронов и представлен на диаграмме (рис. 2.113).

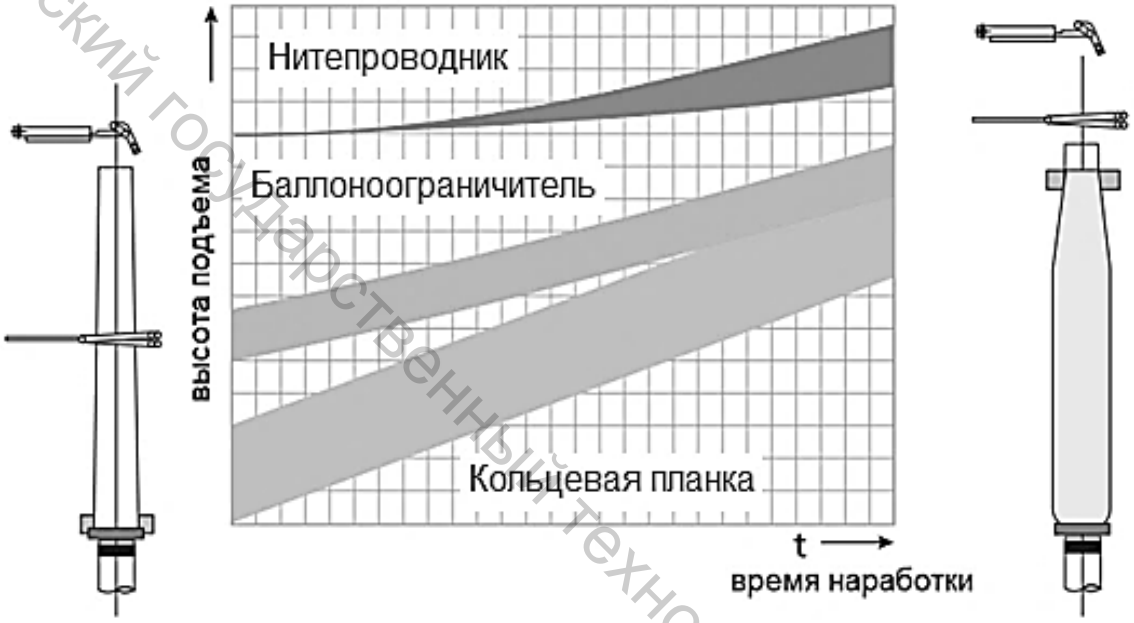


Рисунок 2.113 – Диаграмма движения нитенаправляющих элементов

Для согласованного движения кольцевой планки, нитепроводников и баллоноограничителей в кинематической схеме машины предусмотрено раздельное их движение от управляемого привода.

На машинах аппаратного прядения моделей W-SD 500 и W-SD 600 фирмы D.M. Engineering Srl установлены шесть управляемых самовентилируемых асинхронных двигателя, которые приводят в движение веретёна, вытяжные цилиндры, механизмы ложной крутки и раскатывающий вал подачи ровницы. На каждом двигателе установлены преобразователи для непрерывного и точного определения скорости. Для уменьшения натяжения пряжи в начале и в конце наработки съёма включается система, состоящая из блока с электронным управлением, бесщёточного двигателя и преобразователя частоты для определения положения кольцевой планки.

Витебский государственный технологический университет

2.13.5 Автоматизация процессов на машинах аппаратной и камвольной систем прядения

Фирма D.M. Engineering Srl специализируется на производстве текстильных машин для переработки грубых, полугрубых и тонких шерстяных волокон, таких как кашемир, мохер, альпака, ангора и меринос. Фирма выпускает кольцепрядильные машины для выпуска пряжи средней и большой линейной плотности (25÷2000 текс): полугребенные кольцепрядильные машины (83÷2000 текс), машины с подачей кручёной или сучёной ровницы (66÷330 текс).

Особенности всех моделей:

- полное электронное управление формированием выходной паковки, сохраняются введённые рабочие данные для каждого выпуска, данные за смену и по отдельным партиям;
- за счёт безбаллоного прядения и спечённых колец прядение осуществляется на повышенных скоростях;
- использование вьюрков ложного кручения на машинах аппаратного прядения позволяет повысить качество пряжи;
- автоматический съём початков.

Машины аппаратного прядения моделей W-SD 500, W-SD 600 (D.M. Engineering Srl) с электронным приводом применяются для прядения шерсти, искусственных, смешанных волокон для пряжи большой линейной плотности (125÷2000 текс), модели W-DD 350 и W-DD 400 для прядения шерсти, искусственных и смешанных волокон для пряжи линейной плотности 25÷166 текс.

На машинах установлен процессор PLC, управляющий всеми функциями и параметрами машины, который работает вместе с преобразователями частоты для обеспечения синхронизации работы двигателей. PLC включает в себя программу самодиагностики, которая быстро анализирует функции машины, определяет причину сбоя в работе машины и возможные решения, прежде чем потребуется техническая помощь инженеров.

К машине подведен подвесной цепной конвейер для транспортировки бобин с ровницей вдоль машины, что облегчает работу при их замене (рис. 2.114). В питающей рамке установлено устройство для автоматического опускания скоб кронштейна для удержания бобин и облегчения их загрузки перед заменой (рис. 2.115).

Машина оборудована устройством для автоматического съёма полных початков и установки пустых патронов, который работает аналогично хлопкопрядильным машинам. Механизм также оснащен устройством для обрезки подмотов на веретёнах с помощью двух зубчатых металлических дисков.

Витебский государственный технологический университет

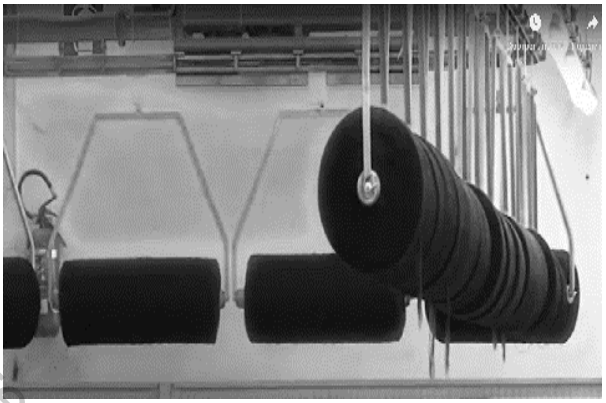


Рисунок 2.114 – Цепной конвейер подачи бобин с ровницей

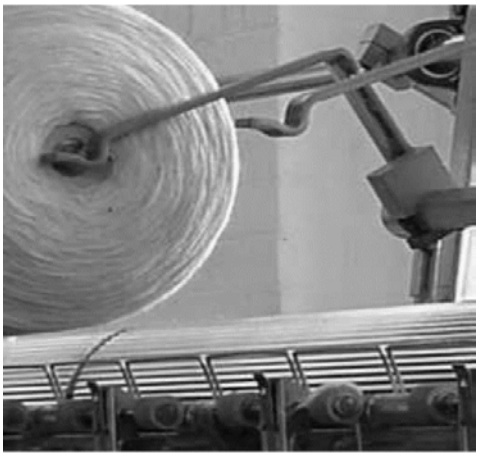


Рисунок 2.115 – Механизм опускания кронштейна для установки питающей ровницы

Прядильные машины для полугребенного и гребенного прядения модели SW 8 – SW 4 Electro (D.M. Engineering Srl) также оснащены устройством автоматического съёма початков, работу которого контролирует процессор PLC. Транспортирующая система, расположенная в верхней части машины, доставляет полные початки в торец машины, где они автоматически выгружаются в контейнер.

Компания Officine Gaudino (Италия) (в её состав вошли фирмы HDB (Houget Duesberg Bosson) и LEMA) специализируется на выпуске машин для аппаратной, камвольной и полугребенной систем прядения шерсти, а также прядильных машин для льна.

Машина аппаратного прядения модели F6K03 подходит для прядения шерстяных, ПАН-волокон и смесей волокон для выпуска пряжи большой линейной плотности от 100 до 1000 текс. Вытяжной прибор однозонный с механизмом ложной крутки и общей вытяжкой до 1,3. Частота вращения вьюрка устанавливается с помощью управляемого привода. Заправка ровницы в воронку механизма ложной крутки осуществляется пневматическим устройством Compressfil. Каждая ровница проходит отдельно в зоне вытяжки благодаря нитеразделителям. Централизованное устройство Pneumafil всасывает мычку на выходе из зоны вытяжки в случае её обрыва. Скорость раскатывающих барабанов устанавливается с учётом скорости подающих цилиндров вытяжного прибора. Между раскатывающими и питающими валами расположены специально разработанные нитенаправители ровницы, способствующие их надёжному разделению.

Автоматическое съёмное устройство расположено в верхней части машины и состоит из транспортёрных лент со штифтами, которые могут двигаться вперед и назад с помощью механических поршней; штанги с пневматическими захватами, которые могут перемещаться вверх и вниз

Витебский государственный технологический университет

с помощью шнековой системы, подъёмника початков, состоящего из двух втулок, и системы механических поршней для их перемещения вдоль шпинделя.

Автосъёмник может сбрасывать прядильные початки в контейнер или может быть сагрегирован с мотальным автоматом. Особенностью автосъёмника является автоматическое очистительное устройство подмотов пряжи на веретене. Подмоты соскабливаются очистительным устройством и всасываются в маленькую коробку (система Вентури). Давление воздуха, необходимое для этого, – 6 бар.

Автоматический механизм замены скалок с ровницей состоит из:

– подъёмника скалок;

– цепи, транспортирующей скалки с ровницей вдоль кольцевой прядильной машины;

– штанги, оборудованной маленькими аэродинамическими соплами, для фиксации концов ровницы с новых скалок;

– системы рычагов, которые переносят полные скалки на раскатывающие барабаны, подталкивают пустые скалки к задней части машины и опускают штангу с концами ровницы на небольшой конвейер, расположенный перед питающей рамкой;

– системы разделителей, которые отделяют ровничные нити;

– транспортёрной ленты, расположенной в задней части машины, используемой для перемещения пустых скалок вдоль машины для выгрузки их в контейнер.

Кольцевая прядильная машина FST03 односторонняя, подходит для прядения любых видов волокон: шерсти, кашемира, шерсти яка, ангоры, верблюжьей шерсти, шёлка, синтетических волокон, регенерированных волокон и любой смеси этих волокон, в том числе хлопка, для выпуска пряжи линейной плотности 27÷125 текс.

Машина может поставляться с широким спектром опций, таких же, как и на модели F6K03, имеется централизованный компьютер, который обрабатывает все данные, поступающие от машины во время её работы.

Полугребенная кольцевая прядильная машина модели FPK03 – это последняя разработанная модель, которую предлагает фирма Officine Gaudino. Рабочие органы машины приводятся в движение от электронного привода (главный двигатель переменного тока приводится в действие инвертором, серводвигатели бесщёточного типа приводят в движение цилиндры и кольцевую планку), также к этому приводу поставляется программный пакет для выпуска фасонной пряжи. В вытяжном приборе высокой вытяжки не используются ремешки, он состоит из восьми основных и контролирующих вытяжных пар. На машине установлен механизм останова ленты при её обрыве.

Витебский государственный технологический университет

Модель FPT03 (Gaudino) полугребенная двусторонняя кольцевая прядильная машина с двухремешковым вытяжным прибором 3×3. Маятниковый рычаг позволяет подавать две ровницы на одно веретено, для чего предусмотрена водилка в виде пластины на одном держателе для проводки двух ровниц. Машина рассчитана на работу со скоростью до 45 м/мин. Веретёна имеют прядильную насадку и приводятся в движение по четыре веретена от одного ремня (по 2 с каждой стороны).

Также фирма Gaudino выпускает машины камвольного прядения моделей FP03 и FPB03, которые оборудованы веретёнами безбаллонного прядения с насадкой для получения пряжи из сучёной или кручёной ровницы. Машина FP03 может быть оборудована механизмом компактного прядения EliTe®CompactSet (Suessen). Веретёна приводятся в движение ремнями: восемь веретён на один ремень, если РМВ 75 или 82,5 мм, и 4 веретена на один ремень при РМВ 90 мм.

Модель FP03 может выпускаться с двумя независимыми приводами, а модель FPB03 имеет две полностью независимые сторонки машины: все вытяжные цилиндры, веретёна и автосъёмники являются независимыми, мычкоуловитель имеет два отдельных канала для каждой сторонки машины с двумя отдельными коробками для отходов. Между питающими, вытяжными и веретёнными передачами имеются разделительные пластины, которые разработаны таким образом, чтобы максимально предотвратить загрязнение волокнами, перерабатываемыми на одной стороне машины, её другую сторону. Эти машины позволяют одновременно вырабатывать на одной машине две партии пряжи, например, разной линейной плотности или разного цвета.

Фирма Gaudino выпускает специальную машину FP19 для прядения углеродного волокна из ровницы, оснащённую двухремешковым вытяжным прибором 3×3 (рис. 2.116).

Рисунок 2.116 – Вытяжной прибор 3×3 прядильной машины FP19/2C для прядения углеродных волокон

Витебский государственный технологический университет

Существует две версии этой машины: FP19/1C с одной зоной втяжки и FP19/2C с двумя зонами вытяжки. Над верхним ремешком вытяжной пары установлены специальные щётки для очистки покрытия от угольной пыли.

Машина односторонняя с питанием ровницей из тазов. Панель управления машиной должна находиться в отдельном помещении во избежание контакта с углеродным волокном. Положение питающей пары можно регулировать даже во время работы машины, чтобы регулировать разводку в задней зоне вытяжки в зависимости от типа и длины обрабатываемых волокон.

Прядильные машины камвольного прядения модели IDEA фирмы Cognetex выпускаются с 3- или 4-цилиндровыми вытяжными приборами, с РМВ 75 или 82,5 мм, в одноприводном исполнении или с двойным приводом. Двойной привод позволяет вырабатывать пряжу различной линейной плотности или цвета на разных сторонках машины. Диапазон линейной плотности пряжи 7,2÷100 текс.

На машине работает встроенное устройство контроля веретён (система S.P.Y.), которое позволяет обнаружить обрыв пряжи, контролировать частоту вращения веретена, автоматически регулировать скорость выпуска исходя из стандартного уровня обрывности (рис. 2.117).

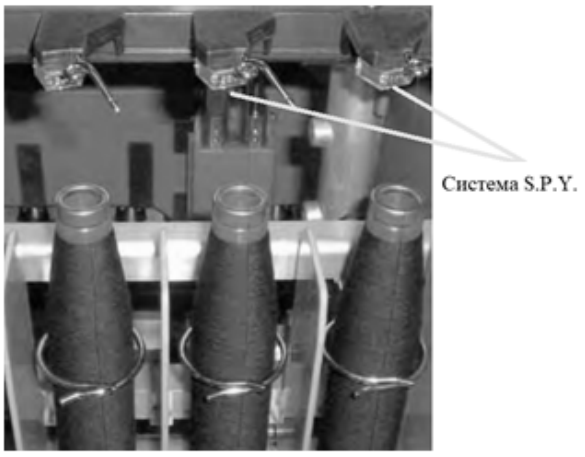


Рисунок 2.117 – Устройство контроля шпинделя – система S.P.Y.

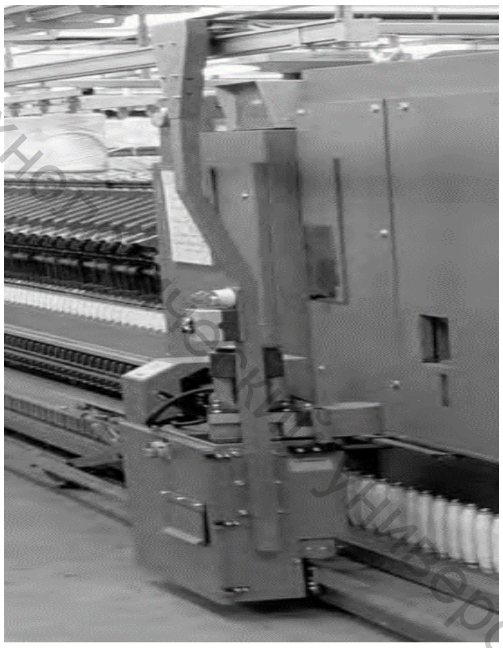


Рисунок 2.118 – Очиститель основания веретена (PGC)

Система состоит из датчика веретена с красным светодиодом; карт сенсорного управления; блока сбора и хранения данных. Все настройки и параметры могут быть визуализированы.

Витебский государственный технологический университет

Машины могут быть оснащены передвижным устройством PGC – очистителем основания веретена от подмотов пряжи (рис. 2.118). PGC включает каретку для каждой стороны прядильной машины, которая движется по направляющим. Во время нормальной работы PGC автоматически активируется после каждого цикла съёма, обеспечивая лучшие условия съёма, экономию энергии и уменьшение времени на техническое обслуживание.

Прядильная машина IDEA может быть оборудована устройством Duo-Spun для производства крученой пряжи и Core-Yarn – для комбинированной пряжи с высокорастяжимым сердечником.

Фирма Zinser/Saurer выпустила машину модели ZR 451 – для традиционной камвольной пряжи и Zl451, ZR451+ для производства компактной пряжи, которые могут быть легко трансформированы в традиционную прядильную машину, модель ZR451s – для веретён с прядильными насадками, которые могут быть трансформированы для компактного прядения. Длина перерабатываемых волокон на машине – до 200 мм. Электронный привод вытяжных приборов ServoDraft обеспечивает минимальное время смены партии и исключает замену шестерён.

Для съёма початков используется система CoWeMat, описанная в разделе 2.12, позволяющая сократить время съёма до 2 минут.

При производстве камвольной пряжи часто возникает необходимость запаривания початков перед перемоткой. Запарник непрерывного действия между кольцепрядильной машиной и мотальным автоматом дополнительно сокращает время производственного цикла. Кольцепрядильные машины фирмы Zinser в качестве опции оборудуются узлами сопряжения со всеми распространенными запарными системами.

Графический интерфейс Easy Spin использует 12-дюймовый сенсорный дисплей. Система позволяет хранить до 10 наборов данных партии. Структура всех меню идентична и не зависит от языка, т. к. используются специальные символы. Графические изображения и символы позволяют оператору после краткого обучения самостоятельно разобраться в работе системы. Система Easy Spin позволяет упростить процесс поиска неисправностей.

Opti Step – программа прядения: частоту вращения веретён на этапах заправки, наработки тела и верхнего конуса початка задают с пульта управления. Программа прядения задается в виде кривой, определяемой опорными точками, количество которых может достигать 10. Это способствует увеличению срока службы бегунков. Система Opti Step позволяет работать на высокой скорости от начала до конца намотки початка для повышения производительности машины. В качестве опции предлагается управление слоями.

Opti Start – автоматическая программа приработки бегунков выполняет все этапы приработки бегунков вплоть до рабочей частоты

Витебский государственный технологический университет

вращения. Благодаря этому значительно увеличивается срок их службы, уменьшается нагрузка на обслуживающий персонал.

Для непрерывного контроля работы кольцепрядильных машин разработана система Guard. Её компонентами являются подсистемы Fila Guard, Roving Guard и Data Guard.

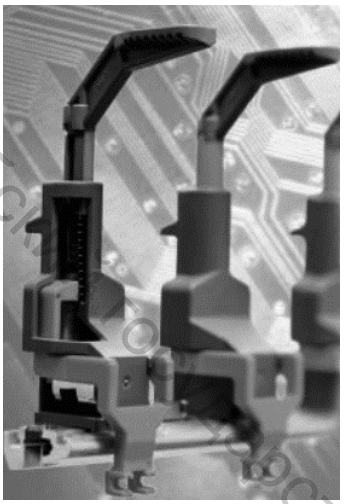


Рисунок 2.119 – Устройство останова ровницы Roving Guard

Отдельные нитенаблюдатели Fila Guard располагаются на кольцевой планке, контролируют вращение стальных бегунков на каждом прядильном месте и фиксируют каждый обрыв пряжи.

Устройство остановки ровницы Roving Guard получает электрический сигнал от Fila Guard при обрыве пряжи и прекращает подачу ровницы в вытяжной прибор путём снятия нагрузки с нажимных валиков вытяжного прибора (рис. 2.119). Время реакции составляет несколько миллисекунд. За счет этого минимизируются потери материала и исключается образование намотов. Оптические сигналы указывают на обрыв нити.

Система Data Guard для расширенного контроля производственных данных собирает информацию о технологическом процессе прядения, а система Easy Spin осуществляет её визуализацию. С помощью системы Ring Pilot можно собрать и вывести на индикацию информацию со всех машин прядильного цеха.

Фирма Tongda (КНР) выпускает серию прядильных машин для переработки шерстяных и льняных волокон. Модель FB505 предназначена для выпуска камвольной пряжи ткацкого или трикотажного назначения, для прядения шерсти, химических волокон шерстяного типа и их смесей со средней длиной 65÷100 мм (max 220 мм).

В таблице 2.27 приведены технико-экономические показатели некоторых марок шерстопрядильных машин.

2.13.5 Кольцевые прядильные машины для льна

Особенности свойств лубяных волокон осложняют их прядение. Это обусловлено самой структурой лубяного волокна, представляющего собой сосудисто-волокнистую ткань, залегающую в стеблях лубоволокнистых растений. Отдельные вытянутые вдоль растения клетки образуют элементарные волокна, а скрепленные в пучки – технические волокна.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.27 – Техническая характеристика прядильных машин для переработки шерстяных волокон

Параметр	фирма. D.M. Engineering Srl (Италия)											
Модель	W-DD350, 450 аппаратная				W-SD 500, 600 аппаратная				SW 8 – SW 4 полугребенная			
РМВ, мм	90	100	105	115	140-145	165	180	200	120	140	165	180
Диаметр кольца, мм	65	75	80	90	110	127	140	160, 165	90	110	127	140
Высота намотки, мм	320	350		350-400	500	500-600	600	600	450	450-500	500-600	600
Габаритные размеры Ш/В/Д, мм с автосъемником	2700 / 2900 / $n_{шп}$×РМВ+6100				2600/2800/ зависит от типа съема				4150 / 2800 / $n_{шп}$×РМВ+4560			
	фирма Cognetex, камвольное прядение											
Модель	IDEA (1 привод)		IDEA (2 привода)				IDEA (1 привод)		IDEA (2 привода)			
	с ручным съёмом						агрегирование с мотальным автоматом					
РМВ, мм	75	82,5	75	82,5			75	82,5	75	82,5		
Диаметр кольца, мм	42-55	48-60	42-55	48-60			42-51	48-60	42-51	48-55		
Высота намотки, мм	220-260	260-280	220-260	240-260			220-260	260-280	220-260	240-260		
Частота вращения веретён, мин$^{-1}$	до 16000											
Линейная плотность пряжи, текс	3-14,7	9,8-59	3-14,7	9,8-19,6			3-14,7	9,8-19,6	3-14,7	9,8-19,6		
Количество выпусков	1056	960	672				1056	960	672	624		
Габаритные размеры, мм длина/ширина	43 775/840		29325/940				45 925/1450		31825/1550			
	фирма Zinser/Saurer, камвольное прядение											
Модель	ZR451		ZR451+				Zl451		ZR451s			
Вид волокон	все шерстяные, шерсть высокого качества (альпака), шёлк, рами, синтетические волокна и их смеси											
РМВ, мм	75 или 82,5								75	82,5		
Вытяжка	8-80											
Диаметр кольца, мм	42-60		45-57				42-58		45-52			
Высота намотки, мм	220-260								260			
Крутка, кр./м	100-3500											

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.27

Линейная плотность пряжи, текс	8-167								36 и более		8-167			
Количество выпусков	240-1248					180-1152			24-912		240-1200			
Габаритные размеры, мм длина/ширина	52900/1530										L=5794+($n_{вер}$×РМВ/2)/1677 max			
	фирма Tongda модель FB505 (камвольное прядение)													
РМВ, мм	75													
Длина волокон, мм	65-100, max 220													
Количество выпусков	384, 396, 408, 480													
Диаметр кольца, мм	48, 51													
Линейная плотность пряжи, текс	10÷50													
Тип вытяжного прибора	3×3 двухремешковый													
Вытяжка	10÷45													
Частота вращения веретена, мин$^{-1}$	5000÷12000													
Крутка, кр./м	200÷1260													
Высота намотки, мм	260													
Габаритные размеры машины	длина 20300 мм / ширина 800 мм / высота 2150 мм													
Модель	Фирма Officine Gaudino (Италия)													
	F6K03					FST 03			FPK03/8C		FPT03	FP03 – FPB03		
Система прядения	аппаратная								полугребенная			камвольная		
РМВ, мм	140	165	180	200	220	90	105	115	120	140	110	75	82,5	90
Диаметр кольца, мм	110	127	140	160	180	65	75 - 80	90	90	110	75-80	48-51	51-55	60-62,5
Высота намотки, max, мм	500	600				320	350	350	450	500	320	260	280	
Количество веретён, max	220	192	176	120	112	385	360	336	264	200	672	1040	960	832
Частота вращения веретён, мин$^{-1}$	8000	6000	5500	5000	4500	11000	10000	9000	9500	8500	10500	16000		14000
Линейная плотность пряжи, текс	125-250	250-660	330-1000	400-2000	500-5000	21-100	42-166	62-250	58-330	125-1000	42-125	6,2-42	16,6-58	42-250

Витебский государственный технологический университет

Пряжа из такого волокна имеет повышенную засоренность. На её поверхности имеется значительное количество мушек, шишек и костры.

При выработке пряжи из чёсаного льна применяют два способа прядения: сухое и мокрое. Способ прядения определяет характер вытягивания в вытяжных приборах прядильных машин и их конструкцию. При сухом способе пряжа формируется из технических волокон, а при мокром способе – из элементарных волокон или из небольших их комплексов.

При мокром способе прядения ровница проходит через корыто с горячей водой (45–75 °С), установленное перед вытяжным прибором. Горячая вода способствует размягчению клеящих пектиновых веществ, которыми склеены элементарные волокна льна, и обеспечивает сдвиг элементарных волокон друг относительно друга в вытяжном приборе. Мокрый способ прядения позволяет получать более тонкую, ровную, гладкую пряжу.

Сухое прядение применяют для выработки пряжи большой и средней линейной плотности.

На прядильных машинах осуществляются процессы вытягивания, кручения и наматывания. При кольцевом способе прядения эти процессы выполняются при работе вытяжного прибора и крутильно-мотального механизма. Цель и сущность процессов, осуществляемых на кольцевых льнопрядильных машинах, те же, что и на кольцевых хлопко- или шерстопрядильных машинах.

Кольцевые прядильные машины для льна отличаются друг от друга в основном конструкцией вытяжных приборов.

Принципиальная схема кольцевой прядильной машины мокрого-прядения льна, предназначенной для переработки ровницы, подвергнутой интенсивной химической обработке, представлена на рисунке 2.120.

Ровница *1*, сматываясь с перфорированных пластмассовых катушек *2*, подается через питающие барабаны *3,* находящиеся в корыте с тёплой водой, в вытяжной прибор *4*, где вытягивается до необходимой линейной плотности. При выходе из вытяжного прибора мычка проходит через нитепроводник *5*, а затем скручивается и наматывается на патрон с помощью бегунка *6* и веретена *7*.

Фирма Officine Gaudino выпускает прядильные машины FU14 для получения льняной пряжи полумокрым способом. Машина имеет одинарный привод, питание осуществляется отбеленной кручёной ровницей, установленной на держателях в питающей рамке (рис. 2.121).

Механические компоненты, кольцевые баллоноограничители и кольца выполнены из нержавеющей стали и других водостойких материалов, а также обработаны во избежание образования ржавчины. Веретёна приводятся в движение от тангенциального ремня.

Витебский государственный технологический университет

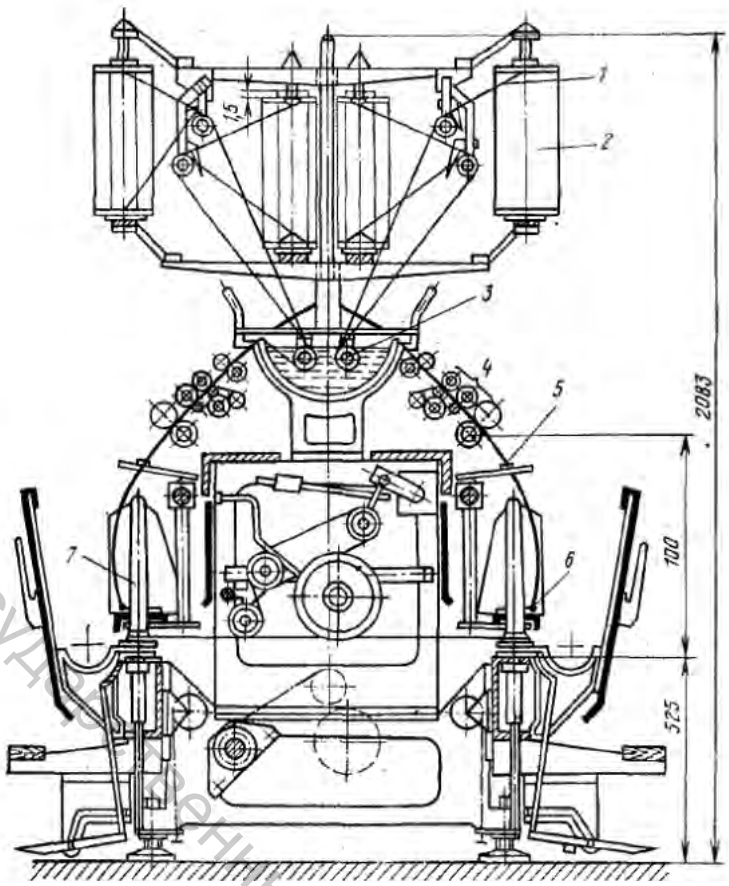


Рисунок 2.120 – Принципиальная технологическая схема кольцевой прядильной машины мокрого прядения льна

Рисунок 2.121 – Прядильная машина мокрого прядения льна FU14 (Gaudino)

Витебский государственный технологический университет

Вытяжной прибор (рис. 2.122) однозонный, одноремешковый. Ровница *1* подаётся через ролик *2* в питающую пару вытяжного прибора *3*, состоящую из нижнего стального рифлёного цилиндра и верхнего валика с эластичным покрытием. Выпускная пара *5* также состоит из стального цилиндра и валика с эластичным покрытием. Контроль за движением волокон осуществляется нижним ремешком *4,* натянутым на стальную клеточку.

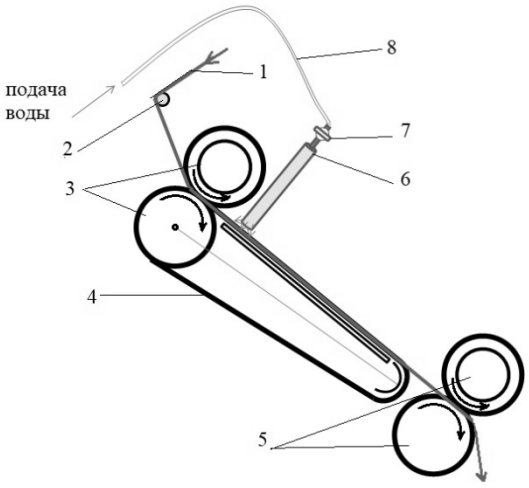


Рисунок 2.122 – Вытяжной прибор машины FU14

Сверху у питающей пары к ремешку подведена пластиковая трубочка *6*, через которую на ровницу, лежащую на ремешке, подаётся вода. Вода подаётся через индивидуальные шланги *8*, при необходимости её подача прекращается с помощью краников *7*. Вода смачивает мычку, при этом уменьшаются силы трения между волокнами, облегчается сдвиг волокон друг относительно друга, увеличивается компактность мычки. За счёт смачивания можно получить более тонкую, равномерную и менее ворсистую пряжу.

Из-за повышенной влажности отсутствует механизм мычкоуловителя (система Pneumofill), поэтому машина оборудована системой прекращения питания ровницей. При возникновении обрыва ровница остаётся в зоне питания.

Автоматический съём прядильных початков производится с помощью автосъёмника балочного типа, расположенного под веретёнами. Захват початков с пряжей осуществляется пневматическими зажимами.

Система очистки и смазки колец состоит из автоматической каретки, движущейся вдоль кольцевой планки, распыляя при этом на кольца смесь масла через заданный временной интервал.

Фирма Tongda (КНР) выпускает 3 модели прядильных машин мокрого прядения льна, которые принципиально отличаются друг от друга уровнем автоматизации, – FX502, FX508 и FX516. Машины позво-ляют перерабатывать льняные волокна, волокна пеньки, рами в пряжу линейной плотности 18,5÷180 текс.

Машина двухсторонняя, между сторонками установлена ванна с тёплой водой, куда подаётся отбеленная ровница перед входом в вытяжной прибор. Питающая рамка одноярусная двухрядная. Питающие паковки с ровницей цилиндрические двухфланцевые параллельной намотки. Катушки с ровницей устанавливаются на пластиковых шпиль-

Витебский государственный технологический университет

ках в подвесных держателях и свободно вращаются в подшипниках держателей. Для облегчения сматывания ровницы и устранения ложной вытяжки в питающей рамке установлены индивидуальные фигурные вращающиеся ролики, которые обеспечивают равномерное сматывание ровницы с катушек (рис. 2.123).

Клеящие пектиновые вещества растворяются в тёплой воде, что способствует разрушению связей между техническими волокнами и сдвигу элементарных волокон друг относительно друга в вытяжном приборе для получения тонкой пряжи. На машине установлен однозонный одноремешковый вытяжной прибор с двумя вытяжными и контролирующей парой (рис. 2.124).

Рисунок 2.123 – Питающая рамка машины FX516

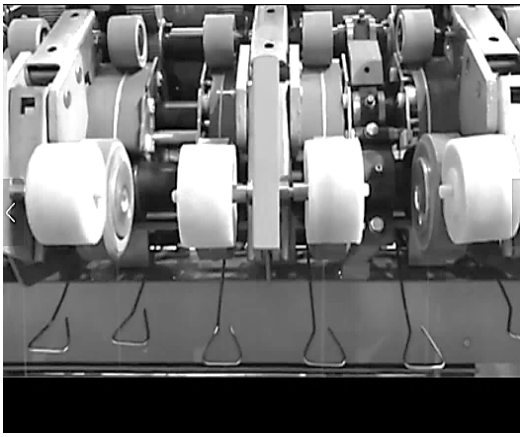


Рисунок 2.124 – Вытяжной прибор машины FX516

Ровница проходит через уплотнительную воронку открытого типа *1* и подаётся в вытяжной прибор (рис. 2.125). Питающая пара состоит из нижнего и верхнего рифлёных цилиндров *2*.

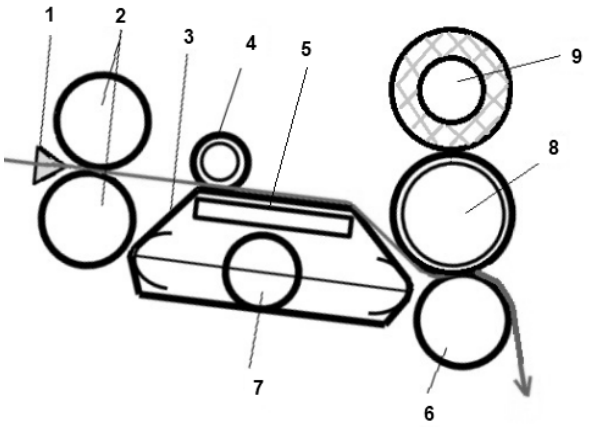


Рисунок 2.125 – Вытяжной прибор машины FX502

За счёт рифления создаётся надёжный зажим ровницы, исключающий проскальзывание волокон при вытягивании, а также происходит дополнительное дробление технических волокон. Контролирующая пара состоит из нижнего стального цилиндра *7* с рифлением «рыбья чешуя» для лучшего сцепления с ремешком (рис. 2.126), эластичного ремешка *3*, натянутого на направляющую клеточку *5* и верхнего валика *4* с эластичным покрытием, который лежит на ремешке.

Витебский государственный технологический университет

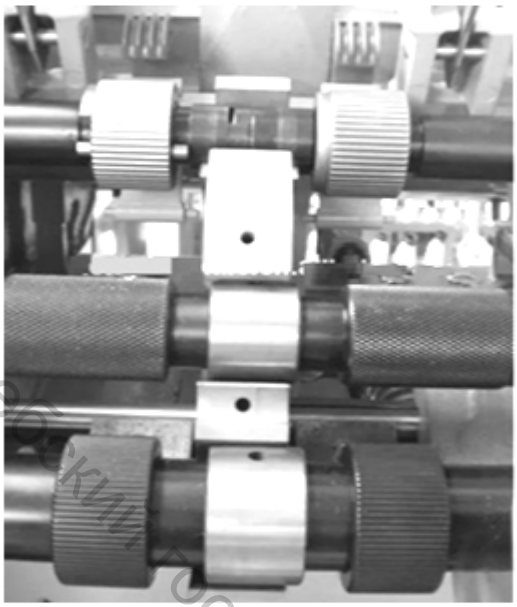


Рисунок 2.126 – Цилиндры вытяжного прибора машины FX502

Ровница проходит между ремешком и эластичным валиком. Широкий ремешок *5* контролирует движение двух ровниц на двух выпусках прядильной машины. Выпускная пара состоит из нижнего стального рифлёного цилиндра *6* и верхнего валика с эластичным покрытием *8*. Над верхним валиком установлен чистительный валик *9* с войлочным покрытием. При выходе из вытяжного прибора мычка огибает контролирующий наличие обрыва пруток. Общая вытяжка в вытяжном приборе 8,5÷36.

Машина оборудована тремя автоматическими устройствами:

- автоматическое снятие початков при установке заданной длины намотки;
- автоматическое опускание кольцевой планки при наработке съёма;
- автоматическая фиксация конца пряжи при съёме и смене початков.

Все нитепроводящие рабочие органы машины выполнены из нержавеющей стали или специального пластика, обеспечена герметичность конструкции медных шарикоподшипников от попадания влаги и пуха.

Японский процессор PLC Panasonic управляет всеми функциями и служит для ввода заправочных данных. На машине доступны точки подключения к Internet или WLAN для локальной сети. Для интеллектуальной системы управления машиной через Internet она оснащена управляемыми серводвигателями.

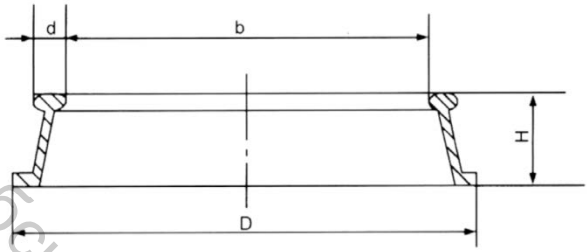
Четыре веретена приводятся во вращение одним тангенциальным ремнём по 2 веретена с каждой стороны машины. Для ликвидации обрыва пряжи веретено останавливается нажатием ножной педали, изготовленной в виде пластины из алюминиевого сплава.

На машинах применяют наклонные кольца типа TDR01. Эта серия колец применяется для выпуска пряжи из джута и льна, они обладают высокой износостойкостью и антикоррозийными свойствами. Основные размеры кольца представлены на рисунке 2.127.

Фирма Bräcker выпускает Т-образные кольца Triton для переработки льняных волокон (рис. 2.128). Для данных колец рекомендуются

Витебский государственный технологический университет

нейлоновые бегунки Nyltex (рис. 2.129). Также могут применяться кольца J-образного профиля, аналогично шерстопрядению, и ухообразные бегунки для них (рис. 2.130). Такие бегунки используются при получении льняной пряжи большой линейной плотности.



b – 62 мм, d – 4,4 мм, H – 14 мм, D – 74 мм

Рисунок 2.127 – Поперечное сечение кольца

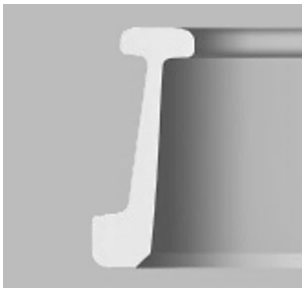


Рисунок 2.128 – Т-образные фланцевые кольца Triton

Рисунок 2.129 – Бегунки Nyltex F-серия

Рисунок 2.130 – Ухообразные бегунки Nyltex

Веретёна для переработки льняных волокон имеют основные характеристики, представленные в таблице 2.28.

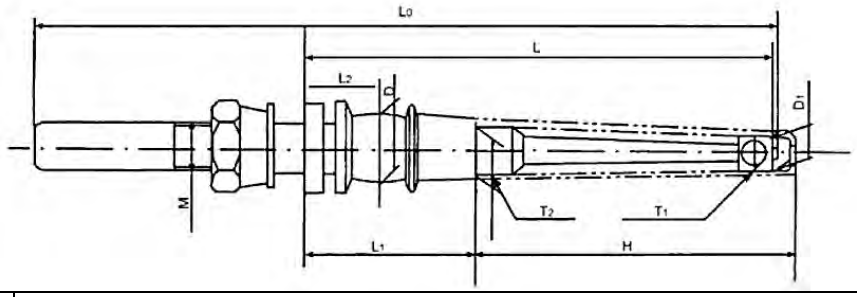
Патроны (рис. 2.131) для наматывания льняной пряжи изготовлены из поликарбоната PC и синтетического полимера ABC, обладающего высокой степенью эластичности и ударопрочности. Высота патронов от 180 до 210 мм, при этом высота намотки от 152 до 174 мм.

Технические характеристики прядильных машин мокрого прядения льна представлены в таблице 2.29.

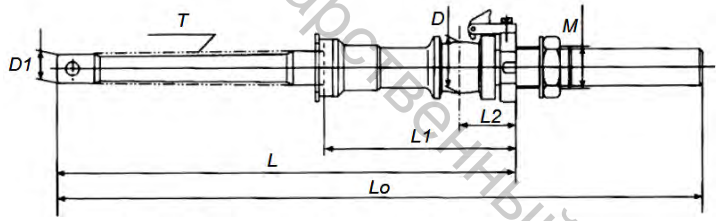
При сухом прядении пряжа формируется из технических волокон, в которых содержится большее количество костры, коротких волокон, выпадающих в процессе прядения, и пыли. К качеству ленты – питающего продукта для прядильных машин – предъявляются высокие требования. Неровнота питающей ленты по толщине является одной из важнейших характеристик при безровничном прядении, в значительной мере влияющей на обрывность, стабильность процесса прядения и качество пряжи.

Витебский государственный технологический университет

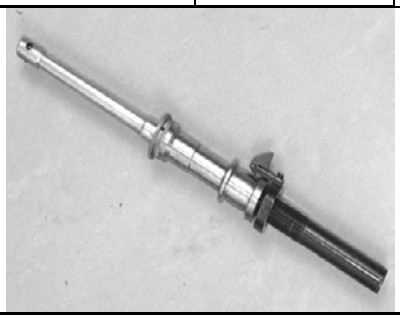
Таблица 2.28 – Конструкция и типоразмеры веретен для прядильных машин для льна



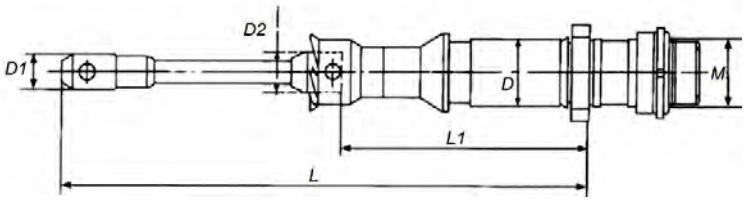
Модель	Типоразмеры							
	H	L	L_0	L_1	L_2	D	$D_1 \times T_1$	M
D1409	240	279	422	96	39	38	Ø28.3×0.036	M27×1.5
D1509		271			38.5			
D2501A		268	424					M30×1.5
D3532			411.5					



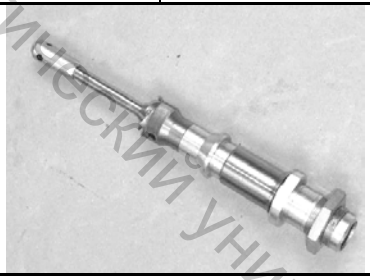
Модель JD4312



Типоразмеры								
L	L_0	L_1	L_2	D	$D_1 \times T_1$	M	Модель подшипника	Внутренний диаметр подшипника
422.5	300	125	35	Ø12	Ø18.9×0.01626	M25×1,5	DZ3	Ø8.8



Модель SGD1



Технические данные						
L	L_1	D	D_1	D_2	M	Подшипник
342.5	132.5	Ø35	Ø18.5	Ø22.5	M35×1.5	Двухканавочный двухрядный монолитный

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 2.131 – Патроны для прядильных машин мокрого прядения льна

Таблица 2.29 – Техническая характеристика машин мокрого прядения льна

Параметр	OfficineGaudino (Италия)	Tongda (КНР)
Модель	FU14	FX 516
Линейная плотность пряжи, текс	20÷62	18,5÷180
Диаметр кольца, мм	51	55
Высота намотки, мм	230	210
Вытяжка	до 40	8.5÷36
Число кручений, кр./м	до 1000	350÷800
Частота вращения веретена, мин$^{-1}$	10000	5000÷10000
Направление крутки	Z/S	Z
Количество веретён	max 512	256, 384, 502, 508
РМВ, мм		88
Вытяжной прибор	однозонный одноремешковый	
Габаритные размеры, мм длина/ширина/высота		12328/1525/2230

Процессы, осуществляемые на машинах сухого прядения, имеют некоторые особенности:

- при сухом прядении вырабатывается более толстая пряжа, чем при мокром, так как перерабатываются технические более толстые волокна;
- в процессе сухого прядения выделяется большое количество пыли, что обусловливает применение системы пылеулавливания;

Витебский государственный технологический университет

• односторонние прядильные машины, перерабатывающие ленту из тазов, занимают большую площадь, в результате уменьшается съём продукции с 1 м^2 площади, ухудшаются экономические показатели;

• пряжа сухого прядения имеет меньше внешних пороков и лучше перерабатывается в ткачестве, но при этом выделяется больше пыли и пуха.

Кольцевые прядильные машины сухого прядения льна предназначены для получения пряжи линейной плотности 69–286 текс. Машины – односторонние, питающим продуктом может быть лента из чёсаного льна, из короткого льноволокна и очёса или из смеси этих волокон с химическим волокном.

Принципиально машины сухого прядения льна отличаются конструкцией вытяжных приборов. На рисунке 2.132 показан вытяжной прибор машины ПС-100-ЛО (СССР).

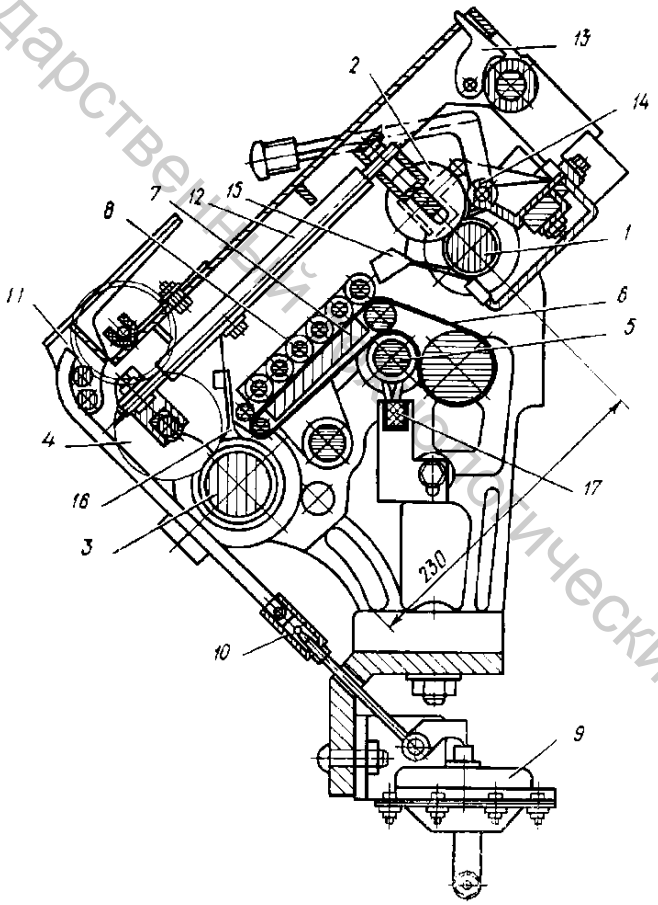


Рисунок 2.132 – Вытяжной прибор машины ПС-100-ЛО

Вытяжной прибор машины ПС-100-ЛО имеет постоянную разводку между питающим и вытяжным цилиндрами, равную 230 мм, а машины ПС-100-Л – переменную разводку 350–500 мм. Оба прибора имеют аналогичную конструкцию, одинаковый угол наклона 45° и на 60% унифицированы между собой.

Витебский государственный технологический университет

Вытяжной прибор состоит из рифлёного питающего цилиндра *1* и нажимных рифлёных валиков *2*, образующих вместе с цилиндрами питающую пару. Вытяжной цилиндр *3* имеет продольные рифли на рабочих тумбочках, а нажимные валики *4* – эластичное покрытие. Вытяжной цилиндр с нажимными валиками образуют вытяжную пару. Узел контроля волокон состоит из обрезиненного цилиндра *5*, привода транспортирующих ремешков *6*, направляющего столика *7* и контрольных самогрузных валиков *8*. Узел пневмонагрузки на нажимные валики питающего и выпускного цилиндров состоит из пневмокамер *9*, запорного устройства *10*, рычага нагрузки *11*, коромысла *12* и фиксатора рычага нагрузки *13*.

Контроль волокон в зоне вытягивания осуществляется транспортирующим ремешком с внутренним периметром 490 мм, движущимся в направлении вытягивания со скоростью, несколько большей скорости питания, и контрольными самогрузными валиками. Контрольные валики имеют разную массу и диаметр, которые уменьшаются в направлении движения ленты. Между транспортирующим ремешком и контрольными валиками создается поле сил трения, достаточное для эффективного контроля волокон при вытягивании ленты до требуемой линейной плотности мычки.

Для обеспечения формирования компактной мычки в вытяжном приборе установлены уплотняющие воронки *14*, *15* и *16* перед вытяжной парой, ремешковым полем и питающей парой. Для предотвращения местного износа цилиндров и нажимных валиков предусмотрена планка нитеводителя с уплотняющими воронками, которая имеет возвратно-поступательное движение вдоль оси цилиндров. Ремешковые цилиндры снабжены щетками-чистителями *17*.

Вытяжной прибор машины ПС-100-Л отличается ремешковым полем, в котором применен транспортирующий ремешок длиной по внутреннему периметру 625 мм. Контрольные самогрузные валики имеют большую массу и на шести первых валиках из семи установлены резиновые муфты, увеличивающие эффективность контроля волокон при вытягивании. Питающие цилиндры установлены на подшипниках скольжения, так как необходимо изменение разводки в пределах 350– 500 мм. Нажимные валики питающего цилиндра имеют индивидуальную пружинную нагрузку.

Следует отметить, что прядильные машины сухого прядения льна достаточно редко применяются в современных льнопрядильных производствах. Это связано с низким качеством выпускаемой пряжи, сильной её засорённостью кострой и большой линейной плотностью. В большинстве случаев короткое льняное волокно и льняной очёс подвергаются котонизации с дальнейшей переработкой котонина на хлопкопрядильном оборудовании.

Витебский государственный технологический университет

3 ПРЯДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ КОМПАКТНОГО ПРЯДЕНИЯ

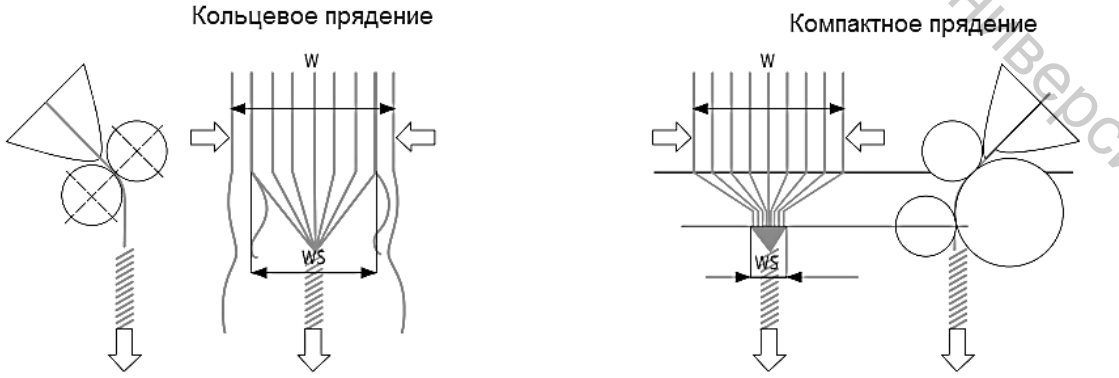
Кольцевое прядение продолжает доминировать и занимает сегодня около 83% рынка прядильных машин (рис. 2.1), несмотря на то, что в последние годы все большую конкуренцию ему составляют пневмомеханический и аэродинамический способы прядения, в связи с возможностью производить более тонкую пряжу (от 10 текс), ростом её разрывной нагрузки, а также с увеличивающейся с каждым годом скоростью выпуска.

Как показали международные выставки текстильного машиностроения ITMA 2019 (Барселона) и ITMA Asia + CITME 2020 (Шанхай), производители кольцепрядильных машин европейского и азиатского региона сосредоточили свои усилия на расширении функциональности оборудования. Вот основные виды модернизированных, серийно выпускаемых кольцепрядильных машин:

- машины компактного прядения;
- машины для выпуска крученой пряжи Siro Spun;
- машины для выпуска компактной крученой пряжи Siro Spun;
- машины для выпуска армированной пряжи Core Spun двух модификаций – с сердечником из комплексной или высокорастяжимой нити;
- машины для выпуска фасонной переслежистой пряжи из двух или трех разноцветных ровниц.

3.1 Сущность компактного прядения

Несмотря на многолетнее совершенствование технологического процесса кольцевого прядения, он имеет ряд недостатков, среди которых низкая производительность способа. На рисунке 3.1 схематично представлен треугольник кручения при традиционном (рис. 3.1, а) и компактном прядении (рис. 3.1, б).



а б

Рисунок 3.1 – Схема формирования треугольника кручения

Витебский государственный технологический университет

Мычка шириной W скручивается и превращается в пряжу. При традиционном прядении (рис. 3.1, а) ширина мычки равна ширине треугольника кручения WS. В процессе кручения волокна, находящиеся с краю мычки, обкручивают волокна, находящиеся в середине мычки, образуя ворсинки. Расположение таких волокон в структуре пряжи не равномерно. Кроме того, часть этих волокон попадает в отходы. При компактном прядении (рис. 3.1, б) ширина треугольника кручения WS намного меньше, чем ширина мычки. Поэтому волокна при скручивании располагаются более закономерно, а пряжа получается менее ворсистой. Также снижается обрывность пряжи, повышается её прочность и производительность машины.

Треугольником кручения называется пространство от линии *II* (рис. 3.2), на которой мычка, выходящая из вытяжного прибора, отрывается от выпускного цилиндра, до порога крутки *III* – участка нити, до которого распространяется крутка от бегунка. В пределах треугольника кручения крутка отсутствует, вследствие чего силы взаимодействия между волокнами незначительны, и, несмотря на относительно малое натяжение в этой зоне, именно она является наиболее вероятным местом обрыва пряжи.

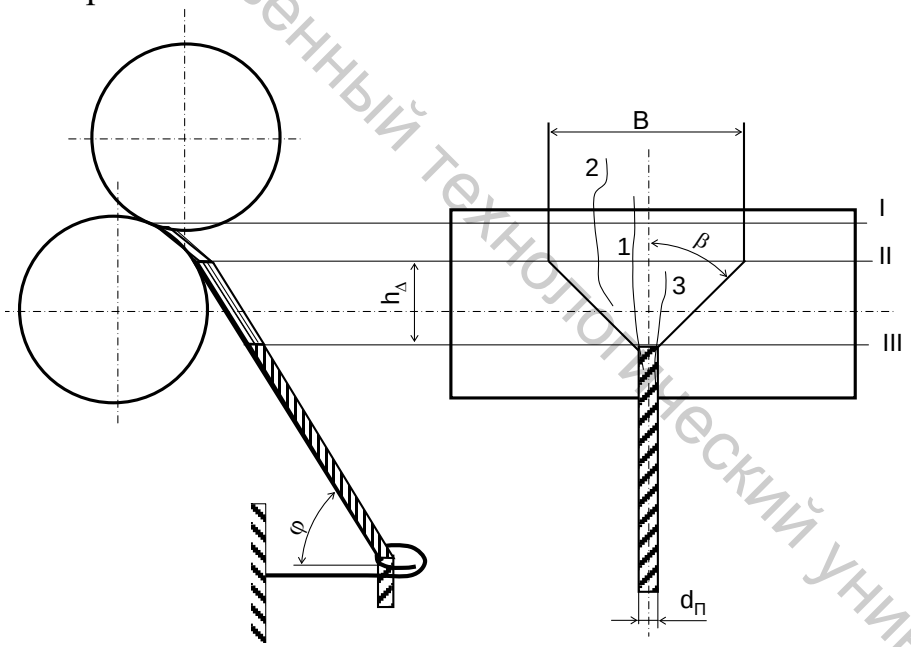


Рисунок 3.2 – Треугольник кручения на традиционных кольцевых прядильных машинах

Волокна, попадающие в поперечное сечение треугольника кручения, можно разделить на три группы:

1. Волокна, задние концы которых находятся в зажиме *I* выпускной пары, а передние – в скрученном участке продукта.

2. Волокна, задние концы которых находятся в зажиме *I* выпускной пары, а передние – в пределах треугольника кручения.

Витебский государственный технологический университет

3. Волокна, задние концы которых находятся в пределах треугольника кручения, а передние – в скрученном участке продукта.

При приложении растягивающей нагрузки, приводящей к разрыву продукта, волокна первой группы оказывают большое сопротивление деформации и разрываются, волокна первой группы проскальзывают относительно волокон пряжи, а волокна третьей группы – относительно выходящей мычки. Количество волокон с одновременно зажатыми концами определяется по формуле:

$$n_З = \sum_i \left(1 - \frac{h}{l_i}\right) n_i \,, \tag{3.1}$$

где h – расстояние от линии зажима до порога крутки, равное сумме длины дуги обтекания *I-II*, где мычка прижата к цилиндру, и высоты треугольника кручения *II-III*, мм; l_i – длина волокна i-го класса, мм; n_i – количество волокон i-го класса в сечении треугольника кручения.

Прочность мычки будет тем выше, чем больше в ней волокон первой группы. Формула показывает, что число нескользящих волокон увеличивается с уменьшением расстояния h.

Известно, что размеры треугольника кручения оказывают наибольшее влияние на величину ворсинок. Сама по себе ворсистость в ряде случаев не является ни положительной, ни отрицательной характеристикой пряжи. Требования к ворсистости могут устанавливаться в зависимости от назначения пряжи. Однако увеличение параметров ворсистости приводит к снижению прочности пряжи, так как ворсинки не участвуют в её разрыве. Поэтому уменьшение ворсистости позволяет увеличить количество одновременно разрываемых волокон и повысить прочность пряжи при постоянной крутке или сохранить прочность при уменьшенной крутке. Уменьшение крутки ведет, в свою очередь, к повышению производительности машины.

Длина треугольника кручения рассчитывается по формуле

$$h_\Delta = \frac{B - d_П}{2tg\beta} = \frac{500(B - d_П)}{\pi d_П K_Ф} \,, \tag{3.2}$$

где B – ширина мычки, $d_П$ – диаметр пряжи, мм; $K_Ф$ – крутка в зоне формирования, кр./м; β – угол наклона волокон на поверхности пряжи к её оси.

Витебский государственный технологический университет

На традиционных кольцевых прядильных машинах для уменьшения длины ослабленного участка уменьшают ширину мычки B, используя уплотнители в вытяжном приборе, увеличивают крутку в зоне формирования, уменьшая угол перегиба нити в нитепроводнике ($90°$-φ). Уменьшение размеров треугольника кручения может быть достигнуто за счёт компактирования мычки в вытяжном приборе (рис. 3.3).

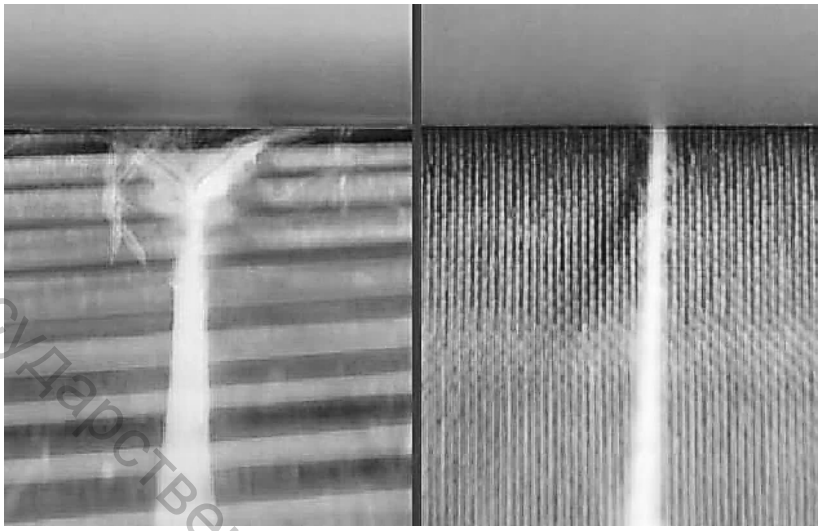


Рисунок 3.3 – Треугольник кручения на традиционных кольцевых прядильных машинах и на машинах компактного прядения

Компактирования можно добиться следующими способами.

1. Крутка ровницы. Во-первых, кручение предотвращает обрывность ровницы на участке от питающей рамки до вытяжного прибора. Во-вторых, крутка способствует компактированию мычки и выполняет функцию уплотнителя. В зоне предварительной вытяжки крутка частично разрушается, окончательное же разрушение крутки происходит в зоне основного вытягивания. Эффект уплотнения ограничен круткой ровницы. При её увеличении нарушается закономерность сдвига волокон при вытягивании.

2. Механический уплотнитель. Компактирование мычки может быть достигнуто за счет применения механических уплотнителей, устанавливаемых между ремешковой и выпускной парой или после вытяжного прибора при использовании дополнительного нажимного валика. Использование механических уплотнителей очень эффективно, но может нарушать процесс закономерного сдвига волокон при вытягивании за счёт возникающих дополнительных сил трения.

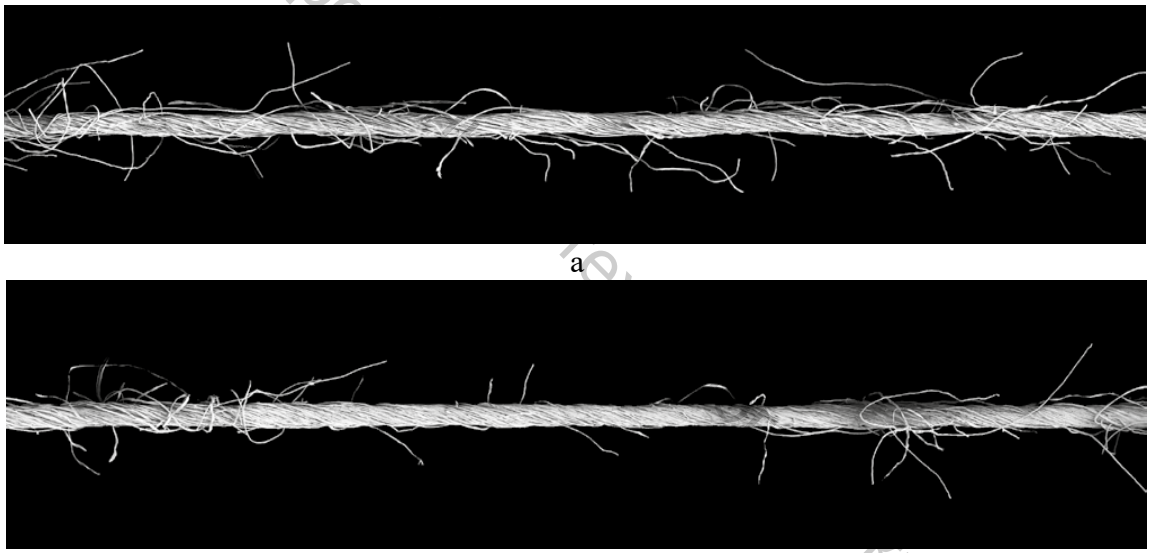
3. Аэродинамические уплотнители. Уплотнение мычки после вытяжного прибора за счет разряжения воздуха также очень эффективно и не нарушает процесс вытягивания. Работа таких систем основана на параллелизации волокон и уплотнении мычки на перфорированной или

Витебский государственный технологический университет

сетчатой поверхности за счёт разрежения воздуха, создаваемого под ней на узком протяженном участке. Эффект от уплотнения показан на рисунке 3.1, б. Ширина мычки WS, достигающей вращающегося треугольника кручения, значительно меньше ширины мычки W и несколько больше диаметра пряжи. За счёт этого большинство волокон захватываются вращающимся участком пряжи и равномерно скручиваются друг с другом.

3.2 Преимущества компактного прядения

При визуальной оценке пряжи традиционного и компактного прядения (рис. 3.4) видно, что у компактной пряжи волокна плотнее прилегают друг к другу, следовательно, ворсистость её меньше. Хорошая интеграция волокон в структуру компактной пряжи и равномерное их расположение приводят к лучшему использованию прочности отдельных волокон.



а

б

Рисунок 3.4 – Внешний вид обычной кольцевой пряжи (а) и компактной (б)

Многочисленные исследования, проведенные учёными разных стран, показали, что компактная пряжа имеет следующие преимущества:

- более плотная структура пряжи обусловливает увеличение её прочности по данным разных источников на 10÷40%;
- крутка может быть уменьшена на 10÷15% при неизменном или повышенном качестве пряжи. Исследования, проведенные специалистами фирмы Rieter, показали, что прочность кольцевой пряжи равна прочности компактной пряжи, полученной при снижении крутки в среднем на 10% (рис. 3.5);

Витебский государственный технологический университет

• при неизменной крутке и частоте вращения веретён обрывность в прядении снижается на 30÷60%;

• возможное повышение частоты вращения веретён даёт увеличение производительности прядильных машин на 10÷15%;

• возможное увеличение разрывного удлинения пряжи – на 15% (для хлопчатобумажной пряжи), на 20% – для шерстяной;

• снижение коэффициента вариации по разрывной нагрузке и удлинению, что уменьшает количество «слабых» мест в пряже;

• снижение ворсистости пряжи H на 30% (по прибору Uster Tester), S3 на 85% (по прибору Zweigle). Практически полное исключение ворсинок длиной более 2 мм (рис. 3.6), наличие которых вызывает больше всего проблем при дальнейшей переработке;

Рисунок 3.5 – Зависимость разрывной нагрузки обычной и компактной пряжи от крутки

• повышается стойкость к истиранию, благодаря чему пряжа меньше повреждается при перематывании;

• за счёт снижения пуховыделения потери волокна в прядении могут быть уменьшены до 0,01% для синтетических волокон и длинноволокнистого хлопка, до 0,08% для средневолокнистого хлопка;

• запыленность воздуха в цеху уменьшается в 2 раза;

• снижение на 30% обрывности в процессе снования, на 40% обрывов основных нитей и на 30% уточных на ткацком станке даёт возможность повысить скоростные параметры работы оборудования и его производительность;

Витебский государственный технологический университет

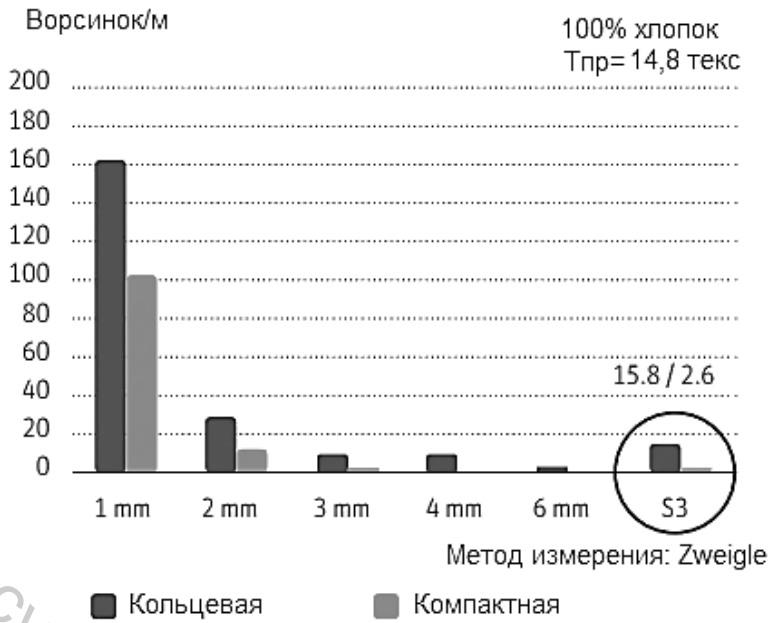


Рисунок 3.6 – Ворсистость обычной кольцевой и компактной пряжи

- снижение ворсистости приводит к понижению пухообразования на ткацких станках и вязальном оборудовании. За счёт этого обрывность на вязальных машинах (рис. 3.7), поломка игл и их износ (рис. 3.8) снижается даже без парафинирования и при пониженной крутке;

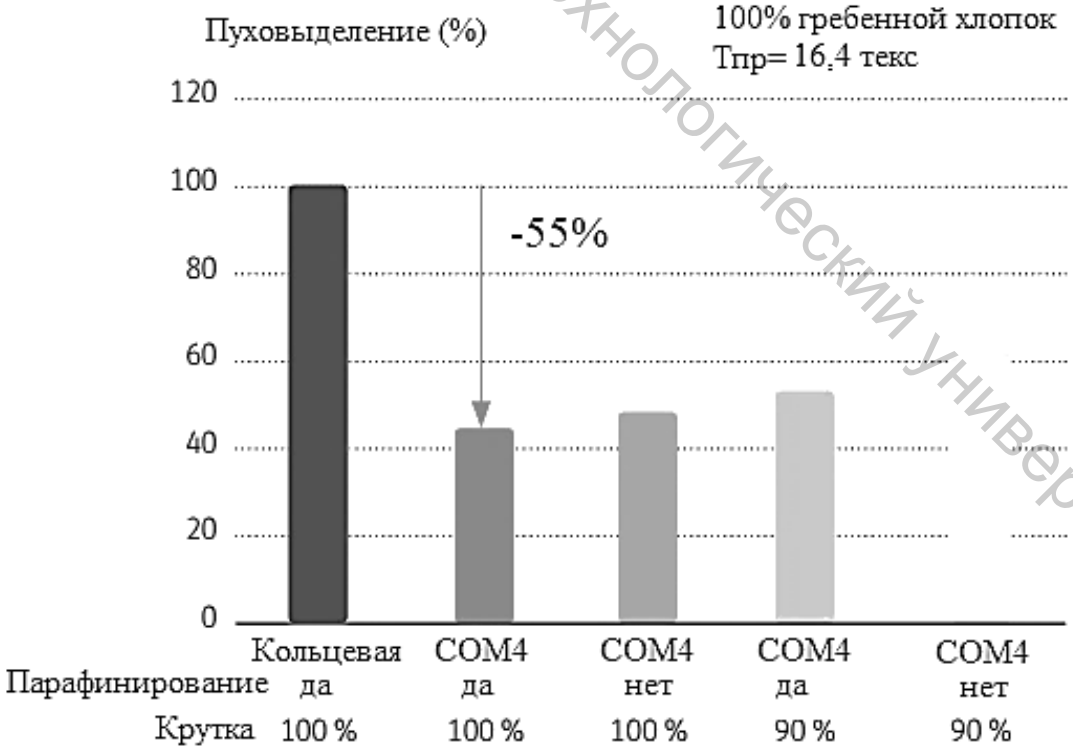


Рисунок 3.7 – Пуховыделение в вязальном производстве

Витебский государственный технологический университет

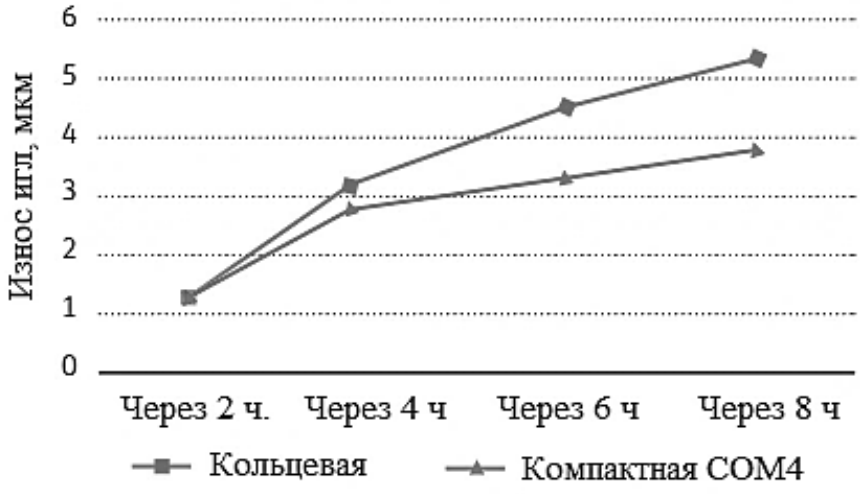


Рисунок 3.8 – Износ игл вязальных машин при переработке обычной и компактной пряжи (Groz-Beckert)

- при снижении запыленности воздуха и обрывности улучшаются условия труда, увеличивается периодичность чистки оборудования;
- существенное снижение неровноты и пороков пряжи (кроме непсов);
- более полное использование прочности волокон позволяет применять менее дорогостоящее сырье;
- снижается пиллингуемость тканей и трикотажных изделий;
- снижение ворсистости и увеличение стойкости к истиранию позволяют уменьшить расход шлихты в ткацком производстве до 50% (рис. 3.9). За счёт этого снижаются расходы в ткачестве и уменьшается количество токсичных отходов;

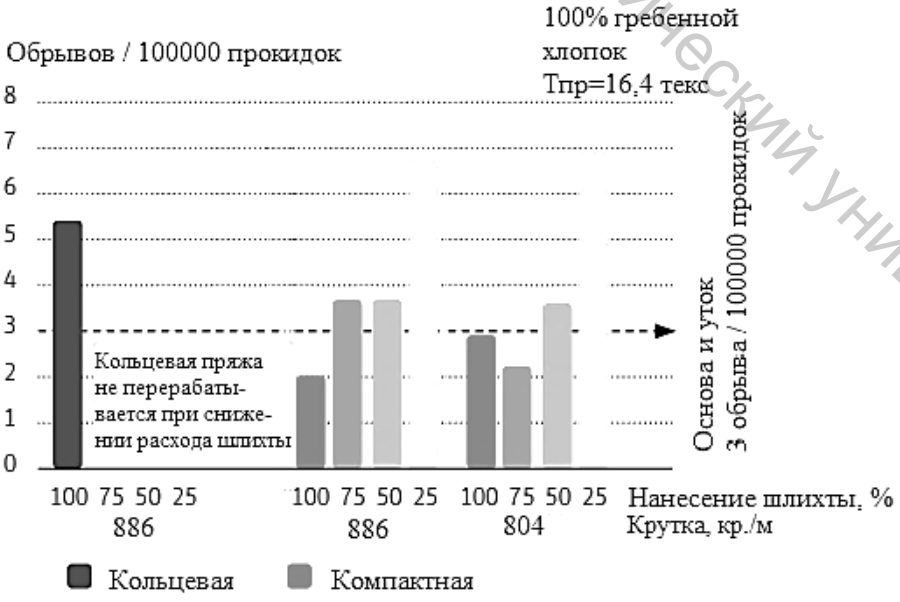


Рисунок 3.9 – Уменьшение расхода шлихты в ткацком производстве

Витебский государственный технологический университет

- повышаются механические свойства ткани, такие как разрывная нагрузка (до 20%) и стойкость к истиранию (до 40%) (рис. 3.10);

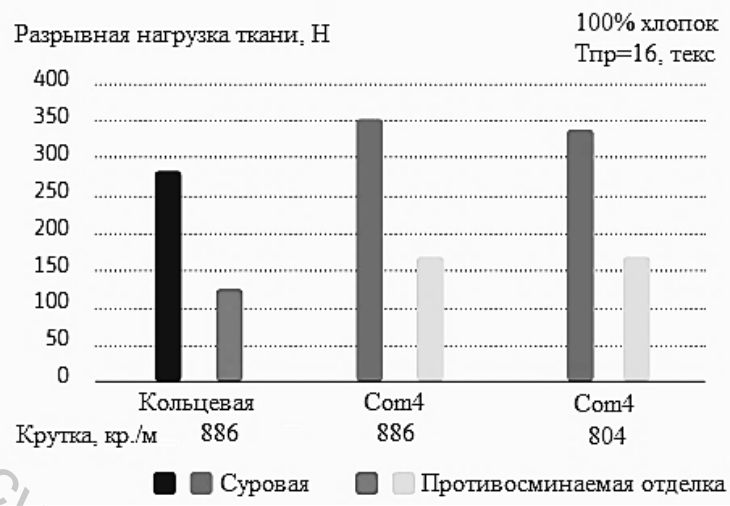


Рисунок 3.10 – Разрывная нагрузка ткани по основе, произведенной из обычной и компактной пряжи

- из-за уменьшения ворсистости при окрашивании тканей достигается хороший гриф и специфический блеск. Ткани приобретают мягкость и привлекательный внешний вид (рис. 3.11);

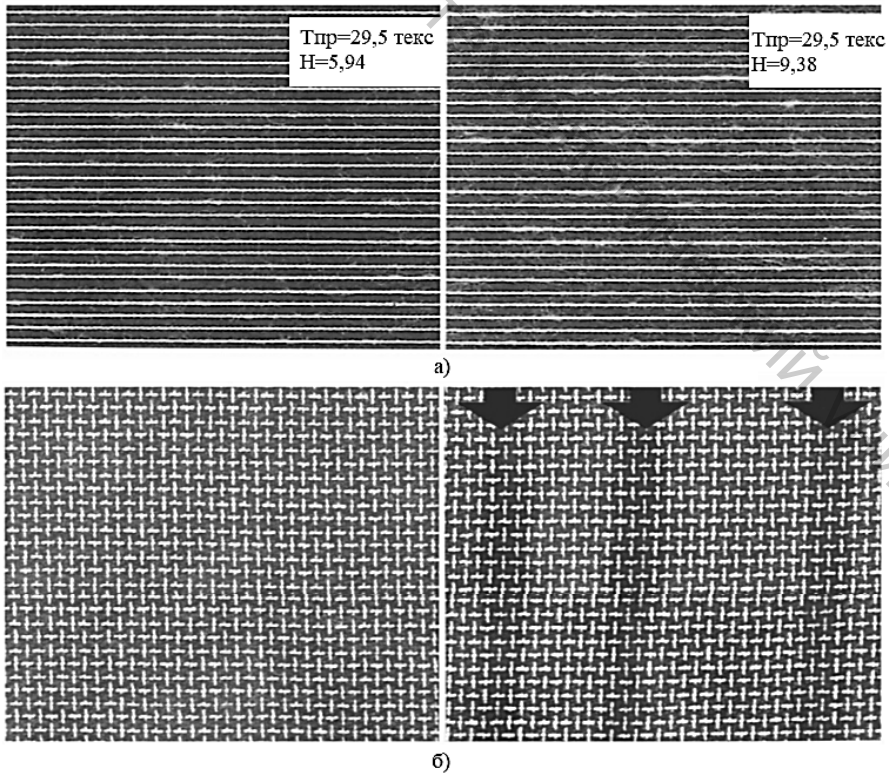


Рисунок 3.11 – Компактная и обычная пряжа на черной доске (*а*); внешний вид ткани из компактной и обычной пряжи (*б*)

Витебский государственный технологический университет

- уменьшается количество замасливателя, наносимого на пряжу;
- в случае компактного прядения можно отказаться от опаливания в производстве швейных ниток;
- за счёт снижения ворсистости ткань лучше вбирает краситель, снижая его расход;
- увеличение мягкости пряжи за счёт снижения крутки даёт возможность производства комбинированных нитей и их применения для швейных ниток, спортивной одежды, технического текстиля и т. д.;
- компактная пряжа хорошо подходит для мерсеризации, когда прочность ткани снижается примерно на 25%.

Все эти и другие факторы позволяют сократить себестоимость изделий из пряжи компактного прядения. Изделия из компактной пряжи намного превосходят по качеству продукцию из обычной кольцевой пряжи и могут продаваться по более высокой цене на рынке.

Кроме изменения таких характеристик, как разрывная нагрузка, удлинение и ворсистость пряжи, для описания достоинств компактной пряжи фирма Rieter предложила новую характеристику «COM4 Value», или «Уровень комфортности». Этот показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$V_{COM4} = \frac{10^5}{K \cdot H}, \qquad (3.3)$$

где K – крутка пряжи, кр./м; H – величина ворсистости, определяемая на приборе USTER Tester.

Величина ворсистости – это отношение суммарной длины ворсинок на отрезке пряжи заданной длины к этой длине.

На машинах компактного прядения выпускается пряжа следующего сырьевого состава и линейной плотности:

по системам прядения хлопка:

- гребенная хлопчатобумажная и хлопкохимическая пряжа линейной плотности 3,7÷100 текс;
- кардная хлопчатобумажная и хлопкохимическая пряжа линейной плотности 14,5÷100 текс;

по камвольной системе прядения шерсти:

- шерстяная пряжа линейной плотности 6,7÷50 текс;
- пряжа из химических волокон линейной плотности 8,3÷58,8 текс;
- шерстохимическая пряжа линейной плотности 8,3÷41,7 текс.

Вследствие своего привлекательного вида и высоких механических свойств компактную пряжу используют для производства высококачественных рубашек и блузок, верхнего, спортивного и бельевого трикотажа, постельного белья, костюмных тканей очень высокого каче-

Витебский государственный технологический университет

ства из тонкой шерсти и смесей шерсти и шелка, корпоративной одежды, носков и многого другого.

Традиционно компактная пряжа вырабатывается по гребенной системе прядения хлопка и по камвольной системе прядения шерсти. Однако исследования показали, что компактную пряжу можно производить и по кардной системе прядения. При сотрудничестве трех фирм – Trützschler, Zinser и Schlafhorst – были проведены исследования по разработке технологического процесса хлопчатобумажной кардной пряжи компактного прядения линейной плотности 11,8÷19,7 текс.

Установлено, что компактная кардная пряжа обладает более высокими физико-механическими свойствами, пониженной ворсистостью и меньшей неровнотой по сравнению с традиционной кардной пряжей (рис. 3.12).

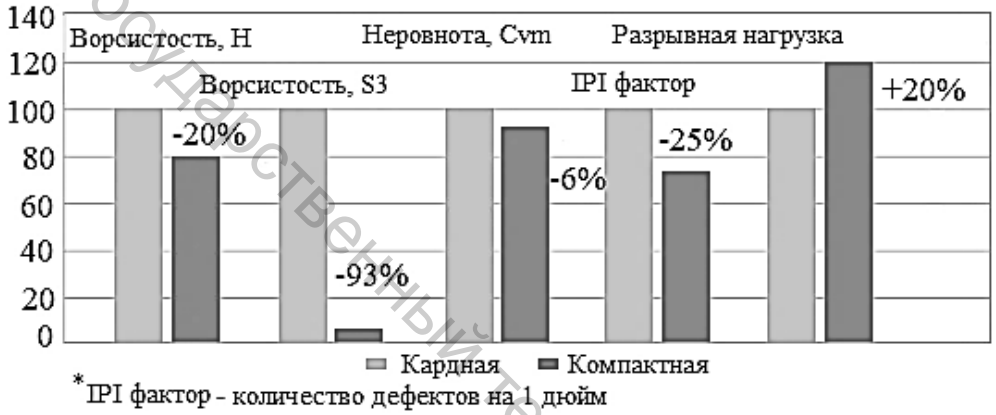


Рисунок 3.12 – Сравнение свойств кардной традиционной и компактной пряжи

В таблице 3.1 приведены сравнительные характеристики кардной и гребенной хлопчатобумажной пряжи, выработанной классическим способом и способом компактного прядения на прядильных машинах традиционного кольцевого прядения Zinser 351 и компактного прядения Zinser 351C[3]. Для удобства сравнения все образцы пряжи были выработаны с одинаковой линейной плотностью.

Анализируя табличные данные, можно отметить следующее:

– по всем свойствам хлопчатобумажная пряжа компактного прядения превосходит пряжу классического прядения;

– относительная разрывная нагрузка компактной пряжи имеет значения до 11% выше по сравнению с классической пряжей кольцевого прядения;

– значение ворсистости для классической пряжи зависит от системы прядения. Ворсистость пряжи компактного прядения до 27% ниже по сравнению с классической пряжей. Ворсистость классической пряжи гребенной системы прядения близка по значению к компактной пряже кардной системы прядения.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.1 – Характеристики традиционной кольцевой и компактной пряжи

Показатели	Кардная система		Гребенная система	
	компактная	традиционная	компактная	традиционная
Линейная плотность пряжи, текс	25			
Коэффициент крутки $\alpha_т$	36,5			
Относительная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс	14,2	12,7	16,0	14,8
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	6,4	7,3	5,2	6,8
Ворсистость	4,78	6,58	4,46	5,19
Коэффициент вариации по линейной плотности на коротких отрезках, %	14,55	14,99	10,66	10,74
Коэффициент вариации на 1-метровых отрезках, %	4,69	4,52	3,43	3,44
Коэффициент вариации на 3-метровых отрезках, %	3,37	3,41	2,54	2,54

Таким образом, для изделий высокого качества ответственного ассортимента, таких как мужские сорочки, футболки, бельевой трикотаж и костюмных тканей можно рекомендовать применение гребенной пряжи компактного прядения. Это связано с тем, что к таким изделиям предъявляются более высокие требования по неровноте и грифу готового изделия, а гребенная пряжа компактного прядения имеет более низкую ворсистость и коэффициент вариации по линейной плотности даже в сравнении с компактной пряжей кардной системы прядения. Для производства трикотажных и чулочно-носочных изделий менее ответственного ассортимента, а также в ткацком производстве для получения технических, декоративных тканей и домашнего текстиля можно рекомендовать применение компактной пряжи, полученной по кардной системе прядения. Её себестоимость существенно ниже, чем у классической гребенной пряжи, а разница в свойствах незначительна. В качестве сырья для производства кардной компактной пряжи может использоваться не только хлопковое волокно, но и смеси его с химическими волокнами, а также 100% химическое волокно.

В таблице 3.2 представлены сравнительные характеристики чистошерстяной камвольной пряжи традиционного и компактного прядения линейной плотности 15 текс, полученной на прядильных машинах фирмы Zinser.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.2 – Свойства шерстяной пряжи традиционного и компактного прядения

Показатель	Компактная пряжа	Традиционная кольцевая пряжа
Прядильная машина	Zinser 451 C^3	Zinser 451
Крутка, кр./м	800	
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	6	4,29
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	11,7	12,9
Разрывное удлинение, %	11,96	6,73
Ворсистость, Н	4,25	5,67
Среднее квадратичное отклонение по ворсистости, sh	1,27	1,62
Коэффициент вариации по линейной плотности пряжи, C_{vm}, %	10,1	10.9
Утонения, Thin -50%	222,5	336,8
Утолщения, Thick +50%	53,5	83,3
Непсы, Neps +140%	118	134

При сравнительном анализе образцов пряжи установлено:

- разрывная нагрузка пряжи компактного прядения выше на 28,5%;
- разрывное удлинение пряжи компактного прядения выше на 43,7%;
- ворсистость пряжи компактного прядения меньше на 33%;
- среднее квадратичное отклонение по ворсистости ниже на 27%;
- коэффициент вариации по линейной плотности пряжи ниже на 7,3%.

3.3 Системы компактного прядения

Первая система компактного прядения Comfor Spin была разработана инженерами фирмы Rieter и появилась на рынке прядильных машин в конце 90-х годов XX века. Затем и другие производители текстильного оборудования (Suessen, Zinser, Toyota) разработали собственные системы компактирования, основанного на пневматическом уплотнении.

В настоящее время на рынке кольцевых прядильных машин представлены следующие системы уплотнения мычки для получения компактной пряжи:

- система COM4 пневматического уплотнения, разработанная фирмой Rieter в хлопкопрядении, а затем совместно с фирмой Cognetex – в шерстопрядении, а также система COMPAC Teasy для механического уплотнения мычки;
- система Elite Compact Set пневматического уплотнения, разработанная фирмой Suessen, как в хлопко-, так и в шерстопрядении;

Витебский государственный технологический университет

• система CompACT^{3}пневматического уплотнения для всех видов волокон, разработанная фирмой Zinser;

• система RoCoS механического уплотнения, разработанная фирмой Rotorcraft (Швейцария).

На первых этапах развития способа данные системы уплотнения выпускались как устройства для модернизации обычных кольцепрядильных машин, но в дальнейшем многие фирмы стали выпускать прядильные машины компактного прядения.

3.3.1 Система COM4 фирмы Rieter

Система компактирования COM4 представляет собой блок, который устанавливается на каждую пару выпусков прядильной машины (рис. 3.13).

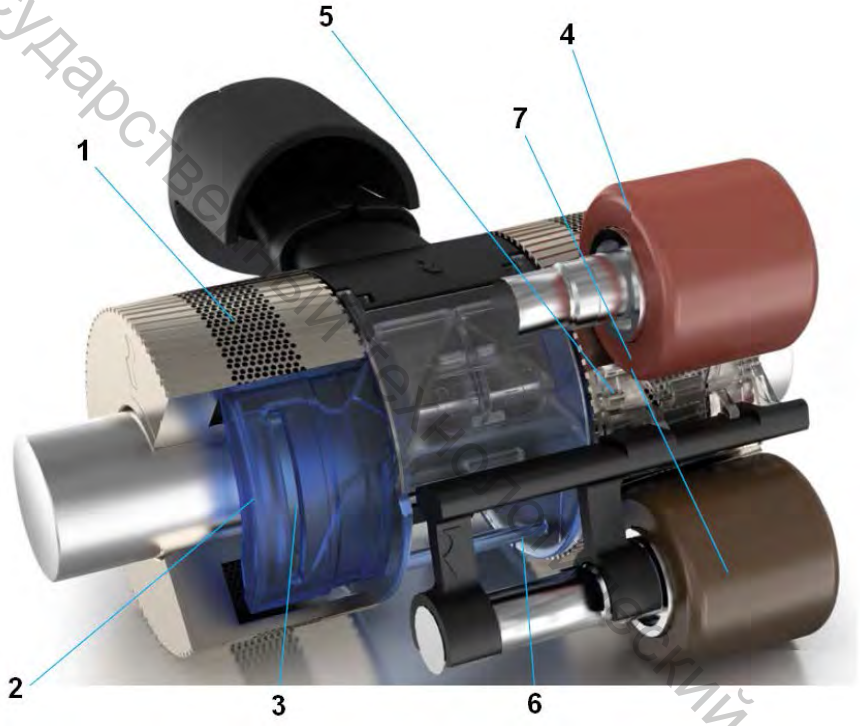


Рисунок 3.13 – Система COM4 фирмы Rieter

Блок состоит из перфорированного барабанчика *1,* внутри которого находится неподвижная вставка *2* с диагональной щелью *3* специальной формы. К вставке *2* подведен воздуховод, с помощью которого внутри барабанчика создается разрежение воздуха. Извлечение вставок из блока осуществляется при открытии крышки *6*. Перфорированный барабанчик вращается со скоростью выпускного цилиндра и выполняет его функцию. Металлическое покрытие барабанчика имеет высококачественную обработку с низким коэффициентом трения между волокнами и конденсирующей поверхностью. В зависимости от вида перерабатываемого волокна перфорированные барабанчики могут быть с гладкой

Витебский государственный технологический университет

или с рифлёной поверхностью для исключения проскальзывания нажимных валиков.

За счет разрежения воздуха волокна прочно удерживаются на поверхности барабанчика и перемещаются вместе с ним. К перфорированному барабанчику, кроме переднего валика *4* вытяжного прибора, прижимается дополнительный валик *7*, препятствующий распространению крутки в зоне компактирования мычки. Расположение валика практически полностью исключает дугу обтекания мычкой барабанчика, так как мычка выходит из зажима вертикально вниз (рис. 3.14).

Рисунок 3.14 – Вытяжной прибор прядильной машины компактного прядения

На оси валика *7* закреплено прижимное устройство *5*, которое позволяет увеличить длину зоны компактирования мычки и организует движение воздушных потоков в этой зоне.

За счёт создаваемого разрежения воздуха внутри перфорированного барабанчика *4* волокна мычки, находящиеся на его поверхности, конденсируются на узком пространстве, примерно равном ширине щели в неподвижной вставке *3* (рис. 3.15). Форма щели и всасываемые через нее потоки воздуха *2* в совокупности действуют так, что волокна, находящиеся на периферийной части барабанчика, перемещаются в сторону щели (рис. 3.16). Уплотненная мычка *1*, размер которой контролируется прижимным элементом *5,* выходит из зажима между барабанчиком и выпускным нажимным валиком и попадает в треугольник кручения, который становится настолько маленьким, что практически исчезает. За счёт этого в процессе кручения волокна мычки лучше интегрируются в пряжу.

Витебскийгосударственныйтехнологическийуниверситет

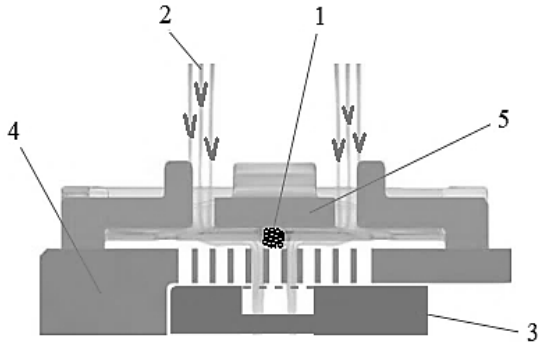


Рисунок 3.15 – Схема компактирования мычки на поверхности перфорированного барабанчика

Рисунок 3.16 – Компактирование мычки

На прядильной машине компактного прядения К46 (Rieter) прижимной элемент *5* оснащён датчиком, контролирующим перепады давления воздуха на каждом рабочем месте. Если разрежение достигает нижнего предельного значения, красная отметка на элементе *5* указывает на необходимость проверки компактирующего устройства. Эта особенность предотвращает образование брака из-за забивания воздуховода или по другой причине.

Для прядильных машин компактного прядения фирма Rieter выпускает различные заменяемые вставки в устройство COM4 (рис. 3.17):

- Classic Com4®compact yarn. Вставки 1 и 2 применяются для кардной и гребенной хлопчатобумажной пряжи и смесей хлопка с химическими волокнами. При высоком содержании коротких волокон применяется прижимной элемент *5* (рис. 3.13);
- Com4®compact-twinyarn. Две мычки раздельно проходят через вытяжной прибор, отдельно уплотняются и скручиваются после выхода из прижимного ролика. При этом на прядильной машине формируется кручёная пряжа. Из технологии исключаются тростильные и крутильные машины, что даёт существенное снижение себестоимости по сравнению с классической кручёной пряжей. Пряжа Com4®compact-twin отличается еще более низким уровнем ворсистости по сравнению с пряжей Com4®compact. Такая пряжа используется в основном для производства высококачественного трикотажа и тонких тканей;
- Com4®lightyarn. Пряжа Com4®light имеет меньшее снижение ворсистости по сравнению с компактной пряжей Com4®compact. Остальные характеристики пряжи находятся между показателями обычной пряжи кольцевого прядения и компактной пряжи. Таким образом, на прядильной машине компактного прядения может производиться и пряжа с пониженным эффектом уплотнения.

Витебский государственный технологический университет

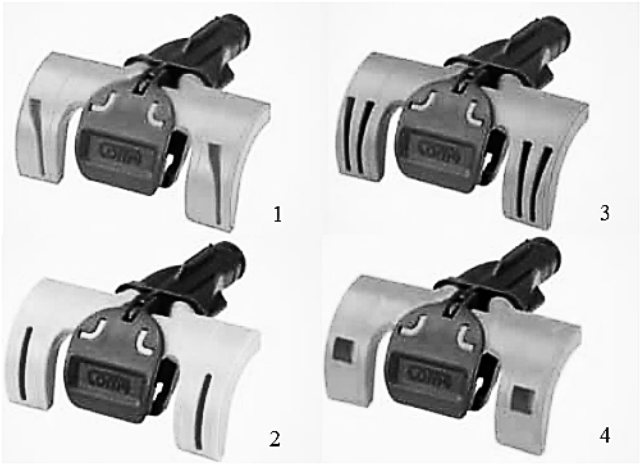


Рисунок 3.17 – Всасывающие неподвижные вставки устройства COM4

Недостатком устройств данного типа является увеличение диаметра перфорированного барабанчика по отношению к обычному вытяжному цилиндру, что увеличивает неконтролируемое пространство между ремешковым зажимом и выпускной парой. Это ограничивает переработку коротковолокнистых смесей. Нажимные валики *4* и *7* (рис. 3.13) вращаются за счёт силы трения о перфорированный барабанчик, то есть с одинаковой скоростью. Вследствие этого в этой зоне невозможно создать натяжение волокон, что может негативно влиять на их параллелизацию. Это связано с тем, что силы конденсации воздуха почти перпендикулярны направлению движения и ориентации волокна. Таким образом, небольшое натяжение требуется для преодоления перпендикулярной составляющей силы, действующей на волокно. Диаметр перфорационного отверстия примерно в 80 раз превышает диаметр волокна, как показано на рисунке 3.18. Из-за очень большой разницы в диаметрах существует вероятность того, что некоторое количество волокон будет засасываться через перфорацию. Это может привести к обрыву кончиков волокон и увеличению количества отходов.

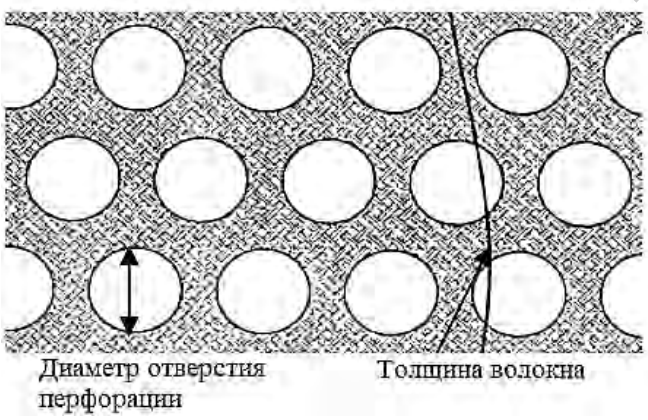


Рисунок 3.18 – Диаметр отверстия перфорации в сравнении с толщиной волокна

Витебский государственный технологический университет

3.3.2 Компактирующее устройство Compact Drum фирмы Rieter

Новое компактирующее устройство Compact Drum фирмы Rieter впервые было установлено на прядильной машине G38. Устройство спроектировано таким образом, что оно легко может быть установлено на обычной кольцепрядильной машине.

Блок Compact Drum состоит из барабанчика *1*, нажимного валика *2* и воздуховода *3* (рис. 3.19) и устанавливается на два выпуска прядильной машины.

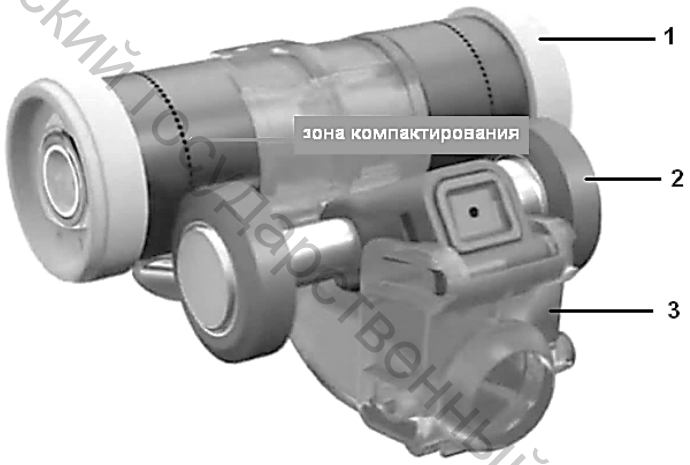


Рисунок 3.19 – Блок Compact Drum (Rieter)

Устройство работает следующим образом (рис. 3.20). В блоке Compact Drum полый барабанчик состоит из двух частей – внутренней *1* с однорядной перфорацией и внешней *2* большего диаметра. Внешняя часть *2* имеет фрикционный контакт с выпускным цилиндром *6*, за счёт чего барабанчик получает вращение. Воздуховод *4* соединяет два соседних барабанчика.

Внутренняя часть барабанчика *1* не касается выпускного цилиндра для свободного перемещения волокон мычки в зону перфорации. За счёт разряжения воздуха, создаваемого в нём, волокна, выходя из выпускной пары вытяжного прибора, концентрируются около отверстий перфорации на узком пространстве. За счёт этого происходит компактирование мычки. К внутренней части барабанчика прижимается валик *3*, который вращается за счёт трения об него. Валик уплотняет мычку и препятствует распространению крутки в зону компактирования. Треугольник кручения практически исчезает, а за счёт положения валика *3* исчезает и дуга обтекания его мычкой. Всё это способствует тому, что не только находящиеся в центре мычки волокна, но и периферийные, равномерно зарабатываются в пряжу.

Известно, что напротив каждого выпуска прядильной машины располагается трубка мычкоуловителя. В случае выпуска компактной пряжи мычкоуловители снимаются, а на трубку *7*, через которую всасывается воздух, надевается блок Compact Drum. В конструкции воздуховода *4* предусмотрены два мычкоуловителя *5* напротив каждого выпус-

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

ка, которые засасывают мычку при возникновении обрыва. Таким образом, воздух, засасываемый через трубку *7*, выполняет одновременно две функции – создаёт разрежение внутри перфорированного барабанчика и контролирует обрыв мычки.

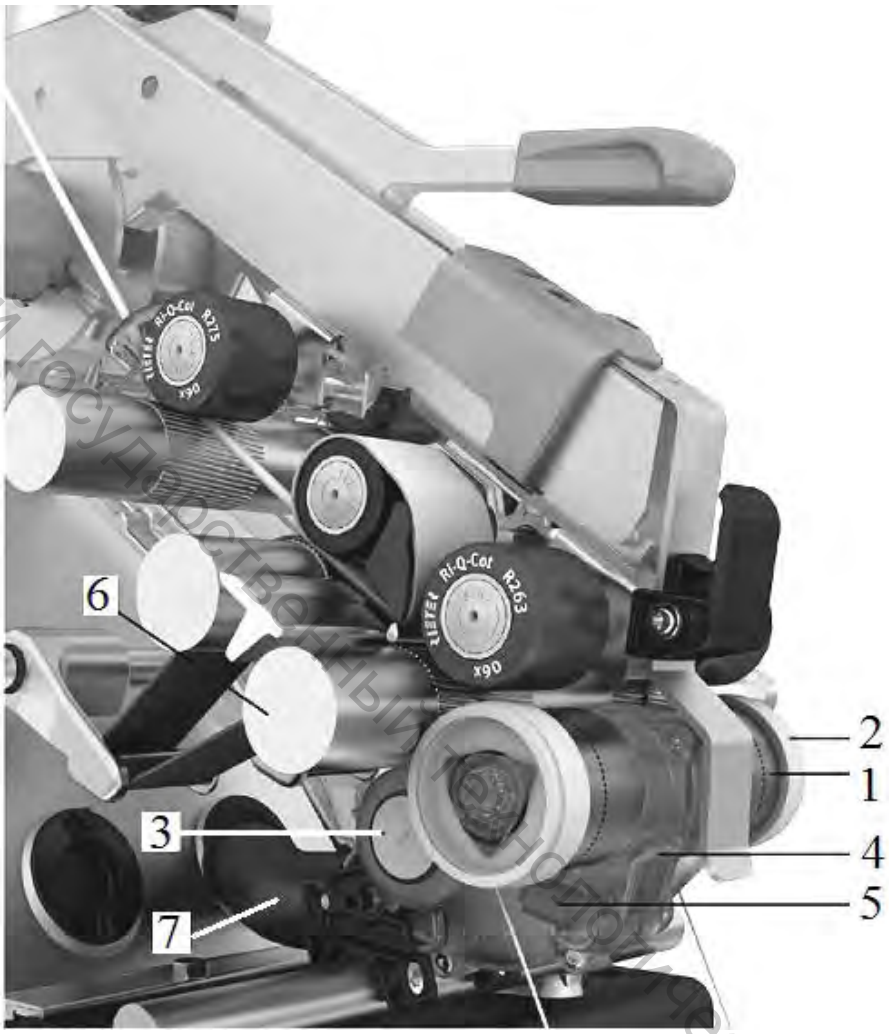


Рисунок 3.20 – Вытяжной прибор с устройством Compact Drum (Rieter)

Такая простота монтажа и демонтажа компактирующих устройств позволяет быстро переключиться с пряжи обычного кольцевого прядения на компактную пряжу и наоборот. То есть стандартная кольцевая и компактная пряжа могут производиться на одной машине. За счёт этого повышается универсальность прядильного производства, что позволяет отвечать постоянно меняющимся требованиям рынка. Устройство Compact Drum производит пряжу любой линейной плотности и не имеет ограничений по типу сырья. Полученная пряжа обладает всеми достоинствами пряжи компактного прядения.

Блок Compact Drum не требует сложного технического обслуживания, отличается долгим сроком службы и позволяет сократить расхо-

Витебский государственный технологический университет

ды на производство. Это, кроме того, достигается благодаря низкому энергопотреблению даже при максимальной производительности.

3.3.3 Механическое компактирующее устройство

Компания Rotorcraft (Швейцария) разработала механическое компактирующее устройство RoCoS, которое позволяет выпускать компактную пряжу без дополнительных эксплуатационных расходов по сравнению с обычной кольцевой пряжей.

Механические компактирующие устройства не требуют дополнительного оборудования для обеспечения разрежения воздуха. Таким образом, исключается потребление энергии вентиляторами при производстве пряжи. Компактирование мычки происходит за счёт уплотнения её в специальном сужающемся Y-образном канале неподвижной воронки, устанавливаемой после выпускной пары вытяжного прибора.

Блок RoCoS (рис. 3.21) может устанавливаться на обычную кольцевую прядильную машину вместо нажимного выпускного валика вытяжного прибора, который в этом случае извлекается из рычага нагрузки. Блок состоит из вставки с уплотнительным Y-образным каналом *1*, направляющего валика *2*, выпускного нажимного валика *4*, держателя *3*, соединяющего оси валиков *2* и *4*, и плоской стальной пружины *5*, которая прижимает валик *2* к переднему цилиндру вытяжного прибора. Отдельно Y-образный уплотнитель представлен на рисунке 3.22.

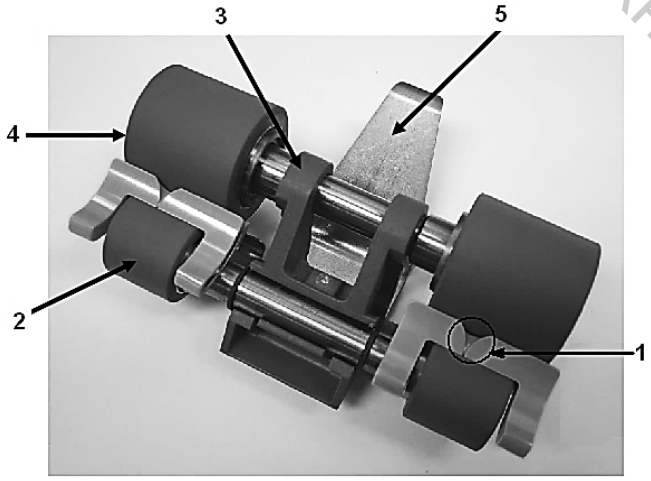


Рисунок 3.21 – Блок RoCoS фирмы Rotorcraft (Швейцария)

Рисунок 3.22 – Y-образный уплотнитель

Фирма Rieter модернизировала данное устройство, которое выпускается под названием COMPAC Teasy и может быть установлено на любых кольцевых прядильных машинах (рис. 3.23). Блок COMPAC Teasy также вставляется в рычаг нагрузки вытяжного прибора.

Витебский государственный технологический университет

Устройство состоит из держателя *7* с пазом *8* для установки нажимного валика выпускной пары и валика *6*, направляющего мычку в зону кручения. Пружина *5* с небольшим усилием прижимает валик *6* к выпускному цилиндру вытяжного прибора. Между нажимным валиком выпускной пары и валиком *6* расположен уплотнитель *1* с Y-образным каналом. Функция штифта *2* аналогична функции клипсы, определяющей расстояние между ремешками вытяжного прибора при традиционном прядении. Штифт *2* является сменным элементом, высота его определяется линейной плотностью пряжи. Он заменяется при необходимости вместе с уплотнительным каналом.

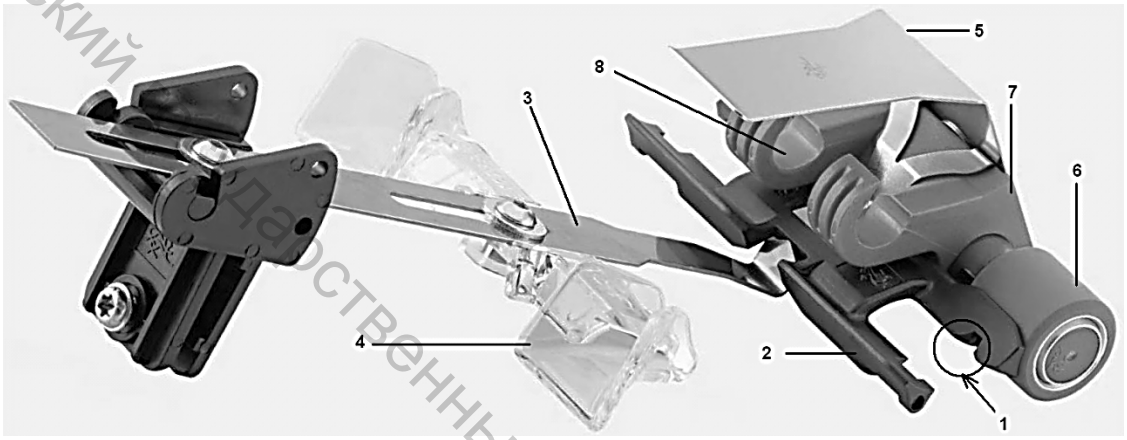


Рисунок 3.23 – Компактирующее устройство COMPAC Teasy (Rieter)

Частью устройства COMPAC Teasy является механизм поперечного движения водилки. Механизм привода напрямую соединяет уплотнитель *1* и штифт *2* со стандартной уплотнительной воронкой *4* через элемент трансмиссии *3*. В результате обеспечивается возвратно-поступательное движение обоих уплотнителей с амплитудой 6 мм. Такая конструкция продлевает срок службы резиновых покрытий нажимных валиков до 1,5 лет, при эксплуатации не требуется их периодическая шлифовка, что снижает затраты на обслуживание машины.

Устройство работает следующим образом (рис. 3.24). Мычка выходит из выпускной пары *1-4*, затем уплотняется, проходя через Y-образный сужающийся канал во вставке *3*. Длина зоны компактирования ограничивается нажимным валиком *2*, который рычагом приклона *5* через пружину *6* прижимается к стальному цилиндру *4* и направляет мычку в зону кручения, сводя к минимуму дугу обтекания цилиндра. Валики *1* и *2* установлены во вставку *7*.

Форма и размер Y-образного канала не зависят от линейной плотности мычки. Геометрия канала обеспечивает дополнительное уплотнение мычки за счёт того, что поток волокон движется по S-образной траектории (рис. 3.25), а широкий вход в канал исключает его забивание.

Витебский государственный технологический университет

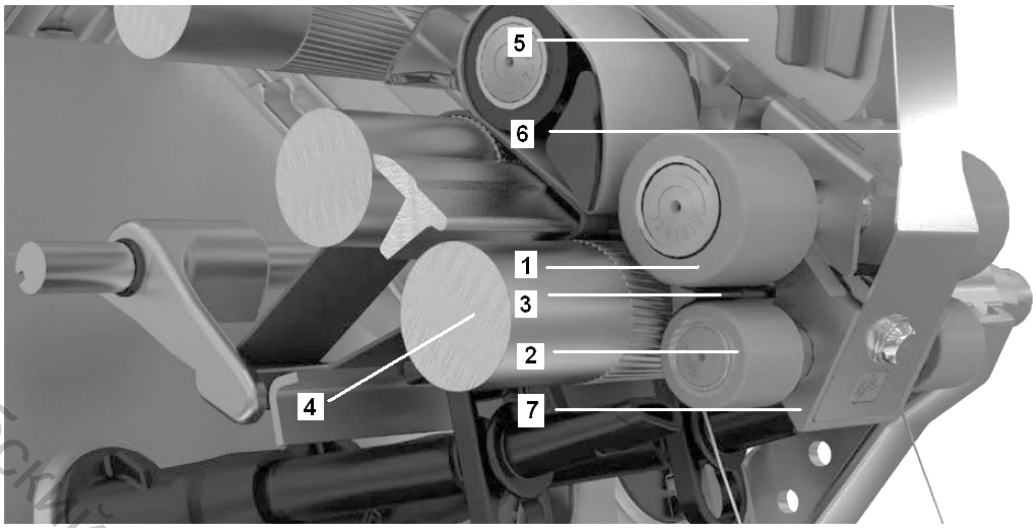


Рисунок 3.24 – Схема вытяжного прибора с механическим уплотнителем COMPAC Teasy (Rieter)

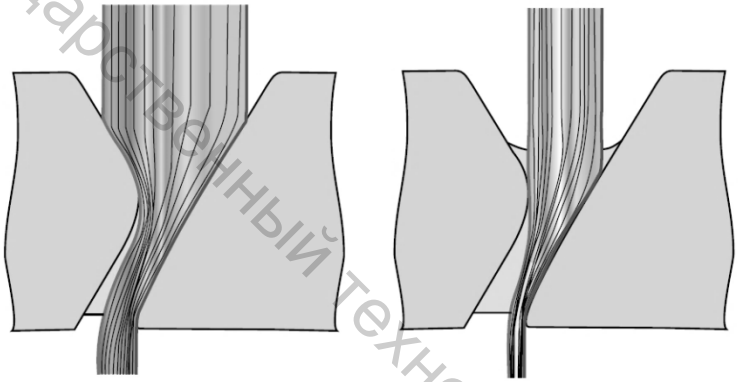


Рисунок 3.25 – Траектория движения мычки разной линейной плотности в уплотнительном канале (Rieter)

Установка механических уплотнителей не требует больших капитальных затрат, а свойства получаемой компактной пряжи намного превышают свойства пряжи традиционного прядения. В качестве сырья может использоваться хлопок, 100% химическое волокно и их смеси.

Механические компактирующие устройства легко монтируются и демонтируются для быстрого переключения между выпуском обычной и компактной пряжи. Такими устройствами можно легко оснастить обычные кольцепрядильные машины.

3.3.4 Компактирующее устройство Elite фирмы Suessen

Компактирующие устройства Elite Compact Set фирмы Suessen (Германия), которая является одной из основоположников идей компактного прядения, могут быть установлены на обычных кольцевых прядильных машинах без существенных капитальных затрат.

Витебский государственный технологический университет

Схема модернизации прядильной машины с установкой системы Elite Compact Set представлена на рисунке 3.26, а ее внешний вид – на рисунке 3.27.

Суть модернизации заключается в том, что вместо выпускного валика вытяжного прибора устанавливается блок Eli Top, содержащий два прижимных валика, первый из которых – *1* – прижимается к выпускному цилиндру и выполняет функцию заменённого валика. Второй валик *2* прижимается к трубке Elivac *3*, которая устанавливается под блоком EliTop по всей длине секции. В ней создаётся разрежение. Напротив каждого выпуска в трубке имеется щель специальной формы. На трубку под каждым валиком надеты сетчатые ремешки *4* (рис. 3.28).

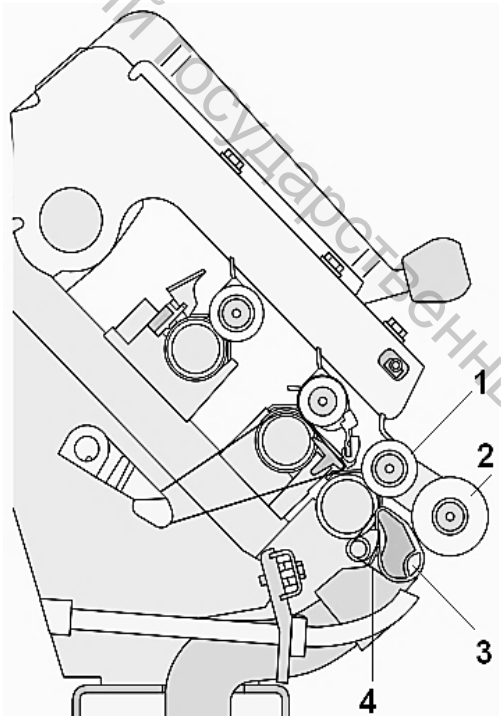


Рисунок 3.26 – Вытяжной прибор модернизированной прядильной машины

Рисунок 3.27 – Внешний вид системы Elite Compact Set

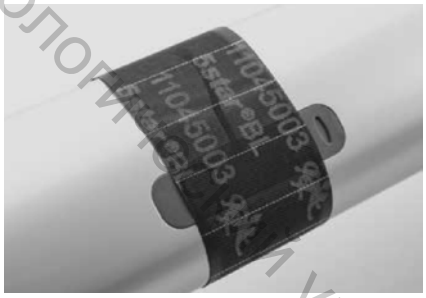


Рисунок 3.28 – Перфорированный ремешок

Внутри блока *Eli Top* имеется зубчатая шестерня для передачи движения от валика *1* к валику *2*. Таким образом, валик *1* получает движение от выпускного цилиндра, валик *2* – от валика *1*, а ремешок *4* – от валика *2*. Диаметр валика *2* увеличен до 40 мм, что снижает вероятность намотов волокон при обрыве мычки. Также за счёт увеличения диаметра валика создаётся натяжение в продольном направлении во время процесса уплотнения мычки, вследствие чего волокна дополнительно распрямляются.

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Существуют два физических эффекта, которые помогают достичь компактирования волокон мычки в данном устройстве.

Первый эффект создается за счёт создаваемого разряжения в трубке Elivac. Поток воздуха пытается переместить прядь волокна к центру прорези. При этом уменьшается ширина мычки. Этот эффект присутствует независимо от наклона щели. Добавление прижимного устройства, как в устройстве фирмы Rieter (рис. 3.13) улучшает эффективность компактирования. Однако этот эффект просто сближает волокна друг с другом без какого-либо влияния на их параллельность.

Второй эффект – динамический, связанный с наклоном паза (рис. 3.29). Рассмотрим волокно *A,* передний кончик которого вышел из зажима выпускной пары вытяжного прибора. Он теперь находится на перфорированном ремешке и движется с его скоростью V_0. Когда он пересекает верхний край щели в точке *H,* то немного смещается к центру щели без какого-либо распрямления. Однако, когда волокно *A* пытается выйти из щели в точке *G*, разрежение воздуха не позволяет ему сделать этого, и волокно вынуждено двигаться по краю щели. По закону векторного сложения скоростей, скорость той части волокна, которая движется вдоль края, увеличивается до V_H (при α< 90°).

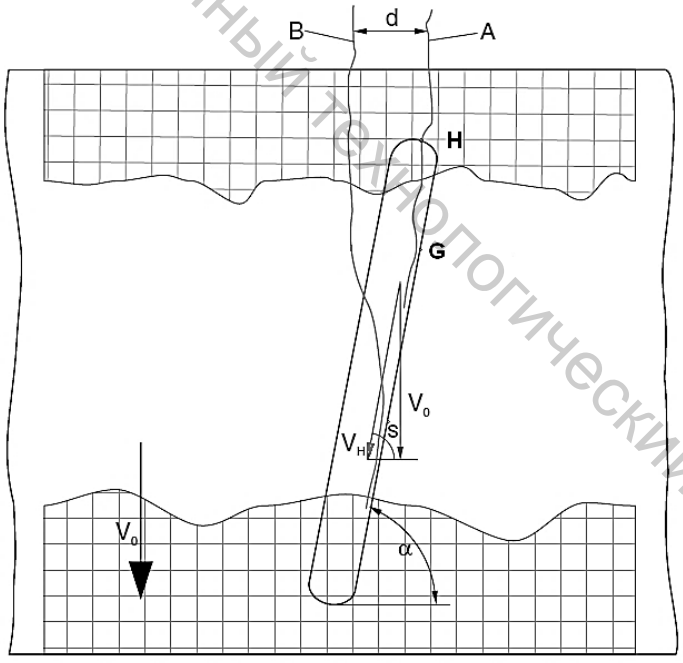


Рисунок 3.29 – Схема компактирования волокон в устройстве Elite Compact Set фирмы Suessen

$$V_H = \frac{V_0}{\sin\alpha} > V_0 \ , \qquad (3.4)$$

где α – угол наклона щели, градусы.

ВитебскийГГУ Государственный технологический университет

За счёт этого увеличения скорости происходит распрямление волокна *A*, движущегося вдоль края щели. Кроме того, сила V_H во время движения волокон вдоль щели заставляет мычку вращаться вокруг собственной оси. Это приводит к дальнейшему её уплотнению.

Волокно *B* выходит из зажима выпускной пары на расстоянии *d* от волокна *A*. Оно также не может пересечь край прорези в точке S, и будет приближаться вплотную к волокну *A* по мере продвижения к концу щели. Таким образом, мычка, имеющая ширину *d* на выходе из выпускной пары, где отдельные волокна слабо параллелизованы и распрямлены, преобразуется в мычку меньшей ширины, где параллельность и распрямленность волокон гораздо выше.

Оба этих эффекта дополняют друг друга, но очевидно, что влияние второго эффекта на распрямлённость волокон гораздо выше. Существует сложная взаимосвязь между оптимальным углом α, давлением всасывания в трубке и свойствами различных волокон. Если конструкция устройства позволяет контролировать скорость движения перфорированной поверхности V_0 относительно скорости выпускного цилиндра вытяжного прибора, растяжение волокон можно дополнительно контролировать натяжением волокон в зоне компактирования.

За счёт увеличения протяжённости щели в трубках Elivac новой конструкции зона уплотнения мычки заканчивается непосредственно перед линией прижима валика *2* к трубке *3* (рис. 3.25). Для того, чтобы улучшить в этой зоне контроль за движением волокон и обеспечить ещё более полное компактирование, валик *1* смещен вперед на 6 мм по отношению к выпускному цилиндру. Данные изменения конструкции дают дополнительное снижение ворсистости пряжи и увеличение её прочности.

Фирма Suessen предлагает трубки с четырьмя вариантами щелей (рис. 3.30). Прямая форма щели G (рис. 3.30, а) рекомендуется для пряжи линейной плотности 7,2÷20 текс, форма D (рис. 3.30, б) – для пряжи 20÷60 текс, форма S (рис. 3.30, в) – для тонкой пряжи 5÷7,2 текс, профильные трубки с двумя щелями для компактной пряжи Siro-spun из двух ровниц (рис. 3.30, г).

В данном устройстве невозможно применить механизм привода водилки вытяжного прибора, так как мычка должна постоянно находиться в зоне разряжения воздуха. Из-за этого значительно сокращается срок службы нажимных покрытий валиков вытяжного прибора. Износ валиков будет происходить по линии прохождения мычки, то есть над щелью.

При износе эластичного покрытия валика *1* (рис. 3.24) изменяется его диаметр, а, соответственно, и скорость. При этом изменится скорость валика *2* и перфорированного ремешка *4*. Такое изменение скорости может вызвать обрыв отдельных волокон и нарушение процесса их

Витебский государственный технологический университет

компактирования из-за изменения натяжения. Следовательно, в устройствах такого типа необходимо чаще заменять покрытия эластичных валиков. Кроме того, в обычных вытяжных приборах цилиндры выполняются рифлёными во избежание проскальзывания волокон. Здесь же в зоне компактирования гладкий валик взаимодействует с очень гладким перфорированным ремешком. Это может ухудшить качество пряжи из-за проскальзывания отдельных волокон.

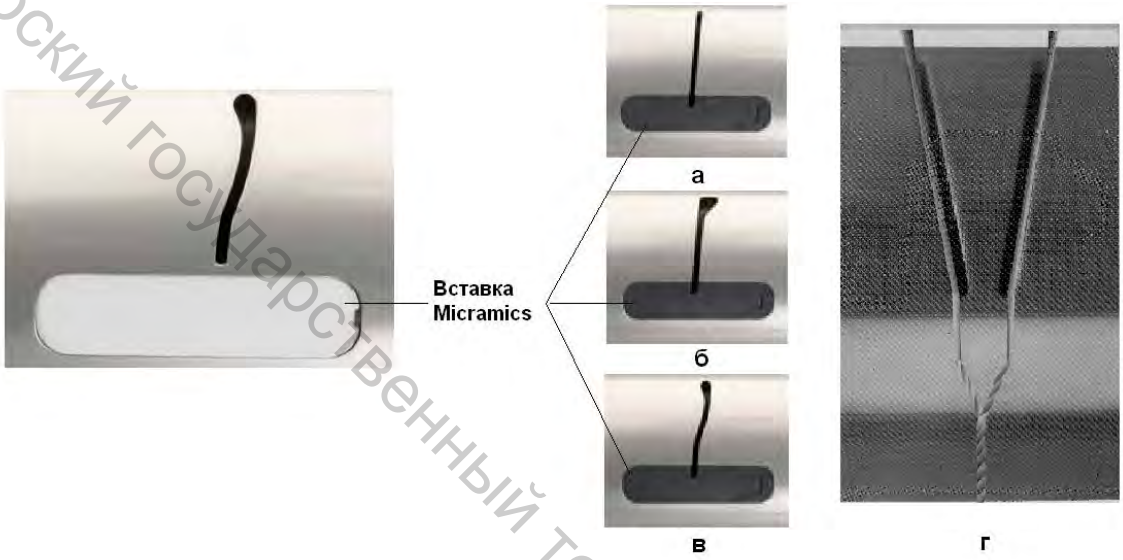


Рисунок 3.30 – Варианты щелей для пряжи различной линейной плотности

Для уменьшения износа эластичных покрытий валиков во всасывающих трубках Elivac с двух сторон прядильной машины щели выполнены с право- и левосторонним расположением. При износе эластичных покрытий блок Elite Compact Set переставляется с одной сторонки прядильной машины на другую (рис. 3.31). После перестановки компактирующего устройства износ эластичных покрытий будет происходить в другом месте, что вдвое увеличивает срок их службы.

Стоимость обслуживания такого компактирующего устройства довольно высока из-за прорезания перфорированных ремешков, связанного с их движением вокруг криволинейной поверхности трубки. Коэффициент трения между эластичным покрытием нажимного валика и перфорированным ремешком примерно в 10 раз выше, чем между ремешком и полой трубкой, поэтому трубка имеет износостойкую отделку для гарантированной одинаковой скорости всех ремешков. Для снижения износа и уменьшения проскальзывания перфорированного ремешка относительно полой трубки, в неё запрессована вставка Micramics (рис. 3.29). Она изготовлена из износостойкой керамики с микроструктурной поверхностью для поддержания стабильного вращения ремешка

Витебский государственный технологический университет

и снижения износа его внутренней поверхности до 15%. Срок службы вставки Micramics – более десяти лет.

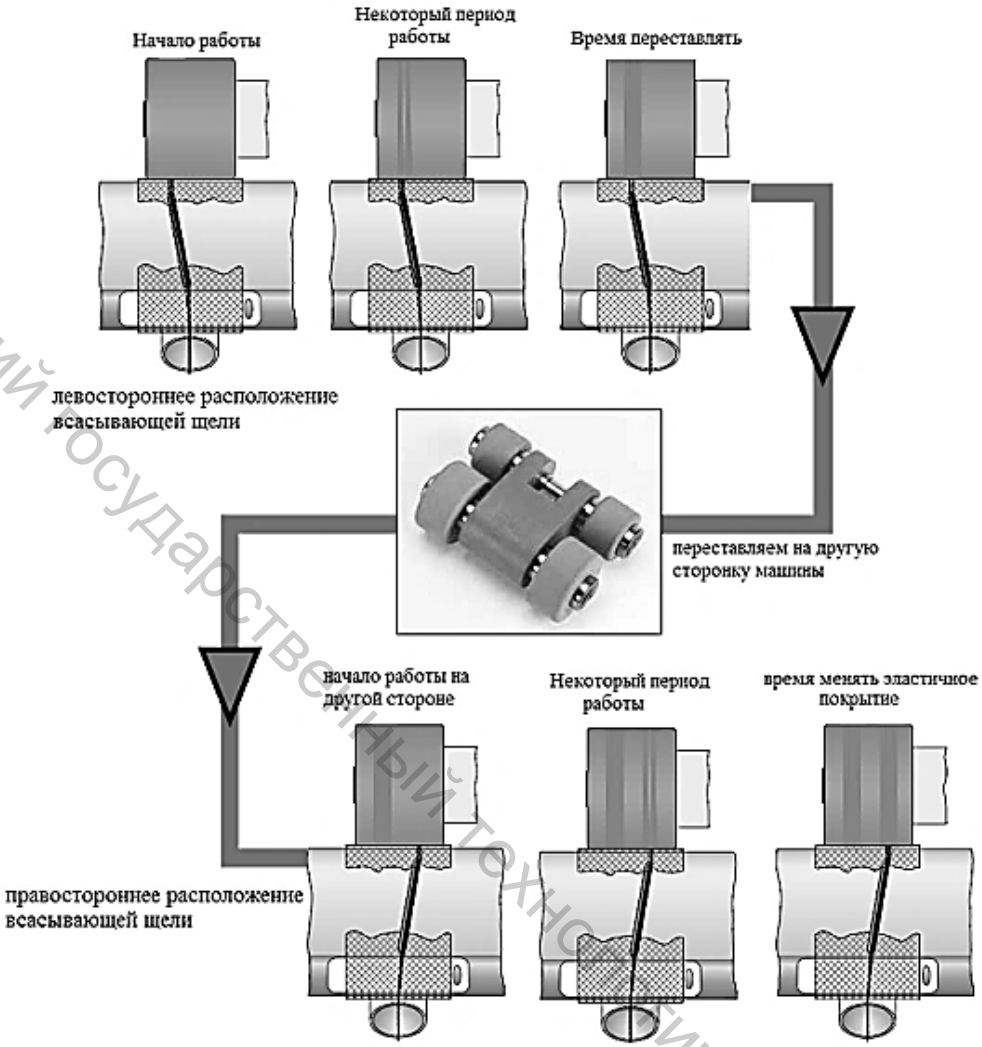


Рисунок 3.31 – Перестановка системы Elite Compact Set для увеличения срока службы эластичных покрытий валиков

Для прядильных машин с большим углом наклона вытяжного прибора или увеличенной высотой намотки специалисты фирмы Suessen разработали адаптированный профиль трубки Eli Tube с большей кривизной поверхности.

За счёт необходимости поддержания постоянного разрежения воздуха в компактирующих устройствах значительно возрастает энергопотребление оборудования, что, в свою очередь, увеличивает себестоимость пряжи. Для уменьшения расхода электроэнергии все установки EliTe® оборудованы только одной всасывающей трубкой типа Pelican, которая легко чистится и имеет длительные циклы очистки. Два или три сопла разного диаметра регулируют давление всасывания по длине машины. Разработанная энергосберегающая система Eli Duct

Витебский государственный технологический университет

предусматривает большие диаметры воздуховодов для более длинных машин. Различные диаметры воздуховодов, уменьшающиеся по длине машины, дополнительно стабилизируют воздушный поток в трубках. Например, для машины с 1824 веретёнами диаметр воздуховода в головной части машины ∅315 мм, в середине ∅250 мм, а в хвостовой части ∅200 мм. При этом экономия составляет до 3 кВт/ч на одну машину. Центральная система воздуховодов расположена в области питающей рамки прядильной машины. Компактное расположение системы позволяет упростить обслуживание прядильной машины.

В 1998 году компания Suessen поставила первые компактирующие системы EliTe®Compact австрийскому заказчику Linz Textil.

Всемирно известная Южно-Индийская ассоциация текстильных исследований (SITRA), расположенная в Коимбаторе (Индия), приобрела у Suessen несколько модификаций машин с устройствами EliTe®/Eli Twist® для дальнейшего укрепления своего исследовательского потенциала. Сегодня устройства EliTe® установлены по всему миру на более чем 13 миллионах веретён различных типов кольцепрядильных машин фирм Marzoli модели MAC 3000, Toyota модели RX300, Rieter, Zinser, LMW (Индия), Jingwei, Shanghai (КНР).

На прядильных машинах с компактирующими устройствами EliTe® выпускается смесовая пряжа с добавлением конопляных, бамбуковых волокон, волокна Tencel, вискозы, лайкры, а также для производства костюмных многокомпонентных камвольных тканей с шёлком и высококачественной шерстью, в том числе кашемировой, мохеровой, верблюжьей и кроличьей.

3.3.5 Система CompACT^3 фирмы Zinser

При разработке собственной технологии компактного прядения фирма Zinser активно сотрудничала с другими фирмами и организациями по вопросам, охватывающим весь технологический цикл. Её партнерами являлись фирма Trutzschler (Германия) по вопросам, связанным с подготовкой к прядению, и фирма Schlafhorst (Германия) по перематыванию компактной пряжи.

Сама система компактирования разработана совместно с Институтом текстильной технологии ITV (Денкендорф, Германия). Эта система так же, как и другие, основана на изменении структуры пряжи за счёт практически полного исключения треугольника кручения. В отличие от системы компактного прядения Elite Compact Set фирмы Suessen, которая может быть установлена на обычные кольцепрядильные машины, компактирующие устройства CompACT^3 фирмы Zinser устанавливают на специальные машины компактного прядения с четырёхцилиндровым вытяжным прибором.

ВитебскийГосударственный технологический университет

Изменение конструкции кольцевой прядильной машины для хлопковых волокон и их смесей включает установку дополнительной выпускной пары (рис. 3.32). Между передней парой *1* вытяжного прибора и дополнительной парой *2* образуется зона компактирования волокнистой мычки. Вытяжка в этой зоне не происходит.

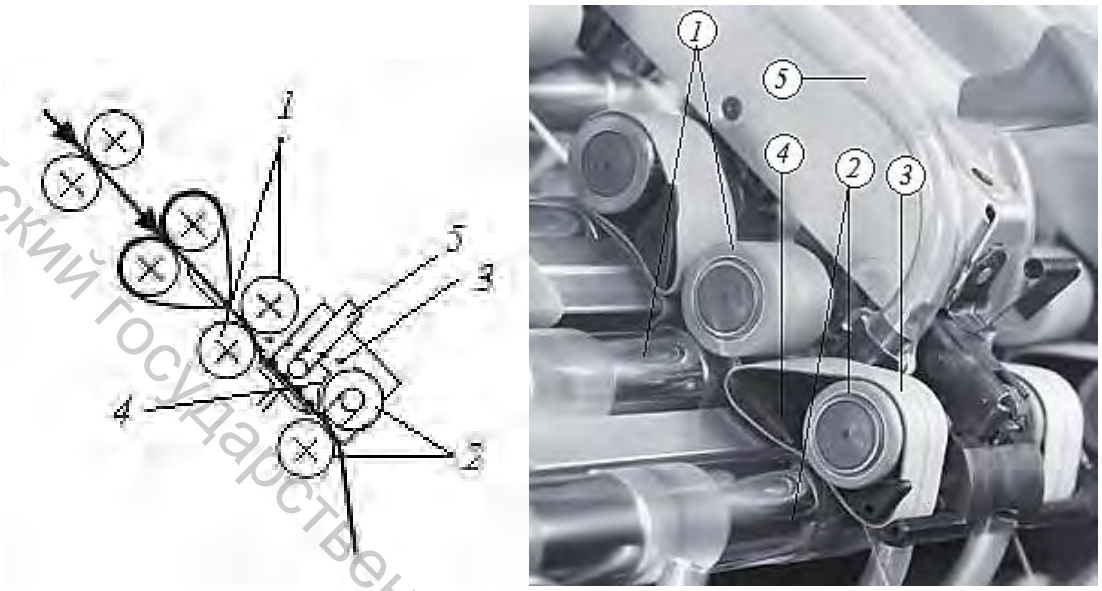


Рисунок 3.32 – Схема и внешний вид компактирующего устройства CompACT^3 фирмы Zinser для волокон хлопкового типа

Уменьшение ширины мычки происходит на перфорированном ремешке *3*, который надет на прижимной валик дополнительной пары *2* и компактирующий элемент *4*. Внутри компактирующего элемента создается разрежение за счёт отвода воздуха через патрубки *5*.

Внешний вид компактирующего элемента (вид снизу) представлен на рисунке 3.33. Напротив каждого выпуска он имеет отверстие овальной формы *1*. Перфорированный ремешок натягивается на прижимной валик, стержень *3* и полую часть компактирующего элемента *2*, в которой выполнено отверстие *4* для создания разряжения на поверхности ремешка. Уменьшение ширины мычки происходит не за счёт ограниченной ширины щели, как на устройствах, описанных выше, а за счет специально разработанной конфигурации отверстий перфорированного ремешка. Разряжение воздуха создает силы, направленные перпендикулярно к линии перфорации, за счёт чего волокна концентрируются около отверстий перфорации на всей длине между передней и дополнительной парами вытяжного прибора. Благодаря этому создается максимально возможная длина зоны компактирования. После зоны компактирования уплотненная мычка, зажатая между перфорированным ремешком и выпускным цилиндром, направляется в зону кручения практически при полном отсутствии треугольника кручения.

Витебский государственный технологический университет

Перфорация ремешка в виде «жемчужного ожерелья» является собственной разработкой фирмы Zinser. Специалистами фирмы проведены исследования по оптимизации формы отверстий перфорации. Первоначальная идея состояла в том, что ремешок содержит один ряд круглых отверстий, расположенных на определенном расстоянии друг от друга, позволяющих фиксировать волокна по всей их длине. При проведении исследований было установлено, что размер отверстий зависит от линейной плотности пряжи. С одной стороны, диаметр отверстий должен быть минимальным, так как волокна в мычке должны располагаться максимально плотно. С другой стороны, отверстия должны располагаться по всей ширине мычки до её уплотнения, так как иначе разряжение не будет воздействовать на периферийные волокна. Решением данной проблемы явилась последовательность двух круглых отверстий и одного отверстия в форме эллипса (рис. 3.34). Круглые отверстия определяют ширину формируемой мычки, а эллиптические – обеспечивают воздействие разрежения на все её волокна. Эффект конденсации эффективен на небольшой ширине, поэтому диаметр отверстий перфорации должен выбираться в зависимости от линейной плотности мычки.

Давление всасывания необходимое для компактирования находится в рабочем диапазоне от 3,25 до 3,75 кПа и может регулироваться преобразователем частоты.

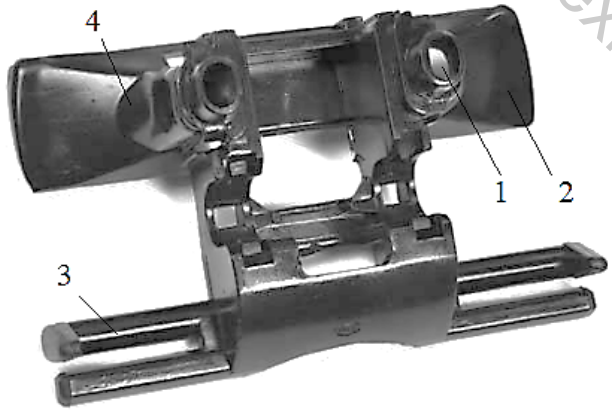


Рисунок 3.33 – Внешний вид устройства CompACT^3 (вид снизу)

Рисунок 3.34 – Перфорированный ремешок

Воздух должен свободно проходить через все отверстия перфорации, однако необходимо учитывать, что хлопчатобумажная мычка содержит пыль, короткие волокна и мелкие сорные примеси, а мычка из искусственных волокон – замасливатель. При определенных обстоятельствах это может привести к засорению отверстий. Во избежание этого траектория движения ремешка и материал, из которого он изго-

Витебский государственный технологический университет

товлен, спроектированы таким образом, чтобы каждый раз при повороте ремешка в точке *А* (рис. 3.35) происходила его самоочистка из-за смятия, и мусор не застревал в перфорации. При этом посторонние примеси будут улетать в пневмосистему через отверстия перфорации. Перфорированный ремешок не требует технического обслуживания и имеет срок службы сопоставимый с обычными ремешками вытяжных приборов.

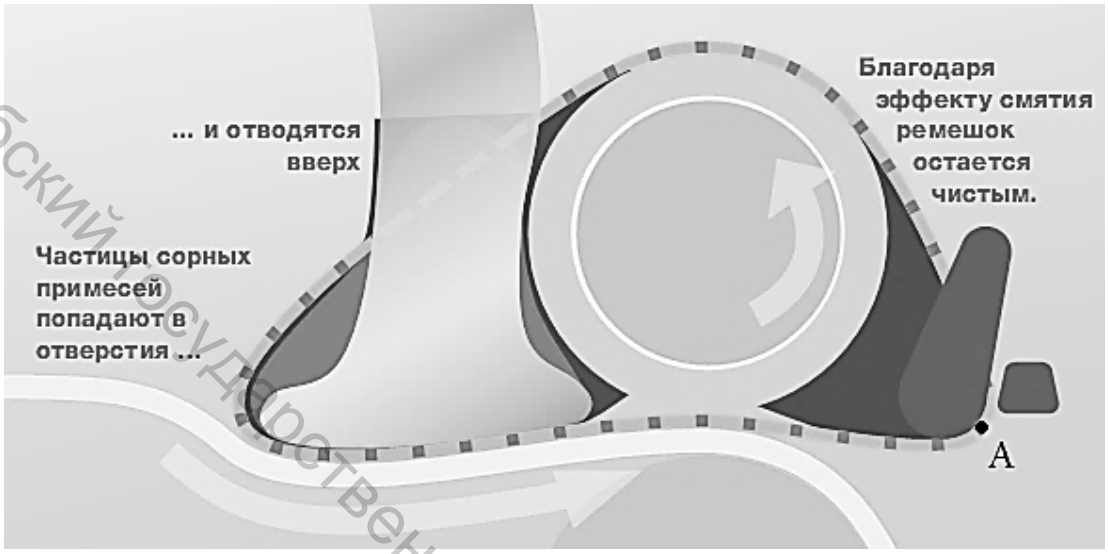


Рисунок 3.35 – Самоочищающийся ремешок системы CompACT[3]

Фирма Marzoli предложила устанавливать на своих хлопкопрядильных машинах компактирующее устройство MAC 3000, которое представляет собой несколько видоизмененную зеркальную версию устройства CompACT[3] (рис. 3.36).

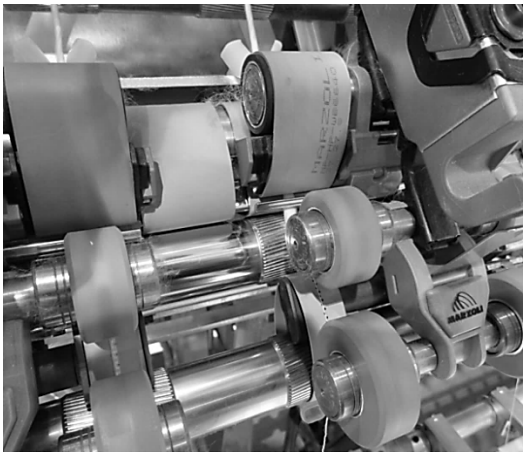


Рисунок 3.36 – Компактирующее устройство MAC3000 (Marzoli)

Рисунок 3.37 – Компактирующее устройство Impact FX (Zinser)

Это значит, что трубки для отвода воздуха располагаются под вытяжным прибором, а не над ним, а мычка проходит над перфорирован-

Витебский государственный технологический университет

ным ремешком, а не под ним. Такое расположение значительно облегчает обслуживание вытяжных приборов, наблюдение за ходом технологического процесса, уменьшает площадь поверхности, где может оседать пыль, а, следовательно, снижает время на техническое обслуживание оборудования.

Выпускная пара представляет собой стальной рифлёный цилиндр и нажимной валик увеличенного диаметра, который приводится в движение через перфорированный ремешок за счет трения о цилиндр.

Следует отметить, что на всех прядильных машинах, оснащённых компактирующими устройствами данного типа, размах водилки, установленной перед вытяжным прибором, ограничен, для того, чтобы максимальное количество волокон попадало в зону уплотнения. За счёт этого происходит более быстрый износ эластичных покрытий валиков, особенно выпускного, так как волокна мычки проходят под ним по линии перфорации. За счет увеличения диаметра эластичного покрытия, его можно шлифовать большее количество раз без замены, что продлевает срок службы валиков.

Новые компактирующие устройства Impact FX (Zinser), устанавливаемые на шерстопрядильных машинах, также располагаются зеркально по отношению к устройствам CompACT^3 хлопкопрядильных машин (рис. 3.37).

Для уменьшения треугольника кручения на устройствах Impact FX выпускной цилиндр *5* значительно опущен по отношению к переднему цилиндру вытяжного прибора (рис. 3.38). Рифлёный цилиндр *5* при вращении приводит в движение перфорированный ремешок *4*, натянутый на нижний нажимной валик *3* и компактирующий элемент *1*.

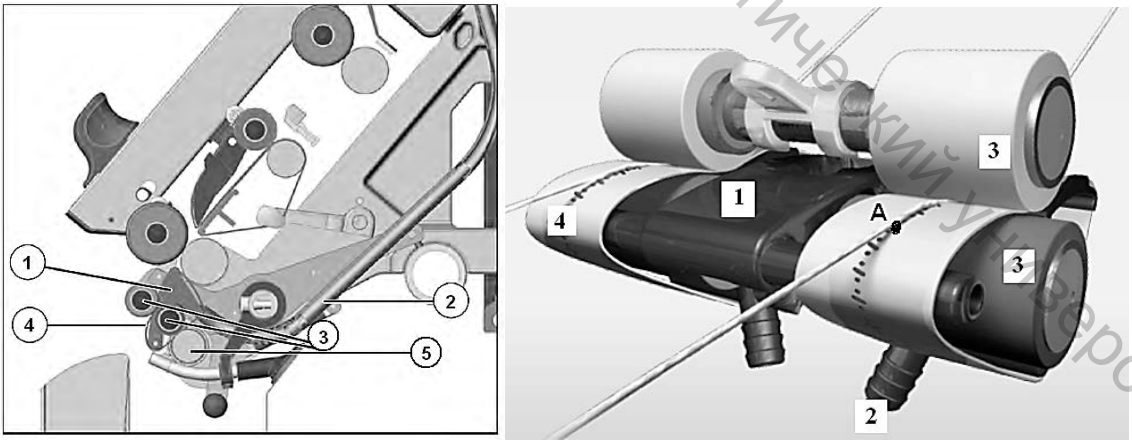


Рисунок 3.38 – Компактирующее устройство Impact FX
шерстопрядильной машины Zinser 451

Посредством ремешка приводятся в движение нижний и верхний валики *3* с эластичным покрытием. Верхний валик *3* пружинным зажи-

Витебский государственный технологический университет

мом прижимается к ремешку *4*, образуя эластичный зажим мычки, и препятствует проскальзыванию волокон. Он смещён вперед на 1 мм по отношению к нижнему валику для более точного зажима волокон. Внутри компактирующего элемента создаётся разрежение за счет отвода воздуха через патрубки *2*. Компактирующий элемент также имеет отверстия овальной формы, через которые отводится воздух.

Зона компактирования мычки образуется между передней парой вытяжного прибора и дополнительной выпускной парой, состоящей из стального рифлёного цилиндра *5* и двух нажимных валиков *3*. Уменьшение ширины мычки и, соответственно, треугольника кручения, происходит на перфорированном ремешке *4*. В точке *А* мычка отрывается от перфорированного ремешка и направляется в зону кручения.

Благодаря сочетанию двух специально разработанных слоев синтетической резины, эластичные покрытия валиков *3* Acco Smart имеют более высокую деформацию и контактную поверхность по сравнению с обычными однослойными покрытиями. За счёт этого повышается стойкость покрытий к истиранию и срок их службы. Диаметр переднего верхнего ролика увеличен до 30 миллиметров, чтобы можно было шлифовать его большее количество раз. Разводка в основной зоне вытягивания вытяжного прибора и в зоне компактирования – неизменны.

Особенностью устройства Impact FX (Zinser) является оптимизированная траектория движения перфорированного ремешка и новый эластичный материал для его изготовления, который позволяет избежать заломов ремешка в зоне огибания компактирующего элемента *1* и валиков *3*, скопления сорных примесей и отделившихся волокон в отверстиях перфорации. Это обеспечивает постоянный режим разряжения воздуха в компактирующем устройстве, величина которого задаётся с дисплея. Вытяжной прибор позволяет перерабатывать волокна длиной до 200 мм в диапазоне вытяжек от 8 до 80.

Швейцарская Saurer Group объявила, что с сентября 2018 года все машины компактного прядения Zinser будут поставляться с компактирующими устройствами нового поколения Impact FX, что позволит сократить производственные затраты, повысить безопасность процесса и обеспечить высокое качество пряжи.

Принцип компактирования на устройствах CompACT^3, Impact FX (Zinser) и MAC3000 (Marzoli) идентичны.

Специалистами фирмы Zinser проведен ряд исследований процесса компактирования при переработке волокон разной природы, длины и линейной плотности. Эти волокна имеют различные аэродинамические характеристики или «склонность к уплотнению». Кроме того, в зоне компактирования некоторые волокна зажаты как в выпускной паре вытяжного прибора, так и в дополнительной паре. В процессе компактирования волокна должны быть плотно собраны в мычке по всей длине.

Витебский государственный технологический университет

Однако на натянутые волокна разрежение воздуха не оказывает уплотняющего воздействия. Поэтому в зоне компактирования должен обязательно устанавливаться нагон, то есть скорость передней пары вытяжного прибора должна быть несколько выше, чем скорость дополнительной пары. За счёт нагона волокна в зоне компактирования находятся в ненатянутом состоянии и могут перемещаться друг относительно друга в горизонтальной плоскости, образуя более компактную структуру пряжи. Выбор величины нагона зависит в первую очередь от природы волокна, его жёсткости и определяется экспериментально. На машинах фирмы Zinser нагон задается с пульта управления машины и может принимать следующие дискретные значения: 0%, 2%, 4%. Отсутствие нагона (0%) используется для тонких эластичных волокон, а нагон 4% – для грубых толстых волокон. Нагон рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{V_1 - V_2}{V_1} 100 , \qquad (3.5)$$

где V_1 – скорость передней пары вытяжного прибора, м/мин; V_2 – скорость дополнительной пары вытяжного прибора, м/мин.

Системы компактирования с перфорированными ремешками имеют следующие преимущества:

- наличие отдельной системы разряжения воздуха для уплотнения мычки;
- самоочищающийся перфорированный ремешок;
- индивидуальная регулировка нагона в зоне компактирования в соответствии со свойствами волокон через систему Easy Spin с пульта управления машины.

3.4 Машины компактного прядения

На сегодняшний день практически все компании текстильного машиностроения, выпускающие кольцевые прядильные машины, выпускают и машины компактного прядения, оснащенные компактирующими устройствами собственной разработки или других компаний.

Машины компактного прядения выпускаются фирмами: Rieter (Швейцария), Schlafhorst, Zinser, Saurer, Suessen (Германия), Marzoli, Cognetex (Италия), Toyota (Япония), Jingwei Textile Machinery (КНР), Lakshmi Machinery Works (Индия).

Витебский государственный технологический университет

Фирма Zinser вошла в корпорацию Saurergroup, которая выпускает целый ряд машин компактного прядения для хлопка и шерсти, а именно:

1. Для короткоштапельных волокон (хлопок и смеси с химическими волокнами):

- модель Zinser 351+, подготовленная к модернизации для компактного прядения, Zinser 351C^3 – компактного прядения;
- модель ZI 72XL, выпущенная Saurergroup;
- модели Zinser Impact 71 и Zinser 351 2Impact FX, выпущенные совместно Zinser и Saurergroup.

2. Для длинноштапельных волокон (шерсть и смеси с химическими волокнами):

- модель Zinser 451+, подготовленная к модернизации для компактного прядения и Zinser 451C^3 с компактирующим устройством Impact FX;
- модель Zinser 451sC^3 компактного безбаллонного прядения;
- модель ZR 451+, подготовленная к модернизации для компактного прядения, совместно с Saurergroup и ZI 451 компактного прядения.

Фирма Rieter выпустила хлопкопрядильную машину компактного прядения К44 для хлопка, а затем последовательно усовершенствованные машины К45, К46, К47 и К48.

Фирма Toyota выпускает хлопкопрядильную машину компактного прядения с компактирующим устройством собственной конструкции RX-240.

Фирма Marzoli выпускает хлопкопрядильную машину компактного прядения с компактирующим устройством собственной конструкции MAC3000.

В Республике Беларусь установлены две машины компактного прядения: модели Zinser 351C^3 с компактирующим устройством CompACT^3 для хлопка на ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» и Zinser 451 Impact FX на ОАО «Камволь» для камвольной пряжи.

На хлопкопрядильных машинах фирмы Zinser все параметры технологического процесса компактирования, такие как нагон в зоне компактирования, разряжение воздуха, вытяжка и многие другие, задаются через систему Easy Spin с пульта управления машины. Easy Spin – это сенсорный дисплей машины для настройки параметров прядения с функцией архивации данных различных артикулов. За счёт этого время настройки для новой партии снижается. На машине Zinser 351 C^3 допустимый диапазон изменения величины разряжения варьируется в пределах от 10 до 40 мБар.

Витебский государственный технологический университет

Экономичный привод мощностью 110 кВт прядильной машины ZI 72XL (Saurer) позволяет сообщать частоту вращения веретёнам до 26000 мин$^{-1}$ при их количестве 2016.

На машине Zinser Impact 71 установлена полностью независимая система разряжения воздуха для компактирующих устройств. Она использует отдельную систему всасывания с сенсорным управлением, не зависимую от системы пневматического мычкоуловителя. Это обеспечивает постоянное разряжение и высокое качество компактной пряжи.

Прядильная машина компактного прядения Zinser 451 Impact FX была специально разработана для камвольной шерстяной и полушерстяной пряжи малой линейной плотности 14,5÷36 текс из всех видов шерсти, а также пряжи из химических волокон. Такая пряжа может использоваться для производства широкого ассортимента высококачественных костюмных, платьевых тканей, трикотажных изделий и многого другого. Фактором, ограничивающим производительность кольцепрядильных машин, является обрывность пряжи. Для уменьшения уровня обрывности фирма Zinser выпускает прядильную машину камвольного безбаллонного прядения модели 451sC^3. Специальная насадка на веретено позволяет уменьшить размер баллона, так как пряжа обвивает ее несколько раз. Это позволяет значительно снизить натяжение пряжи в зоне кручения и, соответственно, обрывность. Прядение без треугольника кручения и с уменьшенным баллоном позволяет значительно повысить производительность прядильной машины. Для пряжи малой и средней линейной плотности, а также для смесей шерсти с синтетическими волокнами возможно повышение производительности от 10 до 30%.

Фирма Rieter не только выпускает компактирующие устройства и машины компактного прядения собственной разработки, но также оснащает своими устройствами машины, выпускаемые другими компаниями. На машинах, оснащённых компактирующими устройствами фирмы Rieter, выпускается гребенная и кардная хлопчатобумажная пряжа малой и средней линейной плотности, а также камвольная шерстяная, полушерстяная пряжа и пряжи из синтетических волокон. На хлопкопрядильных машинах компактного прядения серии «*K*», например, K48 (Rieter), все функции машины включены в систему централизованного управления технологическим процессом. Для максимальной эффективности и воспроизводимости блок MEMOset позволяет загружать в память все важные параметры до 18 артикулов пряжи и извлекать их в любое время. Данные можно передавать на другие прядильные машины.

Фирма Cognetex (Италия) в сотрудничестве с фирмой Rieter выпускает шерстопрядильную машину компактного прядения IDEA с компактирующим устройством COM4 Wool. Принцип работы устрой-

Витебский государственный технологический университет

ства аналогичен описанному в п. 3.3.1 устройству COM4 для хлопка. Основным отличием является применение выпускного эластичного валика с наклонной осью (рис. 3.39) типа Беш.

При переработке длинноволокнистых смесей в мычке присутствуют волокна с длиной, намного превышающей разводку. В обычных вытяжных приборах и системах компактирования эти волокна в определенный момент одновременно зажаты и в передней паре вытяжного прибора и в выпускной паре. Таким образом, в зоне компактирования они находятся в натянутом состоянии и не могут перемещаться за счет разряжения воздуха. За счет этого ухудшаются характеристики компактной пряжи. Технология COGNETEX COM4 Wool даёт ещё больше преимуществ при безбаллонном прядении. Прядильная машина IDEA COM4 доступна в двух комплектациях – для компактного и безбаллонного компактного прядения шерсти. Машина для безбаллонного прядения принципиально отличается наличием специальной насадки на веретено, гасящей баллон.

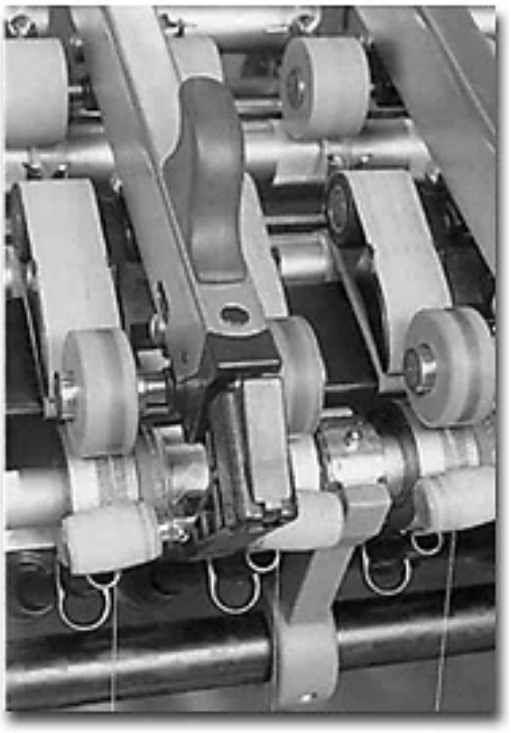


Рисунок 3.39 – Компактирующее устройство Cognetex COM4 Wool

На рисунке 3.40 представлены графики зависимости ворсистости и разрывной нагрузки шерстяной пряжи различной линейной плотности, полученной на обычных прядильных машинах, компактных и безбаллонных компактных.

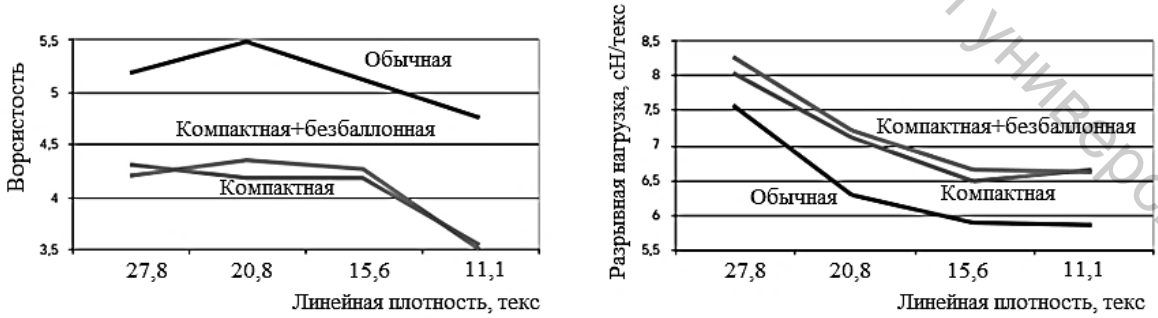


Рисунок 3.40 – Графики зависимости свойств шерстяной пряжи с обычных прядильных машин, машин компактного прядения и безбаллонных компактных машин COGNETEX COM4 Wool

Витебский государственный технологический университет

Следует отметить, что кроме снижения обрывности, компактная пряжа, полученная при безбаллонном прядении, обладает более высокой разрывной нагрузкой по сравнению и с традиционной кольцевой, и с компактной пряжей.

Технические характеристики машин компактного прядения разных марок представлены в таблице 3.3.

Рядом европейских ученых были проведены исследования, целью которых являлось сравнить свойства компактной пряжи, полученной с применением компактирующих устройств различных конструкций.

Объектом исследований выступала гребенная хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 10 текс. Для исследований были выбраны 3 машины компактного прядения – К44 (Rieter) с устройством COM4, Suessen с устройством Elite и Toyota®RX-240 с устройством, аналогичным CompACT^3. Все образцы пряжи вырабатывались из одной и той же ровницы линейной плотности 590 текс, полученной на технологическом оборудовании фирмы Rieter.

Характеристики полученной пряжи представлены в таблице 3.4. Анализируя табличные данные, можно заметить, что образцы пряжи незначительно отличаются по основным показателям. Несколько более высокой разрывной нагрузкой и низкой ворсистостью обладает пряжа, полученная на машине компактного прядения К44 фирмы Rieter.

Также учёными предпринимаются попытки объединить компактное и аэродинамическое прядение для дальнейшего повышения качества пряжи.

Следует учитывать, что для получения компактной пряжи высокого качества в прядильном цеху должны строго соблюдаться следующие условия:

- температура 25–30 °С, постоянная в течение всего года;
- относительная влажность воздуха 55%±5% для хлопка, 75%±5% для камвольной пряжи;
- содержание пыли в воздухе <3 мг/м³ (обязательно применение передвижных пухо- и пылесборников).

Однако машины компактного прядения имеют и ряд недостатков:

- степень компактирования зависит от размера отверстий в перфорированном ремешке, барабанчике или сетке. Следовательно, для разной линейной плотности мычки и вида сырья необходимо иметь ремешки, сетки и перфорированные барабанчики с отверстиями разного размера для достижения оптимального эффекта уплотнения и предотвращения чрезмерных потерь волокна через систему разряжения воздуха;
- при компактном прядении поперечное смещение мычки водилкой меньше, чем при обычном прядении. Для наилучшего эффекта конденсации эта ширина должна быть около 5 мм, вместо обычных 10–12 мм, что сокращает срок службы ремешков и эластичных покрытий валиков;

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.3 – Технические характеристики компактных прядильных машин

Показатель	Фирма и марка оборудования				
	Rieter K48	Zinser 351 C^3	Saurer ZI 72XL	Zinser 451 C^3 ZI 451	Cognetex Idea COM4 Wool
Сырье	кардный и гребенной хлопок, химические волокна и их смеси			шерсть, шелк, рами, химические волокна и их смеси	шерсть, химические волокна и их смеси
Длина волокна, мм	хлопок >27 мм, смеси до 51 мм	до 45 мм	до 50	до 200	
Линейная плотность пряжи, текс	3,7-29,6	до 40 (х/б); 7,2-20 (химические волокна и смеси)	3,7-100 (х/б) 5,8-58 (химические волокна и смеси)	8-167 (до 36 ZI 451)	7,2-42
Крутка, кр./м	200-3000	100-3500		100-3500	
Вытяжка	8-80		8-90	8-80	
РМВ, мм	70, 75		68,75	75, 82,5	
Высота намотки, мм	180-230 для РМВ 70 180-250 для РМВ 75	180-230	180-260	240-260 220-260 (ZI 451)	260
Диаметр кольца, мм	36, 38, 40, 42, 45 (РМВ 70); 36, 38, 40, 42, 45, 51, 54 (РМВ 75)	36-45	36-54	45-57 42-58(ZI 451)	45-51
Количество веретен	1824(48 в секции) min 288	1296-1680	до 2016 (РМВ 68, 75) 48 в секции до 1848 (РМВ 75) 44 в секции	180-720 240-912(ZI 451)	672
Частота вращения веретен, мин$^{-1}$	до 25000		до 26000	до 16000	
Габариты, мм: длина ширина высота	 5785+X 1062 2005	 6210+X 1164 2477	 8017+X 1146	 5794+X 1214	 6245+X 960 2404

**X=Количество веретён /(2×РМВ, мм)*

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.4 – Характеристики пряжи компактного прядения линейной плотности 10 текс

Характеристика	Rieter	Toyota	Suessen
Коэффициент вариации по линейной плотности Cv, %	13.46	13.97	13.85
Коэффициент вариации по линейной плотности 10 mCv, %	2.40	2.39	2.30
Утонения -50%	8	11	18
Утолщения +50%	56	73.5	54.5
Непсы +200%	152	167.5	146.5
IPI индекс	216	252	219
Ворсистость, H	3.05	3.27	3.25
Разрывная нагрузка, сН	221.3	206.7	208.5
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	22.84	21.34	21.36
Разрывное удлинение, %	3.21	3.26	3.19
Работа разрыва, сН×см	218	209	205

- переработка смесей натуральных и химических волокон затруднительна, поскольку разная плотность различных типов волокон требует разного значения давления всасывания для получения одинаковых эффектов от конденсации;
- стоимость производства пряжи выше, чем при кольцевом прядении из-за более высоких затрат на рабочую силу, вспомогательные материалы, электроэнергию и амортизацию компактирующих устройств;
- стоимость машины компактного прядения выше по сравнению с обычной кольцепрядильной машиной;
- в классическом прядении за счет ворсинок, пряжа, проходя через бегунок, охлаждает его. При компактном прядении гладкая поверхность пряжи с малым количеством ворсинок не может охладить бегунок. Это приводит к более быстрому его износу. Для улучшения условий работы бегунка необходимо уменьшать частоту вращения веретён;
- высокая однородность и низкая ворсистость пряжи усложняют процесс соединения ее концов с помощью сплайсера. Сплайсерные соединения становятся более заметны;
- прядильные машины компактного прядения имеют высокий расход воздуха за счет всасывания его из помещения. Поэтому они могут притягивать пыль и пух с других прядильных машин. Во избежание этого необходимо увеличить скорость циркуляции воздуха во всем прядильном цеху или устанавливать машины для компактного прядения в отдельном помещении.

Из всего сказанного следует, что компактная пряжа никогда не сможет полностью заменить обычную пряжу. Поведение пряжи слишком разное не только в прядении, но и в ткачестве, трикотажном производстве и в отделке.

Витебский государственный технологический университет

4 ПРОИЗВОДСТВО ПРЯЖИ НА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИНАХ

На современных кольцевых прядильных машинах в основном достигнуты максимальные показатели по частоте вращения веретён, производительности и качеству пряжи. Совместное осуществление на кольцевой прядильной машине процессов кручения и наматывания ведёт к ограничению размеров паковок (при их увеличении – к перерасходу энергии), а также к увеличению разницы в натяжении нити при наматывании, нарушающей стабильность процесса. Дальнейшее повышение скорости прядения и производительности возможно лишь при создании новых принципов прядения, когда процесс кручения и наматывания пряжи осуществляют раздельно, отдельными рабочими органами, а процесс формирования пряжи более совершенен, чем на кольцевой прядильной машине.

В отличие от кольцевого прядения безверетённое имеет новые процессы: дискретизация (разделение на отдельные независимые друг от друга волокна) поступающего продукта (ленты), транспортировка отдельных волокон дискретного слоя в зону формирования пряжи и сложение (циклическое) дискретных слоев до требуемой линейной плотности. При этом неровнота элементарного (дискретного) слоя может быть задана заранее. Сформированная пряжа скручивается благодаря вращению камеры. Такой способ за рубежом носит название «прядение со свободным концом» или Open End.

4.1 Способы прядения с разделением процессов кручения и наматывания

Для лучшего понимания возможных вариантов кручения сформированной ленточки рассмотрим схемы на рисунке 4.1. Схема I состоит из цилиндровых зажимов, ограничивающих зоны скручивания. Между зонами расположен крутильный орган – вьюрок, который способен вращать ленточку вокруг своей оси, сообщая ей кручение. Представим себе, что в цилиндровые зажимы и вьюрок заложена волокнистая ленточка, не имеющая крутку. При неподвижных цилиндрах вращение вьюрка обусловит получение кручения ленточкой, равное числу оборотов вьюрка, причём участки продукта первой и второй зон кручения получат равное число кручений в зависимости от их длины, но разного направления. Если таким образом скрученный продукт освободить от вьюрка, он начнет раскручиваться под действием сил упругости волокон и потеряет полученную крутку. В результате вышеописанных воз-

Витебский государственный технологический университет

действий вьюрка продукт-ленточка, выходящая из зажима выпускной пары цилиндров, не будет иметь крутки. Рассмотренная схема называется схемой ложного кручения, которая не используется для формирования пряжи.

Если из схемы I изъять вторую зону кручения, и получаемую пряжу в первой зоне наматывать с помощью крутильно-мотального механизма на паковку, то получим схему второго вида кручения II, то есть схему, обеспечивающую получение действительной крутки продукта, выходящего из зажима питающей пары цилиндров.

Этот вид кручения осуществляется на ровничных, кольцевых прядильных и крутильных машинах. При таком однозонном кручении, совмещенном с процессом наматывания, обязательно вращение с большой скоростью паковки пряжи, вследствие чего увеличивается расход энергии. Это является одним из важнейших недостатков данного способа. В настоящее время второй вид кручения продукта имеет наибольшее распространение в прядильном и крутильном производствах.

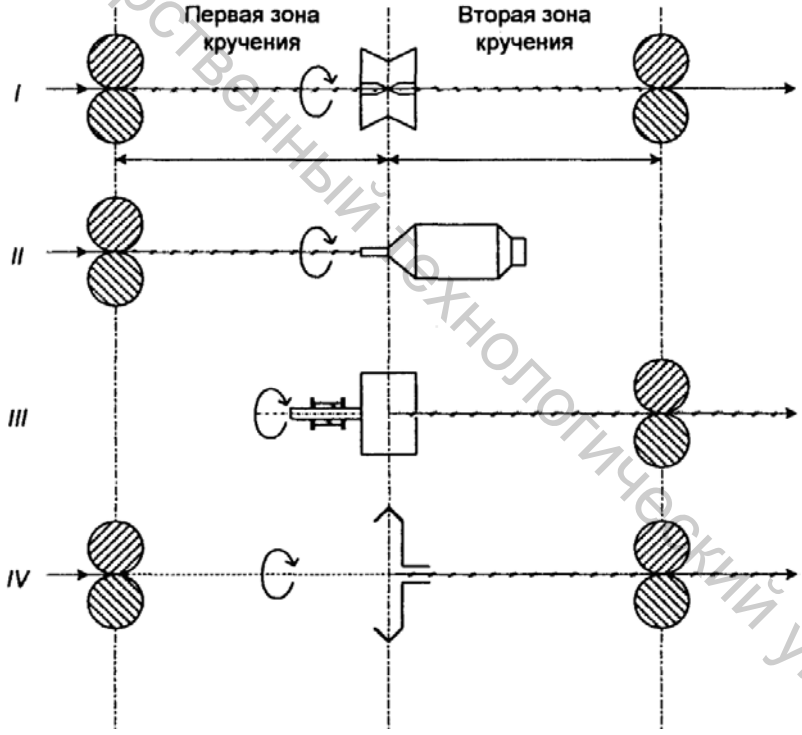


Рисунок 4.1 – Принципиальные схемы известных видов кручения ленточки

Третья схема кручения (рис. 4.1) получается в результате совмещения питающего и крутильного устройств. В этой схеме некручёный продукт в виде ленточки, подготовленной заранее и намотанный на паковку, располагается в крутильном устройстве. Продукт, сматываемый с паковки выпускной парой цилиндров, скручивается во второй зоне кручения в результате вращения крутильного устройства и выводится в ви-

Витебский государственный технологический университет

де пряжи к мотальному устройству. Этот вид кручения осуществляется на машинах для формирования химических нитей большой линейной плотности. Указанный для второго вида кручения недостаток остается справедливым и для третьего.

Схема четвёртого вида кручения наиболее близка к схеме первого вида. Однако она имеет существенные отличия, позволяющие получить продукт с действительной круткой.

При этом виде кручения в первой зоне движется дискретный поток не контактирующихся волокон или их комплексов, то есть отсутствует волокнистая ленточка, зажатая в питающей паре и крутильном устройстве. Дискретный поток волокон не может получить кручения от крутильного устройства. В этой схеме крутильное устройство осуществляет не только кручение продукта, проходящего через вторую зону кручения, но и формирование ленточки из дискретного потока волокон в результате процессов сложения.

Так как поступление волокон дискретного потока в формирующее крутильное устройство является непрерывным и равномерным, то не требуется большого запаса волокнистой ленточки как в схеме III. Четвертый вид кручения отличается от второго тем, что процессы кручения и наматывания разделены и осуществляются разными устройствами. Это отличие обеспечивает проведение кручения на значительно больших скоростях и получение паковки увеличенных размеров, так как их не требуется вращать со скоростью крутильного устройства.

Таким образом, четвертый вид кручения является однозонным видом кручения, не совмещенным с наматыванием. Он получил широкое применение в новых способах формирования пряжи.

Прядение, в котором используется четвёртый вид кручения, часто для краткости называют «роторное прядение», «прядение со свободным концом», «безверетённое прядение» и др.

Этот способ прядения в последнее время привлекает широкие круги исследователей, конструкторов и производственников. При прядении с раздельными процессами кручения и наматывания осуществляются следующие технологические процессы.

1. Подача ленты: лента с ленточной машины подается через направляющую воронку и зажим питающий цилиндр-питающий столик к быстро вращающемуся дискретизирующему барабанчику.

2. Дискретизация питающего продукта с целью получения дискретного потока волокон: вращающиеся зубья дискретизирующего барабанчика вычёсывают отдельные волокна из ленты, зажатой между подающим столиком и питающим цилиндром.

3. Транспортирование дискретного потока волокон в зону формирования ленточки: центробежные силы и вакуум в корпусе ротора заставляют волокна в определенной точке отрываться от дискретизирую-

Витебский государственный технологический университет

щего барабанчика и перемещаться по транспортирующему каналу к внутренней стенке ротора.

4. Процесс сложения дискретных слоёв волокон в жёлобе ротора с целью формирования волокнистой ленточки: центробежные силы в быстро вращающемся роторе заставляют волокна перемещаться от конической стенки ротора к жёлобу и собираться там, образуя кольцо из волокон.

5. Формирование пряжи: конец пряжи, принудительно вводимый через пряжевыводную трубку, попадает в жёлоб прядильной камеры, соединяется с находящимися там волокнами. Конец пряжи вращается вокруг своей оси за счёт вращения камеры и непрерывно накручивает находящиеся в жёлобе волокна на себя.

6. Отвод и намотка готовой пряжи: пряжа, образованная в камере, непрерывно извлекается из неё оттяжным валом и прижимным роликом через пряжевыводную воронку и трубку и наматывается крестовой намоткой на выходную бобину. На этом участке с помощью датчиков осуществляется контроль движения пряжи, а также качество пряжи и проводится удаление дефектных мест.

Следует заметить, что для пневмомеханического прядения характерно разделение процессов формирования пряжи и её наматывания, за счёт чего стало возможным повысить производительность машин.

4.2 Пневмомеханический способ прядения

Идея производства пряжи методом пневмомеханического прядения началась с патентной заявки на этот метод в 1937 году (патент на базовый ротор Бертельсена). Однако первая пригодная для использования конструкция была предложена в 1951 года Дж. Меймбергом на предприятии Spinnbau в Бремене, но дальнейшее развитие машины было прекращено, поскольку рабочие характеристики оказались неудовлетворительными. Эта идея была снова подхвачена в Чехословакии в 1960-х годах, и первая машина, пригодная для промышленного применения, была показана в 1965 году на ярмарке в Брно. В 1967 г. последовала презентация машины BD-200 на выставке, проходившей параллельно с ITMA-67. В начале 1970-х годов компании Rieter, Schubert & Salzer и Platt сформировали консорциум для разработки процесса пневмомеханического прядения, что привело к появлению на ITMA 1971 ряда прототипов на различных стадиях разработки.

В таблице 4.1 представлены статистические данные международной федерации производства текстиля ITMF за 2014 год по количеству установленных веретён и роторов по основным странам мира, по которым видно, что количество роторов занимает второе место после кардного кольцевого способа прядения.

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

Таблица 4.1 – Количество установленых веретён по странам мира

Страны	Количество установленных верётен		
	Кольцевое кардное	Кольцевое гребенное	ППМ
Китай	4 426 876	19 552	147 180
Бангладеш	349 424		7880
Индия	2 184 620	3 456	36 264
Индонезия	502 236		23 480
Казахстан	47 520		280
Малайзия	48 120		17 640
Пакистан	347 232		1 680
Филиппины	25 380		26 320
Тайланд	22 560		8 960
Туркменистан	4 416		1 680
Узбекистан	137 532		14 640
Вьетнам	749 700		15 204
Итого Азия и Океания	**8 923 856**	**29 008**	**303 888**
Бельгия			3 576
Германия	540	192	432
Италия	864	10 584	1 368
Португалия	4 032		2 040
Испания	5 280		1 228
Швейцария		624	2 240
Англия		1 480	
Итого Зап. Европа	**10 716**	**12 880**	**13 684**
Болгария		2 160	
Чехия		2 112	
Польша		2 880	
Словения	1 776		
Итого Вост. Европа	**11 376**	**28 368**	**2 600**
Турция	594 016	66 960	55 036
Северная Америка	74 096		61 088
Южная Америка	88 252		13 420
В мире	**9 804 504**	**137 648**	**454 720**

На сегодняшний день рынок прядильных машин отличается большой изменчивостью, так как на него влияет множество факторов. Данные за 2019 год показывают снижение количества установленных веретён кольцепрядильных машин и пневмомеханических машин (ППМ). Эти изменения в основном вызваны списанием устаревшего оборудования в Китае (рис. 4.2).

С момента внедрения пневмомеханического прядения скорость вращения роторов увеличилась с 30000 мин$^{-1}$ до 180000 мин$^{-1}$, что на сегодняшний день технически возможно без каких-либо затруднений. Пневмомеханическое прядение в 5–10 раз производительнее кольцево-

Витебский государственный технологический университет

го. Кроме того, по статистическим данным ITMF установлено, что пневмомеханическая пряжа в общем объёме затрат производства обходится дешевле.

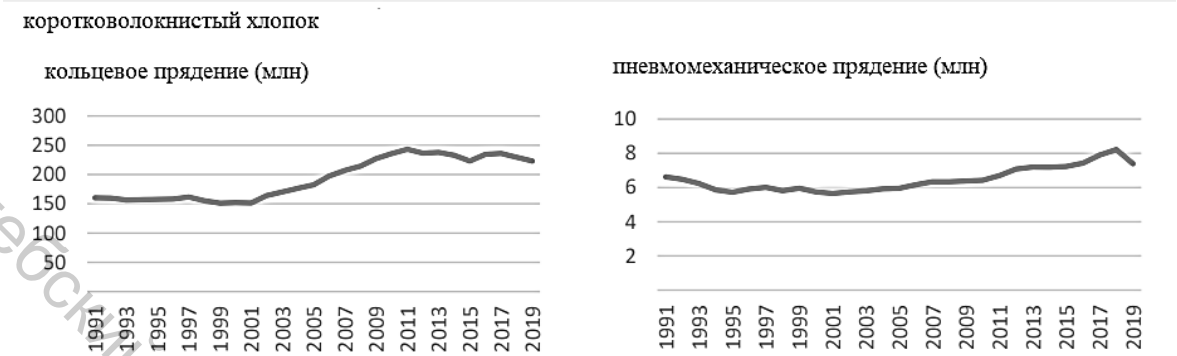


Рисунок 4.2 – Количество установленных веретён при переработке средневолокнистого хлопка

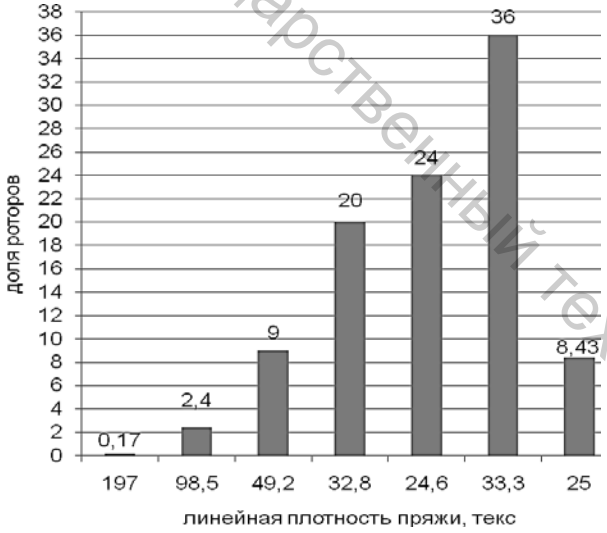


Рисунок 4.3 – Пряжа, выпускаемая на ППМ

Если рассмотреть применение пневмомеханической пряжи в зависимости от линейной плотности, то она наиболее востребована для пряжи от 20 до 33 текс (рис. 4.3). В случае содержании большого количества короткого волокна и сора технология пневмомеханического прядения часто является единственным вариантом для производства пряжи требуемого качества (рис. 4.4).

Пневмомеханический способ прядения по сравнению с кольцевым имеет ряд преимуществ:

– сокращённая технологическая цепочка получения пряжи за счёт исключения ровничного перехода, а при использовании авторегулятора вытяжки на чесальных машинах возможна ещё более короткая цепочка (рис. 4.5), в результате снижаются затраты на электроэнергию и на кондиционирование воздуха на 15–20% за счёт уменьшения площади помещения;

– получение паковок большой вместимости (до 6 кг), что снижает затраты на погрузочно-разгрузочные работы и утилизацию отходов;

Витебский государственный технологический университет

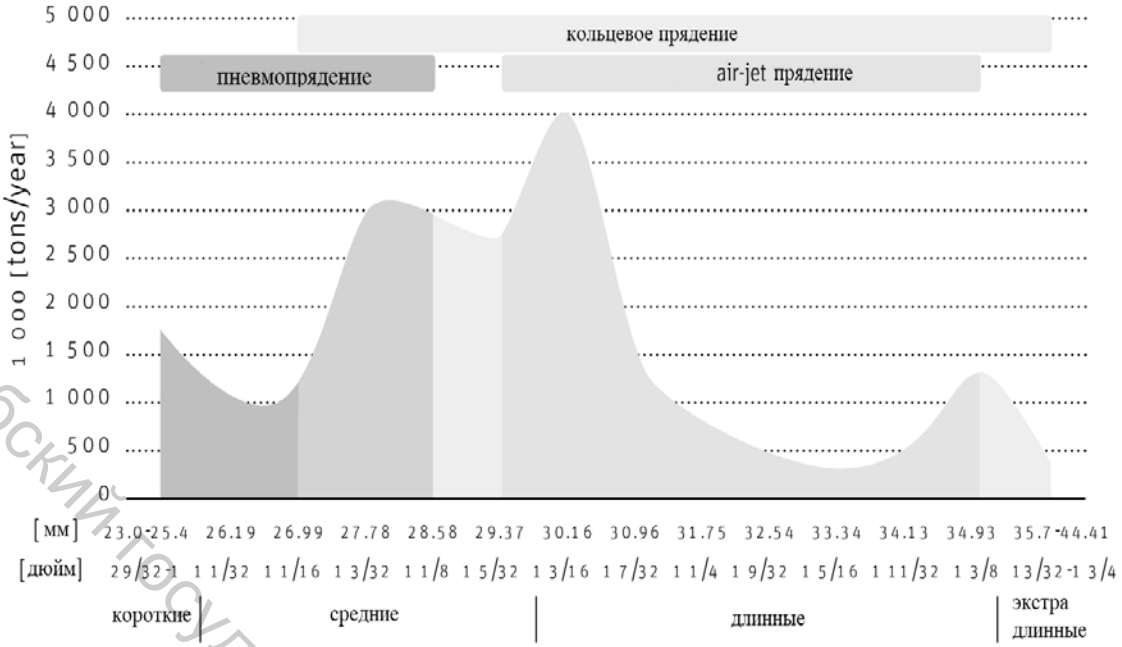


Рисунок 4.4 – Производство пряжи в зависимости от длины волокна

Рисунок 4.5 – Технологии получения пневмомеханической пряжи

– парафинирование пряжи при намотке с целью снижения ворсистости;

– исключение процесса перематывания;

– производительность машины увеличивается до 7,1 раза на полуавтоматической машине и до 10,4 раза на автоматической по сравнению с кольцевой прядильной машиной (табл. 4.2);

– автоматизация большинства операций на машине: контроль и ликвидация обрыва пряжи, съём полных бобин и установка пустых патронов;

– при использовании длинных машин и большого числа роботов снижаются затраты на рабочую силу.

Витебский государственный технологический университет

Однако, как и у любой технологии, имеются некоторые недостатки:

– технически невозможно произвести пряжу малой линейной плотности (менее 10,5 текс);

– пониженная прочность пряжи (на 20% ниже по сравнению с пряжей кольцевого прядения) и изделий из неё;

– повышенная крутка пряжи приводит к формированию более жёсткой пряжи, характеризующейся при этом высокой стойкостью к истиранию;

– при переработке полиэфирных волокон необходимо использовать волокна с меньшим содержанием диоксида титана, чтобы минимизировать износ зубьев дискретизирующих барабанчиков и поверхности прядильной камеры;

– более высокие капитальные затраты на оборудование и требования к кондиционированию воздуха: выше в 5–7 раз на одно прядильное место, чем на кольцепрядильное;

– при производстве тонкой пряжи отмечается повышенное энергопотребление на килограмм пряжи;

– полотна имеют тусклый внешний вид из-за наличия обвивочных волокон в структуре пряжи;

– сложность окрашивания в темные оттенки из-за малой удельной плотности пряжи;

– выше затраты на запасные части и техническое обслуживание;

– более грубый гриф у текстильных полотен.

Таблица 4.2 – Сравнительный анализ производительности кольцевых и пневмомеханических прядильных машин

Линейная плотность пряжи, текс	Кольцевая прядильная машина		ППМ полуавтоматическая		ППМ автоматическая	
	Частота вращения веретён, $мин^{-1}$	Производительность машины за 8 часов, кг/ч	Частота вращения камер, $мин^{-1}$	Производительность машины за 8 часов, кг/ч	Частота вращения камер, $мин^{-1}$	Производительность машины за 8 часов, кг/ч
59	10 000	407	70 000	2911	100 000	4247
29,6	13 500	212	78 000	1223	120 000	1922
19,6	16 000	143	85 000	760	140 000	1278
14,7	18 500	112	90 000	537	150 000	934

Область применения пневмомеханической пряжи достаточно обширна: в ткацком производстве для выработки джинсы, постельного белья, скатертей, в трикотажном – носочные изделия, верхний трикотаж, махровые изделия (в качестве ворсовой нити).

Витебский государственный технологический университет

4.3 Общее устройство и работа пневмомеханической прядильной машины

Современные пневмомеханические прядильные машины (ППМ) представляют собой двусторонние машины с прядильными камерами и намоточными устройствами с обеих сторон машины для более эффективного использования дорогостоящих приводов и прядильных роботов. Прядильная машина состоит из следующих узлов (рис. 4.6):

• передняя головная часть (A) и задняя головная часть (B) с центральными приводами прядильных роторов, питающих цилиндров, дискретизирующих барабанчиков и мотальных валов;

• прядильно-мотальные узлы (C), объединенные в секции;

• система подачи пустых патронов (D) с магазином для пустых патронов и системой их транспортировки (на задней головной части);

• 1–4 рабочих робота (E) с каждой стороны машины для очистки камер, присучивания и смены выходной паковки;

• конвейерная лента для транспортировки бобин к торцу машины (F);

• системы контроля качества пряжи на каждом рабочем месте.

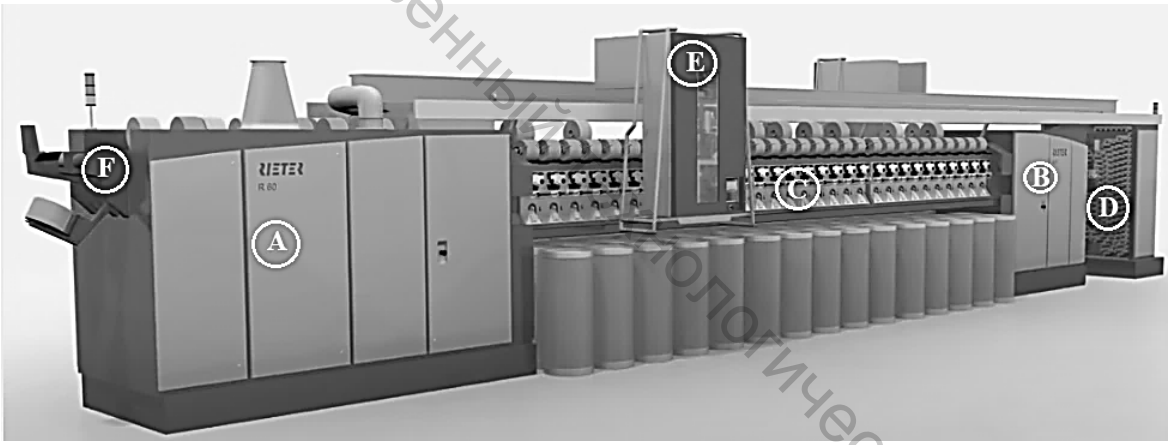


Рисунок 4.6 – Общий вид ППМ

Пряжа на ППМ вырабатывается непосредственно из ленты, которая подаётся в тазу с ленточной машины.

Лента вынимается из таза и протаскивается питающим цилиндром *1* через уплотнительную воронку *2*, закрепленную на питающем столике *17* (рис. 4.7). Питающий столик закреплен на питающей воронке и прижимается пружиной *16* к питающему цилиндру, обеспечивая, таким образом, необходимое усилие зажима ленты в питающем устройстве. Пройдя уплотнительную воронку, лента подается питающим цилиндром *2* к дискретизирующему барабанчику *3*, который обтянут пильчатой гарнитурой и вращается со скоростью 6000–11000 мин$^{-1}$. Своими зубьями барабанчик *3* интенсивно разъединяет ленту на отдельные волокна

Витебский государственный технологический университет

(лента утоняется в 3000–9000 раз), очищает волокна от сорных примесей и пороков. В результате воздействия зубьев дискретизирующего барабанчика на ленту, зажатую между питающим цилиндром и столиком, лента приобретает форму бородки. Разъединённые волокна снимаются воздушным потоком с зубьев гарнитуры и направляются к транспортирующему каналу *14*, имеющему форму конфузора.

Сорные примеси и пороки воздушным потоком удаляются из машины через канал *15* сороудаляющего устройства. Оставшиеся на зубьях волокна хлопка сбиваются ножом *4*.

Так как транспортирующий канал конфузорный, то скорость воздуха, а, следовательно, и скорость волокон при движении в нем возрастает. Это способствует сохранению распрямлённости и ориентации волокон вдоль оси канала. Движение воздуха в транспортирующем канале обеспечивается разрежением в камере.

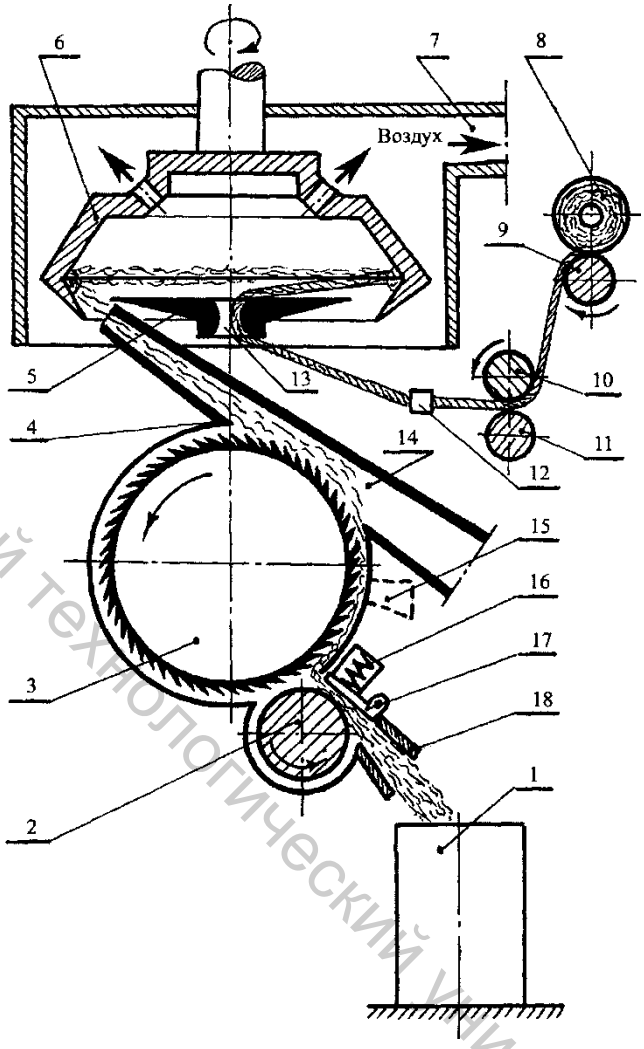


Рисунок 4.7 – Технологическая схема ППМ

Воздух, движущийся по транспортирующему каналу, подаёт дискретный поток волокон на сборную поверхность прядильной камеры *6*. Волокна из транспортирующего канала *14* в прядильную камеру поступают через отверстие в разделителе *5* (сепараторе), который отделяет пространство транспортировки волокон от пространства формирования пряжи.

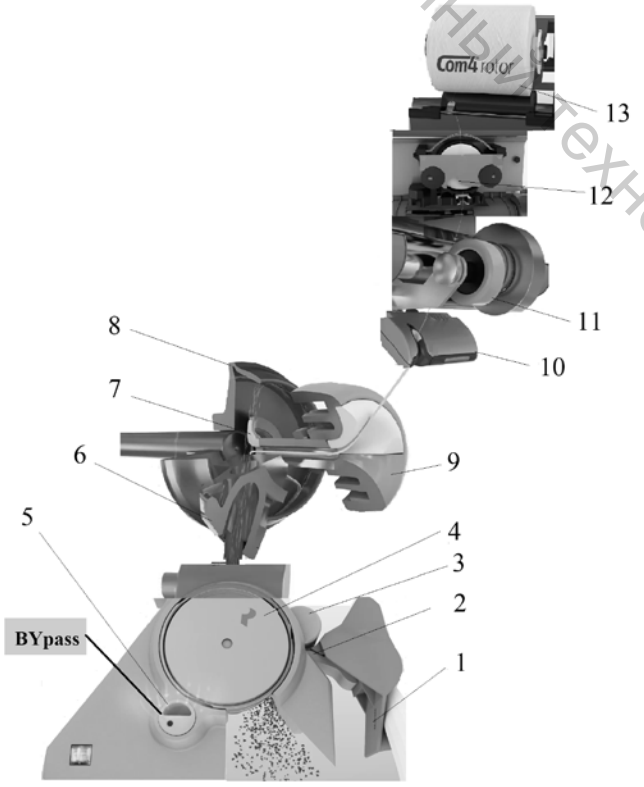
Поступающие в камеру волокна захватываются воздухом и центробежной силой прижимаются к сборной поверхности. Воздух из камеры удаляется по пневмоканалу *7*, а волокна укладываются параллельными слоями в жёлобе камеры, образуя волокнистую ленточку. Для формирования пряжи в камеру вводится заправочный конец нити, который через отверстие *13* засасывается в камеру под действием имеющегося внутри камеры разрежения. Центробежная сила (более чем в

Витебский государственный технологический университет

100 000 раз превышающая вес волокна), плотно прижимает конец пряжи к стенке сборной поверхности, точно так же, как и для волокон.

Таким образом, когда ротор вращается, он увлекает пряжу, она обкатывается по жёлобу прядильной камеры, собирая на щетинообразный кончик волокнистую мычку. Каждый оборот ротора образует один виток. Доступ к корпусам ротора осуществляется через откидной механизм открывания как вручную, так и с помощью роботов. Оттяжные валы *10, 11* вращаются и выводят из камеры введённую для присучивания нить, поступающие при этом в прядильную камеру волокна начнут прикручиваться к нити, и происходит непрерывный процесс формирования пневмомеханической пряжи. Пряжа подаётся к мотальному валу *9* для наматывания на бобину *8*. Основное кручение пряжа получает внутри прядильной камеры.

Масса бобин до 6 кг. Применение больших паковок позволяет реже производить их смену, а независимость наматывания от кручения – менять паковки без останова машины. Следовательно, кручение пряжи осуществляется механическим способом, формирование – пневматическим, поэтому эти машины называются пневмомеханическими. Технологическая схема современной ППМ представлена на рисунке 4.8.



1 – питающая воронка;
2 – питающий столик;
3 – питающий цилиндр;
4 – дискретизирующий барабанчик;
5 – устройство Bypass и канал сороудаления;
6 – конфузор;
7 – пряжевыводная воронка;
8 – прядильная камера (ротор);
9 – керамическое сопло (воронка);
10 – датчик контроля качества пряжи;
11 – оттяжные валы;
12 – парафинирующее устройство;
13 – выходная бобина

Рисунок 4.8 – Схема современной ППМ:

Ведущими производителями ППМ являются фирмы *Saurer Schlafhorst, Rieter (Германия), Savio (Италия)* (табл. 4.3).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.3 – Техническая характеристика пневмомеханических прядильных машин

Модель	R70	BD480 plus	Autocore 9, Autocore 10	HelioS
Фирма	Rieter	Saurer Schlafhorst	Saurer Schlafhorst	Savio
Вид перерабатываемого волокна	натуральные и химические волокна с длиной 60 мм			
Расстояние между камерами, мм	245	210	230	230
Линейная плотность ленты, ктекс	2,5-7,0	2,5-7,0	2,5-8,0	3,0-7,4
Вытяжка	25-400	40-350	25-400	20-350
Линейная плотность пряжи, текс	10-200	15-588	10-167	14,7-245
Крутка, кр./м	196-1500			
Частота вращения дискретизирующего барабанчика, об/мин	6000-10 000	до 10 000	до 11000	5000-11000
Диаметр прядильных камеры, мм	26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 46, 47, 56, 57	32-76		32-64
Частота вращения ротора, мин$^{-1}$	175 000	120 000	180 000	125 000
Скорость подачи ленты, м/мин	0,04-13,0			
Скорость выпуска, м/мин	при 240 вып. – 350 м/мин при 600 вып. – 255 м/мин при 700 вып. – 240 м/мин	цилиндрические паковки – до 180 м/мин; конические паковки – до 165 м/мин	300	250
Размеры тазов, d×H, мм	420(500)×1070 (1200)	350×900,400×900	457 (530)×900 (1200)	400×900, 50×1070, 500×1200
Диаметр выходной паковки, мм	цилиндрическая – 350 мм, коническая – 270 мм	цилиндрическая – 300 мм, коническая – 280 мм	цилиндрическая – 300 мм, коническая – 280 мм	цилиндрическая – 320 мм
Масса выходной паковки, кг	до 6	цилиндрическая – 4,2 кг; коническая – 3,5-3,8 кг	До 5	До 5
Число выпусков	до 700	512	480	520
Роботы	1, 2, 3, 4 робота		2, 4 или 6 роботов	
Габаритные размеры, мм. Ширина×высота×длина	3260×3080×7822+2503*n (при 4 роботах) 3260×3080×10405+2503*n (при 6 роботах), n – число секций	1200×1780×8245	1547 (без робота) ×2598×11175 2565 (с роботом) ×2598×11175	3100×3000× 68703

Витебский государственный технологический университет

4.4 Формирование дискретного потока волокон. Устройство узла питания

4.4.1 Требования к питающей ленте

На ППМ рекомендуется перерабатывать волокна с длиной до 60 мм (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Виды перерабатываемых волокон на ППМ

Натуральные волокна	Искусственные волокна	Синтетические волокна
Хлопок (коротковолокнистый, средневолокнистый), кардный, гребенной	Вискоза (CV)	Полиэстер (PES)
Хлопковые отходы ≤ 22 мм (восстановленные)	Модальное	ПАН
Гребенной очёс (хлопок)	Микромодальное (волокно <1,1 дтекс)	Полиамид (PA)[1]
Смеси из 2 и более компонентов (CO/PES, CO/CV)	Лиоцелл (CLY)	Параарамид (номекс, кевлар)[1]
Лубяные волокна: лен, джут, рами	Tensel (Тенсел)	Полипропилен (PP)[1]
Ангорская и овечья шерсть (до 60 мм)	-	Поливинилхлорид (ПВХ) [1]
Шерстяной гребенной очес	-	Биополимерные волокна только на стадии экспериментов
Шерсть и лён в смесях с хлопком, вискозой или п/эф, но не в смесях друг с другом	-	Смеси искусственных волокон (п/эф/вискоза и ПАН/вискоза)

Примечание. 1 – эти типы волокон обрабатываются только в исключительных случаях.

При пневмомеханическом способе прядения предъявляются повышенные требования к качеству питающей ленты.

Для хлопковой и хлопковискозной ленты:

– содержание жёстких пороков в 1 г ленты должно быть не более: для пряжи 71,4÷36 текс – 1,2%, 29÷25 текс – 0,8%, 20÷14,5 текс – 0,4%;

– содержание мелких соринок в 1 г ленты – не более 150 мг (при подсчёте на стекле площадью 600 $см^3$);

– масса соринки – не более 0,12÷0,15 мг;

– средняя засорённость смеси из хлопка – не более 4%;

– засорённость хлопковой ленты должна быть ниже 1,2–1,4%;

– неровнота по массе метровых отрезков ленты – не более 1,5%;

Витебский государственный технологический университет

– неровнота ленты по прибору Uster Tester: для ленты линейной плотности Тл = 5ктекс – 3,8%, для Тл = 4 ктекс – 4%, Тл = 3,57 ктекс – 4,3%, Тл = 2,94 ктекс – 4,8 %.

Для вискозной, вискознохлопковой ленты и синтетической ленты:

– не должно быть склеек, непрорезанных и перепутанных волокон;

– неровнота по массе метровых отрезков ленты – не более 1,7%;

– неровнота ленты по прибору *Uster Tester* аналогична хлопковой ленте;

– антистатическая обработка термостойкими авиважными препаратами;

– содержание волокна с длиной 45÷50 мм – не более 0,4%;

– не допускается содержание непрорезанных волокон длиной 50 мм и выше.

Для шерстяной и лубяной ленты:

– для шерсти требуется интенсивная очистка. Остаточная жирность не должна превышать 0,5%;

– все лубяные волокна требуют интенсивной очистки от грубых волокон и пыли (удаление костры, разделение комплексов волокон);

– из-за низкой прочности шерстяные и лубяные волокна рекомендуется перерабатывать в смесях с искусственными волокнами или хлопком, которые действуют как стабилизирующие волокна.

Типовые сортировки допускают использование гребенных очёсов длинноволокнистого хлопка для менее ответственного ассортимента в количестве: для пряжи от 25 до 29 текс – 25÷40%, для пряжи от 36 до 46 текс – 40÷60% и для пряжи 50 текс и более – 60÷75%. При этом средневзвешенная длина волокон компонентов в смеси должна быть не менее 21 мм.

При выборе длины волокон в ленте необходимо учитывать, что она не должна превышать длину желоба камеры.

Линейная плотность ленты должна выбираться, исходя из рекомендаций, представленных на рисунке 4.9.

При пневмомеханическом прядении линейная плотность волокон и, следовательно, количество волокон в поперечном сечении пряжи, имеют наибольшее влияние на процесс прядения. Отношение линейной плотности пряжи к линейной плотности волокон определяет предел прядения, начиная с которого обеспечивается стабильный процесс прядения. Для обеспечения этих условий, а также для достижения высокой прочности пряжи, последняя должна производиться с большим количеством волокон (не менее 90÷110 (120)) в поперечном сечении пряжи (табл. 4.5).

Витебский государственный технологический университет

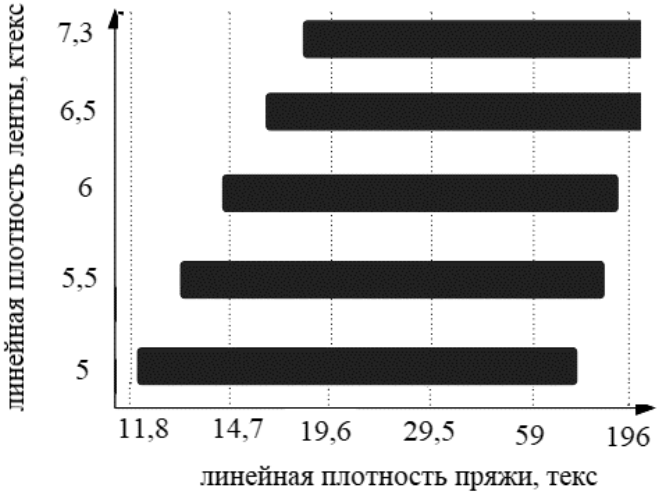


Рисунок 4.9 – Оптимальный выбор линейной плотности ленты

Таблица 4.5 – Предел прядения пряжи в зависимости от числа волокон

	Линейная плотность волокна, текс	Линейная плотность пряжи, текс
100% кардный хлопок (110 волокон в сечении пряжи[1])	0,126	14
	0,138	15
	0,158	17
	0,165	18
	0,177[2]	21
	0,197[2]	24
Искусственные волокна (90 волокон в сечении пряжи)	0,11	10
	0,13	12
	0,17	15
	0,22	20

Примечания:

1. При использовании гребенных волокон рекомендуется 90–100 волокон в поперечном сечении пряжи.

2. Для грубых волокон (Тв ≥ 0,177 текс) в основном коротких или очень коротких предел прядения составляет не менее 120 волокон в поперечном сечении.

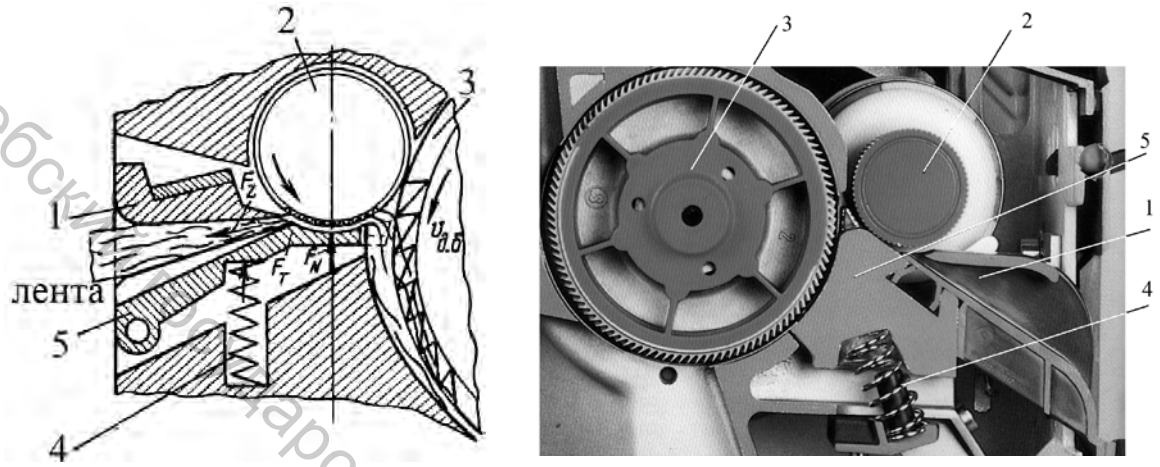
4.4.2 Питание машины лентой

Лента с ленточных машин линейной плотности 3÷7 ктекс поступает на ППМ в тазах диаметром 350–500 мм. Масса ленты в тазу зависит от диаметра таза и способа укладки.

Из таза лента (рис. 4.10) выбирается рифлёным питающим цилиндром *2*. Лента проходит через воронку *1*, уплотняется и получает прямоугольное сечение. Сечение ленты изменяется вследствие увеличения плотности волокон. Диаметр питающей воронки зависит от вида сырья и составляет 10÷15 мм. Плотность волокон увеличивается при прохождении через воронку, так как сечение воронки уменьшается. Возникаю-

Витебский государственный технологический университет

щие поперечные деформации создают поперечные напряжения, которые вызывают силы трения на стенках уплотняющей воронки, предотвращающие перемещение крайних слоев волокон в ленте. Однако силы трения могут создать скрытую вытяжку, для предотвращения которой необходимо выходное отверстие уплотняющей воронки устанавливать как можно ближе к зажиму питающего цилиндра со столиком *5*.



а б

Рисунок 4.10 – Питающее устройство: а – схематичное изображение; б – разрез в направлении оси питающего цилиндра

Равнодействующей сил трения в уплотняющей воронке будет сила F_z (рис. 4.10), которая оказывает противодействие тяге питающего цилиндра. Сила F_z равна сумме элементарных сил трения на площади соприкосновения ленты с уплотняющей воронкой и силы, необходимой для извлечения ленты из таза. Пружина столика *4* создаёт сжимающую силу F_N, действующую по всей поверхности зажима. На краях поверхности зажима давление на волокна снижается, одновременно с этим понижаются и силы трения между волокнами. Появляется реальная возможность для преждевременного вытаскивания этих волокон зубьями дискретизирующего барабанчика *3*. Если сила трения между лентой и столиком $F = F_N \cdot \mu_C$, где μ_C – коэффициент трения волокон о столик, то условия равномерной подачи ленты к дискретизирующему барабанчику можно выразить уравнением:

$$F_Z + F < F_Ц \cdot \mu_Ц, \qquad (4.1)$$

где $F_Ц$ – сила трения ленты о питающий цилиндр; $\mu_Ц$ – коэффициент трения ленты о питающий цилиндр.

Так как питающий цилиндр рифлёный и шаг рифления 3 мм, что составляет примерно 10% средней длины перерабатываемого волокна,

Витебский государственный технологический университет

то расстояние от зажима бородки до входа в неё зубьев дискретизирующего барабанчика будет изменяться также на 10%. Если это расстояние будет мало, то могут происходить обрывы волокон.

Следовательно, желательно, чтобы зубья дискретизирующего барабанчика раньше входили в бородку (в этом случае они будут прочесывать бородку на большей длине), но слишком малое расстояние от зажима волокон до входа в неё зубьев дискретизирующего барабанчика может быть причиной обрыва волокон. Расстояние от зажима до входа зубьев дискретизирующего барабанчика в бородку составляет:

$$S_{min} = \frac{l_B}{2}\eta\,, \tag{4.2}$$

где l_B – длина волокна, мм; η – коэффициент распрямленности волокна в чесальной ленте (≈0,65). Если l_B = 30 мм, η = 0,65, то $S_{\min}$ = 9,75.

Дискретизацией называется разделение ленты на отдельные не контактирующие между собой волокна зубьями дискретизирующего барабанчика. Обязательным условием стабильного технологического процесса является создание именно дискретного потока волокон, который не может воспринимать и передавать возникающий от вращения прядильной камеры крутящий момент на волокна, находящиеся в конфузорном канале и на гарнитуре дискретизирующего барабанчика.

Большое влияние на процесс дискретизации оказывает сила зажима волокон при извлечении их из питающей пары. Если эта сила недостаточна, то нарушается переход волокон со скорости питающего цилиндра на скорость дискретизирующего барабанчика. Это приводит к увеличению неровноты дискретного потока и повышению неровноты пряжи. Если сила извлечения волокон из питающей пары (сила дискретизации) больше силы их зажима и больше разрывной нагрузки волокна, то происходит обрыв волокон.

4.4.3 Обрывность волокон в процессе дискретизации

Погружение зубьев гарнитуры дискретизирующего барабанчика в волокнистую бородку зависит от формы поддерживающей поверхности, к которой прижимается бородка (рис. 4.11).

Поддерживающая поверхность эксцентрична поверхности дискретизирующего барабанчика. Это позволяет ленте увеличить под действием сил упругости объём, т. е. уменьшить плотность и уменьшить ударное воздействие зубьев дискретизирующего барабанчика. Приме-

Витебский государственный технологический университет

нение поддерживающей поверхности с вогнутым профилем обеспечивает прочесывание бородки на всей длине.

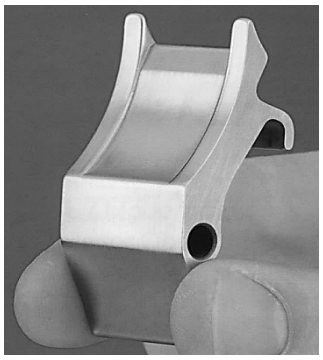
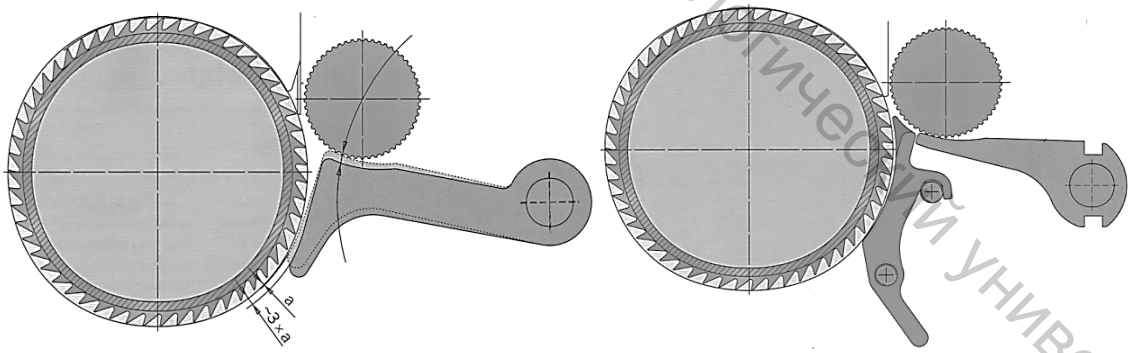


Рисунок 4.11 – Поддерживающая поверхность

Это повышает чешущую и очищающую способность дискретизирующего барабанчика. На рисунке 4.12, а показана обычная поддерживающая поверхность для бородки волокон, совмещённая с откидным питающим столиком. Основной недостаток данной конструкции – переменное расстояние между образующей зубьев дискретизирующего барабанчика и поддерживающей поверхностью.

Разводка в этой зоне зависит от линейной плотности ленты и её неровноты по массе. Без ленты расстояние ***a*** между поддерживающей поверхностью и кончиком зубьев дискретизирующего барабанчика является минимальным. При наличии ленты расстояние увеличивается в соответствии с массой волокон до величины $3 \times a$.

Фирмой Suessen разработана конструкция поддерживающей поверхности в виде элемента, который жёстко прикреплен к корпусу барабанчика (рис. 4.12, б). Профиль поверхности обеспечивает стабильное расстояние ***a*** по всей длине бородки. Такая конструкция снижает обрывность волокон в процессе дискретизации на 50% и уменьшает неравномерность подачи волокон.



а б

Рисунок 4.12 – Поддерживающая поверхность: а) обычная, совмещенная с питающим столиком, б) фиксированная в корпусе Compact SpinBox SC 1-M

Проникание зубьев барабанчика в бородку определяется углом наклона грани зуба к радиусу вогнутой поддерживающей поверхности. Этот угол называют углом чесания β (рис. 4.13). При движении зуба гарнитуры от точки B к точке C угол чесания при вогнутой передней плоскости остается постоянным.

Витебский государственный технологический университет

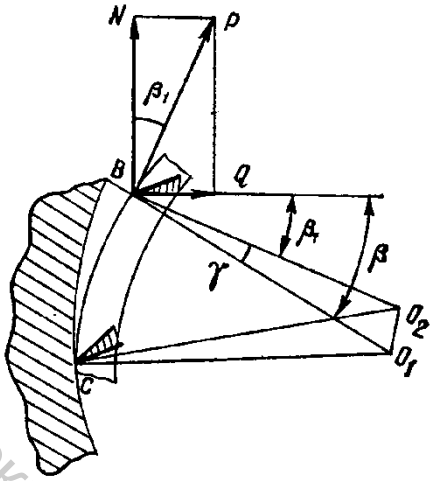


Рисунок 4.13 – Схема силового воздействия зуба гарнитуры дискретизирующего барабанчика на волокна бородки

Если в точке *B* зуб проникает в бородку, т. е. прочёсывает её, то он будет прочёсывать её по всей длине (от точки *B* до точки *C*).

Определим угол чесанияβ в точке *B,* обеспечивающий проникание зуба в бородку без её уплотнения.

$$\beta = \beta_1 + \gamma \,. \qquad (4.3)$$

Рассмотрим силы, действующие на волокна при чесании бородки. При вращении барабанчика зуб его гарнитуры будет воздействовать на каждое волокно с силой *P*, направленной вдоль волокна, т. е. перпендикулярно радиусу поддерживающей плоскости.

Раскладывая силу *P* по направлению передней грани зуба и перпендикулярно к ней, найдем силы *N* и *Q.*

Сила *N* – нормальное давление, прижимает волокно к передней грани зуба, а сила *Q* стремится продвинуть волокно вдоль передней грани зуба к основанию гарнитуры. При движении волокна вдоль передней грани зуба возникает сила трения *T*, которая будет препятствовать движению.

Зуб будет проникать в бородку, т. е. волокна будут двигаться вдоль рабочей грани зуба в сторону основания зуба, если $Q \geq T$. Но

$$T = \eta \cdot N \,; \qquad (4.4)$$

$$N = P \cdot \cos\beta_1 \,; \qquad (4.5)$$

$$Q = P \cdot \sin\beta_1 \,. \qquad (4.6)$$

Подставляя *T, N, Q* в неравенство $Q \geq T$, получим:

$$tg\beta_1 \geq \eta \quad \text{или} \quad \beta_1 \geq arctg\,\eta \,, \qquad (4.7)$$

Но

$$arctg\,\eta = \varphi \,. \qquad (4.8)$$

Тогда $\beta \geq \varphi$, где φ – угол трения.

Угол γ определим из треугольника BO_1O_2 (O_1 – центр изгиба питающего столика; O_2 – центр образующей дискретизирующего барабанчика). По данным завода-изготовителя угол γ равен 9°. Тогда $\beta \geq \varphi + 9$.

Витебский государственный технологический университет

Если принять равным $\varphi = 12°$, как принимает проф. В.А. Ворошилов, то $\beta = 21°$.

Дискретизирующий барабанчик, общий вид которого представлен на рисунке 4.14, обтянут цельнометаллической пильчатой лентой и предназначен для разъединения поступающей волокнистой бородки на отдельные волокна, т. е. формирует дискретный поток.

Дискретизирующие барабанчики, поставляемые в качестве комплектующих деталей, имеют следующую маркировку (рис. 4.15). Производительность дискретизирующего барабанчика определяется: типом и характеристикой зубьев, их состоянием, а также частотой вращения барабанчика.

Рисунок 4.14 – Дискретизирующий барабанчик

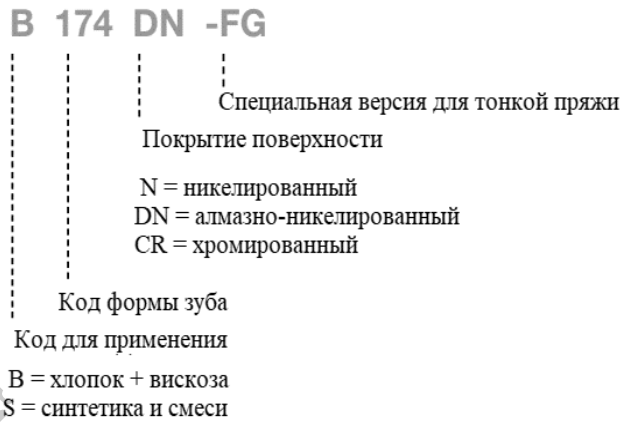


Рисунок 4.15 – Маркировка дискретизирующего барабанчика

Распространены два типа зубьев: тип штифта и саблевидный тип. Тип штифта имеет более высокую износостойкость и длительный срок службы, приводит к меньшему количеству обрывов волокна, однако сложен в изготовлении и не имеет широкого диапазона характеристик зубьев. Саблевидный тип зубьев способствует более плавному отделению волокон от бородки и их подаче к транспортирующему каналу, даже на высоких частотах вращения барабанчика. Однако эта форма зуба способствует большей обрывности волокна. Примером саблевидной формы зуба является гарнитура B188 (Suessen). За счёт более наклонной формы зуба стало возможным снизить частоту вращения дискретизирующего барабанчика при сохранении качества пряжи (табл. 4.6).

Для переработки ленты из смеси шёлка и кашемира лучшее качество пряжи достигается при использовании игольчатой гарнитуры дискретизирующего барабанчика, чем зубчатой.

Важными характеристиками зубьев гарнитуры барабанчика являются: угол наклона передней грани зуба α, расстояние между соседними

Витебский государственный технологический университет

зубьями t, ширина основания зубьев b и высота зубьев h (рис. 4.16). Параметры t и b определяют количество зубьев на единицу площади.

Угол наклона передней грани зуба α – это угол между передней кромкой и горизонталью. Воздействие дискретизирующего барабанчика будет увеличиваться по мере уменьшения переднего угла, и в то же время увеличиваются обрывы волокон. Для хлопка с большим количеством сорных примесей предпочтительным является дискретизирующий барабанчик с меньшим передним углом. Для тонкого хлопка следует использовать больший угол. Для синтетических волокон следует использовать угол наклона 90° или отрицательный угол.

Высота зуба h: большая высота увеличивает интенсивность прочесывания бородки и обеспечивает лучшую дискретизацию и удаление сорных примесей, предпочтительно использовать для засорённого хлопка. Меньшую высоту следует использовать для более щадящего воздействия на волокно, но дискретизация волокон будет хуже.

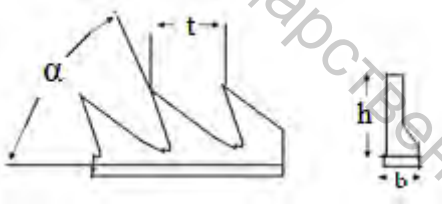


Рисунок 4.16 – Основные параметры гарнитуры зубьев дискретизирующего барабанчика

Плотность зубьев. Количество зубьев на единицу длины и количество рядов зубьев на единицу ширины определяют плотность гарнитуры. Для коротковолокнистого и засоренного хлопка рекомендуется высокая плотность зубьев в диапазоне от 12 до 18 на $см^2$.

Для искусственных волокон следует использовать меньшую плотность зубьев в диапазоне от 5 до 9 на $см^2$.

Для переработки хлопкового волокна и его смесей с вискозным волокном, в которых преобладает хлопок, Rieter рекомендует гарнитуру ОК-40, h = 3,6 мм; t = 2,62 мм, угол наклона передней грани зуба 65–66° и угол чесания 14–15°. Зубья гарнитуры ОК-40 проникают в бородку и энергично прочесывают её по всей длине (рис. 4.17, а).

При переработке вискозного волокна и смесей его с хлопком применяют гарнитуру ОК-36 (рис. 4.17, б): высота зуба 1,2 мм, угол наклона передней грани зуба 90° и шаг зубьев 4 мм, плотность зубьев равно 14,06 зуб/$см^2$. Такая гарнитура, обладая меньшей волокноёмкостью и меньшей захватывающей способностью, обеспечивает разъединение бородки на отдельные волокна и транспортирование менее упругого (по сравнению с хлопковым волокном) вискозного волокна.

Для переработки синтетических штапельных волокон и их смесей рекомендуется гарнитура ОК-37 (рис. 4.17, в) с отрицательным углом наклона зуба 99°, h = 2 мм; шаг зубьев 4,7 мм, плотность зубьев равно

Витебский государственный технологический университет

13,3 зуб/см^2 и обладает ещё меньшей захватывающей способностью по сравнению с гарнитурой ОК-36.

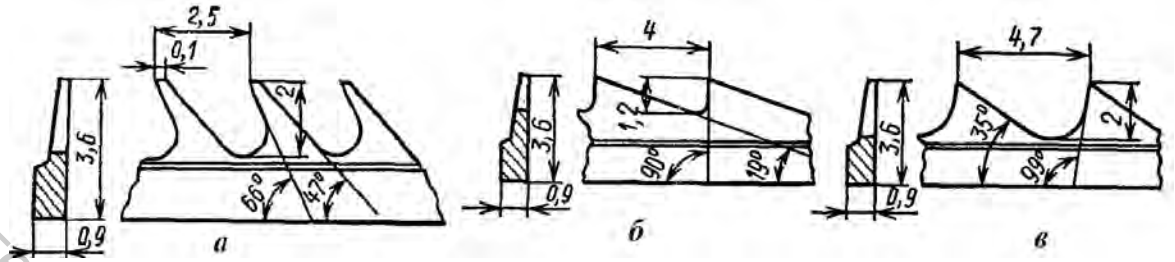


Рисунок 4.17 – Гарнитура дискретизирующего барабанчика:
а – ОК-40; *б* – ОК-36; *в* – ОК-37

Тип ОК-61 используют для смеси хлопка и искусственного волокна, полиэстер/вискоза, 100% искусственного волокна, h = 3,6; t = 3,93 мм; α = 75°. Тип OS-15 – для ПАН-волокна, тип OS-21 – для хлопка и полиэфира, ОВ-20 – для 100% хлопка при высоких скоростях.

Гарнитура типа S43 специально разработана для получения тонкой пряжи из полиэфирных волокон (табл. 4.6). Зубья S43 короче, чем у S21, волокна не могут проникать глубоко в гарнитуру, обеспечивая щадящее воздействие на волокно, это приводит к меньшему прочёсыванию бородки волокна, что компенсируется увеличением скорости дискретизирующего барабанчика. Таким образом, короткие зубья и более высокая скорость дискретизирующего барабанчика обеспечивают меньшую обрывность волокон при производстве тонкой пряжи из ПЭ волокон при сохранении качества пряжи.

Гарантийный срок службы гарнитуры дискретизирущих барабанчиков представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Гарантийные сроки службы элементов дискретизирующих барабанчиков

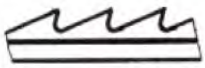
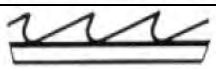
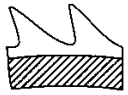
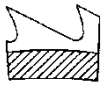
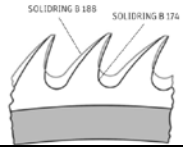
Материал	Тип покрытия гарнитуры	Гарантийный срок службы	Оценка общего срока службы
100% хлопок	N*	4500 кг макс.9000 ч 3000 кг макс.6000 ч	12000-20000 ч
	DN*	9500 кг макс.20000 ч	24000-30000 ч
Полиэфир/хлопок	D* и DN	7000 кг макс.14000 ч	18000-24000 ч
100% полиэфир	DN	4500 кг макс.10000 ч	12000-20000 ч
100% вискоза	DN		
100% ПАН, шерсть	DN		

**расшифровка на рисунке 4.15.*

Типы гарнитур, рекомендуемые фирмами Rieter и Suessen для дискретизирующего барабанчика, представлены в таблице 4.7.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.7 – Виды гарнитуры дискретизирующего барабанчика

Тип гарнитуры	Профиль	Назначение		
фирма Rieter				
ОК-36		вискозные волокна, и смеси с вискозой		
ОК-37		синтетические волокна и смеси		
ОК-40		хлопковые волокна; регенерированные; смеси с большим вложением хлопка		
ОК-61		хлопковые+химические волокна; ПАН; полиэфирные; регенерированные; смеси		
ОК-74		льняные волокна; смеси: лён+хлопок, лён+вискоза		
OS-21		вискозные волокна; смеси вискозы с хлопком или полиэфирными волокнами		
фирма Suessen				
S 21 	Покрытие зуба			
	N (никелированный)		DN (алмазное покрытие 3D-coating и никелирование)	D (алмазное покрытие)
S 43	Хлопок/ПЭ; 100% полиэфирные волокна; 100% ПАН-волокна и смеси		Смеси хлопок/ПЭ, 100% ПАН и смеси, 100% вискоза и смеси	100% ПЭ, 100% вискоза и смеси
В 174	Хлопок, загрязненный хлопок (средне- и длинноволокнистый)		Хлопок, загрязненный хлопок, регенерированный хлопок, лён	-
В 174-2 	Длинноволокнистый хлопок для тонкой пряжи		Хлопок, загрязненный хлопок, лён, фасонная пряжа	-
В 20	Длинноволокнистый хлопок, 100% искусственные волокна и смеси		Хлопок (средне- и длинноволокнистый), 100% ПАН и смеси, 100% вискоза и смеси	Лен, 100% вискоза и смеси
В 188 	Ткацкая и трикотажная пряжа линейной плотности 14,7–32 текс из 100% хлопка		-	-

Для уменьшения степени износа поверхности зубьев, контактирующей с волокном, особенно при переработке сильно засорённого хлопка или полиэфирных волокон с введённой в полимер добавкой диоксида титана (для придания матовости), зубья закаляют и применяют дополнительную обработку: алмазное (D) и никелированное покрытие

Витебский государственный технологический университет

(N). Например, фирма Ekatex предлагает частичное или полное покрытие зубьев дисперсиями никеля, полученными химическим способом, с контролируемым включением отверждаемых частиц, фирма Rieter – особо стойкое покрытие XR для полиэфирных волокон.

По истечении ресурса работы зубья гарнитуры изнашиваются и требуют замены. На современных ППМ этот процесс происходит путём смены съёмной втулки, обтянутой зубчатой гарнитурой (рис. 4.18), которая устанавливается на остов барабанчика.

Такой подход позволяет снизить стоимость замены, более быстр, есть возможность повторных замен втулки без замены остова, который имеет минимальный износ.

Сменные элементы дискретизирующего барабанчика предлагают фирмы Rieter и Burckhardt (Швейцария).

Рисунок 4.18 – Съёмная втулка с гарнитурой

4.4.4 Определение силы, возникающей в процессе дискретизации

Зубья гарнитуры, проходя через бородку, своими боковыми поверхностями и передними гранями создают определённое натяжение волокон и стремятся извлечь волокна из бородки. Этому процессу препятствуют силы, создаваемые зажимом питающий цилиндр, – питающий столик. При сильном зажиме без разрыва могут быть отделены от бородки только волокна, вышедшие из зажима.

Волокна или комплекс волокон при вытягивании их из бородки изменяют движение со скорости питающего цилиндра $V_{П.Ц.}$ на скорость дискретизирующего барабанчика $V_{Д.Б.}$ Это изменение вызывает изменение импульса силы $F_Д$ за время Δt на комплекс волокон массой $m_Д$. Так как $V_{П.Ц} << V_{Д.Б.}$, то

$$F_Д = \frac{m_Д \cdot V_{Д.Б}^2}{2 \cdot \Delta x}. \qquad (4.9)$$

При значительной величине силы $F_Д$ и большой силе зажима волокон в питающем устройстве волокна могут обрываться, следовательно, для предотвращения обрыва волокон дискретизирующим барабанчиком необходимо добиться полного разъединения комплексов волокон на отдельные волокна в поступающей ленте.

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

Усилие дискретизации направлено на преодоление сил трения между волокнами и питающим столиком, между волокнами и питающим цилиндром и между волокнами в бородке. Процесс дискретизации может протекать нормально, когда нет обрыва волокон и нет проскальзывания волокон в питающем зажиме. Для этого сила зажима волокон между питающим столиком и цилиндром должна быть больше силы дискретизации.

Практически усилие дискретизации определяют методом тензометрии. С увеличением распрямлённости волокон в поступающей ленте усилие дискретизации уменьшается. Так, при увеличении распрямлённости волокон в ленте с 66,9 до 79,5% усилие дискретизации уменьшается на 13–18%. Усилие дискретизации больше при движении большинства волокон загнутыми кончиками вперёд. При увеличении линейной плотности поступающей ленты на 10–15% дискретизирующее усилие увеличивалось на 30–50% в зависимости от распрямлённости и направления волокон.

На обрыв и повреждаемость волокон оказывает влияние интенсивность воздействия дискретизирующего барабанчика на бородку. Интенсивность дискретизации характеризуется показателями:

– вытяжкой между дискретизирующим барабанчиком и питающим цилиндром $E = \frac{V_{Д.Б.}}{V_{П.Ц.}}$ (Е=3000÷9000), выбирают в зависимости от линейной плотности вырабатываемой пряжи и ленты, а также характеристик волокна;

– числом воздействий зубьев гарнитуры дискретизирующего барабанчика, приходящихся на одно волокно:

$$m = \frac{z \cdot n_{Д.Б.} \cdot T_В \cdot l}{\left(T_Л \cdot 1000 v_П\right)}, \qquad (4.10)$$

где z – число зубьев на поверхности дискретизирующего барабанчика; $n_{Д.Б.}$ – частота вращения дискретизирующего барабанчика, мин$^{-1}$; $T_В$; $T_Л$ – линейная плотность соответственно волокна и ленты, текс; l – средняя длина волокон питающей ленты, мм; $v_П$ – скорость питания, м/мин;

– удельной загрузкой гарнитуры барабанчика, мм$^{-1}$, то есть числом волокон в 1 мм поперечного сечения потока вокруг барабанчика:

$$\alpha = \frac{60 \cdot T_C \cdot V_{П.Ц.}}{b \cdot V_{Д.Б.} \cdot T_В}, \qquad (4.11)$$

где b – ширина барабанчика по гарнитуре, мм; Tc – линейная плотность слоя волокон, подаваемого на барабанчик, текс ($Tc \approx Tл$).

Витебский государственный технологический университет

С увеличением частоты вращения барабанчика повышается интенсивность его воздействия на волокно. Наиболее сильному воздействию подвергаются передние кончики волокон. При направлении волокон в зону дискретизации загнутыми кончиками вперёд они могут быть оборваны. Также при использовании длинноволокнистого хлопка чаще возникают обрывы волокна из-за более длительного воздействия дискретизирующего барабанчика. Обрыв длинных волокон подтверждается частотным распределением длины волокна волокнистой ленточки, взятой из ротора прядильной камеры, при различных скоростях дискретизирующего барабанчика, показанным на рисунке 4.19.

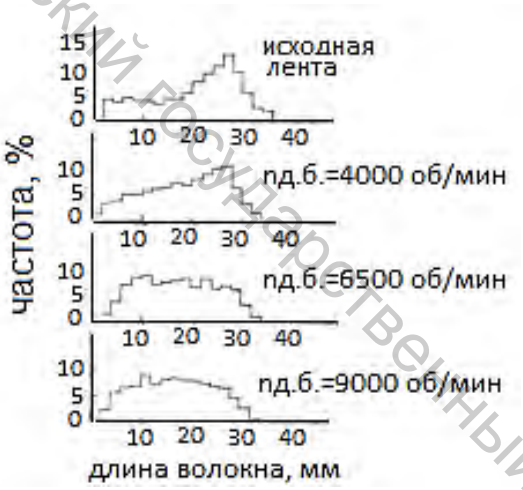


Рисунок 4.19 – Частотный анализ длины волокон в ленточке

Анализ длины волокон в ленте показал, что пик приходится на длину 28 мм, при этом пик полностью отсутствует на диаграммах 6500 и 9000 мин$^{-1}$. Таким образом, потеря прочности пряжи при частоте вращения барабанчика 9000 мин$^{-1}$ происходит из-за более частого обрыва волокна. Однако при этой скорости наблюдается улучшение показателя неровноты по массе метровых отрезков пряжи, и это перевешивает эффект увеличения обрывности. Поэтому оптимальная частота вращения дискретизирующего барабанчика при обработке хлопковых волокон 6500÷9000 мин$^{-1}$, для химических волокон 5500÷7000 мин$^{-1}$.

4.5 Сороудаление

Лента, поступающая на ППМ, несмотря на проведенную очистку, содержит сорные примеси и пыль, которые, попадая в жёлоб прядильной камеры, изменяют геометрию канавки, вызывая ухудшение стабильности прядения: увеличивают обрывность продукта и вызывают частые остановы камер для их чистки. Из-за чрезвычайно высоких центробежных сил частица мусора весом всего 0,2 мг может создавать массу, равную 15 г, действующую на мычку, что предотвращает распространение крутки, вызывая обрывность и, как следствие, снижение КПВ. При этом необходимо понимать, что удаление сора при пневмопрядении ни в коем случае не может заменить очистку хлопка во время подготовки к прядению.

В основном все устройства для удаления сорных примесей в ППМ одинаковы, отличие составляет размер отверстия сороотводящего кана-

Витебский государственный технологический университет

ла в корпусе дискретизирующего барабанчика. Принципиально процесс сороудаления происходит следующим образом (рис. 4.20).

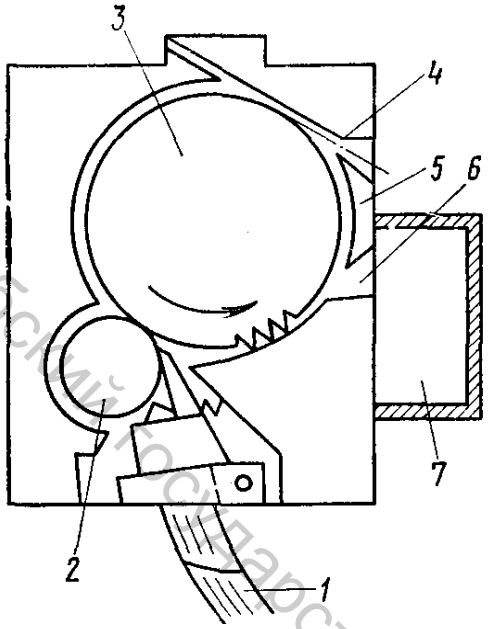


Рисунок 4.20 – Схема узла сороудаления

Лента *1* подается питающим цилиндром *2* к дискретизирующему барабанчику *3,* который разрушает сцепление между волокнами и сорными примесями, и дискретный поток волокон по конфузору *4* воздухом подается в прядильную камеру.

Сорные примеси, имеющие большую массу по сравнению с массой волокон, а, следовательно, обладающие большей центробежной силой, отрываются от поверхности барабанчика и по каналу *6* попадают в соросборную камеру *7*. Отбойный нож *5* способствует более полному удалению сора. Вместе с соринками выделяются короткие и незрелые волокна, пыль.

Компания Suessen разработала очиститель Sweep Cat для удаления извлечённого сора, приводимого в действие отдельными двигателями с каждой сторонки машины (рис. 4.21). Выделенные отходы из соросборной камеры попадают на конвейерную стальную ленту *1*, с которой ползунком *2* поочередно переносятся к передней или задней головной части машины. С обеих сторон машины собранные отходы удаляются всасывающими соплами и под действием вакуума засасываются в центральный корпус фильтра. Всасывающие сопла управляются таким образом, что работает только то, к которому движется конвейерная лента, на которой закреплен ползунок (рис. 4.22). Точка переключения контролируется датчиком. Если лента меняет направление движения, текущее активное всасывающее сопло закрывается и включается всасывающее сопло на противоположной стороне машины. Щётка *3*, закреплённая на ползунке, непрерывно очищает корпус под дискретизирующими барабанчиками.

Одна из проблем, возникающих при пневмомеханическом прядении, связана с циркуляцией волокон вокруг дискретизирующего барабанчика: некоторые волокна продолжают двигаться с барабанчиком из-за недостаточного всасывания в точке входа в транспортирующий канал. При увеличении интенсивности всасывания ухудшается удаление сорных примесей при дискретизации. Чтобы решить эту проблему, компания Suessen разработала элемент BY pass – перекрываемое отверстие для регулирования воздухозабора – располагается после сороотводящего канала (рис. 4.23).

Витебский государственный технологический университет

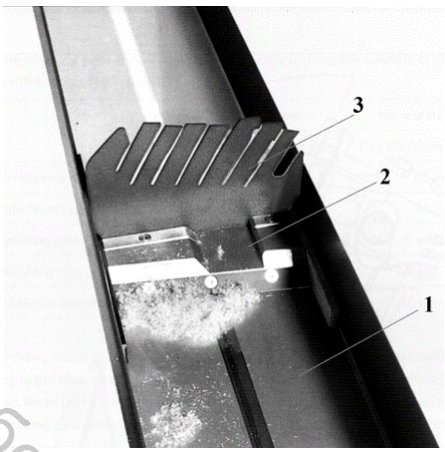


Рисунок 4.21 – Очиститель Sweep Cat

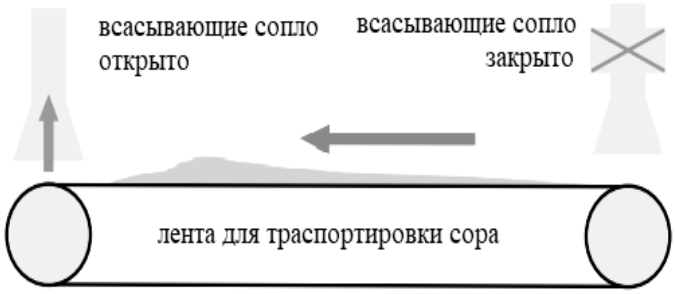


Рисунок 4.22 – Транспортирование сорных примесей

С его помощью воздушный поток попадает на зубья дискретизирующего барабанчика по касательной, в результате чего волокна приподнимаются из промежутков между зубьями гарнитуры, это обеспечивает их отрыв от барабанчика и подачу к транспортирующему каналу. При этом скорость воздуха в точке удаления сорных примесей поддерживается на более низком уровне за счёт регулировки забора воздуха в BY pass.

На рисунке 4.23 указаны возможные позиции установки BY pass:

– полностью открыт (рис. 4.23, а) – для удаления максимального количества сорных примесей, рекомендуется для кардного хлопка с высоким содержанием сора;

– отверстие перекрыто на 50% (рис. 4.23, б) – нормальная настройка удаления сора, рекомендуется для кардного хлопка с небольшим количеством сора и смесей хлопка с химическими волокнами;

– отверстие полностью перекрыто (рис. 4.23, в) – рекомендуется для лент из химических волокон, а также смесей хлопка с химическими волокнами.

Эффективность сороудаления можно определить по формуле

$$Э = \frac{P_O \cdot P_{ПР}}{P}, \qquad (4.12)$$

где P_O – количество отходов, % (определяется отношением массы отходов к массе перерабатываемой ленты в единицу времени); $P_{ПР}$ – содержание сорных примесей в отходах, % (определяют ручным разбором); P – общее количество сорных примесей в поступающей ленте, %.

Витебский государственный технологический университет

а б в

Рисунок 4.23 – Регулировка сороудаления элементом Bypass

Содержание сорных примесей, удаляемых дискретизирующим барабанчиком, зависит от засорённости ленты и колеблется в пределах 35–70%. При Э=0,7 процесс выделения сорных примесей считается хорошим.

Фирмой Suessen разработано дополнительное направляющее устройство для волокон Trash Adapter (рис. 4.24), расположенное в зоне удаления сорных примесей, которое применяется при переработке 100% регенерированных волокон, смесей со льном, смесей искусственных волокон с регенерированной шерстью и при получении фасонной пряжи.

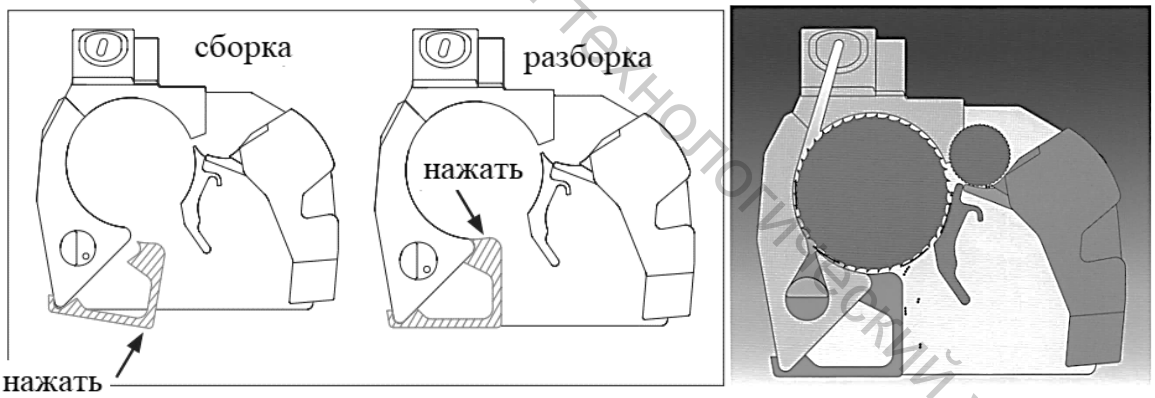


Рисунок 4.24 – Установка Trash Adapter

Trash Adapter представляет собой алюминиевый профиль с плазменным покрытием в местах контакта волокна и сорных примесей. Адаптер защелкивается на боковой стенке корпуса и уменьшает диаметр отверстия сороотводящего канала, а также служит дополнительной направляющей для волокна. При использовании Trash Adapter предотвращается нежелательное извлечение коротких волокон и волокон большой линейной плотности, сохраняется постоянным процентное содержание компонентов в составе ленты после дискретизации, снижается на 50–80% попадание прядомых волокон в сороотводящий канал.

Витебский государственный технологический университет

4.6 Транспортирование дискретного потока волокон

Сущность этого процесса заключается в перемещении дискретного потока волокон воздухом от дискретизирующего барабанчика ***O*** внутри транспортирующего канала ***D*** до сборной поверхности прядильной камеры ***K*** и далее в её жёлоб ***R*** силами инерции (рис. 4.25).

Скорость воздуха в радиальном направлении увеличивается от дискретизирующего барабанчика до стенок транспортирующего канала. Как видно на рисунках 4.25 и 4.26, транспортирующий канал по мере продвижения волокна сужается, в результате чего скорость воздуха возрастает, турбулентность воздуха сводится к минимуму, и волокна распрямляются. На выходе из транспортирующего канала волокна дополнительно ускоряются и попадают на сборную поверхность прядильной камеры распрямлёнными.

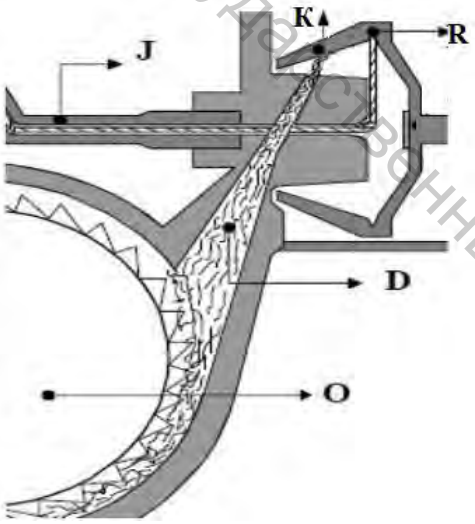


Рисунок 4.25 – Схема транспортирования дискретного потока волокон

Рисунок 4.26 – Конфузор

Высокоскоростная кинематография показала, что волокна отделяются от зубьев дискретизирующего барабанчика в области сороотводящего канала и засасываются воздушным потоком, поступающим в транспортирующий канал.

Канал с узким прямоугольным поперечным сечением оказывает большее выпрямляющее действие на волокна, чем канал с круглым поперечным сечением. Для этих целей на современных ППМ на входе в транспортирующий канал устанавливают сменный элемент CHANEL pass (рис. 4.27).

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 4.27 – Устройство CHANNEL pass

Отношение скорости воздуха на входе в транспортирующий канал к скорости дискретизирующего барабанчика имеет решающее влияние на качество пряжи: скорость воздуха в транспортирующем канале должна быть в 1,5–2 раза больше скорости дискретизирующего барабанчика.

Наличие канала Speed Pass (рис. 4.28, а) в конфузоре позволяет увеличить объём воздуха и, следовательно, Скорость движения потока волокон на участке от конфузора до сборной поверхности прядильной камеры. Особенно канал подходит для транспортировки искусственных волокон или смесей содержащих более 50% искусственных волокон, большой массы волокон (при производстве пряжи большой линейной плотности) в прядильную камеру без дополнительного увеличения давления всасывания в неё, обеспечивает трехкратное распрямление волокон во время их транспортировки. Через канал Speed Pass также удаляется микропыль (мелкие фрагменты волокон и пыли размером 1–50 мкм, прочно связанных с волокнами за счёт электростатических зарядов), не допуская её накопления в жёлобе камеры, так как это приводит к снижению качества пряжи, частым обрывам, сокращению срока службы ротора.

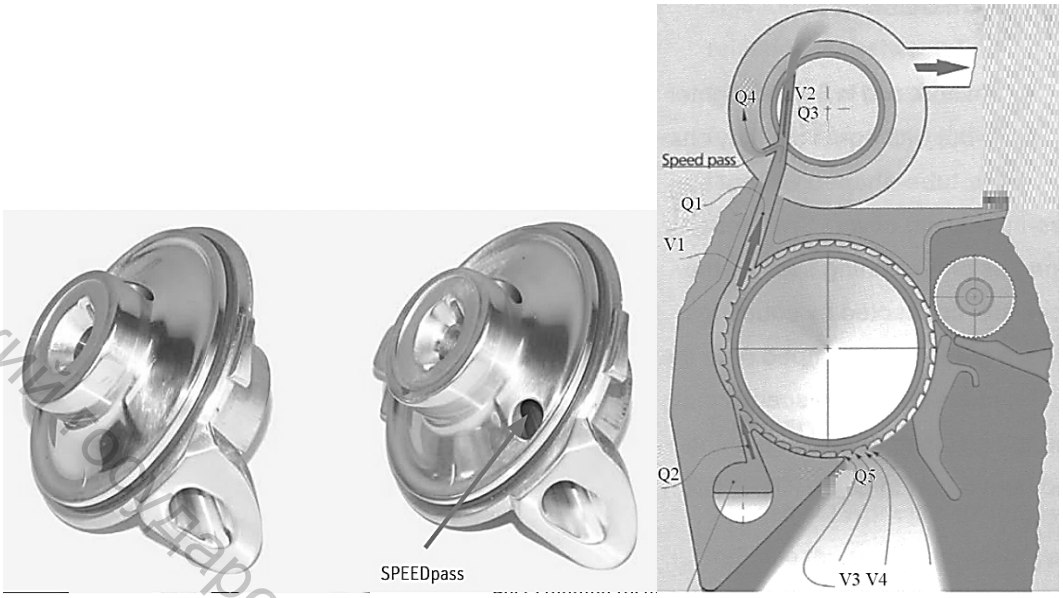
На рисунке 4.28, б показан частный случай соотношения расхода и скорости воздуха на различных участках от дискретизирующего барабанчика до прядильной камеры:

- объём поступающего воздуха в конфузор Q_1 =187 л/мин;
- скорость воздуха в начале канала V_1 =44 м/с;
- объём выходящего из конфузора воздуха Q_3 =132 л/мин;
- скорость воздуха в конце конфузора V_2 =92 м/с;
- объём поступающего воздуха BY pass Q_2 =66 л/мин;
- объём воздуха в канале Speed Pass Q_4 =55 л/мин;
- объём воздуха в сороотводящем канале Q_5 =121 л/мин;
- скорость воздуха в сороотводящем канале при открытом BY pass V_3 =24 м/с;
- скорость воздуха в сороотводящем канале при закрытом BY pass V_4 =37 м/с.

На участке от дискретизирующего барабанчика до сборной поверхности прядильной камеры осуществляется транспортное вытягивание: скорость прядильной камеры больше скорости дискретизирующего барабанчика ($V_{П.К.} > V_{Д.Б.}$) и при транспортировании волокна получают относительное смещение – дискретный поток утоняется.

Витебский государственный технологический университет

Утонение определяется транспортной вытяжкой $E_{TP} = \frac{V_{П.К.}}{V_{Д.Б.}}$.



а б

Рисунок 4.28 – Канал SPEED pass

Поток волокон при транспортировании проходит три зоны.

I. Зона конфузора, т. е. сужающегося канала круглого или эллиптического сечения. Если длина конфузора больше длины волокон, движущихся в нём, то постепенно возрастающая скорость воздуха (а, следовательно, волокон) по длине конфузора обусловливает относительное смещение этих волокон и утонение дискретного потока. Вытяжка E'_{TP} в конфузоре определяется соотношением скоростей воздушного потока на выходе и входе конфузора. При эксплуатации машины она не может меняться.

II. Зона неконтролируемого транспортирования потока волокон от выходного отверстия конфузора до наклонной стенки (сборной поверхности) прядильной камеры. Дискретный поток волокон, выходящий из конфузора, может попадать непосредственно на сборную поверхность камеры или вначале на внешнюю поверхность сепаратора, а затем на наклонную стенку. На этом участке движения дискретного потока волокон, где прямолинейный воздушный поток попадает во вращающийся поток внутри прядильной камеры, управление движением волокон является сложной задачей. Вытяжка E''_{TP} в этой зоне определяется отношением линейной скорости сечения сборной поверхности камеры к скорости волокон на выходе конфузора.

III. Зона смещения волокон на наклонной плоскости сборной поверхности от сечения, в котором произошло осаждение волокна, до жё-

Витебский государственный технологический университет

лоба с наибольшим диаметром сечения прядильной камеры. Это смещение волокон обусловлено центробежными силами, которые преодолевают силы трения, возникающие между волокнами и сборной поверхностью камеры. Величина этих сил трения зависит от угла наклона сборной поверхности. Вытяжка в этой зоне $E'''_{TP} = \dfrac{E_{TP}}{E'_{TP} \cdot E''_{TP}}$. При эксплуатации её нельзя изменять, так как она определяется конструкцией прядильной камеры.

Дискретные потоки волокон в конфузоре и в слое, который укладывается в жёлобе камеры за каждый её оборот, отличаются между собой. В первом потоке число волокон в сечении больше единицы и дискретизация волокон проявляется по сечению потока. Во втором потоке (слое) число волокон в сечении меньше единицы и дискретизация волокон проявляется по его длине. Следовательно, вытяжка при дискретизации и транспортировании:

$$E_Д \cdot E_{TP} = \frac{V_{П.К.}}{V_{П.Ц.}} = \frac{m_Л}{m_{В.С.}} > m_Л \text{ или } m_{В.С.} < 1, \qquad (4.13)$$

где $m_Л$ и $m_{В.С.}$ – число волокон в сечении ленты и волокнистого слоя.

Для оценки степени дискретизации волокнистого слоя, укладываемого за один оборот прядильной камеры, определяют коэффициент дискретизации *Кд*:

$$K_Д = \frac{T_В}{T_{В.С.}} = \frac{1}{m_{В.С.}}, \qquad (4.14)$$

где $T_{В.С.}$ и $T_В$ – линейная плотность волокнистого слоя и волокна.

При производстве пряжи средней линейной плотности *Кд* = 1,1...2,4 и $m_{В.С.}$ = 0,9...0,4.

Известно, что общая вытяжка на ППМ:

$$E = \frac{T_Л}{T_{ПР}} = \frac{V_{В.В.}}{V_{П.Ц.}} = E_Д \cdot E_{TP} \cdot E_Ф = E_Д \cdot E_{TP} \cdot \frac{V_{В.В.}}{V_{П.К.}} = E_Д \cdot E_{TP} \cdot \frac{V_{В.В.}}{\pi \cdot D_{П.К.} \cdot n_{П.К.}} = \frac{E_Д \cdot E_{TP}}{\pi \cdot D_{П.К.} \cdot K}. \qquad (4.15)$$

Отсюда

$$E_Д \cdot E_{TP} = \pi \cdot D_К \cdot K \cdot E_Ф = \pi \cdot D_К \cdot K \cdot \frac{T_Л}{T_{ПР}}, \qquad (4.16)$$

Витебский государственный технологический университет

где $T_Л$ и $T_{ПР}$ – линейная плотность питающей ленты и пряжи, текс; $V_{В.В.}$ – скорость выпуска, м/мин; $E_Ф$ – вытяжка формирования; $V_{П.К}$, $D_{П.К}$ и $n_{П.К}$ – соответственно скорость (м/мин), диаметр (м) и частота вращения (мин$^{-1}$) прядильной камеры; $К$ – заправочная крутка пряжи, кр./м.

4.7 Детали механизма формирования пряжи

4.7.1 Прядильная камера

Прядильная камера (ротор) представляет собой непосредственно чашу камеры *1*, запрессованную на конце вала *2* (рис. 4.29). Все механизмы кручения и формирования пряжи динамически балансируют при сборке при частотах вращения, близких к рабочим. Детали механизма должны быть изготовлены с высокой точностью; валик и корпус – из шарикоподшипниковой стали. Валы ротора имеют особую защиту от износа. Концы валов усилены керамическими вставками.

Рисунок 4.29 – Прядильные камеры

Прядильные камеры фирмы Belcoro типов роторов SE выпускают для всех поколений ППМ. В зависимости от модели прядильной машины рекомендуют следующую частоту вращения прядильных камер: SE 20 – до 180000 мин$^{-1}$ (технически возможно до 200000 мин$^{-1}$); SE 10 до SE 12 – до 150000 мин$^{-1}$; SE 12 на Autocoro S 360 – до 130000 мин$^{-1}$; SE 9 – до 130000 мин$^{-1}$; SE 7 и 8 – до 100000 мин$^{-1}$.

Диаметр камеры должен быть достаточно большим, чтобы в жёлобе образовалась волокнистая ленточка, как минимум в 1,2 раза больше длины волокна для нормального протекания процесса.

Потребление энергии и натяжение пряжи увеличиваются с увеличением диаметра камеры, поэтому камеры меньшего диаметра следует использовать при более высоких скоростях. Установлено, что с увеличением диаметра камеры снижается разрывное удлинение пряжи, ухудшается ориентация волокон, что приводит к увеличению количества непсов. В таблице 4.8 представлена рекомендуемая частота вращения прядильных камер в зависимости от их диаметра. Обозначения прядильных камер Belcoro представлены на рисунке 4.30.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.8 – Рекомендации по выбору частоты вращения прядильной камеры

Диаметр камеры, мм	Частота вращения, мин$^{-1}$
28	115 000-160 000
30	95 000-145 000
31	85 000-140 000
33	75 000-135 000
34	75 000-130 000
36	65 000-120 000
40/41	55 000-105 000
46/47	40 000-90 000
56	35 000-75 000

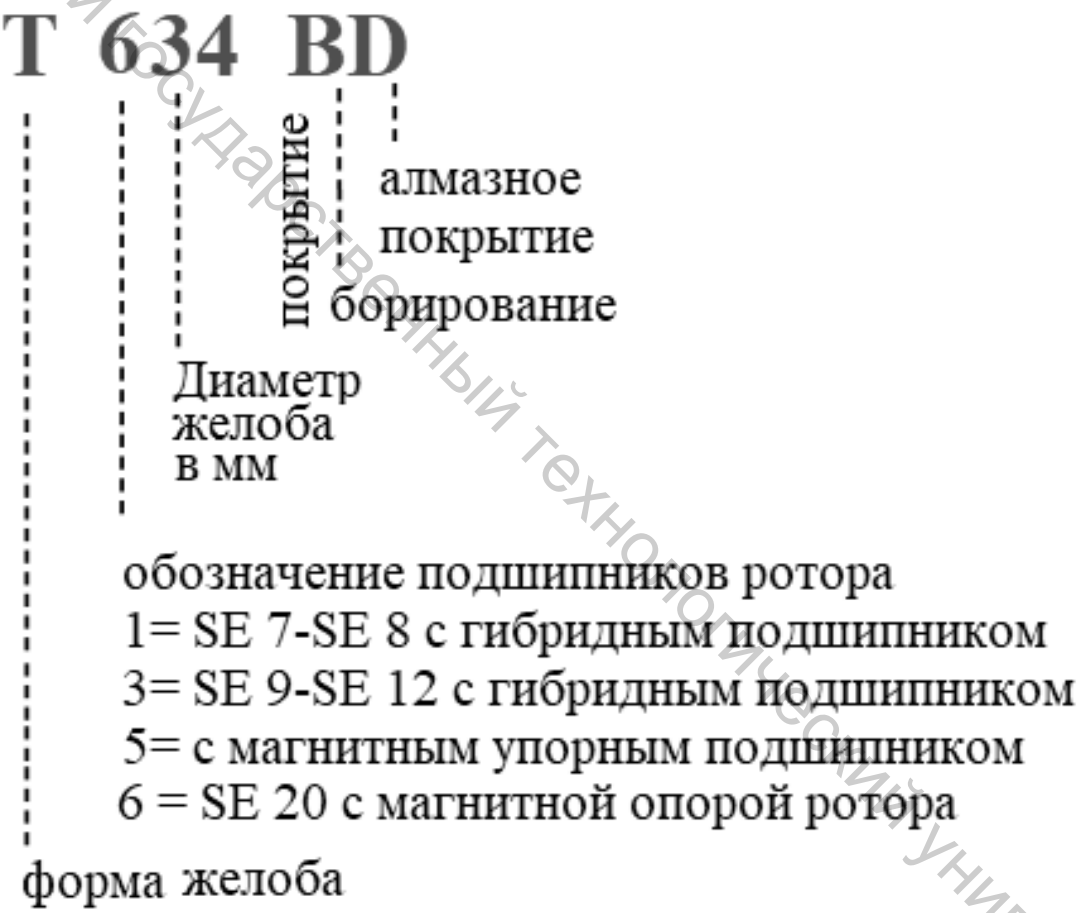
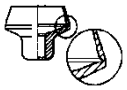
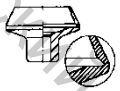
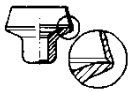
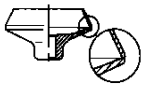
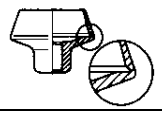
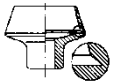
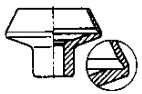
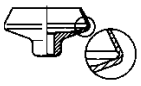
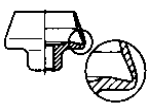


Рисунок 4.30 – Обозначения прядильных камер Belcoro

Профиль жёлоба прядильной камеры подбирают в зависимости от назначения и свойств пряжи. Австрийская компания Broell GmbH&Co.Kg занимается разработкой профилей жёлобов типов T, TC, G, K, S и U – для ППМ компаний Schlafhorst и Suessen, профили S, M, N, DII, DIII и R – для фирмы Rieter. Типы профилей прядильных камер компании Belcoro представлены в таблице 4.9.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.9 – Рекомендации по применению роторов Belcoro

Рекомендации	Ротор G	Ротор GT	Ротор K	Ротор S	Ротор T	Ротор TB5	Ротор TT	Ротор U	Ротор V
Канавка ротора									
Описание	С узкой канавкой	С узкой, острой канавкой	С короткой Т-образной канавкой	С канавкой в виде плавного перехода	С короткой канавкой и опорой на дно	С острой канавкой с переменным радиусом	С открытой канавкой	С широкой канавкой	CV-образной канавкой
Линейная плотность пряжи	От средней до тонкой		Тонкая	От низкой до средне-тонкой	От средней до тонкой		От низкой до средней	Низкая	
Прочность пряжи	++	++	+++	+	+++	+++	++	+	-
Удлинение	++	++	+	+++	++	++	++	++	+
Объёмность	++	++	+	+++	+	+	++	++	+

Область применения	Ротор G	Ротор GT	Ротор K	Ротор S	Ротор T	Ротор TB5	Ротор TT	Ротор U	Ротор У
Грубая ткацкая и джинсовая пряжа	-	++	-	++	++	-	+++	+++	-
Ткацкая пряжа	++	+	+++	+	+++	++	+	-	-
Трикотажная пряжа	+++	-	-	++	++	-	-	-	-
Ворсовая пряжа	++	-	-	+	+++	-	++	-	-
Засорённое сырьё	-	-	-	+++	-	-	++	+	-
Регенерированные волокна	-	-	-	+++	+	-	++	-	-
Смеси льна	-	-	-	++	+	-	+++	-	-
Смеси хлопка с химическими волокнами	+	-	-	+	++	+++	+	-	-
100% химические волокна	+	-	-	+	++	+++	+	-	-
Фасонная пряжа	-	+++	-	-	++	-	++	-	-
Условные обозначения: +++ = очень хорошо, ++ = хорошо, + = условно пригодно, - = непригодно									

Витебский государственный технологический университет

Пыль, сорные примеси, авиваж, матирующие добавки химических волокон во время формирования пряжи действуют как абразив на жёлоб камеры, поэтому для увеличения срока службы камеры на её внутреннюю поверхность наносят специальное покрытие: алмазное (D), борированое (B) и борид/алмазное (BD). Двойное покрытие BD имеет срок службы почти вдвое больше, чем у D – покрытия, так как при большом количестве часов работы алмазное покрытие истирается, а чрезвычайно твёрдое, износостойкое боридное покрытие предотвращает глубокий износ жёлоба камеры после эрозии алмазного покрытия (табл. 4.10).

Таблица 4.10 – Сроки службы прядильных камер

Перерабатываемое волокно	Покрытие внутренней поверхности чашки ротора	Гарантированный срок службы [час]	Ожидаемый срок службы [час]
100% хлопок	B, BD D	15 000 8 000	24 000-30 000 12 000-18 000
Смеси (ПЭ/хлопок)	B, BD D	15 000 8 000	20 000-25 000 10 000-14 000
100% полиэфир	B, BD D	15 000 8 000	20 000-25 000 10 000-14 000
100% окрашенная вискоза	B, BD D	15 000 8 000	16 000-20 000 8 000-12 000
100 % ПАН	B, BD D	15 000 8 000	20 000-25 000 20 000-4 000

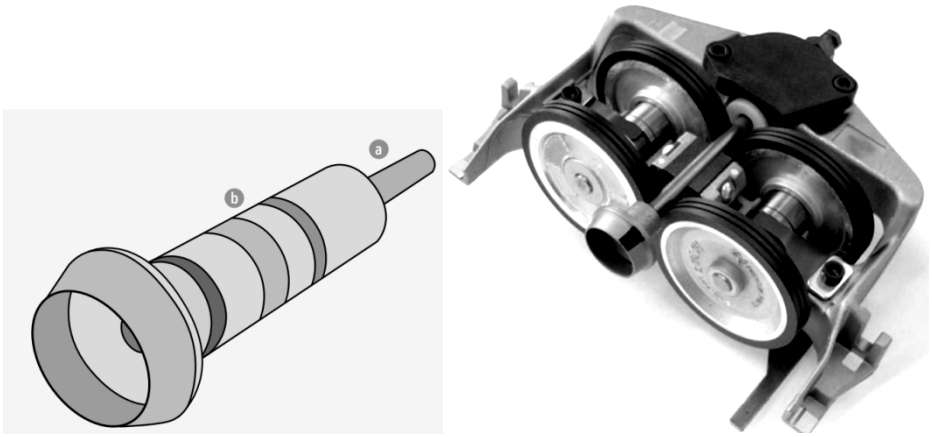
В настоящее время камеры всех ППМ приводятся в движение по принципу фрикционного привода, т. е. посредством тангенциального ремня, контактирующего с валами камеры с каждой стороны машины. Различают две разные системы опоры камеры:

• прямая опора (рис. 4.31, а): вал камеры с тангенциальным приводом (a) заключен в корпус шарикоподшипника (b), который вращается с той же частотой, что и вал камеры, приводимый в движение тангенциальным ремнем. Этот принцип ограничивает частоту вращения до 110 000 мин$^{-1}$;

• непрямая опора: вал камеры, ведомый по касательной, движется на двух парах опорных дисков, установленных рядом (рис. 4.31, б). При использовании опорного диска частота вращения камеры снижается в соотношении от 1:8 до 1:10 относительно опорных дисков, в зависимости от диаметра дисков. Опорные диски вращаются с частотой 16000 до 20000 мин$^{-1}$ (в зависимости от диаметра), при этом камера имеет частоту вращения 170000 мин$^{-1}$. Это позволяет увеличить срок службы подшипников.

Современные прядильные машины используют для привода камер только опорные диски.

Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 4.31 – Опора камеры: а – прямая; б – через опорные диски

В обеих системах опор камеры приводятся в движение тангенциальным ремнем с каждой стороны машины, скорость которого можно регулировать либо с помощью ступенчатых шкивов, либо плавно с помощью инверторного привода. Тангенциальный ремень *1* зацепляется с валами камеры через прижимные ролики *2* и приводит в движение камеры *3* (рис. 4.32). Если крышка камеры открыта, тангенциальный ремень перестаёт передавать вращение, так как прижимной ролик поднимается в этом положении, и вал останавливается с помощью тормоза, расположенного между опорными дисками *4*.

Поскольку камера удерживается на месте только за счёт легкого давления тангенциального ремня на покрытие опорного диска, его можно легко снять для осмотра и повторно установить без использования специального инструмента для замены.

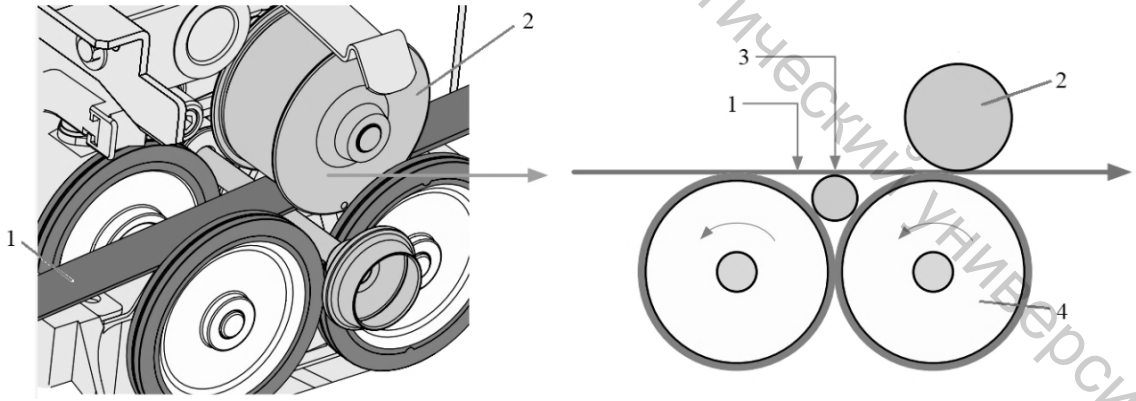


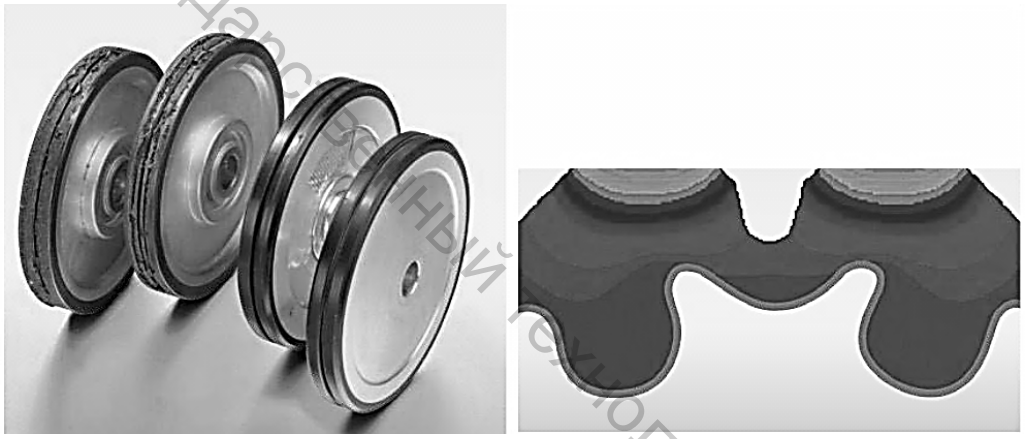
Рисунок 4.32 – Опорные диски (Twindisc) с прижимным роликом для тангенциального ремня

Опорные диски различаются по конструкции. Например, диски компании Suessen имеют поверхность с двумя охлаждающими канавками, которые способствуют значительному снижению нагревания по-

Витебский государственный технологический университет

верхности дисков при высоких скоростях вращения, продлевая срок их службы. Малый вес дисков Twin Discs снижает проскальзывание при запуске или остановке камеры. Полиуретановые шины однородные и непористые, изготавливаются методом литья, что придает дискам отличные демпфирующие свойства при относительно высокой твердости по Шору, литая форма придает высокую стойкость к гидролизу и способность выдерживать высокие динамические нагрузки, вызванные контактным давлением и ударами вала камеры. Малый изгиб шин обеспечивает долгий срок службы и низкое потребление энергии.

Опорные диски Twin Disc компании Belcoro имеют запатентованный профиль «Микки Маус» (рис. 4.33, б) (одна канавка U-образной формы), позволяющий быстро отводить тепло от трения для повышения срока их службы по сравнению с обычными опорными дисками (рис. 4.33, а). Рекомендуется применять для привода прядильных камер на машинах Autocoro.



а б

Рисунок 4.33 – Опорные диски Twin Disc (Belcoro)

Камера на опорных дисках фиксируется в осевом направлении за счёт установки её хвостовой части в подшипнике.

Стальные шариковые или гибридные подшипники: осевое усилие камеры воспринимается стальным шариком, вращающимся в масляной ванне. Передняя часть вала камеры и стальной шарик подвержены сильному износу из-за механического трения, несмотря на смазку маслом. Поэтому в более современных подшипниковых системах передняя часть вала камеры имеет керамическое покрытие. Эта система осевых подшипников использовалась почти всеми производителями оборудования в последние десятилетия. Однако существенные недостатки этой системы – высокий расход запчастей, высокий уровень усилий по очистке и техническому обслуживанию и сильное загрязнение из-за липких отложений в зоне подшипника – стимулировали разработку современных систем подшипников, которые в настоящее время используются, по крайней мере, на высокопроизводительных ППМ.

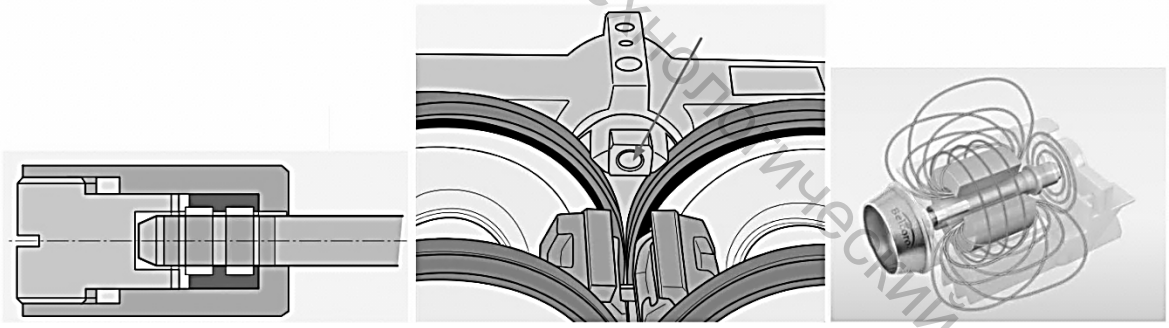
Витебский государственный технологический университет

Магнитные подшипники (рис. 4.34). Конец вала камеры бесконтактно фиксируется в магнитном поле, создаваемом кольцевыми магнитами. Преимущество данной технологии заключается в точном радиальном позиционировании вала камеры, не требует смазки, не имеет ограничений по скорости. В качестве новинки для Autocoro 8 прядильная камера SE 20 фиксируется на магнитной опоре (рис. 4.34, в) и в магнитном подшипнике. По этому принципу фиксируются на опорных дисках и камера NSB 8 на Autocoro 9.

Подшипники EC (рис. 4.35). Конец вала камеры движется (в отличие от масляного подшипника) на стальном шарике, залитом смазкой. Корпус герметичен, смазка не выходит наружу, а подшипник практически не требует обслуживания.

Подшипники AERO (рис. 4.36). В этой системе подшипников воздушная подушка обеспечивает осевую опору для камеры. Эта воздушная подушка обеспечивается за счёт подачи сжатого воздуха под давлением 6 бар на каждое прядильное место. Эта система не требует ни масла, ни смазки, предотвращается образование липких отложений, а в непосредственной близости от воздуховода постоянный поток воздуха обеспечивает непрерывный эффект самоочистки. Требует низкие затраты на техническое обслуживание и расход запчастей.

Фирма Schlafhorst использует гибридный подшипник для уменьшения износа за счет керамического штифта, установленного на валу камеры.



а б в

Рисунок 4.34 – Магнитный подшипник (а) с размещением (б) и магнитная опора ротора (в)

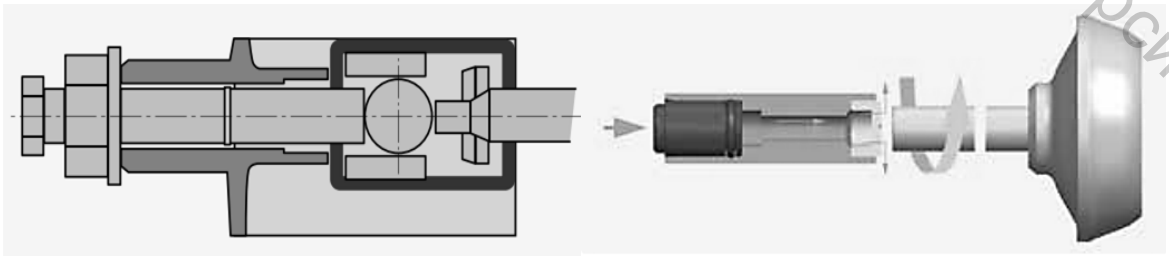


Рисунок 4.35 – Подшипники EC

Рисунок 4.36 – Подшипники AERO

Витебский государственный технологический университет

4.7.2 Обоснование угла наклона сборной поверхности прядильной камеры

Внутренняя коническая поверхность *2* прядильной камеры должна обеспечивать сползание поступающих на неё из конфузора *1* волокон в жёлоб *3* камеры, где образуется волокнистая ленточка. Движение волокна по сборной поверхности в жёлоб будет зависеть от величины угла β (рис. 4.37).

Волокна прижимаются к внутренней сборной поверхности камеры центробежной силой *F*; эта сила раскладывается на нормальную силу *N* и силу *Q,* стремящуюся продвинуть волокно в жёлоб (рис. 4.38). При движении волокна возникает сила трения *T*, равная:

$$T = \mu \cdot N\,, \qquad (4.17)$$

где μ – коэффициент трения (от 0,2 до 0,32).

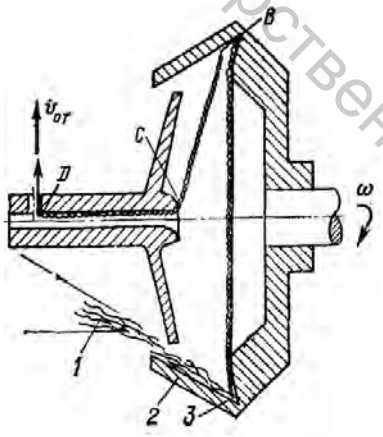


Рисунок 4.37 – Механизм формирования пряжи в прядильной камере

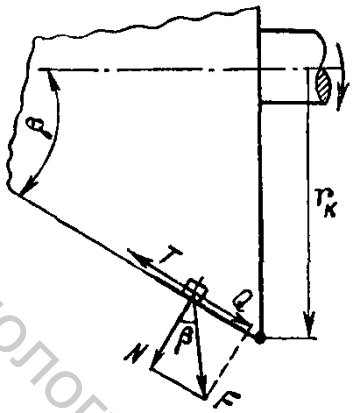


Рисунок 4.38 – Силы, действующие на волокна, поступающие в камеру

Движение будет возможно, если $Q > T$, или

$$F \cdot \sin\beta > \mu \cdot F \cdot \cos\beta\,. \qquad (4.18)$$

После преобразования получим, что $tg\beta > \mu$. Тогда $\beta > arctg\mu$, или $\beta > \varphi$, где φ – угол трения. При $\mu = 0{,}32$ угол $\varphi = 18°$.

На современных прядильных машинах внутренняя стенка ротора (сборная поверхность) имеет алмазное или борированное покрытие, что снижает коэффициент трения μ до величины 0,22, поэтому угол наклона сборной поверхности составляет 12°, для камер без покрытия он может быть до 50°.

Витебский государственный технологический университет

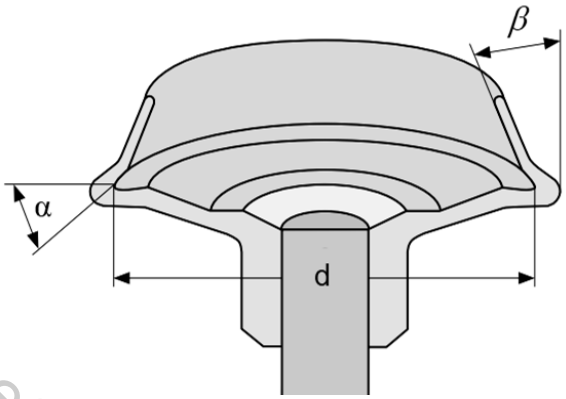


Рисунок 4.39 – Геометрические параметры прядильной камеры

Меньший угол требует более высокой скорости ротора. Угол паза желоба α составляет от 30 до 60° (рис. 4.39). Больший угол используется для более толстой пряжи. С меньшим углом жёлоба повышается уплотнение пряжи, что приводит к более высокой прочности, но скопление пыли и сора будет больше. Более высокий жёлоб камеры способствует самоочистке.

4.7.3 Пряжевыводная воронка и трубка

Когда волокнистая ленточка *2* снимается с жёлоба *3* прядильной камеры, она отклоняется практически под прямым углом к пряжевыводной воронке *1*, находящейся внутри камеры, и сразу же выводится через пряжевыводную трубку *4* к оттяжным валам (рис. 4.40).

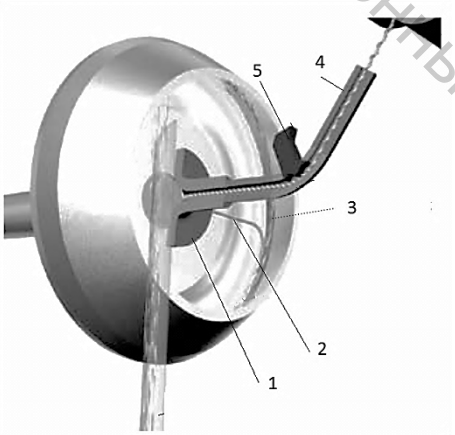


Рисунок 4.40 – Механизм съёма волокнистой ленточки

При съёме с жёлоба пряжа непрерывно перекатывается по поверхности воронки, закрепленной на пряжевыводной трубке, описывая конус при вращении, получая ложное кручение до 60% установленной крутки, многократно и кратковременно поднимается над поверхностью воронки (за счёт её конструкции). Эта высокочастотная вибрация вместе с эффектом ложного кручения способствует распространению крутки в жёлобе камеры до точки съёма.

Чем больше эффект ложной крутки, тем интенсивнее скручивается ленточка в жёлобе камеры, следовательно, можно снизить величину действительной крутки и получить более мягкую пряжу, сохранив при этом стабильность прядения (низкую обрывность). Выполнить данные условия возможно при использовании определённого профиля пряжевыводной воронки и выбора места расположения воронки относительно жёлоба камеры.

Положение воронки относительно жёлоба можно изменить с помощью шайб разной толщины. Чем глубже воронка входит в чашку ка-

Витебский государственный технологический университет

меры, тем больше угол отклонения пряжи на входе в воронку (около 90°), тем равномернее конус вращения, тем длиннее зона формирования (закручивания) в жёлобе камеры, следовательно, больше создаётся ложная крутка. Это позволяет увеличить прочность пряжи на этом участке. Пряжевыводные воронки изготавливаются из керамики или стали.

Воронки обычно состоят из двух частей: износостойкой керамической сопловой головки и металлического держателя головки. Также используются керамические или металлические воронки, в которых головка и держатель изготовлены как одно целое. Нет никаких технологических различий, за исключением того, что сплошные керамические воронки обладают очень низким тепловыделением и не используются для обработки искусственных волокон.

На рисунке 4.41 представлены профили некоторых типов воронок фирмы Broell GmbH&Co.Kg (Австрия). Тип Spirit получают из керамики, позволяющей вырабатывать пряжу на высоких скоростях без перегрева её поверхности.

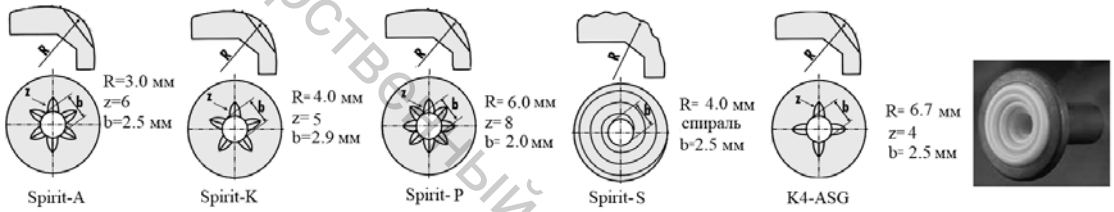


Рисунок 4.41 – Пряжевыводные воронки Broell GmbH&Co.Kg

- Spirit-A рекомендуется для ткацкой пряжи 14÷60 текс при частоте вращения камеры 70000÷150000 мин$^{-1}$;
- Spirit-К – для трикотажной пряжи 25÷60 текс при частоте вращения камеры 40000÷130000 мин$^{-1}$;
- Spirit-P и Spirit-R – для трикотажной пряжи 14÷60 текс при частоте вращения камеры 60000÷130000 мин$^{-1}$;
- Spirit-S – для хлопчатобумажной пряжи любого назначения 14÷60 текс при частоте вращения камеры 70000÷150000 мин$^{-1}$;
- K4-ASG – для пряжи линейной плотности 40÷200 текс с низкой круткой при частоте вращения камеры 40000÷130000 мин$^{-1}$.

Профиль воронки оказывает существенное влияние на внешний вид пряжи, её объёмность и ворсистость. Рекомендации фирмы Broell GmbH&Co.Kg по применению пряжевыводных воронок представлены в таблице 4.11. Спиральный профиль уменьшает площадь контакта с пряжей, что увеличивает прочность пряжи и создаёт более гладкую и плотную поверхность по сравнению с круглым отверстием, поэтому рекомендуют использовать для ПАН/хлопковых и шелк/кашемировых смесей. Воронки с канавками или насечками поднимают пряжу с по-

Витебский государственный технологический университет

верхности воронки на короткие периоды времени и заставляют кончик пряжи вибрировать на высоких частотах, это позволяет передавать крутящий момент в канавку камеры. Такие воронки рекомендуются для коротких штапельных волокон и отходов. Пряжа характеризуется большей ворсистостью и неровнотой. При увеличении числа канавок качество пряжи ухудшается.

Компания CeramTec GmbH (Германия) производит пряжевыводные воронки для всех видов ППМ с хорошей износостойкостью и устойчивостью к коррозии, так как производятся из оксида алюминия 99,7% Al_2O_3.

На рисунке 4.42 представлены профили воронок фирмы Suessen. Модели ProFiL® сделаны из керамических композитов, обеспечивающих гладкую поверхность без пор, что сводит к минимуму термическое повреждение волокна.

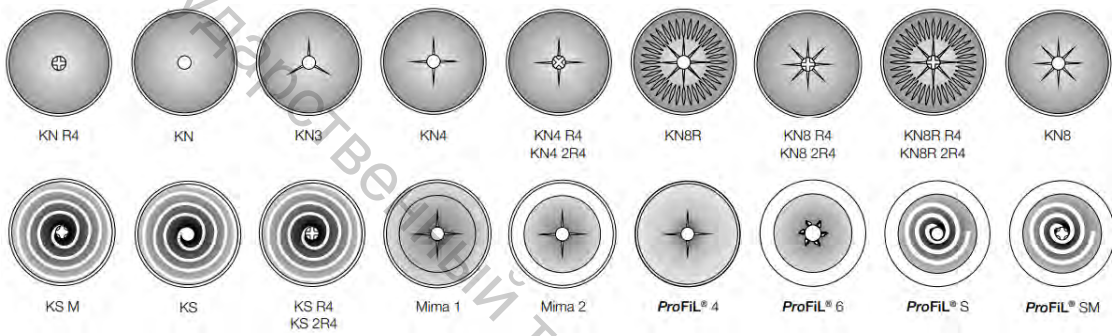


Рисунок 4.42 – Профили воронок Suessen

Их геометрия снижает натяжение пряжи и позволяет работать на более высоких скоростях, не влияя на качество пряжи и не вызывая повышения обрывности.

Современные материалы для изготовления воронок, например, мелкоуплотненный керамический порошок, позволяют работать по технологии «холодное сопло» (на машине R66 фирмы Rieter): температура на поверхности воронки на 10 °С ниже, чем при использовании других доступных технологий. Это позволяет перерабатывать искусственные волокна с меньшими механическими повреждениями волокон при высокой скорости прядения до 160000 мин$^{-1}$.

Пряжевыводная трубка *4* (рис. 4.40) расположена сразу за пряжевыводной воронкой *1* и используется для направления пряжи при её выведении из прядильной камеры. Для направления извлекаемой пряжи горизонтально от камеры к наматывающему устройству, расположенному вертикально над ним, пряжевыводная трубка изгибается под углом от 30° до 60°, в зависимости от типа прядильной машины. Изгиб в пряжевыводной трубке действует как второй элемент накопления и фиксации крутки. Чем больше угол изгиба нити о поверхность трубки

Витебский государственный технологический университет

(угол охвата этой зоны), тем лучше удерживается крутка и выше стабильность прядения.

Таблица 4.11 – Рекомендации по применению воронок Broell GmbH&Co.Kg

Керамические воронки	KG		KGR		K3K		K4K		K4K или RR		K8K	
хлопок		■	■		■	■	■	■	■		■	
регенерированные	■	■			■	■	■	■				
вискозные					■	■	■	■			■	■
ПЭ/акрил					■	■	■	■	■	■	■	■
смеси, предпочтительно ПЭ/хлопок					■	■	■	■	■	■		
керамические воронки	K8K или RR		KR8K		KR8R / RR		KS		KS R / RR		KS-NX	
хлопок	■		■		■			■	■		■	■
регенерированные							■	■				
вискозные												
ПЭ/акрил	■	■	■	■	■	■						
смеси, предпоч. ПЭ/хлопок	■	■										
керамические воронки	MIMA1-4K		MIMA2-4K		Nano4		Nano6		KSF		KSF-NX	
хлопок	■	■				■	■	■		■	■	
регенерированные												
вискозные	■	■	■	■	■	■						
ПЭ/акрил	■	■	■	■	■	■						
Смеси ПЭ/хлопок	■	■	■	■	■	■	■	■				
Стальные воронки	SG		SGF		S3KF, S6KF,		S3K, S4K					
Назначение пряжи	трикотажная	ткацкая	трикотажная	ткацкая	трикотажная	ткацкая	трикотажная		ткацкая			
хлопок				■	■	■	■		■			
регенерированные												
вискозные					■	■						
ПЭ/акрил	■	■		■	■	■						
смеси ПЭ/хлопок	■	■			■	■						

Этот эффект накопления крутки может быть усилен установкой керамических элементов удерживания крутки *5* (рис. 4.40) – TWIST stop или Torque stop (пластины с керамическими ребрами, расположенными

Витебский государственный технологический университет

сбоку). Чем больше угол отклонения и чем выше трение, вызываемое вставками, тем больше сохраняется крутка, тем интенсивнее распространяется крутка в жёлоб камеры и тем выше стабильность прядения. Целесообразно использовать вставки Torque stop для производства трикотажной пряжи, так как можно снизить коэффициент крутки без отрицательного влияния на стабильность прядения.

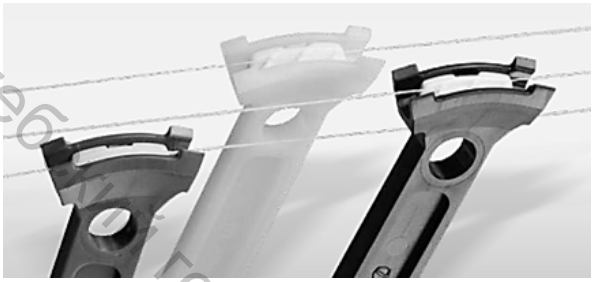


Рисунок 4.43 – Вставки Torque stop

Выпускают вставки Torque stop без рёбер (используют при частой смене партий, для пряжи с высокой круткой), с 3 очень острыми рёбрами (для хлопка при высоких частотах вращения камеры, при формировании фасонной пряжи Fancy Denim), с 3 закругленными рёбрами (для среднего эффекта снижения крутки) (рис. 4.43).

Керамические элементы выполнены в виде зажимов и при необходимости могут легко заменяться.

4.8 Анализ процесса формирования волокнистой ленточки в прядильной камере

4.8.1 Сущность процессов, осуществляемых в прядильной камере

Дискретный поток волокон I (рис. 4.44) от дискретизирующего устройства поступает по конфузору II в прядильную камеру, где волокна распределяются более или менее равномерно по периметру жёлоба камеры.

Если вывода пряжи не происходит, то волокна в жёлобе за определенное время образуют довольно равномерную кольцевую волокнистую ленточку с числом волокон в поперечном сечении $m_{СД}$. Скорость волокон на выходе из конфузора меньше окружной скорости сборной поверхности прядильной камеры и жёлоба камеры с волокнистой ленточкой V_K. Поэтому волокна, захватываемые внутренней конической стенкой камеры (сборной поверхностью) за передние концы, несколько распрямляются, смещаясь по стенке, и укладываются параллельно в жёлобе камеры, образуя волокнистую ленточку. Это является одним из преимуществ камерного способа пневмопрядения.

При наличии отвода пряжи из прядильной камеры со скоростью $V_{пр}$ выпускной парой III будет происходить непрерывный съём волокнистой ленточки с желоба камеры со скоростью:

Витебский государственный технологический университет

$$V_{сл} = \frac{V_{пр}}{K_y}, \qquad (4.19)$$

где K_y – коэффициент укрутки.

При одновременном вводе в камеру дискретного потока волокон и съёма ленточки, который обусловлен выводом пряжи из камеры, в жёлобе волокнистая ленточка приобретает форму кольцевого волокнистого клина IV.

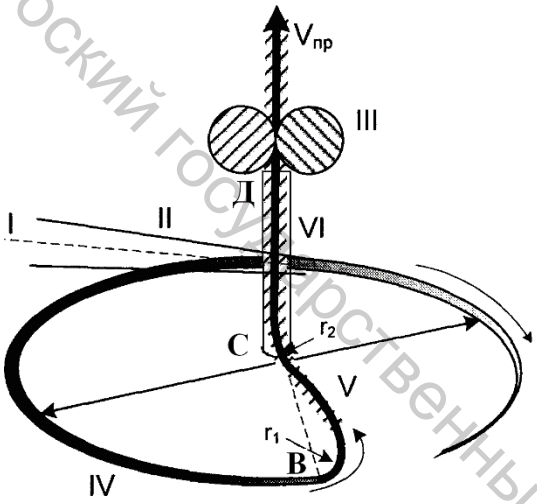


Рисунок 4.44 – Процесс формирования и отвода волокнистой ленточки

Наиболее толстая часть этого клина располагается в пункте съёма ленточки. В этом пункте ленточка, вследствие действия сил упругости волокон и сопротивления воздуха, перемещается по кривой радиуса r_1, и в момент съёма получает определённое число кручений, которые обусловливают уплотнение и упрочнение её. Далее участок пряжи V направляется к оси вращения камеры в плоскости жёлоба и воронки пряжевыводного канала. Перемещение этого участка осуществляется по кривой с небольшим прогибом в сторону, противоположную вращению камеры.

Затем пряжа вторично изменяет направление и движется вдоль оси вращения камеры, попадая в зажим выпускной пары III. Вторичный поворот пряжи происходит по радиусу r_2, равному радиусу скругления воронки в выводной трубке. Участок пряжи VI от воронки в выводной трубке до выпускной пары III, вращаясь вокруг своей оси, получает основную крутку. На участке пряжи IV вследствие кручения возникает упругий крутящий момент $M_{КР}$. Под его влиянием крутка частично переходит на радиальный участок пряжи V, скручивая снимаемую волокнистую ленточку.

Пряжа при переходе из камеры в воронку выводной трубки имеет два движения: обегание по воронке трубки вокруг оси отверстия трубки и продольное поступательное движение, причем скорость обегания $V_{ОБ}$ значительно больше скорости пряжи $V_{ПР}$, то есть $V_{ОБ} >> Vпр$.

При этих условиях значительно снижаются силы трения между пряжей и торцом выводного канала, обеспечивая переход кручения на радиальный участок пряжи в камере.

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

Как показали наблюдения за работой прядильных устройств пневмомеханического способа прядения, обрыв происходит в большинстве случаев при наличии комплексов волокон и посторонних включений (кожицы с волокном, сора, кусочков листиков и др.) в дискретном потоке волокон.

Решающим фактором в нарушении процесса являются геометрические размеры комплексов и посторонних включений. Последние, выступая на поверхности пряжи и увеличивая её сечение, препятствуют проникновению крутки за их расположение, так как они увеличивают сопротивление крутящему моменту. Слабоскрученные участки продукта за посторонними включениями растаскиваются и обрываются.

4.8.2 Особенности процесса формирования пряжи в пневмомеханическом прядении

Выше было показано, что волокна дискретного потока, поступающего на коническую поверхность камеры, располагаются по всему периметру жёлоба, образуя волокнистый клин. Часть волокон неизбежно будет попадать в пункт съёма волокнистой ленточки.

Концы волокон, попавшие в жёлоб за пунктом съёма ленточки, захватываются и увлекаются пряжей (рис. 4.45, а). Таким образом, часть волокон, располагающихся непосредственно за пунктом съёма ленточки, снимается с поверхности жёлоба до приближения пункта съёма к этому участку при обегании периметра жёлоба. Эти волокна образуют внешний слой, навивающийся на стержневую часть пряжи.

Волокна, захватываемые во внешний слой пряжи, снимаются с участка жёлоба, длина которого равна или меньше максимальной длины волокна и больше модальной длины волокон в дискретном потоке.

Таким образом, фактически в жёлобе камеры формируется не один волокнистый клин, а два (рис. 4.45, в). Основной (длинный) клин *ACC',* образующий стержневую часть пряжи, формируется по длине, равной периметру желоба камеры минус L_k. Максимальное число волокон в сечении *CC'* этого клина в пункте съема:

$$m_{сл} = m_{вл}\left(1 - K_з\right), \qquad (4.20)$$

где $m_{вл}$ – полное число волокон в сечении волокнистой ленточки, из которой образуется пряжа; $K_З$ – коэффициент захвата волокон.

Можно показать, что если питающий продукт образован из волокон одинаковой длины, равной средней длине $l_{ср}$ волокон в реальном продукте, то коэффициент захвата:

Витебский государственный технологический университет

$$K_з = \frac{l_{ср}}{2\pi \cdot D_K}. \qquad (4.21)$$

Часть волокнистой ленточки, получаемая из волокон основного клина, нормально скручивается, образуя внутреннюю стержневую часть пряжи, в которую волокна зарабатываются в таком взаиморасположении, в каком они были в волокнистой ленточке, находящейся в жёлобе камеры.

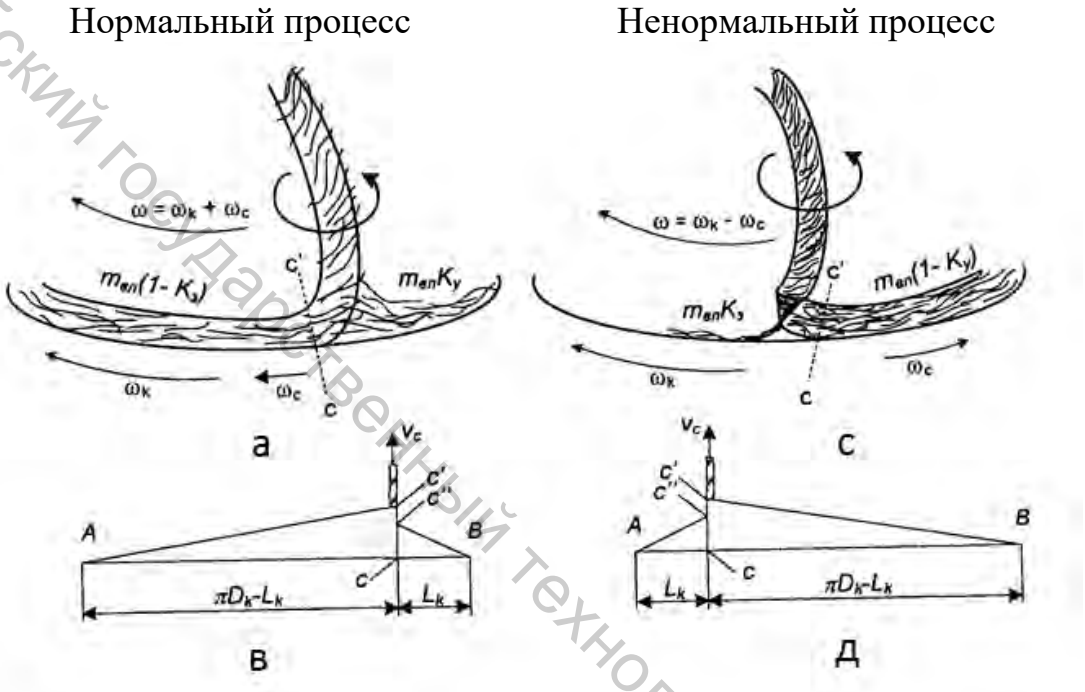


Рисунок 4.45 – Структура формирования волокнистой ленточки

Скручивание стержневой части волокнистой ленточки в момент её съёма с жёлоба происходит при малом натяжении. Структура стержневой части пряжи представляет собой скрученную ленточку. По форме она напоминает спиральную металлическую стружку, образующуюся при точении валика на токарном станке. Волокна, располагающиеся в стержневой части пряжи, оказывая наибольшее сопротивление при её разрыве, определяют главным образом прочность пряжи.

Волокна второго *BCC″* (короткого) клина $(CC^{"} = m_{вл} \cdot K_з)$, попадающие во внешние слои пряжи, навиваются хаотически на её стержневую часть, образуя обвивочный слой и определяя её пушистость. Эти волокна оказывают малое сопротивление при разрыве и являются «наполнителем» пряжи, доводящим ее толщину до номинала (рис. 4.46).

Такая структура является одной из причин меньшей прочности пряжи пневмомеханического способа прядения.

Витебский государственный технологический университет

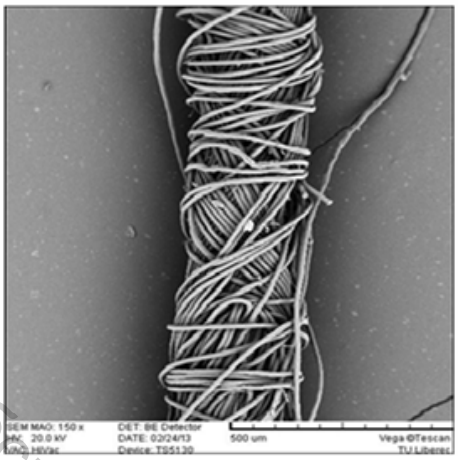


Рисунок 4.46 – Структура пневмомеханической пряжи

При захвате пряжей волокон из второго короткого волокнистого клина они скользят по поверхности жёлоба, увеличивая натяжение пряжи между ним и воронкой выводной трубки. Изменение числа волокон в малом клине $m_{вл}K_З$ обусловит колебания натяжения выходящей из камеры пряжи. Если на участок малого клина попадает большой комплекс волокон, длина которого превышает установившуюся длину малого клина L_k, то сопротивление извлечению волокон из короткого клина становится больше, чем сопротивление извлечению волокон из длинного (основного) клина.

Вследствие этого часть волокнистой ленточки, образуемой из волокон основного клина, постепенно растаскивается до разрыва при съёме её с жёлоба, и после этого съём и движение пункта съёма начинаются в направлении, противоположном вращению прядильной камеры (рис. 4.45, с).

В этих условиях волокна малого клина *AC'C"* (рис. 4.45, д) будут образовывать стержневую часть пряжи с числом волокон в поперечном сечении, равном $m_{вл}K_З$, и толщиной, равной $T_{ст} = T_{пр}$ текс. На стержневую часть пряжи в этих условиях будут навиваться волокна из основного (длинного) клина *BC'C"* (рис. 4.45, д), образуя внешний слой пряжи с числом волокон в сечении:

$$m_{ВН} = m_{ВЛ}(1 - K_З). \qquad (4.22)$$

В этих условиях получается очень рыхлая слабая пряжа, называемая пряжей «второго качества». Для предотвращения образования дефектной пряжи «второго качества» необходимо не допускать попадания в жёлоб комплексов волокон, т. е. в идеальных условиях дискретный поток не должен иметь в поперечном сечении более одного волокна. Кроме того, увеличение диаметра камеры способствует уменьшению $K_З$и вероятности появления условий для получения пряжи «второго качества».

По данным исследований поперечное сечение пряжи пневмомеханического прядения приближается к овальному. Тело пряжи содержит 75–87% всех волокон, обвивочный слой – 3–5%, а остальные волокна – это мало выступающие кончики волокон. Благодаря такой структуре пряжа характеризуется следующими свойствами:

Витебский государственный технологический университет

– высокий уровень гладкости, малое количество дефектов и пороков, малая неровнота по линейной плотности и прочности (сравнение в таблице 4.12). Однако в случае переработки коротких волокон и отходов происходит ухудшения внешнего вида пряжи за счёт большего числа пороков;

Таблица 4.14 – Сравнительный анализ неровноты пряжи

Длина волокна, мм	Пневмомеханический способ				Кольцевой способ			
	U, %	Утонения (-50%)	Утолщения (+30%)	Непсы	U, %	Утонения (-50%)	Утолщения (+30%)	Непсы
20-30	8,5	5	15	100	11	35	150	200
45-55	9	7	50	150	12	50	200	200
70-80	11,5	10	80	200	14	80	250	250
95-105	13	30	150	250	14,5	100	325	350

– высокое удлинение при разрыве, что улучшает процесс вязания;

– малая ворсистость: кольцевая пряжа имеет на 20% больше ворсинок, чем пневмомеханическая, и на 40% большей длины. Но содержание очень коротких (<0,25 мм) и длинных ворсинок (>3 мм) пневмомеханической пряжи выше, чем у кольцевой. Это демонстрирует частотный анализ распределения ворсинок по длине (рис. 4.47);

– меньшая потеря веса ткани вследствие истирания (ниже на 20–55%, чем у тканей из кольцевой пряжи);

– лучшее поглощение красителя благодаря большему удельному объёму. По той же причине вбирается большее количество аппрета;

– лучшая застилистость ткани благодаря большему диаметру пряжи;

– уникальность применения: джинсовая ткань и предметы интерьера.

Рисунок 4.47 – Частотное распределение ворсинок пневмомеханической и кольцевой хлопковой пряжи 36,6 текс: n – число ворсинок, N – общее число ворсинок

Витебский государственный технологический университет

4.9 Анализ процесса кручения пряжи пневмомеханического способа формирования

Волокнистая ленточка, сформированная на сборной поверхности прядильной камеры, состоит из плохо распрямлённых, не полностью разъединённых и слабосвязанных друг с другом волокон. Слабая связь между волокнами и обусловливает малую прочность волокнистой ленточки. Поэтому волокнистую ленточку для превращения в пряжу скручивают.

При кручении пряжа испытывает натяжение и волокна, принимая винтообразную форму, также испытывают натяжение. Из-за этого волокна стремятся расположиться по винтовым линиям меньшего диаметра и поэтому оказывают давление на волокна, которые находятся внутри, ближе к оси продукта. С повышением крутки увеличивается натяжение, продукт становится компактным, а из скрученной ленточки образуется пряжа, имеющая примерно цилиндрическую форму (рис. 4.48). Под влиянием натяжения выравнивается плотность пряжи в поперечном сечении и исчезает пустота в центральных слоях.

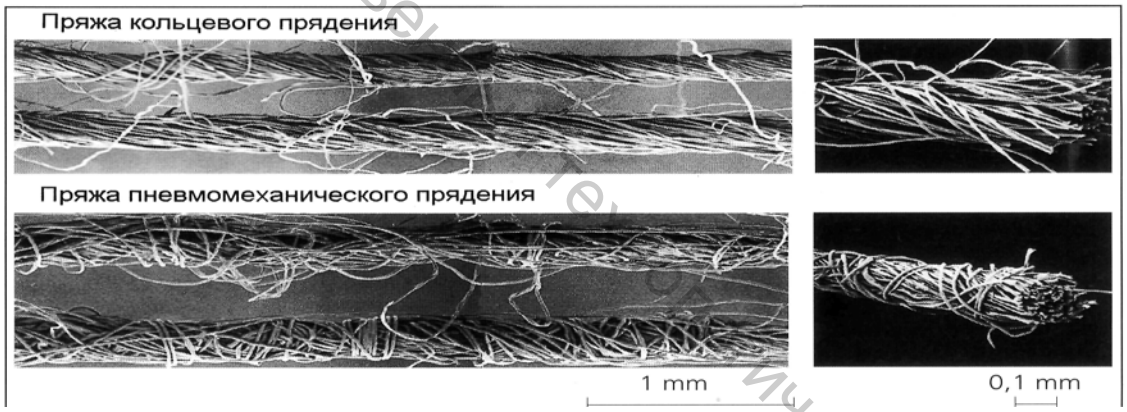


Рисунок 4.48 – Структура пряжи разных способов формирования

Крутку пневмомеханической пряжи определяют по тем же формулам, что и крутку пряжи кольцевого способа формирования. Учитывая, что пряжа пневмомеханического прядения формируется из волокнистой ленточки с низкой параллелизацией волокон, при малом натяжении волокон в процессе кручения и при разной степени скручивания волокон основного и обвивочного слоев, коэффициент крутки α_T для неё берется в 1,2–1,5 раза больше, чем для пряжи кольцевого прядения.

При выборе коэффициента крутки следует учитывать линейную плотность вырабатываемой пряжи, качественные показатели используемого сырья, требования, предъявляемые к качеству пряжи, качество подготовки ленты и особенности технологического процесса прядения на пневмомеханических прядильных машинах. Чем длиннее и тоньше хлопковое волокно, тем меньшую крутку можно сообщить пряже. При

Витебский государственный технологический университет

выработке пряжи большой линейной плотности берут меньший коэффициент крутки, так как в её поперечном сечении больше волокон и сцепление между ними будет большее.

Крутку, получаемую пряжей на машине, можно определить из условия, что при переходе в воронку выводной трубки (участок *СД*; см. рис. 4.44) пряжа в точке *С* имеет два движения: обегание по образующей воронки вокруг оси отверстия трубки и продольное поступательное движение через воронку.

Тогда число оборотов пряжи:

$$n_{ПР} = n_{П.К.} + n_{В.Л}, \tag{4.23}$$

где $n_{П.К.}$ – частота вращения прядильной камеры (число кручений, сообщаемое пряже прядильной камерой); $n_{В.Л}$ – число кручений, получаемое при съёме волокнистой ленточки с жёлоба.

$$n_{В.Л} = v_{вып} / (\pi d_{П.К.}), \tag{4.24}$$

где $v_{вып}$ – скорость вывода пряжи оттяжной парой.

Тогда, решая совместно уравнения (4.23) и (4.24), получим:

$$n_{ПР} = n_{П.К.} + v_{вып} / (\pi d_{П.К.}). \tag{4.25}$$

Для нахождения крутки *К* разделим последнее уравнение на $v_{ОТ}$ и получим:

$$К = n_{ПР} / v_{вып} = n_{П.К.} / v_{вып} + 1/(\pi d_{П.К.} К_У), \tag{4.26}$$

где $К_У$ – коэффициент укрутки.

Второй член выражения (4.26) можно рассчитать при условиях $d_{П.К}$ = 65 мм, а $К_У$ = 1, тогда $1/(\pi d_{П \cdot К} К_У)$ = 1/(3,14·0,065) ≈ 5 кр./м, что составляет примерно 0,5% общей крутки. Следовательно, крутка, получаемая при обегании пряжи по воронке, значительно больше крутки, получаемой пряжей при продольном движении её через воронку. Без учёта этой крутки получим:

$$К = n_{П.К.} / v_{вып}. \tag{4.27}$$

Витебский государственный технологический университет

Расчётная крутка отличается от крутки, определяемой на круткомере. Определить фактическую крутку пряжи традиционными методами не представляется возможным вследствие того, что волокна внешнего слоя, хаотически связанные со стержневым, препятствуют снятию крутки (раскручиванию пряжи) со стержневого слоя с винтовым расположением волокон. Определение крутки пряжи по стандартным методам показало заниженные величины найденных круток относительно расчётных, причём с повышением коэффициента крутки разница увеличивается.

Величина крутки оказывает большое влияние на производительность машин. Поэтому необходимо снижать крутку при увеличении длины и линейной плотности перерабатываемого волокна, при уменьшении засорённости и неровноты питающей ленты, при уменьшении в ленте количества коротких волокон.

Величину крутки на ППМ можно изменять, изменяя скорость выпуска пряжи или частоту вращения прядильных камер. Оба способа изменения крутки приводят к аналогичным изменениям свойств пряжи, однако при увеличении крутки за счёт снижения скорости выпуска происходит также изменение структуры волокнистой ленточки.

4.10 Параметры, характеризующие формирующе-крутильное устройство пневмомеханической прядильной машины

4.10.1 Определение частоты вращения прядильной камеры

При заданной угловой скорости прядильной камеры, диаметр которой известен, для получения пряжи определенной крутки и известном значении коэффициента K_y, скорость выпуска пряжи в соответствии с уравнением (4.26) должна быть:

$$V_{вып} = \frac{n_{П.К.}}{K - \frac{C}{\pi D_{П.К}}}, \qquad (4.28)$$

где $C = \frac{1}{K_y}$.

При заданной скорости выпуска пряжи и крутке частота вращения камеры, имеющей диаметр $D_{П.К}$, определяется из уравнения (4.28):

$$n_{П.К} = V_{вып}(K - \frac{C}{\pi D_{П.К.}}). \qquad (4.29)$$

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

4.10.2 Определение линейной плотности слоя волокон, укладываемого за каждый оборот камеры

Для обеспечения идеальных условий формирования основного волокнистого клина и снятия с жёлоба волокнистой ленточки желательно, чтобы слой волокон, укладываемый в жёлоб за каждый оборот камеры, имел в сечении не более одного волокна, то есть:

$$0 \le m_{СЛ} \le 1.$$

Это условие выполняется, если общая вытяжка в дискретизирующем устройстве $E_Д$ и в зоне транспортирования $E_{ТР}$ была более или равна числу волокон в сечении питающего продукта прядильной машины:

$$E_Д E_{ТР} = \frac{V_{П.К.}}{V_{П.Ц.}} = \frac{T_Л}{T_{СЛ}} >> m_Л = \frac{T_Л}{T_В}, \qquad (4.30)$$

где $T_В$ – линейная плотность волокон, текс; $T_{СЛ}$ – линейная плотность слоя волокон, подаваемого в прядильную камеру, текс; $m_Л$ – число волокон в сечении питающего продукта на входе машины.

Из (4.30) следует:

$$T_{СЛ} = \frac{T_Л}{E_Д E_{ТР}} \le T_В. \qquad (4.31)$$

Из условия (4.30) можно написать:

$$V_{СЛ} \cdot T_{СЛ} = V_{вып} \cdot T_{ПР}.$$

Подставляя сюда значения $V_{СЛ} = V_{П.К.} = \pi D_{П.К.} \cdot n_{П.К.}$ и $V_{вып}$ из формулы (4.28), находим, что линейная плотность слоя, укладываемого в желоб камеры за один оборот:

$$T_{СЛ} = \frac{V_{вып}}{V_{СЛ}} T_{ПР} = \frac{T_{ПР}}{(K - \frac{C}{\pi D_{П.К.}})\pi D_{П.К.}} = \frac{T_{ПР}}{K - \frac{C}{\pi D_{П.К.}}}. \qquad (4.32)$$

Число волокон в сечении этого слоя:

Витебский государственный технологический университет

$$m_{СЛ} = \frac{T_{СЛ}}{T_B}. \qquad (4.33)$$

Учитывая последних три соотношения, условие (4.31) принимает вид:

$$\frac{T_{ПР}}{K - \dfrac{C}{\pi D_K}} \le T_B, \qquad m_{СЛ} \le 1. \qquad (4.34)$$

Как указывалось, при $m_{сл}>1$ увеличивается вероятность попадания в жёлоб камеры комплексов волокон, что обуславливает формирование более неравномерной волокнистой ленточки в пункте её съёма из жёлоба и, соответственно, пряжи, а также увеличение вероятности образования пряжи «второго качества». Здесь необходимо отметить, что условия (4.31) и (4.34) являются достаточными, когда в дискретном потоке отсутствуют комплексы волокон.

4.10.3 Определение числа слоев в процессе циклического сложения

При формировании волокнистой ленточки в жёлобе камеры толщиной *Тсл* из *d* слоев волокон, укладываемых в жёлобе за каждый оборот камеры, осуществляется циклический процесс сложения этих слоёв.

Число слоёв, из которых образуется волокнистая ленточка в пункте съёма, или число оборотов камеры, необходимое для формирования этой ленточки, равно:

$$d = \frac{T_{ВЛ}}{T_{СЛ}}. \qquad (4.35)$$

Подставив сюда значение $T_{СЛ}$ из формулы (4.32), получим:

$$d = \frac{T_{ВЛ}(K \cdot \pi D_{П.К.} - C)}{T_{ПР}} = (K \cdot \pi D_{П.К.} - C)K_y, \qquad (4.36)$$

или

$$d = \frac{K \cdot \pi D_{П.К.}}{1000}.$$

Например, диаметр камеры 35 мм, крутка = 750 кр./м, тогда число слоёв

Витебский гос. государственный технологический университет

$$d = \frac{750 \cdot 3{,}14 \cdot 35}{1000} = 82 \ \textit{слоя}.$$

Число волокон в сечении снимаемой с жёлоба ленточки:

$$m_{ВЛ} = \frac{T_{ВЛ}}{T_B} = \frac{K_y T_{ПР}}{T_B}. \qquad (4.37)$$

Учитывая условие (4.21) и сопоставляя формулы (4.27) и (4.28), находим:

$$d \geq m_{ВЛ}. \qquad (4.38)$$

Таким образом, для обеспечения идеальных условий формирования волокнистой ленточки в жёлобе камеры необходимо, чтобы число складываемых слоёв в процессе циклического сложения было не менее числа волокон в сечении волокнистой ленточки. Анализ заправочных параметров прядильных устройств пневмомеханического способа прядения показывает, что в зависимости от линейной плотности вырабатываемой пряжи, крутки, диаметра камеры и др., число сложений d при формировании волокнистой ленточки бывает от 160 до 400.

Известно, что в процессе сложения происходит эффективное выравнивание волокнистой ленточки по линейной плотности и структуре, а также смешивание волокон при одновременном увеличении толщины продукта.

Случайная неровнота $C_{СЛ}$ дискретного потока волокон, укладываемого в виде слоя в жёлоб за каждый оборот камеры, уменьшается примерно в $\sqrt{d}$ раз, т. е. квадратическая неровнота $C_{ВЛ}$ волокнистой ленточки определяется по формуле:

$$C_{ВЛ} = \frac{C_{СЛ}}{\sqrt{d}} = \frac{C_{СЛ}}{\sqrt{K \cdot \pi D_{П.К.} - C}} = \frac{C_{СЛ}}{\sqrt{\left(\frac{100 \cdot \alpha_T}{T_{ПР}} \pi D_{П.К.} - C\right) K_y}}, \qquad (4.39)$$

и меняется в пределах от 12 до 20.

Из приведенных выше формул следует, что эффективность выравнивания увеличивается с увеличением диаметра камеры D_K и коэффициента крутки α_T пряжи и уменьшением линейной плотности пряжи. Неровнота волокнистой ленточки и пряжи уменьшается с увеличением эффективности выравнивания и с уменьшением неровноты дискретного потока волокон, укладываемого слоями в жёлоб камеры за каждый её

Витебский государственный технологический университет

оборот. Уменьшение этой неровноты может быть достигнуто повышением эффективности процесса дискретизации питающего продукта, т. е. получением дискретного потока без комплексов волокон, а также формированием питающего продукта с минимально возможной неровнотой по толщине и структуре.

Формирование пряжи в камере и последующее её кручение происходит при определенном натяжении. Величина натяжения волокнистой ленточки, а затем пряжи создаётся силами, обусловленными вращательным движением камеры n_K и продольным движением пряжи при оттяжке её из камеры со скоростью $v_{ПР}$. Общее натяжение при выходе пряжи из прядильной камеры состоит из следующих составляющих натяжения:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \qquad (4.40)$$

где T_1 – центробежная сила; T_2 – натяжение пряжи между точкой съёма и входным отверстием выводной трубки; T_3 – натяжение нити в пряжевыводной трубке; T_4 – натяжение пряжи между выводной трубкой и оттяжной парой.

Экспериментально установлено, что общее натяжение пряжи при выходе из прядильной камеры примерно равно 350 сН. Натяжение пряжи при формировании её на кольцевых прядильных машинах равно примерно 423 сН. Следовательно, на ППМ натяжение пряжи в зоне кручения значительно меньше. Меньшее натяжение пряжи в процессе кручения приводит к меньшей плотности пряжи, что оказывает влияние на диаметр пряжи и её объёмность.

Однако при значительном увеличении частоты вращения прядильной камеры (например, 60000 мин$^{-1}$ и более) диаметр камеры уменьшают. Это позволяет снизить возросшее натяжение пряжи и уменьшить расход энергии.

4.11 Системы контроля качества пряжи

На ППМ используют датчики контроля качества пряжи емкостного, оптического и цифрового типа.

Основа емкостного датчика – двухэлектродный конденсатор. В пространстве между двумя параллельными металлическими электродами под действием переменного напряжения создается электрическое поле. Если в поле движется пряжа переменной толщины, диэлектрик и, следовательно, ёмкость конденсатора изменяются. Изменение ёмкости зависит от количества волокон в пряже, от диэлектрической проницае-

Витебский государственный технологический университет

мости обрабатываемого материала, а также от содержания влаги в пряже. Поэтому измерения должны проходить на прядильных фабриках с кондиционированием воздуха (при рекомендуемой температуре 20 °С и относительной влажности 65%). При емкостном принципе измерения результирующий сигнал пропорционален весовому сечению пряжи.

Основа оптического датчика – передатчик, светоприемник и рассеиватель света. Светоприемник выдает сигнал, пропорциональный количеству полученного света. Если пряжа находится внутри зоны измерения, часть света поглощается пряжей, тем самым уменьшая количество принимаемого света и, таким образом, изменяя выходной сигнал. В оптическом принципе измерения результирующий сигнал пропорционален диаметру пряжи. Изменения диаметра пряжи вызовут пропорциональные изменения результирующего сигнала.

Оптико-цифровой принцип измерения определяет диаметр пряжи. Однако измеряемая величина – это не общее количество световой энергии, падающей на датчик, а непосредственно геометрическая ширина тени пряжи, проецируемой на датчик. На выходе этого датчика уже есть прямая цифровая информация о количестве освещённых и затемнённых пикселей.

Для оценки качества пряжи на ППМ используют системы контроля качества Uster Quantum Clearer 3.0/4.0 (Uster) и система нитеочистителя Corolab Q/XQ/XF (Saurer). Системы устанавливаются на каждое прядильное место, настраиваются и управляются оператором через центральную панель управления. Uster Quantum Clearer 3.0 доступен с емкостной или оптической измерительной головкой для контроля качества. Посторонние вещества обнаруживаются оптическим датчиком, встроенным в емкостную или оптическую измерительную головку.

В марте 2021 г. швейцарской компанией Uster представлен нитеочиститель Uster Quantum 4.0, сочетающий в себе как емкостные, так и оптические датчики в одном приборе для машин Rieter, Schlafhorst, Savio (рис. 4.49, а). Емкостные и оптические датчики работают в тандеме благодаря нововведению – Cross Clearing – обнаружение и устранение скрытых дефектов с помощью двойной проверки, при которой сигнал основного датчика поддерживается вспомогательным датчиком. Система Smart Duo позволяет переключать оптический и емкостной датчики для учёта типа пряжи или влажности в помещении. Наличие опции Blend Mix-up, поддерживаемой Smart Duo, позволяет оценивать качество смешанной пряжи, особенно для выявления инородного сырья в серо-белой пряже, что позволяет избежать серьёзного эффекта барре в тканях. Улучшенная опция Continuous Core Yarn оценивает качество комбинированной пряжи – непрерывно обнаруживает либо недостающий, либо смещённый от центра стержневой компонент (сердечник). Quantum 4.0 имеет более высокую чувствительность для оценки наличия

Витебский государственный технологический университет

среди волокон полипропилена и посторонних примесей. Функция Smart Limit разработана для установления начальной точки для лимитов очистки на пряже (минимальное утолщение, утонение, непс).

Система нитеочистителя Corolab Q/XQ/XF предназначена только для машин Autocoro и BD, имеет цифровую систему оценки качества пряжи: аналоговый сигнал обрабатывается и оценивается непосредственно в самом датчике. Датчик имеет встроенную микросхему ASIC и микропроцессор на 20 МГц. Corolab XQ контролирует неровноту по линейной плотности пряжи и качество присучек, обнаруживает недопустимые отклонения линейной плотности питающей ленты. Нитеочиститель Corolab XF устанавливают для удаления из пряжи посторонних волокон (рис. 4.49, б).

а б

Рисунок 4.49 – Нитеочистители Uster Quantum 4.0 (Uster) и Corolab XF

Хорошо зарекомендовал себя очиститель пряжи Q 10A (Rieter) – цифровой датчик для измерения оптической формы пряжи. Полностью оцифрованная электронная версия пряжи анализируется на предмет возможных дефектов. Характеризуется быстрой реакцией на отклонения линейной плотности.

Китайская компания Shanghai ShangL u Electric специализируется на разработке и производстве электронных очистителей пряжи SunLight 200, которые используются локально для китайских ППМ.

4.12 Механизм наматывания пряжи

ППМ производят готовые к использованию выходные паковки без использования мотального перехода: для трикотажного производства, ткачества (уточная нить), под крашение или трощение и кручение. Для этого каждое прядильное место оснащено датчиком контроля качества пряжи, устройством для парафинирования и механизмом намотки.

Парафинирование применяется в основном для трикотажной пряжи. Исследования показали, что максимальное снижение коэффициента трения от 40 до 50% достигается за счёт обычного нанесения парафина от 0,5 до 3 г/кг пряжи. Необходимо отметить, что чрезмерное нанесение парафина также вредно, как и недостаточное смазывание, поскольку оба приводят к высокому коэффициенту трения.

Витебский государственный технологический университет

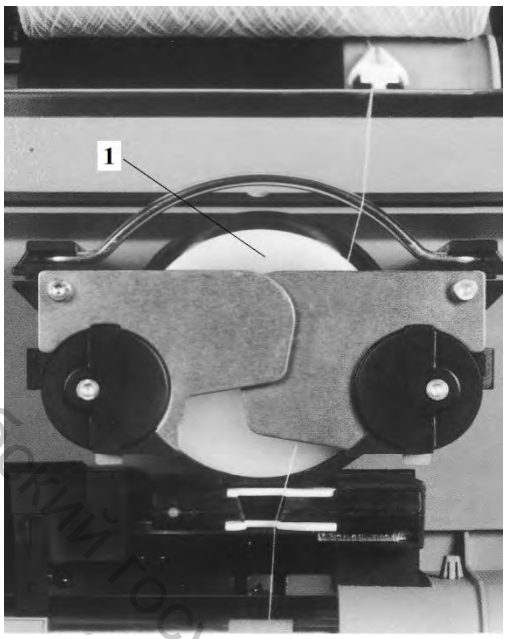


Рисунок 4.50 – Парафинирующее устройство

Парафин различается по твёрдости, температуре плавления и проникновению, его необходимо выбирать в соответствии с сырьём, типом пряжи и требованиями к вязанию. Устройство парафинирования (рис. 4.50) состоит из подпружиненного основания, на которое устанавливается парафиновый блок для обеспечения постоянного контакта с пряжей, сверху расположены фиксирующие пластины, предотвращающие попадание частиц парафина выработанных блоков в тазы с лентой.

В настоящее время подавляющее большинство ППМ формируют бобины крестовой намотки с высотой намотки 150 мм (6″) следующих форм:

• цилиндрические бобины, максимальный диаметр 350 мм, вес до 6 кг, и цилиндрические с закругленными торцами – под крашение;

• конические бобины (конусность 2°– 4°51′), максимальный диаметр 280 мм; вес зависит от плотности намотки.

Выпуск бобин большого веса позволяет снижать затраты на их транспортировку в другие цеха или на склад, а также затраты на пустые патроны.

Следует отметить, что выходные бобины с ППМ имеют ряд достоинств по отношению к бобинам с мотального перехода:

• количество присучек на пряже составляет всего 2–3% от количества в бобине после мотальных автоматов: при пневмомеханическом прядении формируемая пряжа непрерывно наматывается на паковку, тогда как бобина на мотальном автомате формируется из початков массой 60÷120 г, соединённых присучиванием;

• намотка на ППМ осуществляется со скоростью до 350 м/мин по сравнению с 1400 м/мин на мотальном автомате, это позволяет формировать лучшую структуру паковок, а длина пряжи на отдельных бобинах может быть более однородной. Однако следует отметить, что при разматывании с бобин пневмомеханического прядения пряжа образует более крупный баллон.

Выходные паковки современных ППМ должны удовлетворять следующим требованиям:

Витебский государственный технологический университет

• равномерная плотность намотки на бобинах со всех выпусков;

• одинаковая длина пряжи на всех бобинах, что достигается с помощью индивидуальных устройств, регистрирующих точную длину намотки и останавливающих бобину по её достижении, расхождение в длине нити на соседних выпусках составляет ± 0,5%;

• отсутствие бобин со жгутовой намоткой за счёт переменного угла пересечения витков на бобине;

• парафинирование пряжи в случае необходимости;

• формирование доступного резерва пряжи на патроне, чтобы во время разматывания конец нити мог быть привязан к началу пряжи на следующей разматываемой бобине до того, как бобина закончится.

На современных ППМ оттягивание пряжи из прядильной камеры осуществляется оттяжной парой: металлический цилиндр (вал) *2* и нажимной валик *1*. Валик имеет эластичное покрытие (рис. 4.51). Пряжа наматывается на патрон *7*, зажатый между держателями *8*. Бобина получает вращение за счет прижима бобинодержателем *8* к поверхности мотального вала *9* и возникающих при этом фрикционных сил трения. Для создания крестовой формы намотки нитеводитель *6* совершает возвратно-поступательное движение.

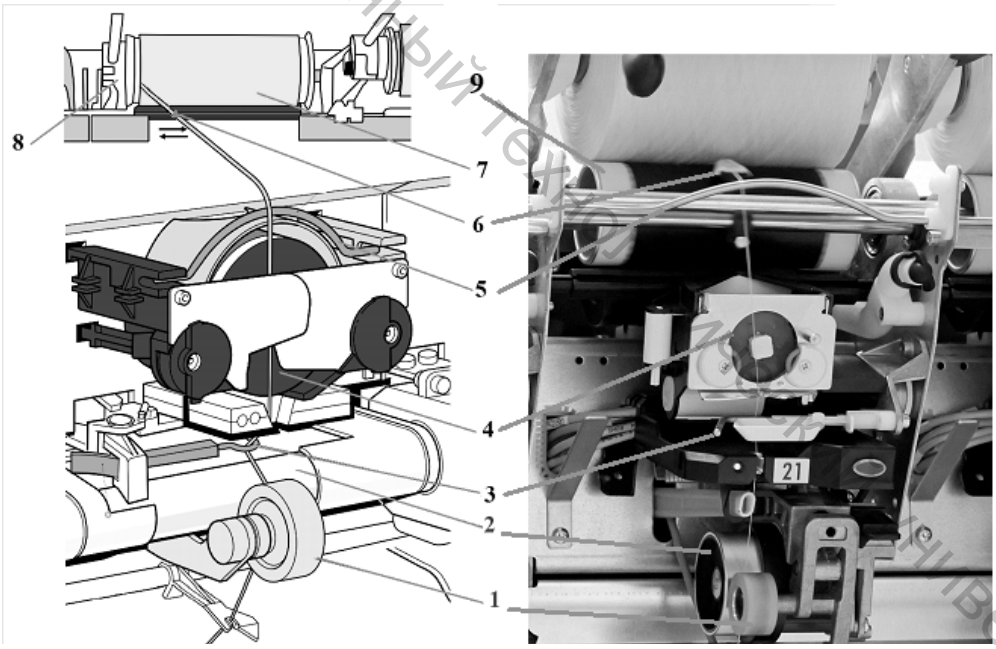


Рисунок 4.51 – Узел намотки пряжи

На прядильных машинах Autocoro для обеспечения идеальной формы намотки применяется бобинодержатель сдатчиком Холла и компенсатором веса паковки с индивидуальным приводом. Датчики Холла представляют собой радиоэлементы, реагирующие на внешнее магнитное поле, они заменяют самоостановы. Датчики являются абсолютно герметичными, защищены от вибрации, пыли и влаги.

Витебский государственный технологический университет

Для получения однородной по плотности паковки требуется компенсация натяжения. Компенсационная дуга *5* и планка натяжения нити *3* (рис. 4.51) необходимы для выравнивания колебаний длины нити, возникающих из-за разной длины нити между оттяжной парой и правым (левым) краем паковки и серединой паковки. Этот способ выравнивания натяжения подходит при формировании бобин с конусностью намотки до 2°. При производстве паковок с конусностью 3°51' или 4°20' – используют мотальный цилиндр, состоящий из трех частей (рис. 4.52).

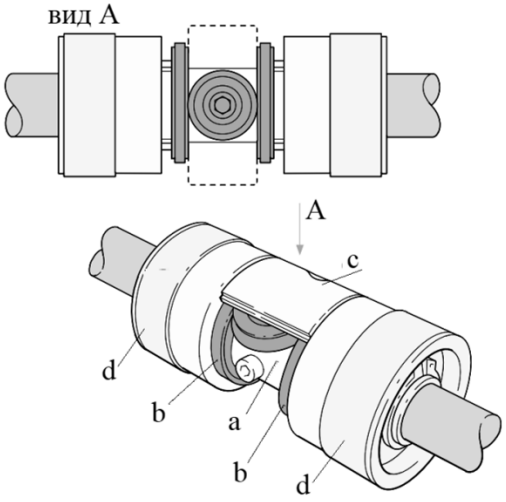


Рисунок 4.52 – Мотальный цилиндр

Приводная средняя часть (a), две боковые секции с приводом (b), колесным и дисковым дифференциалом (c) и фрикционными покрытиями (d) для привода паковки.

Плотность намотки (γ, г/см^3) пряжи на бобине зависит от угла раскладки витков, натяжения при наматывании, контактного давления паковки на мотальный вал, линейной плотности пряжи:

$$\gamma = \frac{M}{V}, \qquad (4.41)$$

где M – масса нетто пряжи, г; V – объем пряжи, см^3.

Стандартные значения плотности намотки пряжи:

- бобины под крашение: γ = 0,33–0,38 г/см^3;
- плотные паковки: γ = 0,38–0,42 г/см^3.

В механизме намотки фирма Saurer установила систему качества паковки Package Quality Guard: цифровой намоточный блок Digi Winding позволяет устранять все дефекты при наматывании (рис. 4.53).

Фирма Rieter на ППМ модели R66 применяет сложную систему намотки, позволяющую получать очень мягкие или очень плотные паковки (рис. 4.54). Регулируемый пневматический демпфирующий элемент обеспечивает равномерное давление при намотке для всей паковки даже при высокой плотности (например, для вискозы).

Витебский государственный технологический университет

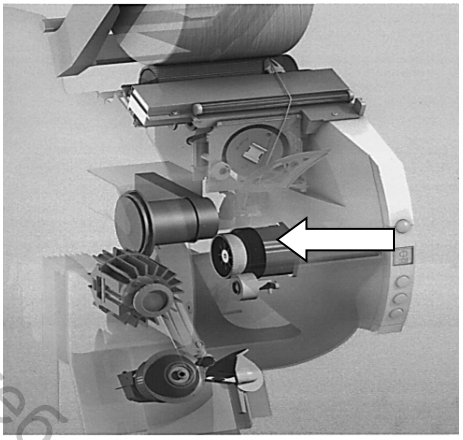


Рисунок 4.53 – Электропривод Digi Piecing

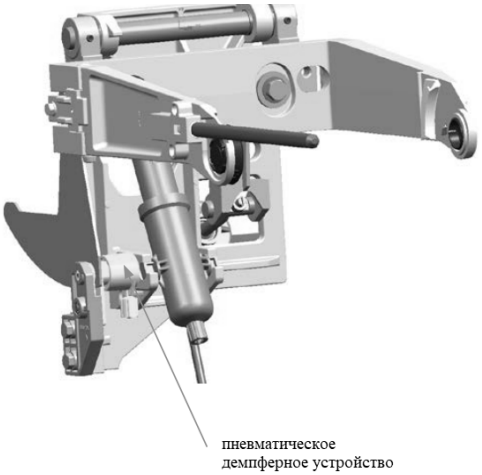


Рисунок 4.54 – Регулируемый пневматический демпфирующий элемент

Скорость наматывания пряжи состоит из двух скоростей – вращательной при наматывании нитей и поступательной при её раскладке на бобине:

$$V_H = \sqrt{V_{M.B}^2 + V_{НИТ}^2}\,, \tag{4.42}$$

$$V_{M.B.} = \pi \cdot d_{M.B} \cdot n_{M.B}\,, \tag{4.43}$$

где $V_{M.B}$ – скорость мотального вала, м/мин; $d_{M.B}$ – диаметр мотального вала, мм; $n_{M.B}$ – частота вращения мотального вала, мин$^{-1}$.

$$V_{НИТ} = 2b \cdot n_{НИТ}\,, \tag{4.44}$$

где $V_{НИТ}$ – средняя скорость нитевода, м/мин; b – размах нитевода, определяемый шириной бобины или шагом витков; $n_{НИТ}$ – число ходов нитевода в мин.

Теоретическая производительность машины, кг/ч:

$$П_T = v_{вып} T_{пр} \cdot 60 \cdot a / (1000 \cdot 1000)\,, \tag{4.45}$$

где a – число прядильных камер на машине.

Учитывая, что $K = n_{пк}/v_{вып}$, получим:

$$П_T = n_{пк} T_{пр} \cdot 60 \cdot a / (K \cdot 1000 \cdot 1000)\,. \tag{4.46}$$

Витебский государственный технологический университет

При увеличении крутки производительность машины уменьшается. Следовательно, основным средством увеличения производительности ППМ является повышение частоты вращения прядильных камер. Это будет возможным при повышении качественных показателей питающей ленты (особенно её чистоты), улучшении обслуживания, наладки и содержания машин.

На ППМ работы, связанные со сменой таза с лентой и со снятием бобин, производятся на ходу машины. Работы, связанные с ликвидацией обрывов пряжи и запрядкой машины при пуске, автоматизированы.

Поэтому КПВ учитывает: а) остановы машины из-за текущего ремонта, профилактического осмотра, чистки, запрядки прядильных камер и пуска машины; б) остановы прядильных камер из-за ликвидации обрывов пряжи и ленты, ремонта отдельных камер и ухода работницы по личным надобностям.

Коэффициент полезного времени изменяется от 0,88 до 0,95. Принимая КПВ равным 0,94, найдем норму производительности:

$$П_Н = П_Т К_{П.В} . \quad (4.47)$$

Фактическая производительность, кг/ч:

$$П_Ф = П_Т К_{И.М} , \quad (4.48)$$

где $К_{И.М}$ – коэффициент использования машины.

$$К_{И.М} = К_{П.В} К_{Р.О} , \quad (4.49)$$

где $К_{Р.О}$ – коэффициент работающего оборудования, учитывающий ремонты, генеральную чистку и другие плановые простои.

Время наработки бобины:

$$t = m_Б / П_{Т(1)} , \quad (4.50)$$

где $m_Б$ – масса бобины; $П_{Т(1)}$ – теоретическая производительность одной прядильной камеры.

4.13 Особенности кинематической схемы ППМ

Кинематическая схема прядильной машины R40 представлена на рисунке 4.55. Привод питающего цилиндра для каждого выпуска осу-

Витебский государственный технологический университет

ществляется вращающимся червячным валом с центральным приводом. В случае обрыва пряжи подающий вал отсоединяется от вала червяка с помощью электромагнитной муфты, и подача ленты прекращается. Однако колесо муфты питающего цилиндра остаётся в зацеплении с червячным валом, даже если прядильная камера открыта – это предотвращает повреждение колеса сцепления. Централизованная настройка вытяжки автоматически определяет скорость питающего цилиндра.

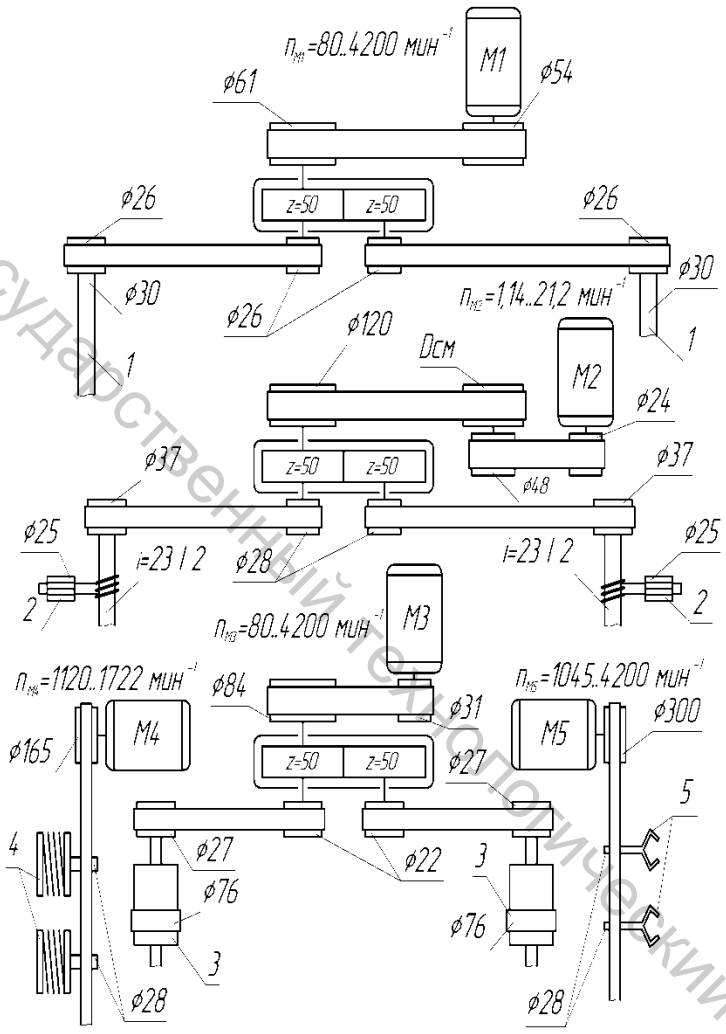


Рисунок 4.55 – Кинематическая схема машины R40 (Rieter):
1 – выпускной цилиндр; 2 – питающий цилиндр; 3 – мотальный вал; 4 – дискретизирующий барабанчик; 5 – прядильная камера; M1 – двигатель, приводящий в движение выпускной вал; M2 – двигатель, приводящий в движение питающие цилиндры; M3 – двигатель, приводящий в движение мотальные валы; M4 – двигатель, приводящий в движение дискретизирующие барабанчики; M5 – двигатель, приводящий в движение прядильные камеры

Дискретизирующие барабанчики и прядильные камеры (роторы) приводятся в движение отдельными двигателями централизованно через тангенциальные ремни. Оттяжные валы и мотальный вал приводятся

Витебский государственный технологический университет

в движение от отдельных электродвигателей через ременную и зубчатую передачу.

Приводные ремни, используемые на ППМ (рис. 4.56), производит фирма Forbo Siegling GmbH (Германия). Для привода роторов и дискретизирующих барабанчиков используют полиамидные ремни (NP) нормальной или тонкой текстуры (NSTR/FSTR) для полуавтоматических машин и полиамидные ремни с эластомерной (G) нижней и верхней стороной для автоматических машин. Для привода транспортёра бобин используют полиэфирный ремень с полиуретановой (U0) или поливинилхлоридной (V) пропиткой. Для привода очистных щёток и верхнего чистителя используют эластомерные ремни нормальной или тонкой текстуры.

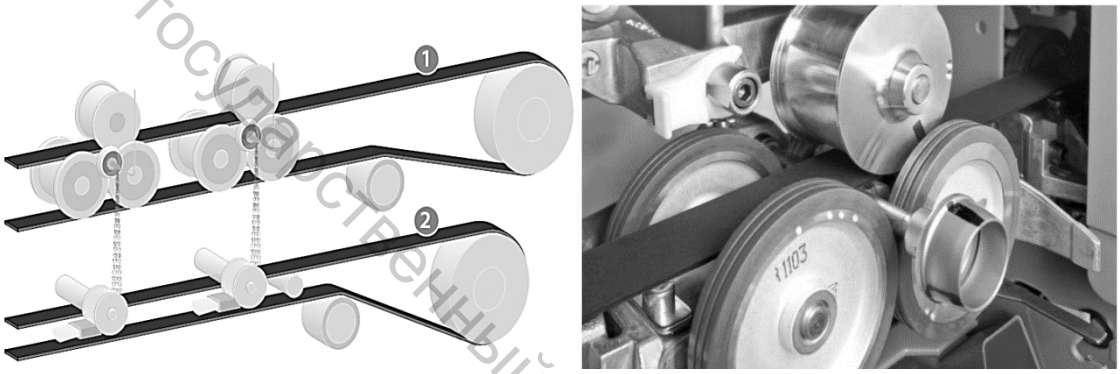


Рисунок 4.56 – Система привода прядильных камер (1) и дискретизирующих барабанчиков (2) тангенциальными ремнями

Эластомерные покрытия приводных ремней ротора не имеют тенденции к затвердеванию (без стеклования), сохраняют постоянный коэффициент трения после фазы приработки, имеют износостойкость с постоянным коэффициентом трения, с долгим сроком службы, с уменьшенным проскальзыванием, малошумные, низко вибрационные и антистатичные.

На рисунке 4.57 представлена схема привода основных рабочих органов ППМ с помощью приводных ремней.

Система загрузки патронов (рис. 4.58) с магазином *1* и системой управления *2* является стандартным оборудованием и предназначена для транспортировки пустых патронов к роботу-автоприсучальщику.

Пустые патроны транспортируются к работающему роботу по узким ленточным конвейерам, расположенным попарно, и приводимым в движение отдельным двигателем. Каждая сторона машины оборудована парой лент, работающих независимо друг от друга. Как только робот запрашивает пустой патрон, конвейерная лента включается и транспортирует патрон в держатель пустых патронов робота.

Витебский государственный технологический университет

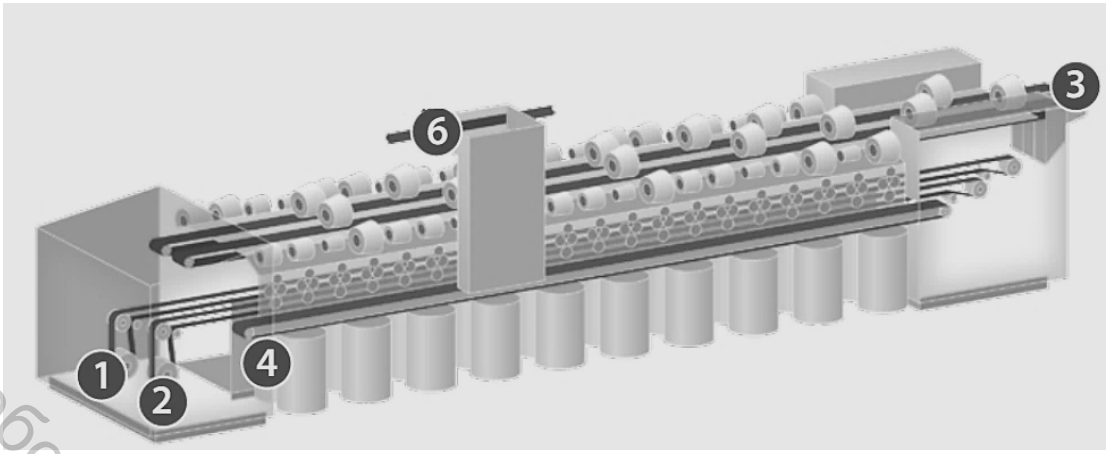


Рисунок 4.57 – Приводные ремни:
1 – ремень привода ротора; 2 – ремень привода дискретизирующих барабанчиков;
3 – ремень привода транспортировки бобин; 4 – ремень привода очистных щеток;
6 – ремень привода верхнего очистителя

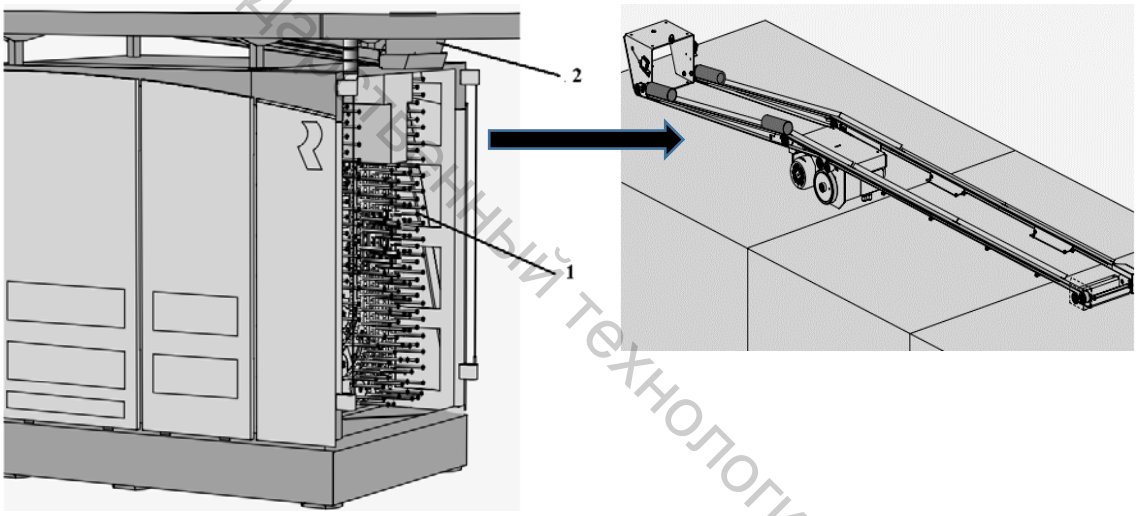


Рисунок 4.58 – Магазин для пустых патронов с системой управления

Для реализации операции присучивания или для удаления отходов с конвейерной ленты для отходов требуется создание отрицательного давления на каждом прядильном месте. Это создается всасывающим вентилятором с приводом от двигателя, расположенного в задней части машины. Отрицательное давление для робота создаётся отдельным вентилятором в задней части (рис. 4.59). Главный вентилятор *1* всасывает воздух от каждого ротора через канал отрицательного давления *2* и корпус фильтра *3*, создавая разрежение приблизительно 60÷85 ГПа на корпусе ротора прядильной камеры. Сорные примеси, пыль и фрагменты волокон, переносимые воздушным потоком, собираются фильтрующим слоем *4* в корпусе фильтра и удерживаются на фильтре потоком воздуха. Однако по мере того, как фильтр становится все более заполненным, отрицательное давление ослабевает. Если давление падает ниже уста-

Витебский государственный технологический университет

новленного предельного значения (аварийного уровня), воздушный поток на короткое время автоматически отводится через канал By Pass *5*. Слой материала на фильтре больше не удерживается и падает на основание корпуса фильтра *6*, и отрицательное давление полностью восстанавливается.

Вентилятор также создает всасывание, необходимое для удаления сора, выделенного при дискретизации. Необходимое отрицательное давление для прядильного робота создается вентилятором *7*, установленным в задней части машины. На каждом прядильном месте имеется отверстие для вытяжного канала *8*, которое можно закрыть клапанами. Когда робот приближается к месту обрыва, створки открываются, и роботу становится доступно отрицательное давление.

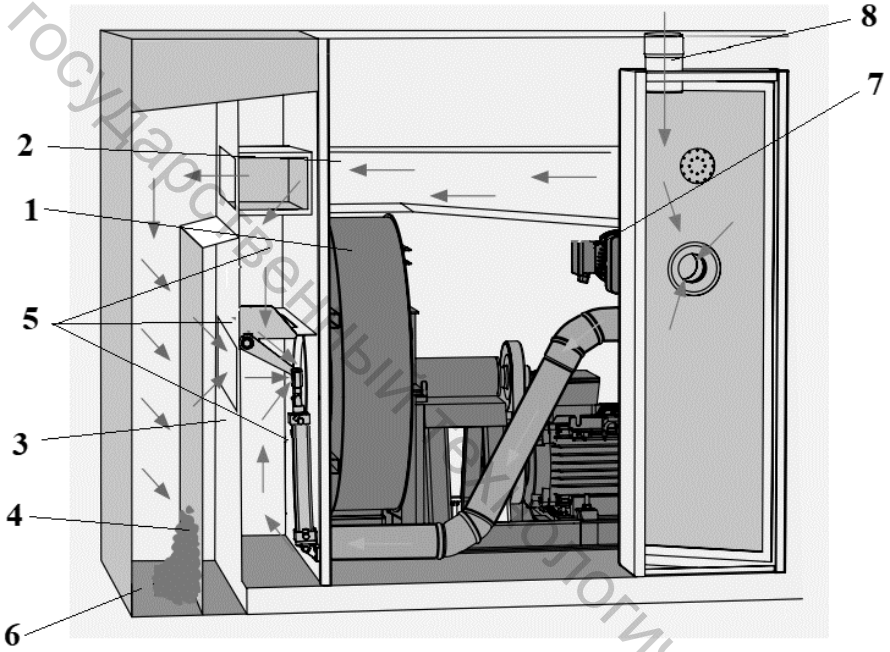


Рисунок 4.59 – Система транспортировки воздушных потоков

Ленточные конвейеры для бобин (по одной конвейерной ленте с каждой стороны машины) приводятся в движение от задней головной части машины. Ленточный конвейер включается автоматически, когда на ленту помещается заданное количество полных бобин. Конвейерная лента транспортирует паковки к концу машины, где они готовы к съёму. Когда все бобины сняты, привод конвейера отключается.

4.14 Съём полных бобин

Для съёма бобин предлагаются различные концепции.

1. Система транспортировки конических бобин. Подъёмное устройство поднимает конические бобины с конвейерной ленты ППМ и

Витебский государственный технологический университет

доставляет их на следующий этап или к центральному бобиноукладчику (рис. 4.60).

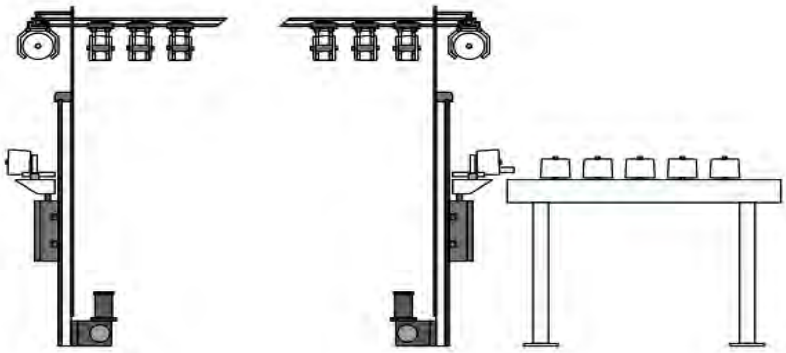
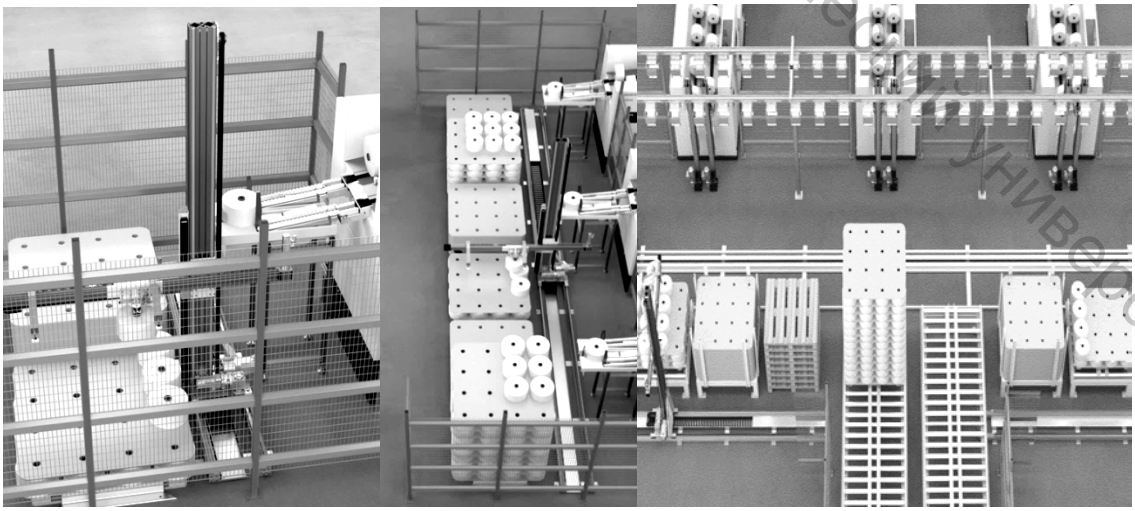


Рисунок 4.60 – Система транспортировки конических бобин

2. Одиночный бобиноукладчик на поддон. Предназначен для непосредственного подключения к одной ППМ, он автоматически выгружает паковки крестовой намотки и укладывает их на поддоны. Предназначен для машин мощностью до 300 паковок в час и для съёма до 5 различных партий.

3. Групповой бобиноукладчик. Обслуживает группу ППМ, эффективен в случае невозможности применения одиночного бобиноукладчика. Разгружает несколько машин и хранит бобины на специальных поддонах.

4. Центральный бобиноукладчик. Не устанавливается непосредственно за машиной, а располагается в центре цеха и соединяется с ППМ через конвейеры и систему транспортировки бобин. Забирает паковки, например, группой из 5 бобин с конвейеров, и хранит их на специальных поддонах по разным станциям складирования (рис. 4.61).



одиночный групповой центральный

Рисунок 4.61 – Бобиноукладчики

Витебский государственный технологический университет

Прядильные фабрики и текстильные компании, где производство и переработка пряжи находятся в разных местах, предпочитают использовать системы с автоматическим съёмом на ППМ и прямой укладкой на поддоны. Эти системы в настоящее время развиты до такой степени, что снятие всех паковок с машины, их укладка на поддон, установка промежуточных вкладышей и обёртывание полных поддонов плёнкой выполняются автоматически. Можно запрограммировать размер и форму паковки, а также схему размещения.

Кроме рассмотренных вариантов съёма полных бобин с машины, в качестве альтернативы возможен вариант их транспортировки на подвесных или ленточных конвейерах (рис. 4.62) к последующим этапам обработки (на ткацкие, сновальные или вязальные машины) либо на склад готовой продукции, где они размещаются в контейнерах или на поддонах для дальнейшей отправки.

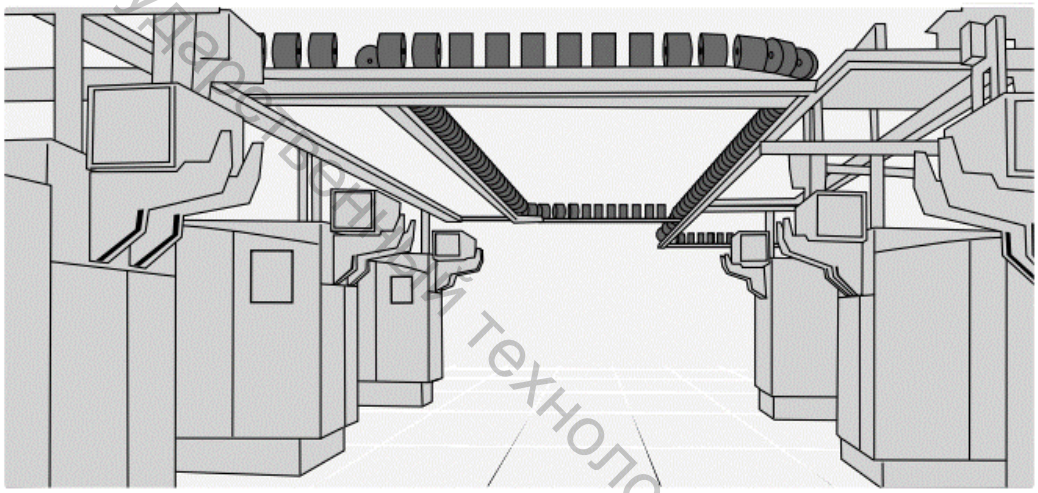


Рисунок 4.62 – Транспортировка полных бобин

4.15 Автоматизация машин пневмомеханического прядения

Системы автоматизации работы ППМ уже несколько лет являются неотъемлемой частью данного оборудования. При этом автоматизированы следующие операции:

• автоматический захват и введение конца ленты из нового таза в прядильную камеру;

• автоматическая очистка камеры, пряжевыводной воронки и трубки после обрыва или смены паковки;

• автоматическая присучка после обрыва (ручная присучка невозможна при частоте вращения ротора более 100000 мин$^{-1}$). Это позволяет повысить качество получаемой пряжи. Так, например, при ручной присучке средняя прочность на разрыв места соединения не превышает 40% от прочности пряжи, а при автоматической присучке – до 100%;

Витебский государственный технологический университет

• автоматический съём полных паковок при достижении заданной длины пряжи и замена пустыми патронами;

• автоматическая подача пустых патронов к роботу для смены;

• программируемое прекращение производства или смена партии;

• автоматическое складирование снятых паковок в конце машины;

• автоматическая или полуавтоматическая очистка фильтра.

На практике автоматизация машин представлена двумя разными концепциями:

1. Интегрированная автоматизация, в которой все рабочие функции (очистка камеры, ликвидация обрыва, смена паковки) объединены в одном роботе (рис. 4.63). Смена паковки и последующий перезапуск прядильного места происходят как единый процесс.

Рисунок 4.63 – Интегрированный робот

2. Автоматизация с помощью блоков, работающих отдельно, при этом рабочие функции запуска прядения (после ликвидации обрыва или смены паковки) выполняются роботом-присучальщиком, а транспортировка бобин и смена паковки осуществляется с помощью второго робота. На сегодняшний день производители предпочитают интегрированную систему автоматизации на своих машинах. Роботы на машинах R66 (Rieter) ликвидируют обрыв пряжи и проводят замену полной бобины. Эти две операции выполняются параллельно и независимо друг от друга.

Цикл требует не более 20 секунд для присучивания пряжи, включая очистку ротора и съём бобины. Такая эффективность и точность роботов обеспечивает высокую производительность машин.

Современные ППМ могут быть оснащены до 6 роботов, но наиболее распространенный вариант – 4 робота (два с каждой стороны машины).

Их стратегия движения обычно координируется таким образом, что роботы перемещаются взад и вперёд в определенном рабочем диапазоне, последовательно обслуживая все прядильные места в направлении движения, где требуется вмешательство. Стратегию движения можно оптимизировать в соответствии с рабочим состоянием машины. Двух роботов (на каждой стороне машины) обычно достаточно для эффективного обслуживания прядильных машин с количеством рабочих мест от 240 до 280. Каждый робот обслуживает одну сторону машины, но возможно запрограммировать второго робота для обслуживания другой стороны машины (рис. 4.64). В этом случае робот перемещается с

Витебский государственный технологический университет

одной стороны машины на другую через петлю на передней части машины. Время простоя сокращается вдвое.

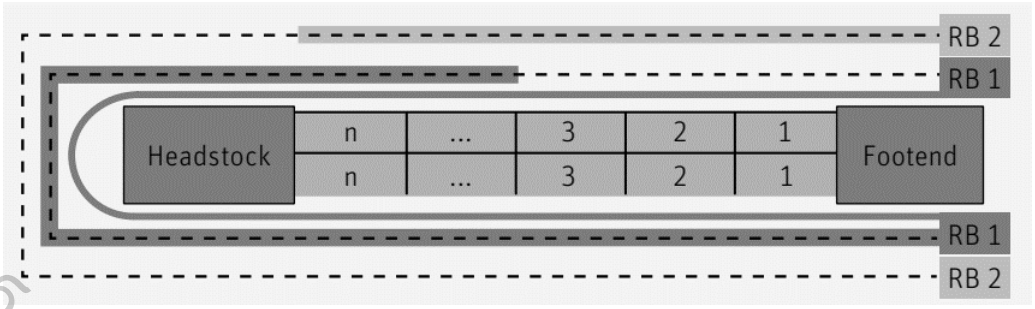


Рисунок 4.64 – Стратегия работы с двумя роботами

Теоретически возможно использование трёх роботов на машину (рис. 4.65). Два робота (RB 1 и RB 2) обслуживают каждый свою сторонку машины, а третий робот (RB 3) поддерживает двух других роботов, работая попеременно с одной стороны машины, а затем с другой. Главный недостаток данной технологии: третий робот серьёзно мешает работе в конце машины при смене паковки, из-за его частых движений вперёд и назад по петле на задней части. Концепция с тремя роботами не получила широкого распространения.

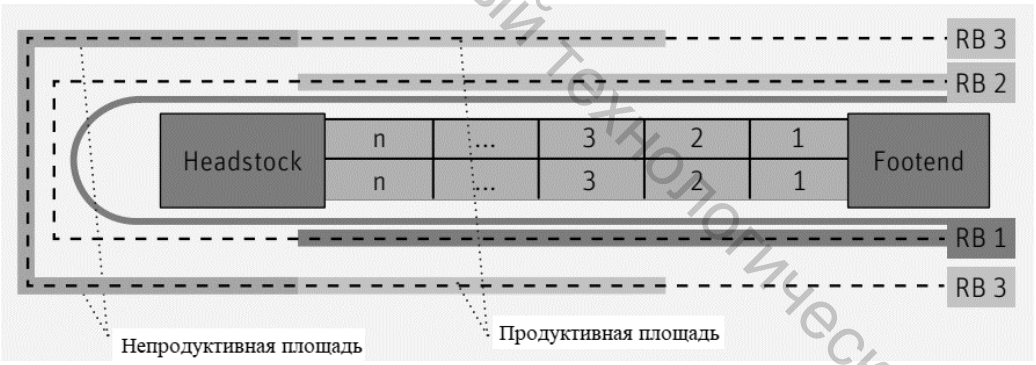


Рисунок 4.65 – Стратегия движения с тремя роботами

Четыре или 6 робота (по 2 или 3 с каждой стороны машины) необходимы для сверхдлинных ППМ с количеством прядильных мест до 700, так что максимальная эффективность машины может быть достигнута даже при небольших размерах бобины и большой скорости выпуска (рис. 4.66). По два или три робота обслуживают одну сторону машины. Каждый робот проходит определенную длину стороны машины. Зоны движения перекрываются посередине машины. Центральная система управления роботом гарантирует, что роботы не столкнутся. Роботы могут быть запрограммированы так, чтобы оба обслуживали одну или несколько секций совместно. В целях удобства обслуживания каждый робот имеет независимое движение.

Витебский государственный технологический университет

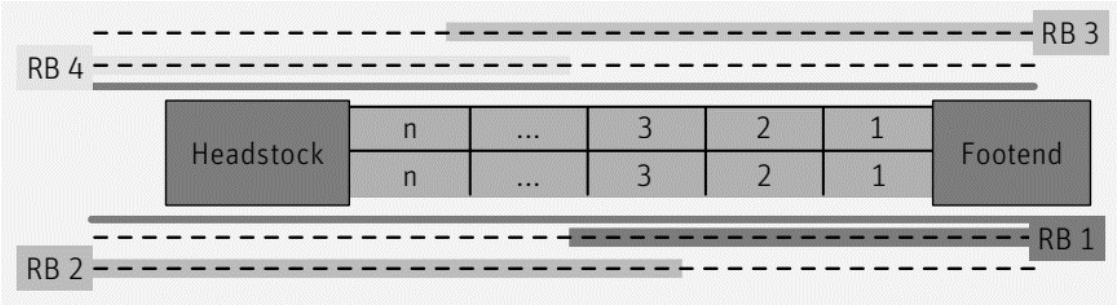


Рисунок 4.66 – Стратегия движения с четырьмя роботами

Операция присучивания концов пряжи может выполняться как полуавтоматически, так и автоматически. На машине AutoBD (Saurer) она осуществляется с помощью системы Synchro Piecing (рис. 4.67). 600 рабочих мест робот Synchro Piecing может заправить за 25 минут, тогда как одному оператору для этого потребуется 270 минут.

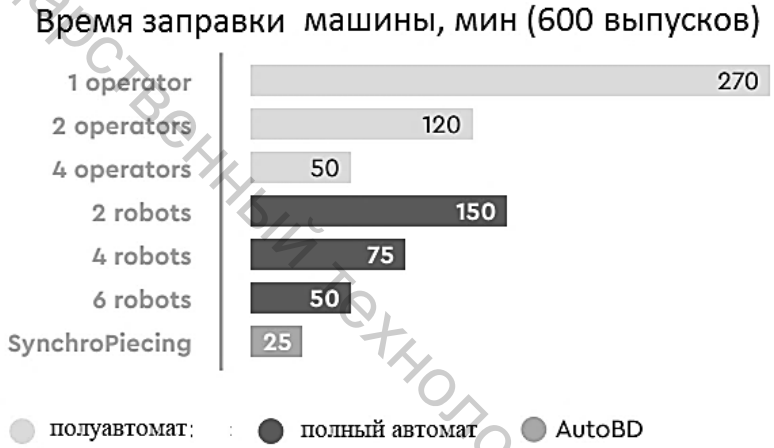


Рисунок 4.67 – Время на заправку 600 выпусков ППМ

Процесс автоматической присучки осуществляется следующим образом:

1. После обрыва пряжи или удаления дефектного места подача ленты на рабочем месте, где произошел обрыв, немедленно прекращается (отключается питающий цилиндр), чтобы предотвратить забивание камеры волокном. Бобина с пряжей приподнимается над мотальным валом, чтобы предотвратить повреждение слоёв нити. Робот вызывается к этому рабочему месту через систему управления. Прядильные места, которые остаются неподвижными из-за отсутствия ленты, обнаруживаются роботом с помощью датчиков и не обслуживаются до тех пор, пока не будет подана новая лента.

2. После точного позиционирования робота процесс присучивания начинается с того, что конец ленты, зажатый между питающим цилиндром и столиком, ненадолго перемещается в зону дискретизирующего

Витебский государственный технологический университет

барабанчика, чтобы вычесать короткие и поврежденные волокна. Сразу после этого лента выводится, чтобы предотвратить повторное повреждение волокон на конце ленты.

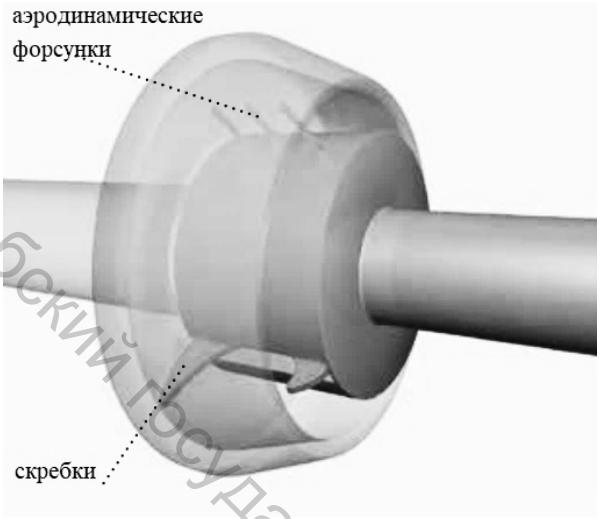


Рисунок 4.68 – Система очистки камеры

3. На следующем этапе внутренняя стенка и жёлоб камеры тщательно очищаются пневматически с помощью вращающейся чистящей головкой, имеющей два скребка и три воздушные форсунки (рис. 4.68). Это необходимо, так как отложения в жёлобе камеры приводят к периодическим дефектам пряжи, вызывающим муаровый эффект в тканях. Во время очистки камеры также очищаются поверхности пряжевыводной воронки и трубки. Профилактическая очистка ротора выполняется при прядении льна и сильно загрязненного сырья.

4. Конец нити отматывается с паковки и заводится в прядильную камеру через пряжевыводную трубку (рис. 4.69, А).

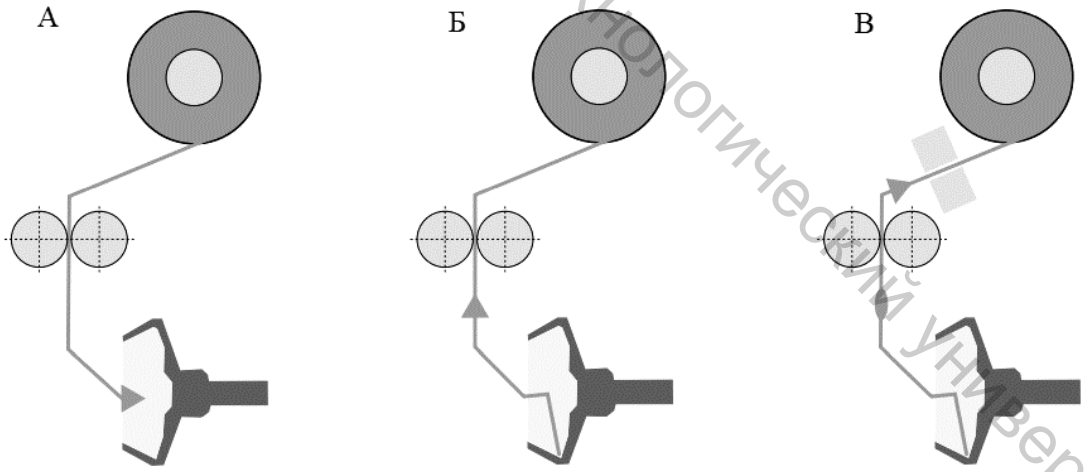


Рисунок 4.69 – Автоматическая присучка

5. В то же время начинается подача ленты, и волокна подаются в прядильную камеру. В жёлобе конец нити соединяется с подаваемыми волокнами. Затем начинается синхронный отвод нити из камеры (рис. 4.69, Б). После формирования присучки камера разгоняется до рабочей скорости и процесс присучивания завершается. Каждое место присучки проверяется электронным способом на отклонение по массе или по

Витебский государственный технологический университет

диаметру перед намоткой на паковку (рис. 4.69, В). Если присучка превышает заданные пределы, процесс прядения снова прерывается (подача ленты прекращается) и процесс повторяется. Неудачные попытки присучивания составляют не более 1%, при этом подаётся сигнал индикаторной лампой.

Качество присучивания в основном определяется:

– по прочности места присучки и по коэффициенту вариации по прочности присученных участков;

– по толщине присучки (диаметру или массе);

– по длине участка присучивания;

– по частоте присучивания.

Автоматическое присучивание после смены партии. При смене партии отсутствует бобина с пряжей, с которой можно взять конец для заправки. Это означает, что надо использовать бобину с запасной нитью, чтобы возобновить процесс. Такую бобину несёт робот. После съёма полной бобины и установки пустого патрона проводится очистка жёлоба камеры, после чего кончик пряжи с запасной бобины подаётся в прядильную камеру, одновременно начинается подача волокна в камеру и происходит присучивание (рис. 4.70, А). Особым преимуществом этой системы является то, что присучивающая нить и место присучки извлекаются из ротора и подаются внутрь робота к вытяжному устройству (рис. 4.70, Б). Новая пряжа, которая также ненадолго проходит в вытяжное устройство робота, переносится роботом на пустой патрон (рис. 4.70, В) посредством образования фиксированного резерва нити (первый слой пряжи покрывается следующими слоями: конец нити остается свободным). Это гарантирует, что только пряжа хорошего качества наматывается на паковку, и, таким образом, не может возникнуть проблем при последующей её переработке.

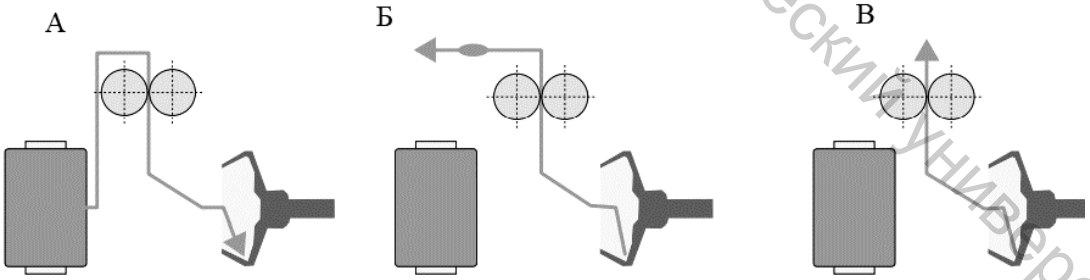


Рисунок 4.70 – Автоматическая присучка после смены партии

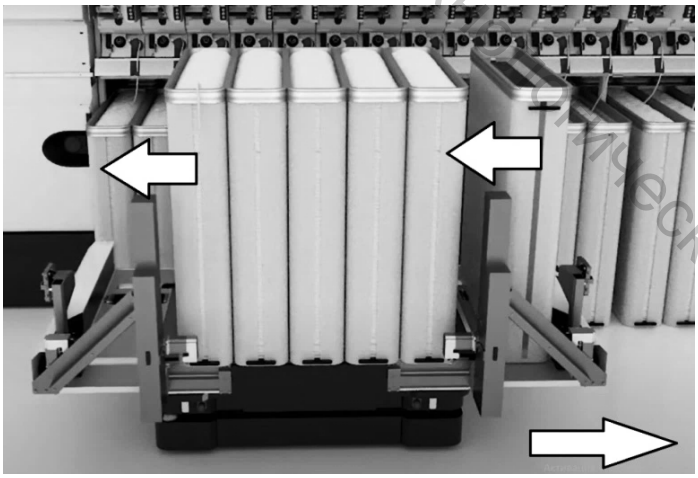
На ППМ принято использовать круглые тазы, расположенные в два ряда, один за другим. Замена пустого круглого таза в заднем ряду требует значительных механических усилий и манипуляций по управлению системой смены тазов. Поэтому системы автоматической замены пустых тазов на сегодняшний день не зарекомендовали себя.

Витебский государственный технологический университет

Для автоматизации замены и транспортировки пустых тазов применяются прямоугольные тазы. Такая конструкция позволяет оптимально использовать рабочее пространство (один таз стоит под каждым выпуском), они обладают большой вместимостью (на 65% больше, чем у круглых тазов). Это приводит к увеличению времени срабатывания ленты из таза и меньшему количеству остановов для смены таза.

Система управления прядильной машиной рассчитывает время срабатывания тазов на основе скорости подачи ленты, времени простоя и длины ленты. Когда таз пуст, через пульт управления запрашивается полный таз. Подъезжает автосъёмник тазов (рис. 4.71, шаг А), выдвигается захват, обжимает педаль на дне таза и затаскивает таз на платформу автосъёмника (шаг Б).

шаг А шаг Б



шаг В

Рисунок 4.71 – Автоматическая смена тазов

Толкатель размещает пустой таз вплотную к имеющимся тазам, второй толкатель отводит полный таз вправо, отделив его от остальных, после чего автосъёмник передвигается влево к освободившемуся месту для установки полного таза (шаг В).

Витебский государственный технологический университет

4.16 Технический контроль

Необходимым условием получения пряжи высокого качества является правильно организованный, хорошо и регулярно действующий технический контроль в прядильном производстве. Технический контроль в цехе проводит мастер, начальник цеха, отдел технического контроля (ОТК) и фабричная лаборатория в соответствии с инструкциями и методиками по плану.

Линейную плотность, разрывную нагрузку пасмой, относительную разрывную нагрузку и неровноту по линейной плотности пасмой контролирует лаборатория. Контроль проводится каждый день и каждой машины, при большом числе машин – с разбивкой по группам. С машины берут 10 бобин и отматывают с каждой бобины на мотовиле по 3 пасмы длиной 100 м. На всех машинах прядильные места должны быть пронумерованы. Отбираемые для контроля бобины нумеруют теми же номерами, что и прядильные места.

Разрывную нагрузку одиночной нити, относительную разрывную нагрузку и неровноту по разрывной нагрузке одиночной нити контролирует лаборатория 1 раз в месяц на всех машинах по пряже каждой линейной плотности, сортировке и плану прядения. Общее число машин (например, вырабатывающих пряжу одной линейной плотности) разбивают на группы так, чтобы число машин было не более 10. Число бобин отбирают так, чтобы число испытаний в группе было 100. Например, в группе 10 машин, тогда отбирают с каждой машины 10 бобин и с каждой бобины делают по 10 испытаний.

Крутку пряжи и коэффициент крутки пряжи контролирует лаборатория 1 раз в неделю. Крутку определяют 3 раза, в целом по пряже каждой линейной плотности проводится 30 испытаний.

Влажность пряжи определяют ежедневно по пряже всех линейных плотностей и сортировок.

Обрывность пряжи на ППМ определяет лаборатория 1 раз в месяц на каждой машине. Продолжительность наблюдения – не менее 3 ч на всех машинах, обслуживаемых одной работницей. Число обрывов подсчитывают на 1000 камер в час по формуле

$$R = Б \cdot 1000/(nt), \qquad (4.51)$$

где $Б$ – общая обрывность пряжи на машине; n – число работающих камер; t – время наблюдения за обрывностью, мин.

Обрывность на 1000 камер должна находиться в пределах 20–30 обрывов в час. Общую обрывность с классификацией обрывов по при-

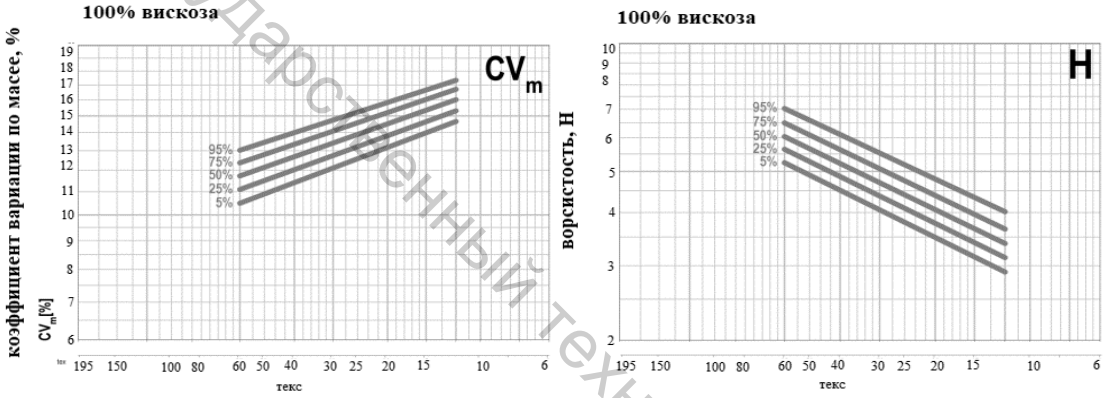
Витебский государственный технологический университет

чинам определяют по заданиям и при проведении исследовательских работ.

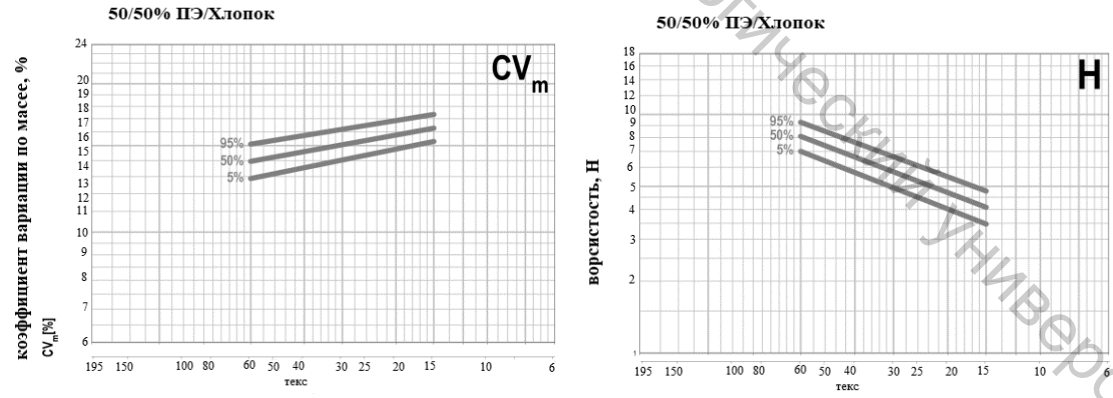
Класс по засоренности пряжи определяют для каждой партии и по заданиям. Сравнивая пряжу с эталоном, устанавливают, к какому классу её можно отнести.

Сорт пряжи находят по показателю качества, полученному: 1) как частное от деления относительной разрывной нагрузки на коэффициент вариации по разрывной нагрузке пряжи; 2) по частному от деления относительной разрывной нагрузки, полученной при разрыве пряжи пасмой, на коэффициент вариации по массе пасм. Найденный показатель сравнивают с показателями государственного стандарта на пряжу и определяют сорт пряжи.

На рисунке 4.72 представлены качественные характеристики пряжи различных видов по данным Uster Tester.



а



б

Витебский государственный технологический университет

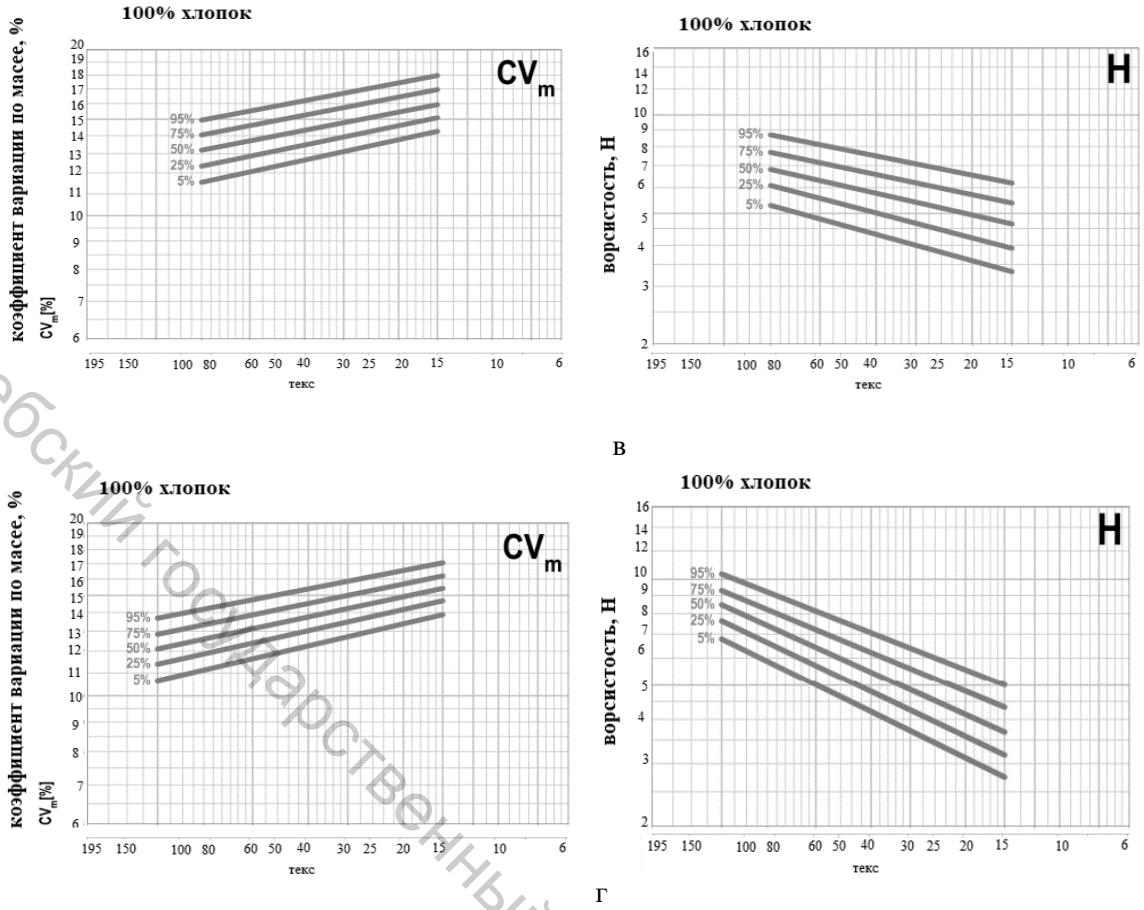


Рисунок 4.72 – Оценка качественных показателей пряжи по Uster Tester: а – вискозная пряжа с бобины; б – 50/50 % полиэфирнохлопковая пряжа; в – 100% хлопчатобумажная трикотажная пряжа; г – 100% хлопчатобумажная ткацкая пряжа

4.17 Особенности развития пневмомеханического прядения

Фирма Saurer выпустила третье поколение ППМ модели Autocoro 10. Машина оптимизирована под работу по принципу 3Е: оптимизированное потребление энергии, оптимизация производительности и эргономики (снижение рабочей нагрузки). Машина работает при частоте вращения роторов до 180000 мин$^{-1}$ и скорости выпуска до 300 м/мин, формируя паковки диаметром до 350 мм (рис. 4.73).

Оптимизация происходит за счет следующих факторов:

– Synchro Piecing 36 (скорость присучивания на 50% выше) и Turbo Start (разгон менее чем за 10 мин);

– до 8 автосъемников (повышение производительности до 5%);

– система вакуум-очистки Vacuum trash cleaner VTC (удаляет сор, пыль, короткие волокна, защищает камеру от попадания пыли, особенно эффективна при переработке регенерированных волокон или льна); VTC находится в середине машины, где всасывает сорные примеси с транспортера для их отвода на половине пути. В результате на транс-

Витебский государственный технологический университет

портере собирается значительно меньше сорных примесей, повышается производительность машины, так как нитеочиститель Corolab производит значительно меньше срезов пряжи из-за пороков;

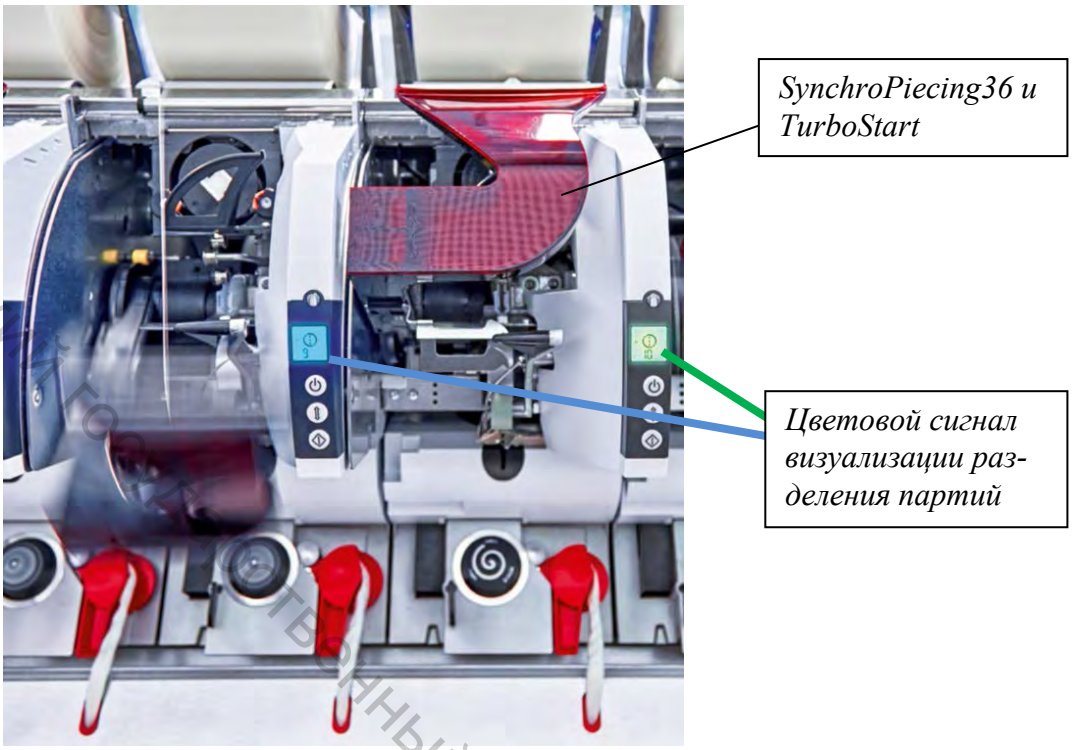


Рисунок 4.73 – Внешний вид прядильной машины Autocoro 10 (Saurer)

– Digi Piecing (присучивание с цифровым управлением), интегрировано в каждое прядильное место, индивидуальные электроприводы обеспечивают высокую точность присучивания;

– машина оснащена скользящей сменой партии MultiLot (рис. 4.74), позволяющей без останова машины перезаправить некоторые прядильные места на выпуск нового ассортимента пряжи (от 2 до 5 партий);

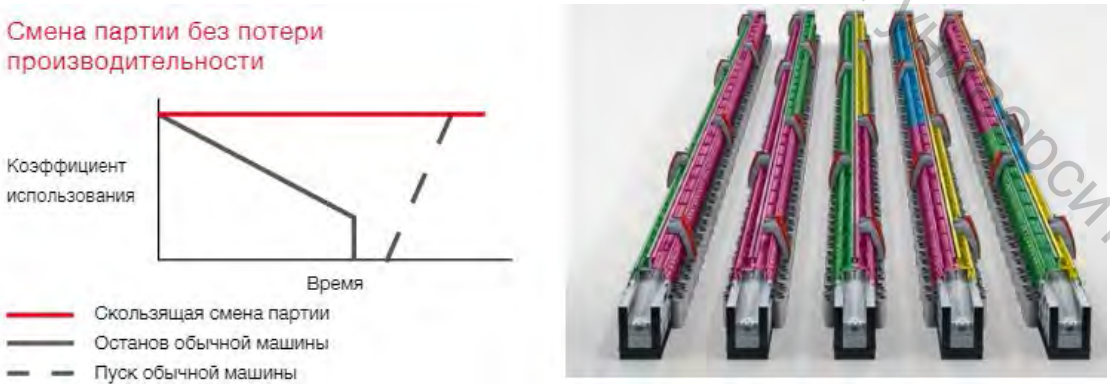


Рисунок 4.74 – Система скользящей смены партий MultiLot

Витебский государственный технологический университет

– система Digi Winding (цифровой контроль наматывания пряжи на бобину) – паковки имеют ровные боковые стороны и на 10% большую массу. Возможно наличие системы Digi Winding FX, производящей паковки для крашения с закругленными кромками;

– управление прядением Pilot Spin – возможность использовать отдельные прядильные места для пробного прядения, в то время как остальные прядильные места выпускают пряжу по заказу;

– датчик проверки качества пряжи Corolab XQ и Corolab XF;

– отображение цветового символа для визуализации различных партий;

– инновационная система Energy Monitoring контролирует потребление энергии в режиме online на каждую партию или на каждый килограмм пряжи;

– увеличенный на 30% магазин для катушек снижает трудозатраты за счёт увеличения интервалов заполнения магазина. Магазин оборудован интеллектуальной системой распознавания цвета, определяет, какого цвета катушка нужна и отправляет её на транспортёр;

– машина оснащена системой Fancynation, позволяющей выпускать до пяти различных видов фасонной пряжи одновременно или фасонную и обычную пряжу параллельно на одной машине. Autocoro 10 позволяет создавать эффекты, почти в два раза более выраженные, с увеличением массы участков на 800% на максимальной скорости.

Компания Saurer вывела на рынок полуавтоматическую ППМ AutoBD, которая при желании может быть оснащена системой автоматизации Autocoro, преобразующей её в автоматизированную ППМ. Для машины характерны следующие опции:

– устройство Turbo Start быстро разгоняется машину до максимальной скорости после смены партии или сбоя питания;

– устройство Synchro Package Remover – блок автоматики в намоточном устройстве: автоматически поднимает готовые паковки с наматывающих валов и транспортирует их на ленточный конвейер. Персоналу нужно только вставить пустые патроны и намотать пряжу;

– устройство Digi Piecing – цифровая технология присучивания;

– функция визуализации. Светодиодные ленты на передней части машины, сигнальные светодиоды на прядильных местах и дополнительная светодиодная лента на сборных камерах информируют рабочих о состоянии производства по всей длине машины. Это экономит время на обход машины, и обслуживание происходит эффективнее.

В дополнение ко всем возможностям фирма Saurer предлагает систему управления фабрикой Senses для анализа всех данных прядения в одной программе в режиме реального времени. Информационная система собирает, объединяет и визуализирует производственные данные и качественные характеристики продукции по всей прядильной фабри-

Витебский государственный технологический университет

ке. Приложение предоставляет информацию руководству и операторам оборудования, чтобы лучшим образом оптимизировать использование сырья, материалов, времени, персонала и энергии.

Объединяя технологию Autocoro и улучшенную технологию BD, разработана полуавтоматическая ППМ BD 7. Машина, аналогично описанным выше моделям Autocoro, характеризуется наличием устройств Premium Autocoro package, цифровой технологией присучивания Digi Piecing при скорости намотки до 230 м/мин, многопартионностью (по 2 партии с каждой стороны машины), наличием устройства транспортировки паковок Pilot Group и Fancynation (производство фасонной пряжи), цифровой проверкой качества пряжи с помощью Corolab Q2 и Corolab F2 с обнаружением посторонних волокон.

Полуавтоматическая ППМ BD 480 Plus имеет 512 прядильных мест, габариты её снижены с сохранением максимальной производительности на квадратный метр. Машина оборудована устройством цифрового контроля качества пряжи Corolab Q, позволяет производить пряжу большой линейной плотности до 590 текс, а также фасонную пряжу slub (до 100 эффектов). На BD 480 Plus применяются оптические и акустические сигналы для быстрого устранения неполадок. Технология E-cam обеспечивает абсолютную синхронизацию запуска левой и правой сторон машины и позволяет контролировать угол наклона витков при намотке, натяжение пряжи при намотке и предотвращать образование жгутовой намотки. Чистка фильтра также осуществляется автоматически.

Программное обеспечение машины BD позволяет выводить на дисплей информацию по каждому прядильному месту, например, о смене паковок или коэффициенте использования, что позволяет оптимизировать процесс прядения и производительность машины.

Фирма Rieter выпустила на рынок полностью автоматизированную прядильную машину R66, имеющую 700 выпусков, отличающуюся более высокой (на 5%) производительностью, на 10% экономичнее благодаря центральным приводам ECOrized и энергосберегающему всасыванию с автоматической очисткой фильтра. На машине применяется новая прядильная камера Spinbox S66. Присучивание пряжи осуществляется по уникальной технологии AEROpiecing, а очистка ротора VARIOclean осуществляется при каждом цикле присучивания.

Программное обеспечение машины R66 предоставляет полный конструкторский комплект для индивидуальной оптимизации изменений партии: режим перенастройки и режим новой партии. Возможны пробные партии в виде нескольких небольших бобин из текущей партии. Они могут быть интегрированы непосредственно в текущее производство без потери производительности. Затем, по мере необходимости, текущее производство плавно возобновляется или начинается очень

Витебский государственный технологический университет

быстрый запуск. R66 также может быть запрограммирована на целевое время наработки всей партии, что позволяет вовремя подготовиться к замене бобин и выпуску новой партии.

Рисунок 4.75 – Разделение двух партий пряжи

Обе стороны машины могут работать независимо друг от друга. Процедуры смены партии с разным количеством пряжи, сырьём и настройками отделены друг от друга транспортёрными лентами (рис. 4.75). Техническое обслуживание обеих сторон машины может выполняться независимо друг от друга. На каждой стороне имеется собственный погрузчик патронов, который предотвращает перепутывание цвета патронов и увеличивает скорость их подачи.

Кроме того, эта опция позволяет удвоить количество патронов. Питающие цилиндры с индивидуальным приводом VARIOspin могут быть использованы для производства пряжи slub (с утолщениями). Система может производить до 2–3 утолщений на метр пряжи.

Испытания на прочность с помощью разрывной машины TENSOJET показали, что на пряже с машины R66 на 85% меньше мест с минимальной прочностью и удлинением, что на 85% снижает вероятность обрывов при сновании, шлихтовании, ткачестве и при вязании.

При расстоянии между выпусками 245 мм машина R66 обеспечивает место для тазов диаметром 470 мм, расположенных в 2 ряда для экономии места. Следовательно, расстояние от машины до машины должно быть не более 3,8 м, допускается размещение ряда резервных тазов между машинами, что не мешает обслуживанию. Даже при использовании тазов большего диаметра их расположение остается компактным.

Прядильная машина R70 (Rieter) оснащена следующими технологическими элементами:

- интерфейсом Essential, который фиксирует расход энергии в киловаттах на килограмм произведенной пряжи;
- блок TWIST unit самоцентрирующийся для точного позиционирования пряжевыводной воронки и ротора;
- технология охлаждения Cool-Nozzle для отвода тепла от воронки;

Витебский государственный технологический университет

- вкладыши в конфузорный канал Channel Insert для разного типа волокон;
- канал SPEED pass для оптимизации потока волокон.

Новая концепция машины позволяет непрерывно менять партии. Как только пряжа на бобине достигает заданной длины, паковка заменяется пустым патроном нового цвета. После этого прядильное место может сразу же произвести новую партию с другими настройками. Модель R70 оснащена системой VARIO lot 2×1, которая состоит из независимого погрузчика пустых патронов, конвейерной ленты для полных бобин и подъёмника бобин для каждой стороны машины (рис. 4.76). Это позволяет снимать разные партии с каждой стороны. В качестве опции машина также может обрабатывать несколько партий с каждой стороны одновременно (например, VARIO lot 2×2).

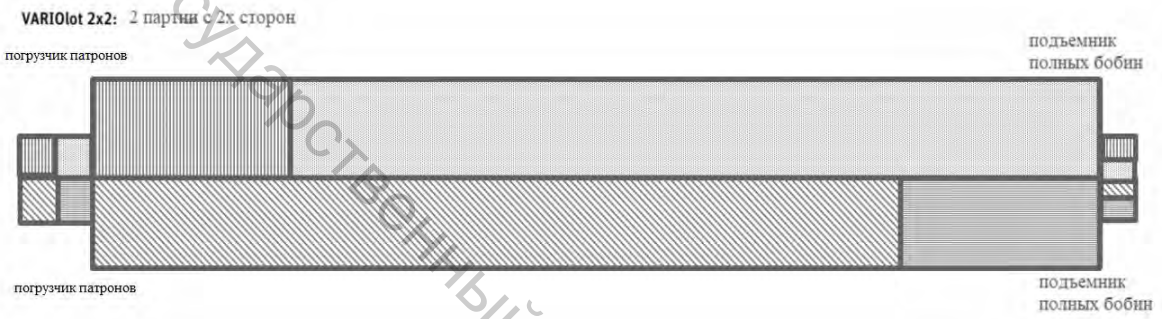


Рисунок 4.76 – Возможность наработки до 4 партий при одной заправке

Полуавтоматическая прядильная машина AutoBD (Saurer) может выполнять присучивание как полуавтоматически, так и полностью автоматически с помощью Synchropiecing 12, то есть обслуживает одновременно до 12 прядильных мест. Благодаря автоматизированной системе Digi-JSI время разгона после смены партии сокращается до нескольких минут.

Фирма Savio выпустила машину Helio S, предназначенную для всех типов волокон, включая регенерированные и отходы прядения. Машина характеризуется новым способом крепления основных узлов для обеспечения точного позиционирования прядильной камеры и пряжевыводной воронки, вала камеры к приводному ремню. На машине использована новая тормозная система для быстрой остановки, защищающая от перегрузки подшипниковую систему.

Машина отличается усовершенствованной системой автоматической присучки: операция занимает 25 секунд, а снятие бобины осуществляется в течение 10 секунд.

Витебский государственный технологический университет

5 АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЯДЕНИЯ

Все вместе машины, относящиеся к альтернативным способам прядения, составляют около 3÷4% в общем парке прядильных машин, установленных в мире. Однако их нельзя обойти вниманием, поскольку они не только являются фундаментом для будущих достижений в области прядения, расширяют наши представления о способах формирования пряжи и вносят внушительный вклад в текстильную науку, но также периодически, вследствие качественного скачка в развитии технологии, могут выходить на первые роли в современных производствах. Так произошло, например, с аэродинамическим способом прядения, который был изобретён более 50 лет назад. Ряд фирм, в том числе в СССР и в Японии, в разное время выпускали различные модели аэродинамических прядильных машин, но качественный скачок произошел только в 2003 г., когда фирма Rieter rпредставила на рынке новую прядильную машину J10.

На сегодняшний день аэродинамические прядильные машины занимают по распространению третье место в мире и продолжают стремительно развиваться. Развитие их конструкции впервые позволило объединить процессы прядения и вязания круглых трикотажных полотен на одной машине и получать трикотажное полотно непосредственно из ровницы и даже из ленты.

Всего в мире известно и подтверждено патентами более 20 способов получения пряжи. Часть из них реализована в виде серийно выпускаемых машин, а часть осталась только на чертежах или в виде экспериментальных образцов. Перечислим наиболее известные из альтернативных способов прядения:

- аэродинамический способ;
- роторный способ;
- аэромеханический способ;
- электростатический способ;
- центрифугальный способ;
- колпачный способ;
- клеевой способ;
- сельфакторный способ;
- фрикционный способ;
- способ получения параллельной пряжи с помощью полых веретён;
- способ получения крученой пряжи из двух ровниц;
- самокруточный способ;
- способ PLYfiL получения трощёной пряжи на прядильной машине.

Витебский государственный технологический университет

5.1 Электростатическое прядение

Компания Electrospin Corporation (США) в 1971 году на выставке ITMA в Париже продемонстрировала экспериментальную прядильную машину (рис. 5.1), принцип работы которой основан на электростатическом прядении.

Ровница *2* сматывается с катушки *1* и подаётся в обычный двухремешковый вытяжной прибор *3* системы 3×3, где вытягивается до 80 раз. Волокна мычки, выходящие из вытяжной пары, необходимо собрать и скрутить для формирования пряжи. Первая из этих операций осуществляется электростатическим полем, а вторая – крутильным устройством *6*. Электростатическое поле *4* создаётся между заземлённым передним цилиндром и крутильным устройством, на которое подаётся высокое напряжение (30000÷35000 В). При этом в крутильном устройстве образуется открытый конец пряжи *5*. Волокна, попадая в электростатическое поле, поглощают заряд и образуют диполи, то есть один конец волокна становится положительно, а другой – отрицательно заряженным.

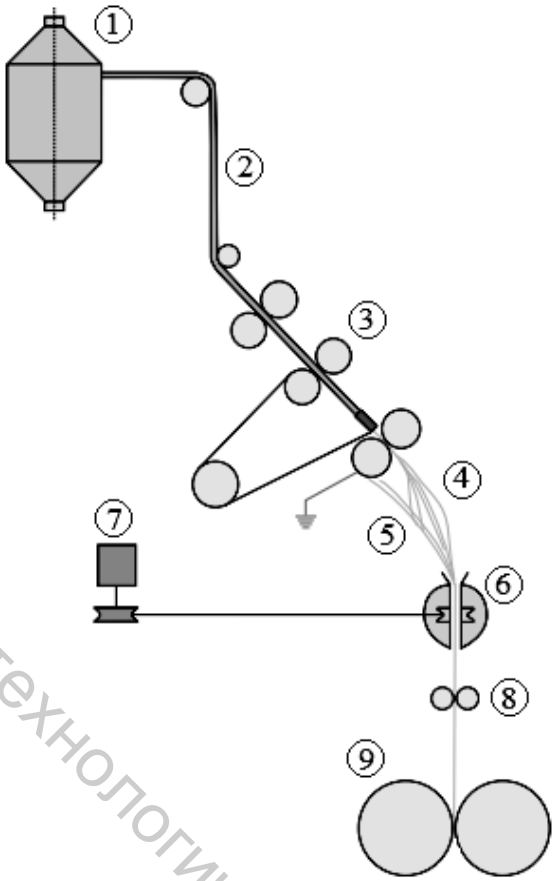


Рисунок 5.1 – Электростатическая прядильная машина

Выходя из вытяжного прибора, волокна за счёт напряжения ускоряются, распрямляются и прикручиваются к открытому концу пряжи *5*. Конец пряжи *5* заряжен отрицательно и поэтому притягивается к переднему цилиндру. Таким образом, из-за дипольного заряда между передним цилиндром и крутильным устройством происходит дополнительное распрямление волокон. Волокна, выходящие из выпускной пары, получают ускорение за счёт напряжения электрического поля и непрерывно прикручиваются к концу пряжи *5*. За счёт вращения крутильным устройством пряжа получает действительную крутку. Полученная пряжа отводится выпускной парой *8* и поступает в механизм поперечной намотки пряжи на бобину *9*.

Витебский государственный технологический университет

Скорость выпуска машины до 40 м/мин. Диапазон линейной плотности пряжи 15÷30 текс. Структура пряжи аналогична пряже кольцевого прядения малой линейной плотности. Недостатками данного способа являются:

- заряд волокон и, следовательно, их поведение в зоне формирования пряжи зависит от влажности воздуха. Соответственно, для каждого типа волокон должны быть созданы индивидуальные климатические условия в цеху;
- заряд каждого волокна и, следовательно, характер его движения зависит от его массы. Таким образом, короткие волокна с малой массой будут вести себя иначе, чем длинные;
- при большом количестве волокон в электростатическом поле они будут вызывать взаимные помехи при зарядке и образовании диполей. Таким образом, данным способом можно производить только тонкую пряжу;
- при высокой скорости выпуска наблюдается тот же эффект взаимных помех, что ограничивает производительность способа.

Вследствие этих причин способ не нашёл распространения на прядильных фабриках.

5.2 Способ получения кручёной пряжи из двух ровниц

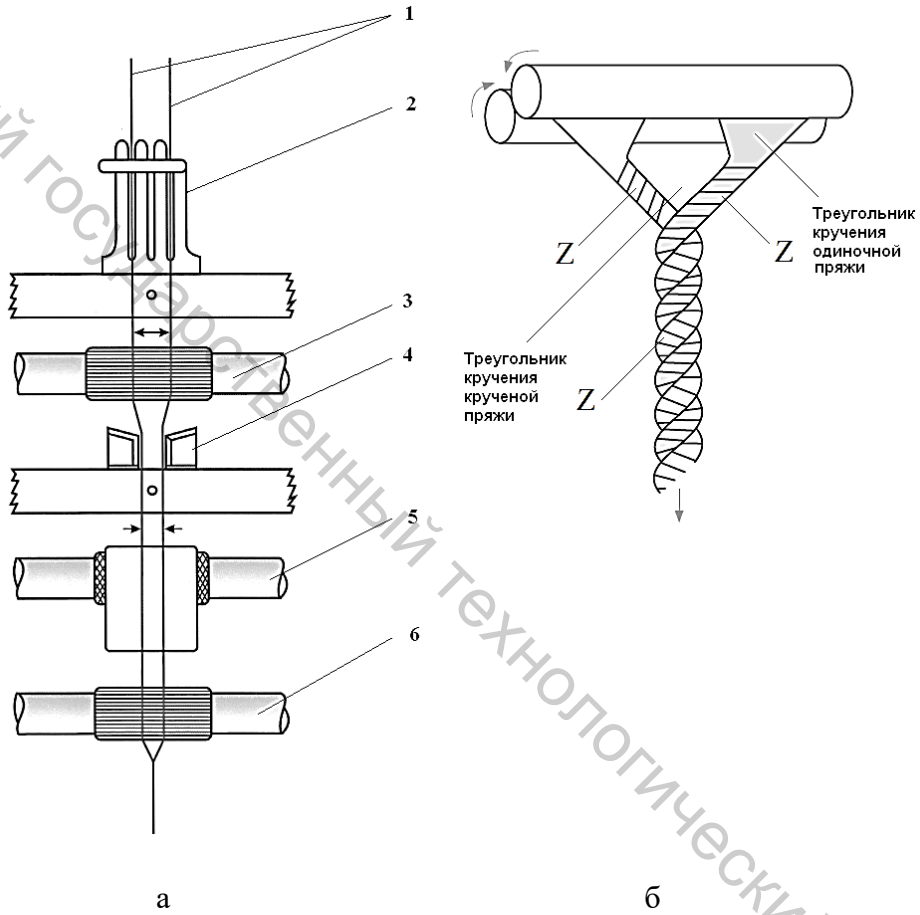
Сущность технологии заключается в получении кручёной пряжи из двух ровниц непосредственно на кольцевой прядильной машине. За рубежом модификации этого способа, известные как Sirospun (Zinser Textilmaschinen GmbH) и Duospun (Ems SA и Huber и Suhner AG), получили широкое распространение. Принципиальная разница этих способов заключается в способе обрезания второй мычки при обрыве одной из составляющих.

Технология получения кручёной пряжи из двух ровниц позволяет значительно снизить её себестоимость за счёт сокращения тростильного и крутильного переходов. В наибольшей степени способ подходит для камвольного прядения, где перерабатываются длинные штапельные волокна. Использование коротких волокон (хлопок) сопряжено с рядом трудностей, в основном, с повышенной обрывностью. Поэтому ведущие производители прядильного оборудования рекомендуют при получении хлопчатобумажной пряжи из двух ровниц использовать машины компактного прядения. Фирма Rieter выпускает прядильные машины компактного прядения для получения компактной пряжи из двух ровниц Com4 compact-twin®, а фирма Zinser и Sussen – прядильные машины, выпускающие пряжу под торговой маркой Eli Twist®.

Витебский государственный технологический университет

Получаемая по этому способу пряжа по физико-механическим свойствам занимает промежуточное положение между одиночной и классической крученой пряжей, а иногда и превосходит последнюю. В зависимости от ассортимента классическая кручёная пряжа может быть заменена пряжей Sirospun, так как классическая технология кручения пряжи является самой затратной.

На рисунке 5.2, а представлена принципиальная схема получения кручёной пряжи на кольцевой прядильной машине.



а б

Рисунок 5.2 – Принципиальная схема получения кручёной пряжи Sirospun

Две ровницы *1* раздельно проходят через нитепроводник *2* на расстоянии 12÷18 мм друг от друга, вытягиваются в двухремешковом вытяжном приборе системы 3×3 между цилиндрами *3*, *5* и *6*. В задней зоне вытягивания между цилиндрами *3* и *5* установлен уплотнитель *4*, через который ровницы также проходят раздельно, но на меньшем расстоянии друг от друга. Далее ровницы вместе проходят между двумя ремешками вытяжного прибора параллельно друг другу и вытягиваются в соответствии с установленной вытяжкой. При выходе из вытяжного прибора две мычки соединяются, образуя английскую букву *V*, высота которой постоянно меняется по своей величине. Затем соединён-

Витебский государственный технологический университет

ные мычки проходят через механизм контроля обрыва; причём если одна из мычек обрывается, механизм контроля обрывает вторую. Полученная пряжа скручивается общим веретеном и наматывается на початок при помощи кольца и бегунка аналогично данному процессу на обычной прядильной машине. Частота вращения веретён ниже, чем для одиночной пряжи. В результате получается кручёная пряжа в два сложения структуры ZZ или SS, состоящая из двух отдельных скрученных нитей. Пряжа Sirospun более компактная, чем обычная кручёная пряжа в два сложения структуры ZS или SZ.

Кручёная пряжа из двух ровниц может вырабатываться как на специализированном оборудовании, так и на модернизированных кольцепрядильных машинах. Новые кольцепрядильные машины фирм Zinser и Rieter для короткого и длинного штапельного волокна могут быть оснащены системой Sirospun на заводе. Модернизация же не представляет большой сложности и заключается в следующих конструктивных изменениях:

- увеличение ровничной рамки для размещения в ней вдвое большего числа катушек;
- изменение конструкции нитепроводников и уплотнителей для совместного прохождения двух ровниц в вытяжном приборе;
- наличие устройства для обрезания второй мычки при обрыве первой.

Рассмотрим процесс формирования кручёной пряжи. От точки взаимного скручивания крутка распространяется на обе мычки, каждая из которых формирует одну из сторон треугольника кручения (рис. 5.2, б). Этот треугольник образуется благодаря высокому натяжению пряжи с одной стороны и относительно низкой величины крутки – с другой. Внутри треугольника кручения мычки скручиваются в две отдельные нити, затем они скручиваются вместе, образуя кручёную пряжу. Направление крутки одинаково как для отдельных стренг, так и для кручёной пряжи. Структура пряжи может быть только ZZ или SS. Как правило, оптимальный коэффициент крутки находится между коэффициентом крутки одиночной пряжи и коэффициентом крутки классической кручёной пряжи.

Величина треугольника кручения и условия формирования пряжи зависят от удаления точки взаимного скручивания от линии зажима мычек в передней паре вытяжного прибора и от расстояния между ровницами. Чем ближе точка взаимного скручивания к линии зажима, тем меньшее натяжение испытывают мычки, следовательно, при малом треугольнике кручения обрывность будет меньше. Для короткоштапельного волокна вероятность обрыва одной или обеих мычек высока, так как масса пряжи распределяется между двумя мычками, а коэффициент крутки устанавливается в соответствии с линейной плотностью конеч-

Витебский государственный технологический университет

ной крученой пряжи, то есть ниже, чем для одиночной пряжи. Наиболее вероятным местом возникновения обрыва является вращающийся треугольник кручения. Минимальную обрывность может обеспечить небольшой треугольник кручения каждой мычки и кручёной пряжи (рис. 5.2, б). Размер треугольника кручения кручёной пряжи зависит от:

• расстояния между ровницами;

• крутки пряжи;

• натяжения пряжи в баллоне, зависящего от частоты вращения веретена, массы бегунка и геометрии прядения.

Размер треугольника кручения одиночной пряжи зависит от:

• линейной плотности мычки;

• количества волокон в мычке;

• длины волокон;

• поверхности волокон.

Влияние на размеры треугольника кручения крутки намного больше, чем влияние массы бегунка или частоты вращения веретён. Чтобы проиллюстрировать это, были измерены параметры треугольника кручения – угол β между стренгами, ширина W между ними и длина стороны треугольника кручения L (рис. 5.3). Хорошо видно, что с увеличением крутки пряжи площадь треугольника кручения экспоненциально уменьшается (рис. 5.4).

Поскольку крутка для пряжи Sirospun имеет гораздо большее значение, чем для обычной пряжи, то для снижения обрывности необходимо снижать частоту вращения веретён или увеличивать крутку.

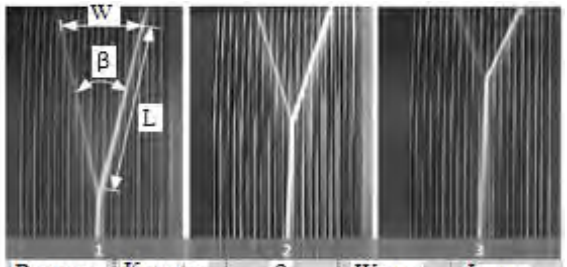


Рисунок	K, кр/м	β	W, мм	L, мм
1	847	25	7.4	17.4
2	946	34	6.7	10.07
3	1045	56	5.6	6.07

Рисунок 5.3 – Влияние крутки на размеры треугольника кручения

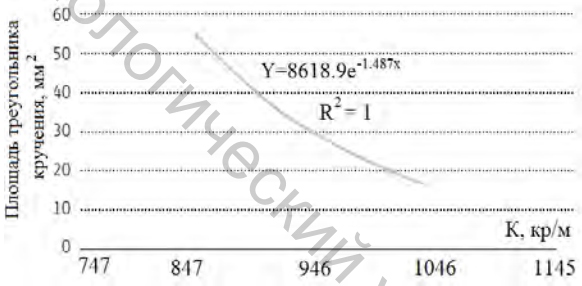


Рисунок 5.4 – Зависимость площади треугольника кручения от крутки *(линейная плотность пряжи 7,5 текс×2, 100% волокно Modal линейной плотности 0,1 текс, длиной 38 мм, n_B – 13000 мин$^{-1}$)*

При производстве пряжи Sirospun коэффициент крутки каждой из стренг намного ниже коэффициента крутки кручёной пряжи из-за распределения массы волокон внутри треугольника кручения. Крутка, сообщаемая бегунком, равномерно распространяется до точки взаимного

Витебский государственный технологический университет

скручивания двух стренг. По мере того, как крутка переходит на каждую отдельную стренгу, наблюдается её отставание от заправочного значения. Экспериментальные и теоретические исследования показали, что крутка, которую получают мычки на участке от линии зажима в передней паре вытяжного прибора до точки их взаимного скручивания, приблизительно на 20% меньше, чем крутка кручёной пряжи после скручивания мычек. Коэффициент отставания $D \approx 0{,}8$. Таким образом, пряжа Sirospun имеет структуру, сходную с кручёной пряжей в два сложения, составляющие которой имеют меньшую крутку, чем общая крутка пряжи.

На коэффициент D влияет угол β треугольника кручения и величина заправочной крутки. Таким образом, крутку пряжи Sirospun можно рассчитать по следующей формуле:

$$K_ф = K_з \times (\frac{\cos \beta}{2})^2, \qquad (5.1)$$

где $K_ф$ – фактическая крутка, кр./м; $K_з$ – заправочная крутка, кр./м; β – угол между двумя стренгами, град.

С увеличением угла β высота треугольника кручения уменьшается, что может происходить, например, при увеличении заправочной крутки. Однако угол β не может быть увеличен до такой степени, чтобы коэффициент D приблизился к 1. В противном случае сильно увеличится напряжение волокон при изгибании в точке соединения стренг, что негативно повлияет на их расположение в структуре пряжи и вызовет снижение разрывной нагрузки.

Таким образом, при заправке машины необходимо оптимально выбирать соотношение между минимальным треугольником кручения, обрывностью пряжи и её разрывной нагрузкой в зависимости от вида сырья и линейной плотности пряжи. При увеличении же крутки выше оптимальной, разрывная нагрузка пряжи будет непрерывно снижаться из-за чрезмерного уменьшения коэффициента D и, как следствие, превышения допустимой нагрузки на волокна. Коэффициент отставания D не должен опускаться ниже 0,8. На рисунке 5.5 представлена в виде графика корреляционная зависимость между разрывной нагрузкой пряжи Sirospun и коэффициентом D.

Дальнейшим развитием технологии Sirospun стала разработка прядильных машин для получения компактной пряжи из двух ровниц. Так фирма Rieter предлагает для своих компактирующих устройств Com4 специальные вставки для перфорированного барабанчика, в которых выполнены фигурные щели для двух ровниц (рис. 5.6). Более

Витебский государственный технологический университет

точная подача двух ровниц, создаваемое разряжение в компактирующем устройстве и меньшая ворсистость пряжи позволяют уменьшить расстояние между мычками на поверхности перфорированного цилиндра (рис. 5.7). За счет этого значительно уменьшается треугольник кручения и обрывность пряжи, особенно в хлопкопрядении. Фирма Rieter назвала эту технологию Com4®compact-twin.

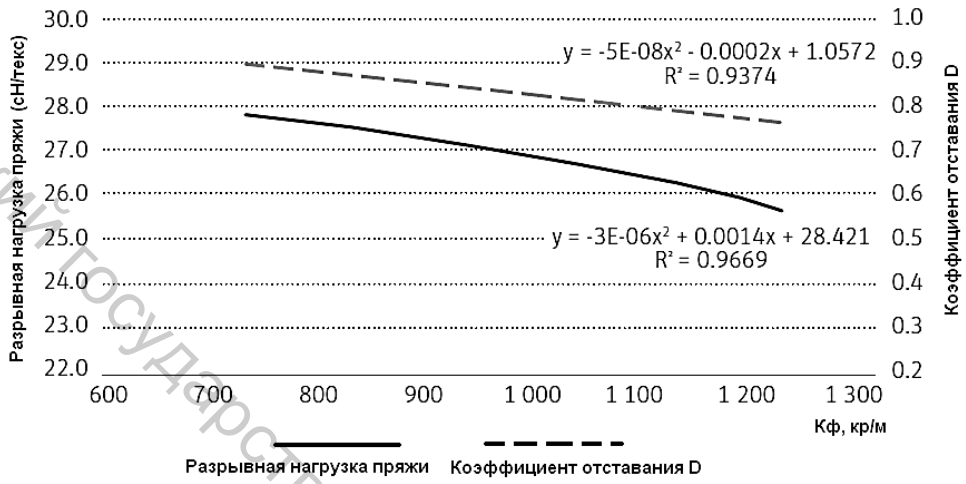


Рисунок 5.5 – Снижение разрывной нагрузки пряжи при увеличении напряжения волокон из-за уменьшения коэффициента отставания крутки *D (линейная плотность пряжи 7,5 текс×2, 100% волокно Modal 0,1 текс, длиной 38 мм)*

Меньший треугольник кручения способствует уменьшению пуховыделения. Нежелательные потери хорошего волокна тем больше, чем короче волокна. Чем меньше коэффициент крутки, тем меньше должна быть высота треугольника кручения, чтобы противодействовать потерям волокон.

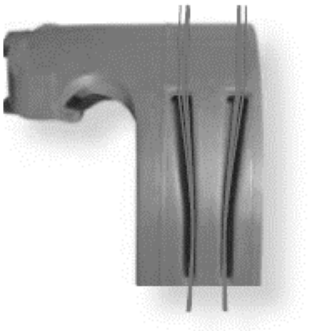


Рисунок 5.6 – Вставка в компактирующее устройство Com4 фирмы Rieter

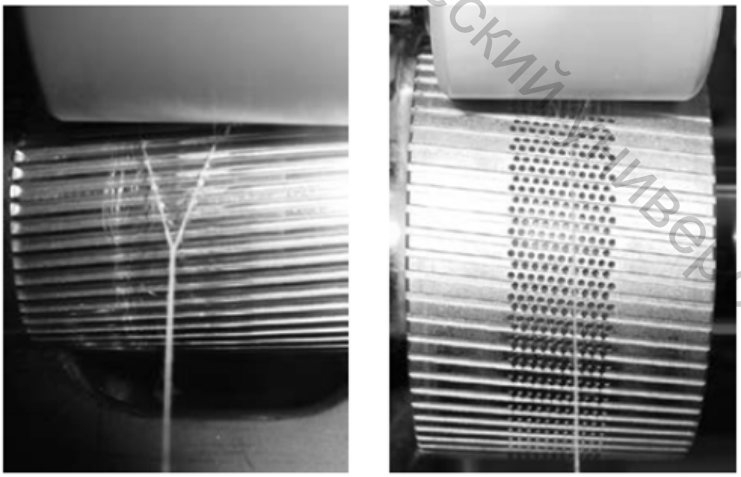


Рисунок 5.7 – Треугольник кручения пряжи Sirospun и пряжи Com4®compact-twin

Витебский государственный технологический университет

Например, если сравнить пряжу Com4®compact-twin, произведённую на машине компактного прядения, с пряжей Sirospun, изготовленной на обычной кольцепрядильной машине, то при обработке 100% волокна Tencel линейной плотности 0,09 текс потери волокна будут уменьшены примерно на 2,5%.

Уменьшение потерь волокон происходит вследствие следующих причин:

- ширина и высота треугольника кручения уменьшаются как для одиночной, так и для кручёной пряжи. За счёт этого происходит лучшее соединение волокон в треугольнике кручения, они лучше впрядаются в пряжу;
- за счёт уменьшения ворсистости пряжи уменьшается сопротивление передаче крутящего момента, что приводит к лучшей интеграции волокон в треугольнике кручения.

Таким образом, технология компактной пряжи Com4®compact-twin сочетает в себе следующие преимущества по сравнению с производством обычной пряжи Sirospun на кольцепрядильной машине:

- меньшая обрывность;
- пониженное пуховыделение и меньшие потери волокна;
- меньшая ворсистость.

Компактная пряжа Com4®compact-twin равномернее на 10÷15% компактной одиночной пряжи независимо от коэффициента крутки (рис. 5.8). Эффект выравнивания, как и при обычном сложении, достигается за счёт большого количества случайных совпадений утолщений и утонений в структуре пряжи. Также компактная пряжаCom4®compact-twinимеет гораздо меньше утонений, утолщений и непсов по сравнению с компактной одиночной пряжей независимо от коэффициента крутки. Однако в точке соединения двух стренг возникает дефект неравномерности, который можно оценить коэффициентом *1,08÷1,1*. Следовательно, для оценки неровноты компактной пряжи Com4®compact-twin можно использовать следующую формулу:

$$C = \frac{C_0}{\sqrt{n}} F \,, \qquad (5.2)$$

где C_0 – неровнота одиночной пряжи, %; n – количество стренг; F – коэффициент неравномерности.

Одиночная компактная пряжа с круткой 850 кр./м находится в том же диапазоне разрывной нагрузки, что и кручёная компактная пряжа Com4®compact-twin с круткой 970 кр./м (рис. 5.9).

Витебский государственный технологический университет

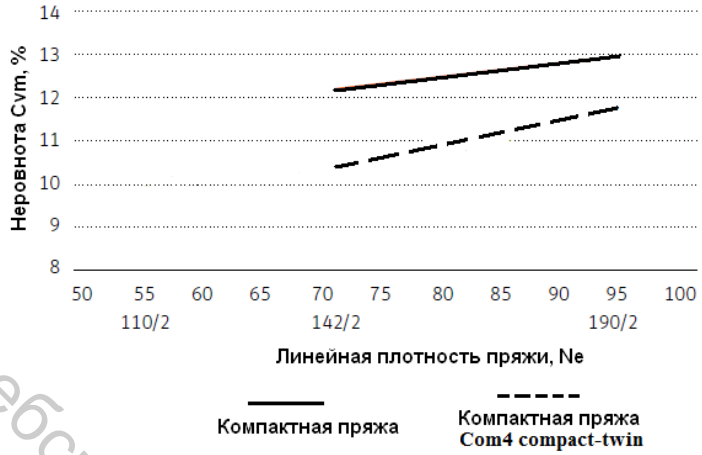


Рисунок 5.8 – Неровнота по линейной плотности компактной пряжи и пряжи Com4®compact-twin

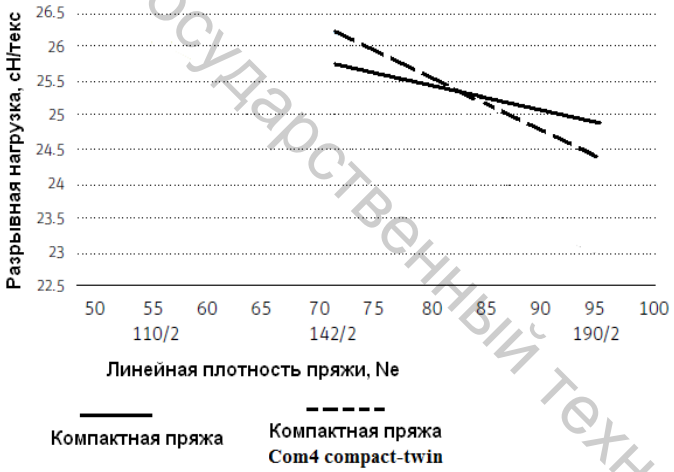


Рисунок 5.9 – Разрывная нагрузка компактной пряжи и пряжи Com4®compact-twin
(100% волокно Micro Modal линейной плотности 0,08 текс, длиной 34 мм)

Однако на прочность пряжи влияет не только структура пряжи, но также свойства волокна, линейная плотность пряжи и коэффициент крутки. По этой причине прочность компактной пряжи Com4®compact-twin не всегда выше, чем у одинарной пряжи. Чем тоньше пряжа, тем меньше у них разница в разрывной нагрузке.

Разрывное удлинение пряжи уменьшается для более тонкой пряжи с более высокой прочностью (рис. 5.10). Показатель ворсистости для компактной пряжи Com4®-compact-twin гораздо ниже, чем для одиночной компактной пряжи (рис. 5.11).

Низкая ворсистость, в первую очередь, связана со структурой пряжи. При использовании сопоставимого сырья пряжа Com4®compact-twin достигает здесь значений ворсистости пряжи аэродинамического способа формирования.

Для пряжи Com4®compact-twin из микромодального волокна наблюдается снижение ворсистости на 17÷24% по данным Uster Tester по сравнению с одиночной пряжей. Для коротких ворсинок 1–2 мм наблюдается снижение ворсистости примерно на 57%, а для более длинных ворсинок до 3 мм – даже до 80%.

В связи с меньшей ворсистостью наблюдается и более высокая стойкость к истиранию компактной пряжи Com4®compact-twin по сравнению с одиночной пряжей традиционного и компактного прядения независимо от коэффициента крутки.

Витебский государственный технологический университет

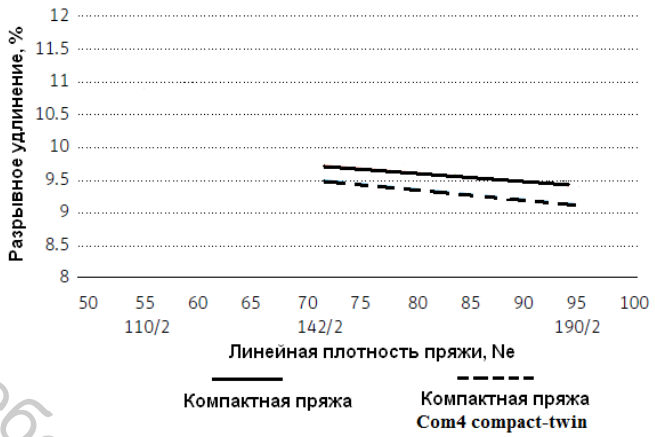


Рисунок 5.10 – Разрывное удлинение компактной пряжи и компактной пряжи Com4®compact-twin

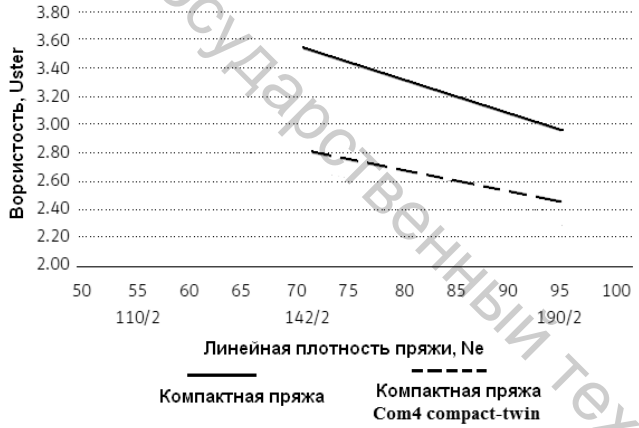


Рисунок 5.11 – Ворсистость компактной пряжи и пряжи Com4®compact-twin
(100% волокно Micro Modal линейной плотности 0,08 текс, длиной 34 мм)

Пряжа Com4®compact-twinc коэффициентом крутки $\alpha_т$=37,3 обладает стойкостью к истиранию почти в два раза выше, чем одиночная пряжа с коэффициентом крутки $\alpha_т$=32,5. Высокая устойчивость к истиранию является важным критерием для последующих стадий переработки пряжи и эксплуатационных свойств текстильных изделий.

У тканей из пряжи Com4®compact-twin более высокая устойчивость к образованию пиллинга.

Анализ фотографий компактной одиночной и Com4®compact-twin пряжи указывает на значительные различия в их структуре (рис. 5.12). В одиночной пряже направление крутки распределяется непрерывно и равномерно вдоль оси пряжи.

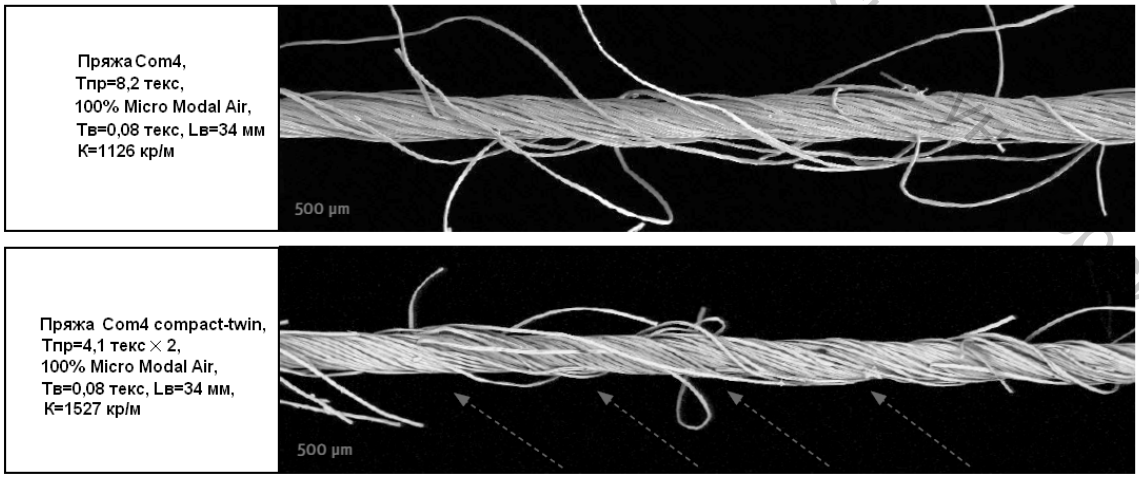


Рисунок 5.12 – Фотографии одиночной компактной пряжи Com4 и крученой компактной пряжи Com4 compact-twin фирмы Rieter

Витебский государственный технологический университет

Для пряжи Com4®compact-twin можно наблюдать, правда, не очень отчётливо, две скрученные нити вдоль оси пряжи, так же, как и в случае классической кручёной пряжи. За счёт перехода волокон из одной стренги в другую в точке их соединения, визуально не всегда возможно различить в структуре пряжи Sirospun отдельные стренги. В классической кручёной пряже скручиваемые нити просматриваются на фотографии более чётко, так как они имеют более высокую изначальную крутку и представляют собой полностью сформированную одиночную пряжу.

Себестоимость пряжи Sirospun определяется линейной плотностью ровницы, частотой вращения веретён и установленной круткой. Из-за меньшей частоты вращения веретён себестоимость производства пряжи Sirospun в зависимости от линейной плотности на 30÷65% выше, чем одиночной пряжи. Однако стоимость кручёной пряжи той же линейной плотности, полученной по классической технологии, примерно на 170% выше, чем у пряжи Sirospun. Это связано с тем, что в абсолютном выражении затраты крутильного производства выше, чем затраты прядильного производства.

По технологии камвольного прядения пряжа Sirospun выпускается чистошерстяная, из смеси шерсти и синтетических волокон, а также из 100% синтетических волокон для производства:

- лёгких костюмных тканей – пряжа 15,5 текс×2÷19,2 текс×2;
- тканей для рубашек и женских блузок – пряжа 12,5 текс×2÷14 текс×2;
- легких тканей – пряжа 14 текс×2÷19,2 текс×2;
- тканей средней и высокой плотности – пряжа 19,2 текс×2÷25 текс×2;
- тонкая шерстяная пряжа 10 текс×2÷11 текс×2;
- пряжа большой линейной плотности 62,5 текс×2÷125 текс×2.

По технологии хлопкопрядения выпускается пряжа Sirospun из хлопка и смесей хлопка и химических волокон для производства:

- качественных сорочечных тканей – пряжа 7,1 текс×2÷8,3 текс×2;
- легких габардиновых тканей – пряжа 12,5 текс×2;
- трикотажных изделий;
- пряжи повышенной прочности для технических тканей.

Технологические преимущества использования пряжи Sirospun:

- высокая разрывная нагрузка;
- высокая равномерность по линейной плотности;
- круглое и компактное сечение пряжи;
- получение мягкой кручёной пряжи при уменьшении крутки;
- низкая ворсистость;
- высокая стойкость к истиранию.

Витебский государственный технологический университет

Экономическая эффективность технологии Sirospun обусловлена:

• получением кручёной пряжи за один переход и исключением тростильных и крутильных машин;

• даже при производстве тонкой пряжи обрывность составляет<12 обрывов/1000 веретен в час благодаря малому треугольнику кручения;

• практически вдвое увеличена производительность процессов прядения и перематывания;

• возможностью сплайсирования концов пряжи при перематывании;

• переработкой и коротких, и длинных штапельных волокон.

Недостатками данной технологии являются следующие факторы:

• увеличение габаритов прядильных машин за счёт большего количества катушек с ровницей;

• более быстрый по сравнению с традиционным прядением износ эластичных покрытий валиков;

• сложность контроля за обрывом мычки и обрезанием второй мычки;

• высокая неравновесность пряжи Sirospun, осложняющая её переработку в ткацком и трикотажном производствах.

В производстве классической кручёной пряжи за счёт подбираемых коэффициентов крутки в прядении и кручении достигается практически полная её равновесность. При производстве же пряжи Sirospun эта возможность отсутствует, поэтому неравновесность пряжи очень высока. Производители тканей и трикотажных изделий часто выдвигают жёсткие требования к равновесности пряжи. Единственным решением этого вопроса является запаривание пряжи Sirospun. Наиболее оптимальным решением в этом случае является применение непрерывных линий для терморелаксации пряжи, при которых усадка пряжи осуществляется при перематывании её с бобины на бобину или с прядильного початка на бобину. В этом случае терморелаксационная машина сагрегирована с мотальным автоматом. Например, релаксационные машины Spirovan выпускает японская фирма Superba, при этом машины сагрегированы с мотальными автоматами фирмы Murata, обработка пряжи осуществляется горячим паром при температуре около 100 °С. Фирма Savio выпускает терморелаксационный аппарат Espero-Volufil, для непрерывной терморелаксации пряжи горячим воздухом с последующим перематыванием пряжи на автомате той же фирмы.

5.3 Клеевой способ

Отдельной группой можно выделить способы получения пряжи, где прочность достигается за счёт соединения волокон с помощью свя-

Витебский государственный технологический университет

зующих веществ. Данный способ прядения содержит все основные технологические операции кроме кручения, а также операции, необходимые для склеивания волокон. Такими разработками в разные годы занимались следующие компании:

• Vezelinstitut TNO (Голландия) – технология Twilo;
• Rieter (Швейцария) – технология Pavena;
• Bobtex Corporation (Канада) – технология Bobtex.

Практическая реализация данных технологий оказалась весьма проблематичной, поэтому они имеют, скорее, экспериментальный характер.

Способы склеивания волокон в структуре пряжи можно условно разделить на три группы. К первой группе можно отнести способы, основанные на использовании природных адгезивов, в частности, имеющихся в лубяных волокнах, которые при высушивании в процессе прядения или при сушке продукта на бобинах прочно склеивают волокна лубяных культур.

Ко второй группе формирования клееной пряжи относятся способы, использующие адгезивные связи между волокнами, создаваемые за счёт связующих веществ, наносимых на волокнистый материал до и во время прядения в виде раствора, порошка, водорастворимых или легкоплавких волокон. При этом склеивание волокон происходит большей частью при термообработке пряжи до её намотки на бобину (технологии Pavena и Twilo).

К третьей группе относятся способы получения комбинированной пряжи с помощью приклеивания к какой-либо стержневой нити коротких волокон. К такой технологии можно отнести систему формирования пряжи, которая получила название «составное комбинированное прядение». Разработала такую технологию фирма Bobtex (Канада), которая названа по фамилии её изобретателя – инженера Бобковича. Сущность её заключается в том, что вместо крутки, обеспечивающей связь волокон при кольцевом и других способах прядения, здесь используется склеивание волокон и комплексной химической нити с расплавленной полимерной плёнкой.

В технологии Twilo, которая использовалась на оборудовании, произведенном компанией Signaalapparaten (Голландия), в качестве сырья используется лента третьего ленточного прохода. На первом ленточном переходе происходит смешивание лент из хлопка или химических волокон с легкоплавкими волокнами в количестве 5÷11%. Это могут быть, например, ПВС-волокна, которые растворяются в тёплой воде при температуре около 70 °С. Поэтому в технологическом процессе обязательно участвует вода. Линейная плотность волокон 0,14÷0,6 текс, а длина 30÷80 мм. Чем тоньше волокна, тем больше нужно использовать растворимых волокон.

Витебский государственный технологический университет

Лента *1* (рис. 5.13) проходит первую зону вытягивания *2* вытяжного прибора 4×4, где вытягивается с предварительной вытяжкой 5÷10. Затем следует зона смачивания *3*, которое осуществляется устройством ложной крутки. Ложное кручение с одновременным смачиванием мычки осуществляется с помощью водоструйной форсунки. Окончательная вытяжка осуществляется во второй зоне вытягивания *4* с вытяжкой до 40. Для компактирования выходящей из вытяжного прибора мычки установлено еще одно устройство ложного кручения *5*. Здесь же пряжа *7* нагревается до температуры примерно 70 °С. Для придания ложной крутки в этой зоне используется пароструйная форсунка.

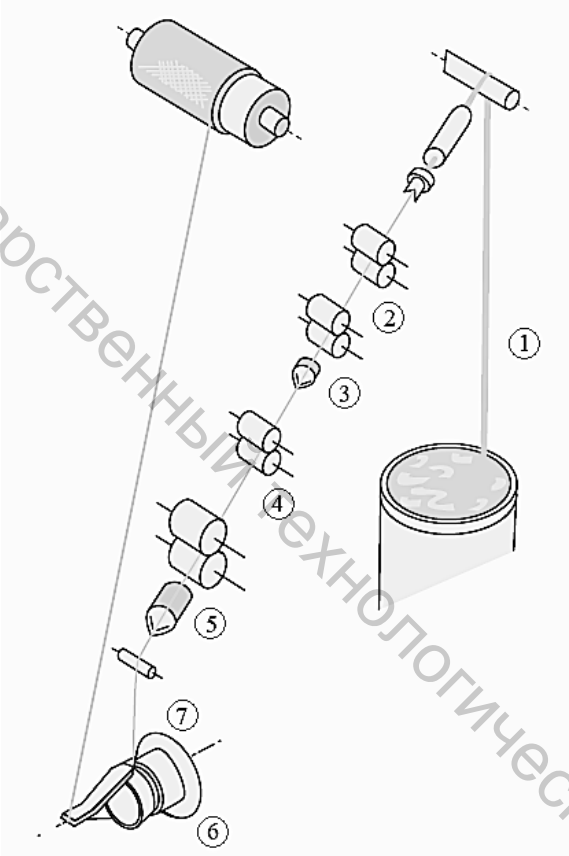


Рисунок 5.13 – Технология формирования пряжи Twilo

Полное растворение ПВС-волокон происходит не здесь, а на поверхности сушильного барабана *6*, который имеет температуру 140 °С. Здесь предварительно увлажнённые ПВС-волокна нагреваются до температуры выше 80 °С и растворяются, а растворённые ранее ПВС-волокна высушиваются. Таким образом, ПВС-волокна превращаются в придающий прочность пряже клей. Далее высушенная пряжа наматывается на цилиндрическую паковку крестовой намотки. Линейная плотность пряжи 15÷100 текс. Скорость выпуска до 600 м/мин. Получаемая пряжа соответствует по равномерности пряже кольцевого прядения.

Витебский государственный технологический университет

Вместо растворимых волокон фирма Signaalapparaten также использовала связующие добавки как альтернативное средство для склеивания волокон в пряже. Связующие вещества должны удерживать волокна вместе только во время получения пряжи. После получения ткани или трикотажного полотна волокна удерживаются вместе за счёт переплетения. Связующее вещество становится ненужным и поэтому вымывается во время промывки.

Текстильные материалы, изготовленные из пряжи Twilo и Pavena, обладают хорошими характеристиками, поскольку пряжа состоит из хорошо параллелизованных волокон. Волокна не подвержены ухудшению своих свойств (мягкости, эластичности и др.) из-за скручивания. Кроме того, изделия обладают хорошей застилистостью, за счёт того, что получаемая пряжа имеет не круглое, а плоское сечение. Дополнительным преимуществом технологии является высокая скорость выпуска.

Недостатком технологии является более низкая стойкость изделий к стирке из-за отсутствия прочных связей между волокнами в пряже. Однако основная причина, из-за которой клеевые технологии прядения не достигли коммерческого успеха, имеет экономический аспект. Для получения мягких текстильных материалов с привлекательным внешним видом связующее вещество смывается в процессе отделки. Это резко увеличивает стоимость сырья. Кроме того, нанесение и смывание клея − очень энергозатратные процессы.

По технологии Bobtex формирование пряжи происходит следующим образом (рис. 5.14).

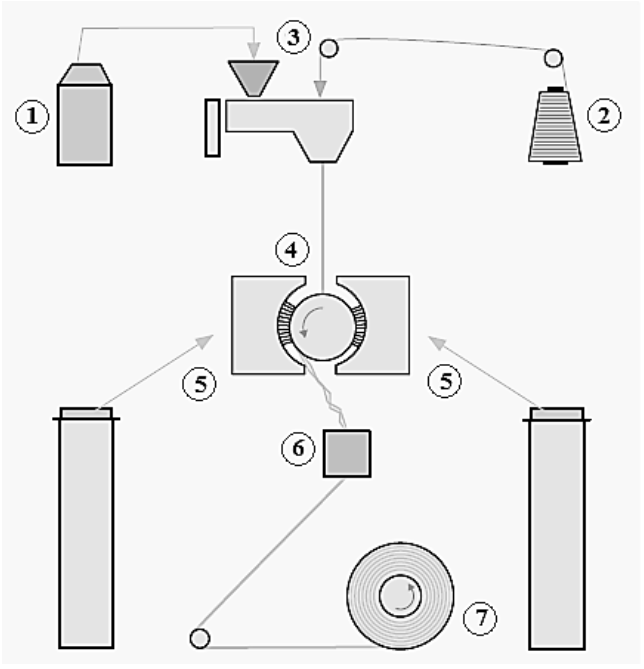


Рисунок 5.14 – Технологическая схема прядильной машины Bobtex

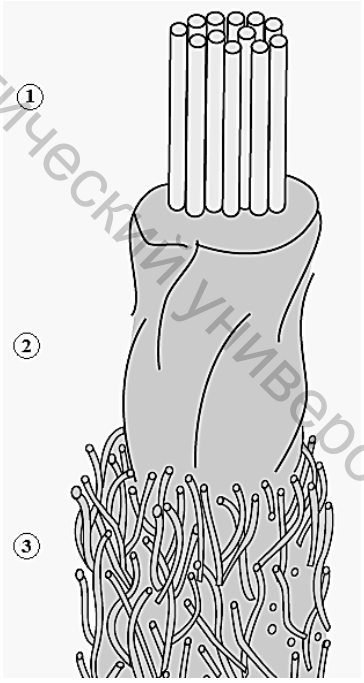


Рисунок 5.15 – Структура пряжи Bobtex

Витебский государственный технологический университет

Комплексная нить *2* проходит через экструдер *3*, после которого на её поверхности остается покрытие из расплавленного полимера *1*. Прежде чем полимер затвердеет, дискретный поток штапельных волокон, образующий наружный слой пряжи, приклеиваются к расплавленному покрытию в устройстве *4*. Это устройство представляет собой узел дискретизации, наподобие ППМ, для двух лент *5* с ленточных или чёсальных машин, подаваемых сбоку. Вьюрок ложной крутки *6* обеспечивает хорошее закрепление штапельного волокна на поверхности пряжи. Полученная пряжа поступает в механизм намотки, установленный снизу машины, где наматывается на паковки *7* массой до 50 кг! Линейная плотность получаемой пряжи 30÷300 текс. Скорость выпуска пряжи достигает 600 м/мин.

Пряжа Bobtex состоит из трёх слоёв (рис. 5.15):

1 – сердечник из химической комплексной или мононити, составляющий 10÷60%, представляет собой основу для пряжи;

2 – промежуточный полимерный слой 20÷50%;

3 – штапельные волокна, приклеенные к полимерному слою, составляют 30÷60% и обеспечивают внешний вид пряжи.

Получаемая пряжа отличается жёсткостью, высокой равномерностью. Изделия из неё отличает хорошая застилистость поверхности. Область применения – технические ткани, основа для ковровых изделий.

К недостаткам способа следует отнести высокую энергоемкость производства, большой расход воды и узкую область применения пряжи, связанную с её повышенной жёсткостью.

5.4 Самокруточное прядение

Во многих странах мира, в том числе и в СССР, со второй половины 60-х и начала 70-х гг. XX века широкое развитие получили принципиально новые способы прядения, такие как самокруточный и бескруточный. Самокруточный способ применяется в камвольной системе прядения и был разработан в Австралии исследовательским центром CSIRO.

Принцип формирования пряжи заключается в том, что после выхода из вытяжного прибора две мычки параллельно друг другу проходят через пару валиков, которые имеют вращательное и возвратно-поступательное движения. За счёт возвратно-поступательного движения валиков обе мычки на коротких отрезках получают знакопеременную крутку – правую, а затем – левую. То есть пока верхний валик движется вправо, а нижний влево – обе мычки параллельно и на участках одинаковой длины получают крутку Z, когда же они движутся в противоположных направлениях – крутку S (рис. 5.16). После этого скрученные нити соединяются вместе.

Витебский государственный технологический университет

При выходе стренг пряжи из реверсивных роликов крутящий момент больше не действует на них, и они начинают раскручиваться в направлении противоположном полученной крутке. Так как стренги с одинаковым направлением крутки проходят параллельно и рядом друг с другом, крутящий момент, воздействуя на отдельные стренги, раскручивает их, но при этом скручивает их вместе с круткой противоположного направления.

В том месте, где каждая отдельная стренга имела крутку Z – образуется участок кручёной пряжи с круткой S и наоборот. При этом образуется кручёная пряжа в 2 сложения. Таким образом, кручёная пряжа представляет собой чередующиеся короткие участки с Z и S круткой. За счёт того, что реверсивные валики в момент смены направления движения на короткий период останавливаются, в пряже образуются места с нулевой круткой между участками с круткой Z и S (рис. 5.17, а).

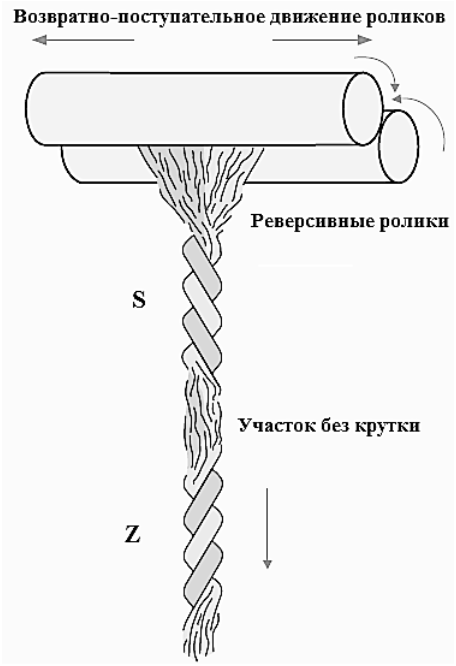
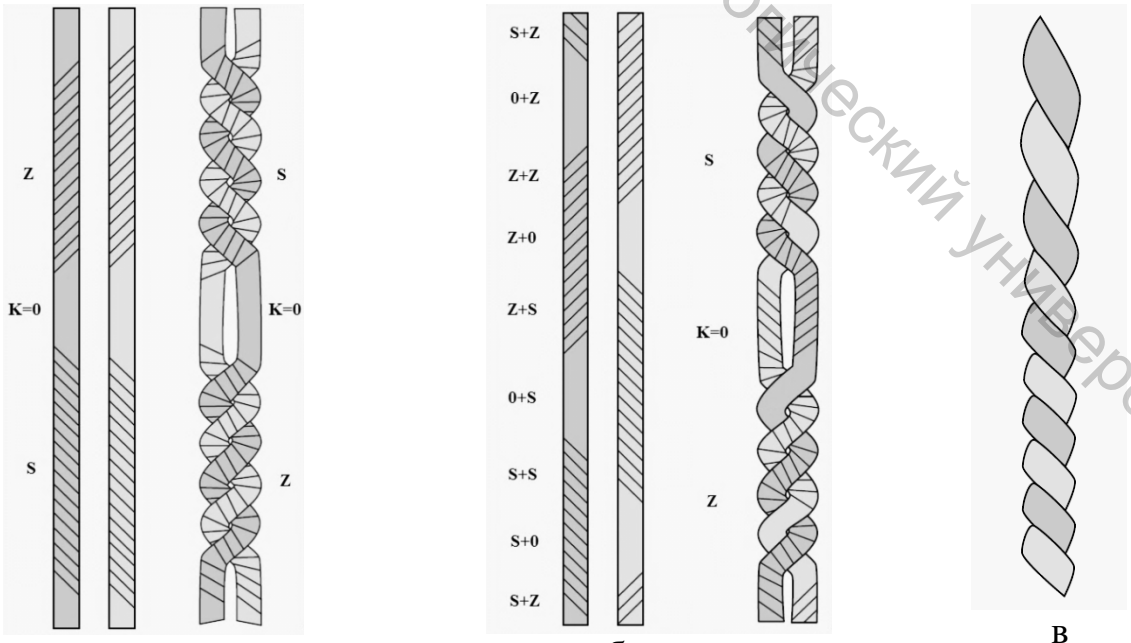


Рисунок 5.16 – Схема формирования самокруточной пряжи

При дальнейшем скручивании этих участков в структуре кручёной пряжи также образуются участки с нулевой круткой. Такая пряжа не будет иметь необходимой прочности для дальнейшей переработки.



а б в

Рисунок 5.17 – Структура самокруточной пряжи

Витебский государственный технологический университет

Чтобы получить пряжу необходимой прочности, две стренги при выходе из реверсивных роликов не должны идти параллельно друг другу, то есть необходимо осуществить их фазовый сдвиг друг относительно друга на величину, равную ½ длины участка с круткой Z или S. Это легко сделать с помощью асимметричной установки нитепроводников. Тогда в кручёной пряже будут образовываться участки с круткой S не только в том месте, где совпали два одноимённых участка с круткой Z, но также там, где совпали участки с круткой Z и с нулевой круткой (рис. 5.17, б). Аналогично кручёная пряжа будет иметь крутку Z, если одна стренга на этом участке имеет крутку S, а вторая имеет или крутку S или нулевую. В тех местах, где совпадают участки с S и Z круткой, чего невозможно избежать, крутящие моменты в стренгах стабилизируют друг друга, что позволяет избежать возникновения сукрутин. Таким образом, кручёная пряжа, полученная по этому способу, всегда состоит из трёх последовательно расположенных участков (рис. 5.17, б):

- участок с круткой S, возникающий при сложении двух нитей с круткой Z, при этом одна из нитей имеет небольшой участок с нулевой круткой;
- участок, где два отрезка нитей с круткой S и Z лежат параллельно друг другу без скручивания;
- участок с круткой Z, возникающий при сложении двух нитей с круткой S, при этом одна из нитей имеет небольшой участок с нулевой круткой.

В результате вместо одного большого слабого участка (рис. 5.17, а) получены три менее слабых участка (рис. 5.17, б). Такая кручёная пряжа имеет достаточную прочность для наматывания на бобину, но не для дальнейшей переработки. Для увеличения прочности она дополнительно подвергается скручиванию на машинах двойного кручения. Так как кручёная пряжа имела чередующиеся участки Z и S крутки, подобная структура сохраняется и в пряже, полученной после кручения на крутильных машинах (рис 5.17, в).

Английская фирма Platt Saco Lowell получила лицензию от научно-исследовательского центра CSIRO на разработку прядильной самокруточной машины для камвольной системы прядения, которая получила название Repco Spinner (рис. 5.18).

Восемь ровниц *2* проходят от питающей рамки *1* к двухремешковому вытяжному прибору *3* системы 3×3, где они вытягиваются в обычном для камвольной системы прядения диапазоне вытяжки. Фрикционное устройство *4* примыкает к вытяжному прибору и состоит из двух реверсивных валиков, которые сообщают мычке, выходящей из вытяжного прибора, крутку знакопеременного направления. Перед соединением двух вытянутых стренг происходит их фазовый сдвиг друг относительно друга. В результате наматывающий механизм *5* формирует че-

Витебский государственный технологический университет

тыре цилиндрические паковки крестовой намотки с самокруточной пряжей, имеющей крутку двух направлений. Скорость выпуска машины до 300 м/мин. Линейная плотность пряжи 13 текс×2÷65 текс×2. Назначение пряжи – изделия верхнего трикотажа.

В СССР в 1980–2000-х гг. широкое распространение получили прядильные самокруточные аэродинамические машины ПСК-225, которые выпускались с вытяжными приборами для шерстяных и для льняных волокон под марками ПСК-225-ШГ и ПСК-225-ЛО.

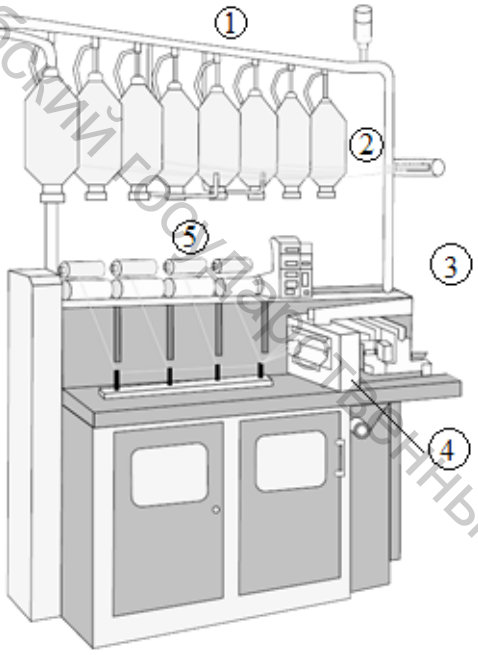


Рисунок 5.18 – Самокруточная прядильная машина Repco Spinne фирмы Platt Saco Lowell (Англия)

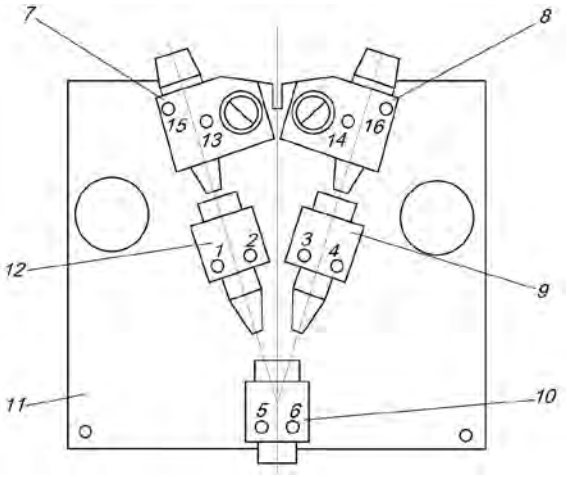


Рисунок 5.19 – Схема установки пневматических форсунок на прядильной самокруточной машине ПСК-225-ШГ (СССР)

Машина ПСК-225 так же, как и машина Repco Spinner, позволяет получать самокруточную пряжу в 2 сложения и имеет 4 выпуска. Отличием её является способ сообщения крутки. На машинах Repco Spinner крутка пряже сообщается механическим путём, а на машинах ПСК – пневматическим.

Принцип формирования самокруточной пряжи следующий (рис. 5.19). Блок форсунок на прядильной машине состоит из 5 камер, установленных на основании *11*. После вытяжного прибора две мычки раздельно проходят через две эжекторные камеры *7* и *8*, пневматические вьюрки *9* и *12* и нитесоединительную вихревую камеру *10*. Эжекторные камеры предназначены для заправки машины потоками воздуха, поступающими через заправочные сопла *13* и *14*, а также для подкрутки нитей в рабочем режиме машины путём сообщения им предварительной крутки закрученной струёй воздуха, подаваемого через сопла *15* и *16*. Пневматические вьюрки *9* и *12* предназначены для придания ложной

Витебский государственный технологический университет

знакопеременной крутки нитям с помощью потоков сжатого воздуха, попеременно поступающего в сопловые каналы *1, 2, 3, 4* камер от переключателя. Нити, получившие знакопеременную крутку, поступают в соединительную камеру *10,* в которую сжатый воздух подаётся попеременно через каналы *5* и *6* с той же частотой, что и в пневматические вьюрки. Время воздействия воздуха на нити и направление крутящего вихря в соединительной камере зависят от угла сдвига фаз и приблизительно равно времени однонаправленного воздействия воздуха на нити в пневматических вьюрках. При обработке нити воздушными потоками с постоянно меняющимися направлениями, отдельные стренги раскручиваются и формируют равновесную кручёную пряжу. Пряжа так же, как и пряжа с машин Repco Spinner, имеет знакопеременную крутку и структуру, представленную на рисунке 5.17, в. Однако прочность её выше, поэтому она не требует дополнительного докручивания на крутильных машинах и может сразу использоваться в трикотажном производстве.

Машина ПСК-225-ЛО предназначена для выработки самокруточной пряжи из короткого льняного волокна, льняного и джутового очёса и их смесей с химическими волокнами с сердечником из комплексной химической нити по сухому способу прядения непосредственно из ленты. Линейная плотность выпускаемой пряжи технического назначения 100 текс×2÷200 текс×2. Скорость выпуска до 150 м/мин.

Машина марки ПСК-225-ШГ предназначена для выработки гребенной пряжи в два сложения из смесей шерсти с химическими волокнами и из ПАН-волокон. Линейная плотность выпускаемой пряжи трикотажного назначения 16 текс×2÷42 текс×2. Скорость выпуска до 220 м/мин. Машины в течение десятилетий выпускались на различных машиностроительных заводах СССР и до сих пор успешно функционируют на ряде прядильных фабрик.

Достоинствами данного способа прядения являются высокая производительность, низкое энергопотребление, небольшая занимаемая площадь и количество обслуживающего персонала. Благодаря этим достоинствам самокруточное прядение в 1980–1990-х гг. XX века захватило определенную долю рынка камвольного прядения. Однако большинство самокруточных машин исчезли по разным причинам:

- компания Platt Saco Lowell прекратила дальнейшее развитие этого процесса (компания Platt Saco Lowell больше не существует);
- структура самокруточной пряжи отличается от структуры обычной кручёной пряжи в 2 сложения;
- крутка пряжи зависит от трения или от давления воздуха в форсунке, поэтому её сложно регулировать и поддерживать постоянной.

Витебский государственный технологический университет

5.5 Способ PLYfiL

Большая часть кручёной пряжи, выпускаемой в мире, формируется при скручивании на крутильном оборудовании одиночной пряжи. За счёт применения в крутильном производстве тростильных и крутильных машин её производство обходится намного дороже, чем одиночной пряжи. Из-за этого в хлопкопрядении часто в ущерб качеству вместо кручёной пряжи используют одиночную. Процесс PLYfiL, разработанный компанией Suessen, даёт возможность снизить издержки крутильного производства. Крученая пряжа PLYfiL похожа по своим свойствам на обычную кручёную пряжу, но более мягкая и объёмная. Она очень равномерна по линейной плотности и имеет такую же разрывную нагрузку, как и обычная кручёная пряжа. Способ PLYfiL подходит для кручёной пряжи малой и средней линейной плотности и может конкурировать с кольцевым прядением и пряжей Sirospun.

Сущность технологии PLYfiL заключается в следующем (рис. 5.19). Ленты с ленточных машин вытягиваются в пятицилиндровом вертикальном вытяжном приборе *1* с вытяжкой до 350. Затем две мычки подаются в форсунки *2*, где им придаётся прочность за счёт обработки сжатым воздухом, как на прядильных машинах фирмы Murata (Япония) по технологии Vortex.

Потоки воздуха в форсунке захватывают выступающие кончики и периферийные волокна и обматывают их вокруг центральных волокон. Таким образом, структура пряжи PLYfiL представляет собой параллельные волокна, находящиеся в центре пряжи, обвитые периферийными волокнами.

Небольшая прочность пряжи необходима лишь для наматывания её на паковку и дальнейшей переработки на крутильных машинах. Далее две такие нити соединяются в компенсирующем устройстве *3* и выпускной парой *4* подаются в механизм намотки *5*.

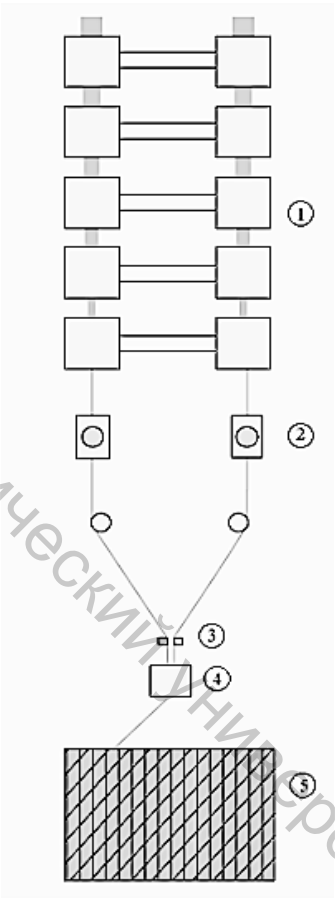


Рисунок 5.19 – Технология получения пряжи PLYfiL (Suessen)

Полученная трощёная пряжа затем скручивается на машинах двойного кручения, а тростильный переход исключается из технологи-

Витебский государственный технологический университет

ческого процесса. При кручении обвивочный слой волокон раскручивается, и все волокна в структуре пряжи располагаются параллельно друг другу. За счёт этого пряжа PLYfiL более мягкая, чем пряжа аэродинамического формирования, где обвивочный слой волокон увеличивает жёсткость изделий.

За счёт такой структуры пряжи коэффициент крутки можно устанавливать ниже, чем в классической технологии кручёной пряжи, что позволяет увеличить скорость выпуска.

Фирма Suessen выпускала прядильные машины PLYfiL 1000 для хлопкопрядения и PLYfiL 2000 для прядения средне- и длинноволокнистых штапельных волокон. Количество выпусков на машине от 10 до 50. Скорость выпуска до 350 м/мин. Линейная плотность пряжи PLYfiL 1000 − 8,3 текс×2÷25 текс×2; PLYfiL 2000 − 10 текс×2÷25 текс ×2.

Хлопчатобумажная пряжа PLYfiL подходит для рубашек и нижнего белья, а пряжа из длинного волокна – для одежного мужского и женского трикотажа. Несмотря на некоторые преимущества технологии PLYfiL, фирма Suessen прекратила выпуск этих машин из-за ограниченного рынка хлопчатобумажной крученой пряжи, а также из-за особенностей структуры пряжи PLYfiL.

5.6 Получение параллельной пряжи с помощью полых веретён

Фирма Suessen разработала способ получения пряжи способом ложного кручения с использованием полых веретён. Такая пряжа называется параллельной или ParafiL yarn, PL пряжа, Parallel yarn (Suessen).

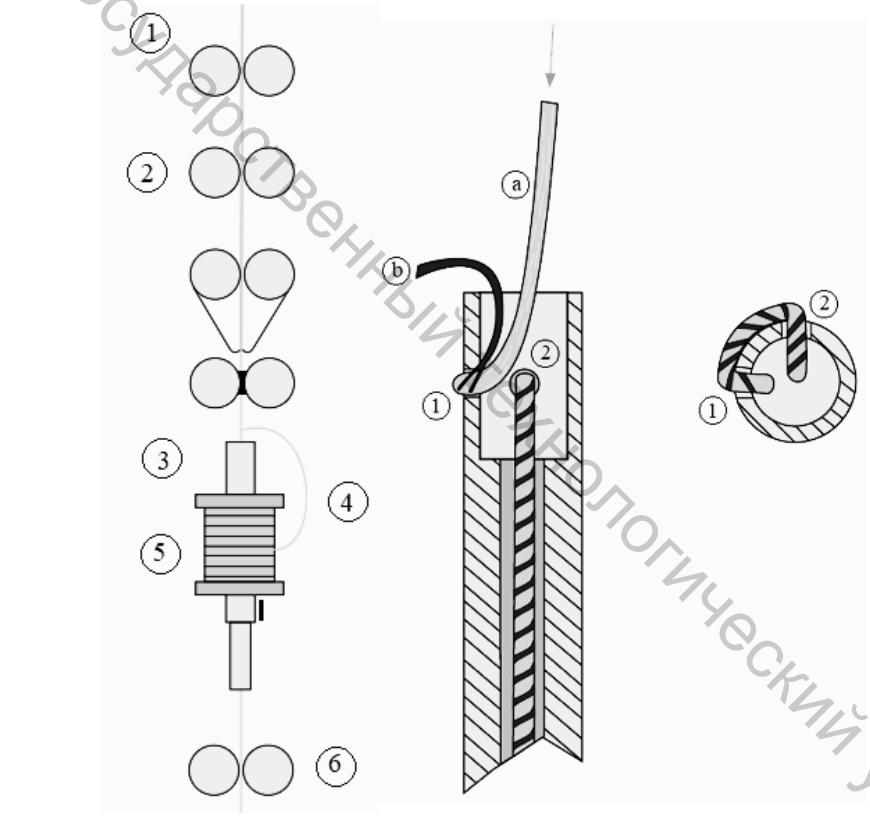
Сущность технологии заключается в следующем (рис. 5.20, а). Лента *1* вытягивается в 4- или 5-цилиндровом вытяжном приборе *2*. Затем мычка проходит через полое веретено *3*, не получая действительной крутки. Для придания пряжи прочности после выхода из вытяжного прибора мычка соединяется с комплексной нитью *4*. Катушка с комплексной нитью установлена на вращающемся полом веретене *5*. Выпускная пара цилиндров *6* выводит сформированную пряжу из полого веретена и направляет в устройство намотки. В результате получается пряжа с параллельно расположенными волокнами, обвитыми по спирали витками комплексной нити для придания ей прочности.

На рисунке 5.20, б представлен поперечный разрез полого веретена, которое выполняет функцию узла ложной крутки. Частота его вращения может достигать 35000 мин$^{-1}$. Мычка *a* проходит через полое веретено не напрямую и не вертикально. После входа в полое веретено вместе с комплексной нитью *b* она снова выводится наружу через отверстие *1*, огибает веретено примерно на ¼ часть окружности шпинделя, а затем вновь входит внутрь веретена через отверстие *2* (рис. 5.20, в). При вращении веретена мычка получает ложную крутку на участке

Витебский государственный технологический университет

между вытяжным прибором и верхушкой веретена. Внутри полого веретена мычка раскручивается в направлении, противоположном его вращению, скручиваясь при этом с тонкой комплексной нитью. При этом волокна мычки снова располагаются практически параллельно друг другу. Ложное кручение предотвращает обрывы мычки на участке от вытяжного прибора до точки соединения её с комплексной нитью. Крутку выбирают примерно такую же, как и на кольцепрядильной машине для пряжи соответствующей линейной плотности. Таким образом, параллельная пряжа всегда состоит из двух компонентов:

- стержневого или мычки, находящейся в центре пряжи. Волокна в ней расположены параллельно друг другу и не имеют крутки;
- обкручивающей мычку комплексной нити (рис. 5.20, г), которая обеспечивает разрывные характеристики параллельной пряжи.



а б в

г

Рисунок 5.20 – Схема формирования параллельной пряжи

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

Компания Suessen разработала два типа прядильных машин – PL 1000 для пряжи линейной плотности 25÷100 текс и средних паковок диаметром 60÷150 мм и машину PL 2000 для пряжи линейной плотности 25÷500 текс и для больших паковок диаметром 60÷220 мм. Машины односторонние, линия прядения на них расположена вертикально. PL 1000 и PL 2000 оборудованы независимыми рабочими местами, которые можно индивидуально останавливать.

Применяемый вытяжной прибор зависит от перерабатываемого сырья. Четырёхцилиндровый двухремешковый вытяжной прибор подходит для прядения короткоштапельных волокон длиной до 60 мм (рис. 5.21) и имеет 3 зоны вытягивания. Перед вытяжным прибором, в передней и средней зоне установлены уплотнители ленты и мычки – *c*, *b, a*. Диапазон вытяжки 15÷185.

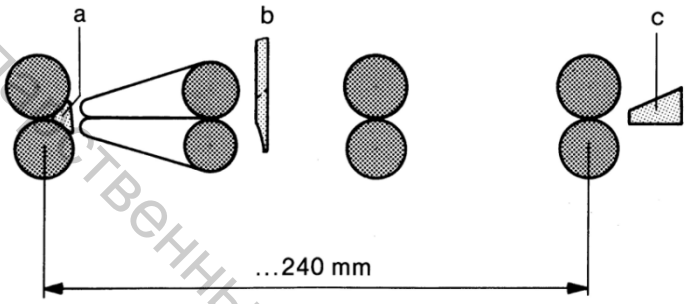


Рисунок 5.21 – Вытяжной прибор 4×4 прядильной машины PL 1000 (Suessen)

Двухремешковый вытяжной прибор 5×5 применяется для прядения длинноштапельных волокон длиной от 60 до 220 мм и имеет 4 зоны вытягивания. Ремешки установлены в зоне предварительного и основного вытягивания. Суммарная длина вытяжных полей может достигать здесь 465 мм.

При обрыве или срабатывании ленты она зажимается задней парой цилиндров вытяжного прибора для облегчения заправки. Полые веретёна устанавливаются в закрытые кружки для уменьшения размера баллона и снижения уровня шума. В результате при формировании пряжи образуется небольшой и равномерный баллон. На машине легко можно менять направление крутки с Z на S. Съём паковок с пряжей может осуществляться без останова машины с помощью всасывающего механизма «третьей руки». Масса паковки с пряжей на машине PL 1000 до 1,7 кг, на машине PL 2000 до 4,2 кг.

Скорость выпуска на машине PL 1000 до 150 м/мин, на машине PL 2000 до 200 м/мин. За счёт этого производительность машин PL до 5 раз превышает производительность кольцевых прядильных машин.

Технология ParafiL подходит для любых видов натуральных и химических волокон, но лучше всего она зарекомендовала себя для длинных штапельных волокон в камвольной системе прядения.

Витебский государственный технологический университет

В составе пряжи ParafiL комплексная нить составляет 2÷5% по массе. В качестве обкручивающего компонента может использоваться любая комплексная нить или мононить. Если конечная пряжа должна состоять только из штапельных волокон, в качестве обкручивающего компонента можно использовать поливинилспиртовую нить, которую можно впоследствии удалить из материала в результате влажно-тепловой обработки.

По технологии ParafiL можно вырабатывать обычную гладкую пряжу, а также высокообъёмную и фасонную пряжу за счёт изменения условий процесса кручения в полом веретене.

Пряжа ParafiL более ровная, чем пряжа кольцевого прядения. Её разрывная нагрузка также выше за счёт высокой параллелизации волокон и лучшего использования прочности всех волокон в процессе разрыва. Этот же фактор обусловливает и более низкую ворсистость параллельной пряжи. Сечение такой пряжи круглое, в ненатянутом состоянии пряжа слегка волнистая, что становится незаметным в изделии. В сечении параллельной пряжи может быть меньшее количество волокон, чем в соответствующей пряже кольцевого способа формирования за счёт её упрочнения комплексной нитью. Поэтому её можно вырабатывать до 15% более тонкой. Параллельная пряжа равновесная, поэтому кручение на крутильных машинах можно не использовать и пряжу сразу производят с той линейной плотностью, которая соответствует кручёной пряже.

Параллельная пряжа может использоваться для производства:

- трикотажных изделий;
- велюровых ковров и материалов для обивки салонов автомобилей, домашнего интерьера, одеял;
- швейных ниток;
- камвольных тканей для мужской и женской одежды;

Преимуществами способа ParafiL является высокое качество пряжи и высокая производительность прядильных машин.

Недостатком является высокая стоимость комплексных нитей, особенно малой линейной плотности. Поэтому такую пряжу выгоднее производить в секторе средней и большой линейной плотности. Кроме того, необходимо специальное намоточное оборудование для формирования паковок с комплексной нитью с параллельной намоткой. Из-за данных недостатков технологии фирма Suessen прекратила выпуск машин, работающих по технологии ParafiL.

Витебский государственный технологический университет

5.7 Центрифугальный способ прядения

Центрифугальный способ относится к безверетённым способам прядения, где процессы кручения и наматывания совмещены. Центрифугальные машины выпускались в СССР для выработки пряжи большой линейной плотности из пеньковой и джутовой ленты, а также для получения из ровницы хлопчатобумажной и шерстяной пряжи.

На центрифугальных прядильных машинах скорость выпуска пряжи увеличена в 1,5÷4,5 раза по сравнению с кольцевыми. Кроме того, на центрифугальных машинах обрывность пряжи меньше, чем на кольцевых, а заправка пряжи после съёма или обрыва осуществляется автоматически.

Рассмотрим работу центрифугальной прядильной машины ПЦ-132-ПД (СССР) для получения пряжи из льняной ленты (рис. 5.22).

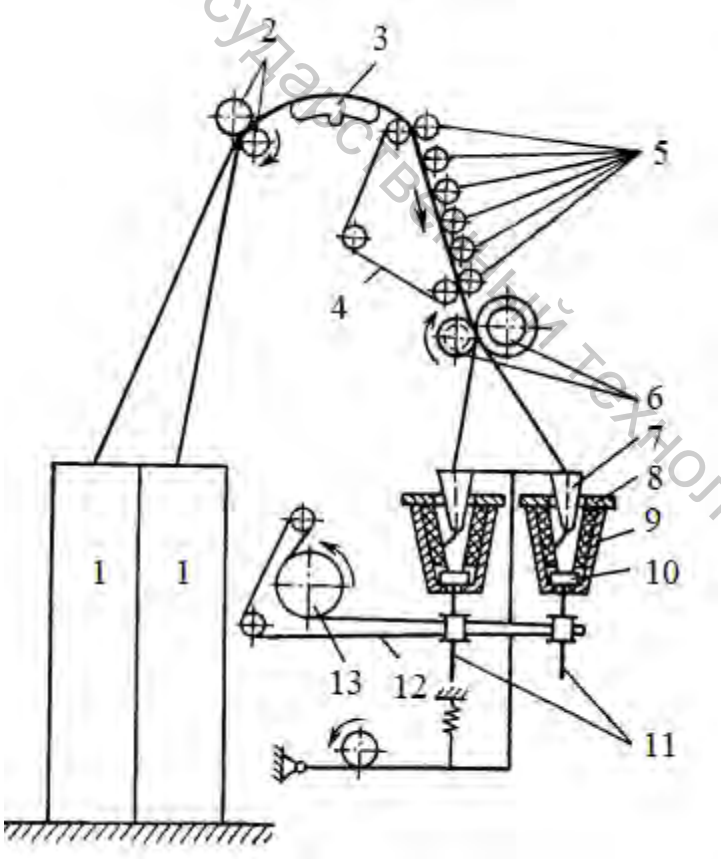


Рисунок 5.22 – Технологическая схема центрифугальной машины ПЦ-132 ПД

Лента из тазов *1* поступает в вытяжной прибор, состоящий из питающей пары *2*, удлинителя вытяжного поля *3,* промежуточной пары и выпускной пары *6*. Промежуточная пара состоит из ремешка *4,* самогрузных валиков *5* и предназначена для контроля за движением волокон. Перемещая удлинитель поля *3* вверх или вниз, увеличивают или уменьшают разводку в вытяжном приборе в зависимости от длины перерабатываемого волокна.

При выходе из вытяжного прибора мычке сообщается крутка от вращающейся кружки *9* центрифуги, при этом формируется пряжа.

Пряжа проходит через воронку *7* нитераскладчика, центробежными силами отбрасывается к стенке кружки центрифуги и укладывается в кулич. При движении воронки *7* вверх и вниз витки пряжи раскладыва-

Витебский государственный технологический университет

ются по высоте кулича. Кружка *9* вместе с крышкой *8* и донышком *10* получают вращение от главного вала с дисками *13* тесьмой *12*.

При наработке съёма вытяжной прибор останавливается, а формирование пряжи прекращается. Воронки нитераскладчика *7* автоматически выходят из кружек и разворачиваются. Кружки центрифуг *9* останавливаются, ограждения их открываются, а толкатели *11*, нажимая на донышки, выталкивают куличи вместе с крышками из кружек. Куличи снимают вручную, крышки *8* закрывают. Затем автоматически закрываются ограждения, поворачиваются и опускаются воронки нитераскладчика и центрифуги начинают вращаться. После того как центрифуги наберут необходимую скорость, включается вытяжной прибор.

Для предохранения кулича от повреждения при транспортировании его насаживают на специальный пружинящий каркас с двумя фланцами.

Центрифугальная прядильная машина АЦП-75 (СССР) двухсторонняя и предназначена для получения пряжи малой линейной плотности 5÷20 текс из хлопка или пряжи от 10 текс из шерсти (рис. 5.23). Машина работает периодически. В первом периоде ровница вытягивается в двухремешковом вытяжном приборе *1* системы 3×3 и проходит через пневматический вьюрок *2*, где упрочняется за счёт ложной крутки, создаваемой воздушным потоком. Диапазон вытяжки в вытяжном приборе 10÷65. Затем пряжа проходит через раскрывающийся пряжепровод *4*, датчик контроля обрыва *5* и поступает в нитераскладчик *6*, который движется возвратно-поступательно и раскладывает витки пряжи на стенках кружки вращающейся центрифуги *7* диаметром 58 мм. За один оборот центрифуги пряже сообщается одно кручение. Диапазон крутки 200÷2000 кр./м. Пыль и короткие волокна улетают в угаропровод *8*. Частота вращения центрифуги до 35000 мин$^{-1}$.

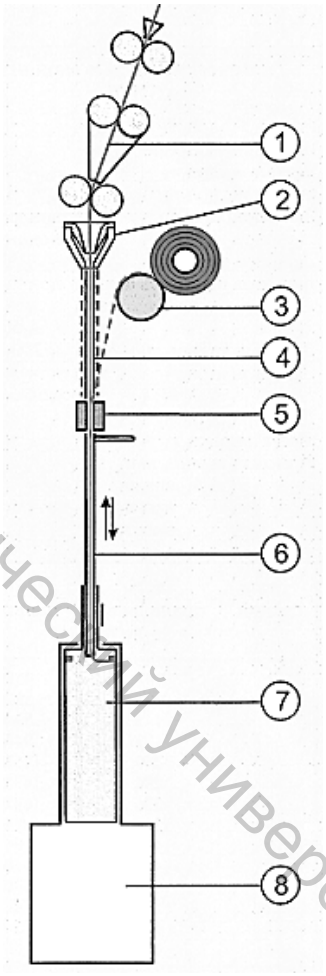


Рисунок 5.23 – Схема центрифугальной прядильной машины АЦП-75

Во втором периоде вытяжной прибор и центрифуга останавливаются, нитераскладчик выводится из неё, а пряжа обрезается около пряжепровода *4*. Затем она направляется в устройство перемотки *3*, где формируется паковка массой 60 г.

Витебский государственный технологический университет

После перемотки пряжи со стенок кружки центрифуги процесс прядения возобновляется. Съём наработанных паковок после перемотки осуществляется автоматически.

Пряжа на центрифугальной машине наматывается за счёт разности числа оборотов центрифуги и нити на участке от нитераскладчика до стенки кружки. Для приблизительного расчёта крутки без учёта коэффициента укрутки используют следующую формулу:

$$K = n_{Ц} / v_{ВЫП}, \qquad (5.3)$$

где $n_ц$ – частота вращения центрифуги, мин$^{-1}$; $v_{вып}$ – скорость выпуска пряжи, м/мин.

В процессе формирования и наматывания пряжи натяжение её меняется в зависимости от радиуса намотки. По мере наматывания кулича, то есть уменьшения внутреннего диаметра намотки, натяжение пряжи уменьшается.

К достоинствам способа можно отнести следующее:

- пряжа подвергается минимальному механическому воздействию, так как нитенаправляющие детали, кольца и бегунки отсутствуют;
- при формировании пряжи отсутствует баллон. Вследствие этого, обрывность на машине очень низкая;
- производительность в 2,5÷4,5 раза выше, чем у кольцепрядильных машин за счёт большей частоты вращения центрифуги и меньшей обрывности;
- входные и выходные паковки могут иметь любую форму и большую массу, так как перематывание пряжи на выходную паковку отделено от кручения;
- расход электроэнергии сокращается примерно на 25% по сравнению с расходом электроэнергии на кольцепрядильных машинах.

Недостатками способа, из-за которых он не нашел широкого распространения, являются: периодичность способа, трудоёмкость перематывания куличей и повышенный процент отходов пряжи при её перематывании.

5.8 Фрикционный способ прядения

Фрикционный способ относится к способам прядения с «открытым концом». Принцип технологии заключается в том, что питающий продукт (ленту) необходимо сначала разделить на отдельные волокна путём дискретизации, а затем вновь собрать в пряжу (рис. 5.24). Формирование пряжи осуществляется за счёт создания вакуума внутри перфо-

Витебский государственный технологический университет

рированных барабанчиков, когда вновь подаваемые волокна прикручиваются к вращающемуся кончику пряжи. Вращение кончика пряжи происходит за счёт фрикционного воздействия на него двух вращающихся в одном направлении барабанов. Сформированная между барабанчиками пряжа непрерывно наматывается на бобину крестовой намотки. Линейная плотность пряжи зависит от соотношения скоростей подачи волокна и отвода готовой пряжи и может изменяться в очень большом диапазоне.

Машинами, работающими по этому принципу и получившими наибольшее распространение на рынке, являются Dref-2000 и Dref-3000 от Dr. Ernst Fehrer (Австрия). Технология Dref была разработана и запатентована в 1973 году доктором Эрнестом Ферером. Фрикционные прядильные машины DREF могут производить пряжу из регенерированных волокон, шерсти, а также любых натуральных и химических волокон, которые являются слишком короткими для традиционных способов прядения.

Рисунок 5.24 – Принцип работы фрикционных прядильных машин

Таким образом, на машинах Dref можно перерабатывать любое волокно, из которого возможно изготовить ленту. Например, для машины Dref-2000 линейная плотность чесальных лент может составлять 5÷15 ктекс, а лент с ленточных машин – 3÷7 ктекс.

Уникальной особенностью технологии Dref является получение пряжи хорошего качества из 100% регенерированных волокон. Компании Dr. Ernst Fehrer в сотрудничестве с фирмами Autefa, Temafa и Spinnbau Bremen GMBH (Германия) разработали линию для получения пряжи из отходов, которая состоит из резально-щипальной машины с двумя кипными прессами (Autefa), линии для разрыхления, очистки и смешивания волокон (Temafa), четырёх чесальных аппаратов с лентоукладчиками (Spinnbau Bremen GMBH) и четырёх прядильных машин Dref 2 с 48 выпусками на каждой.

Рассмотрим работу прядильной машины Dref-2000. Одна или несколько лент с ленточных машин (рис. 5.25) проходят через вытяжной прибор *1*, где вытягиваются с небольшой вытяжкой. Затем они подаются в зону воздействия дискретизирующего валика *2*, обтянутого пильчатой гарнитурой, который разделяет ленты до отдельных волокон. Принцип работы дискретизирующего устройства аналогичен ППМ.

Витебский государственный технологический университет

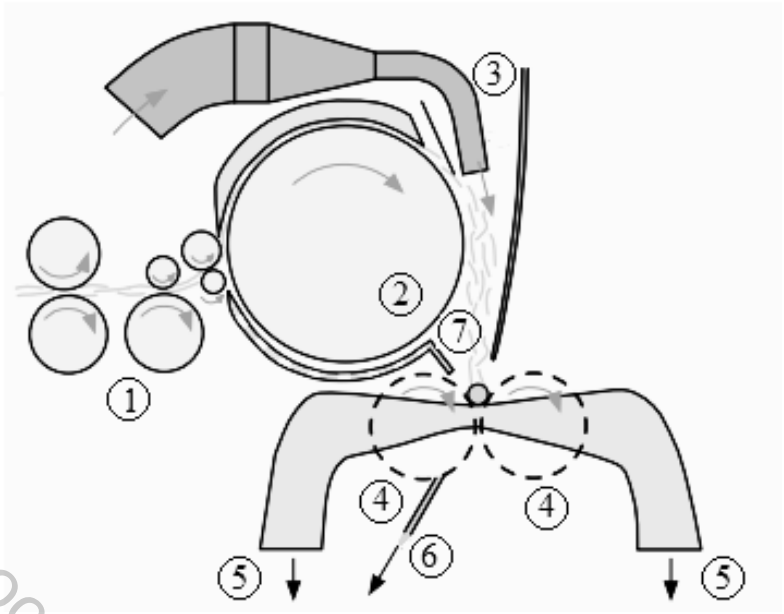


Рисунок 5.25 – Технологическая схема прядильной машины Dref-2000

Волокна снимаются с зубьев валика *2* воздушным потоком, подаваемым из сопла *3*, и образуют направленный под прямым углом к поверхности перфорированных барабанчиков *4* поток *7*, оседающий между ними. Барабанчики внутри полые, а поверхность их представляет собой сетку с мелкой перфорацией. С торцов барабанов установлены воздуховоды *5,* через которые отсасывается воздух. При этом возникающий внутри вакуум способствует притягиванию волокон к их перфорированной поверхности.

При заправке пряжа подаётся между барабанами и также притягивается к их поверхности за счёт разряжения воздуха. Открытый кончик пряжи *6* является сборной поверхностью, к которой прикручиваются поступающие между барабанами волокна (рис. 5.26). При вращении барабанчиков в одном направлении пряжа вращается за счёт трения о них, поступающие волокна захватываются её вращающимся кончиком и прикручиваются к ней. Волокнистый поток получает действительную крутку и превращается в пряжу.

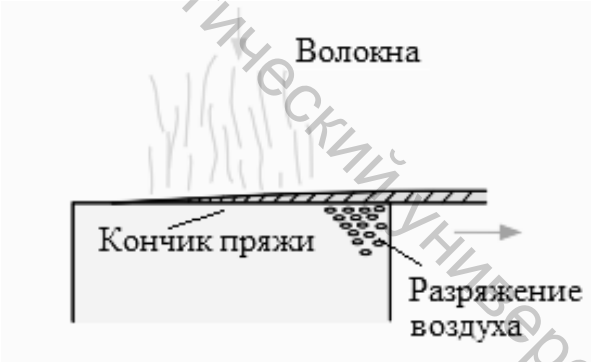


Рисунок 5.26 – Формирование пряжи на машинах Dref

Скручивание и отвод готовой пряжи происходит в направлении, перпендикулярном подаче волокна к барабанчикам. В отличие от боль-

Витебский государственный технологический университет

шинства других способов прядения, натяжение пряжи очень низкое при выходе из зоны воздействия барабанчиков и в зоне намотки. Соответственно, и обрывность пряжи для этого способа низкая. Далее сформированная пряжа наматывается на цилиндрическую паковку крестовой намотки, которая не нуждается в дальнейшем перематывании.

При пневмомеханическом прядении волокна ускоряются в процессе транспортировки, за счёт чего происходит их распрямление. При фрикционном прядении скручивание волокон в пряжу происходит за счёт сил трения о поверхность барабанчиков, которые движутся со скоростью меньшей, чем скорость волокон. В результате соприкосновения быстродвижущихся волокон с относительно медленно движущимися барабанчиками нарушается ориентация волокон, они изгибаются, часть из них, особенно длинные волокна, могут образовывать петли. Следовательно, разрывная нагрузка такой пряжи будет меньше, чем у пневмомеханической.

В среднем, как показали экспериментальные исследования, пряжа с машины Dref обладает 60% прочности пряжи кольцевого прядения и около 90% пряжи пневмомеханического прядения.

Крутку пряжа получает за счёт трения о поверхность перфорированных барабанчиков. Однако коэффициент трения постоянно меняется в зависимости от площади контакта между волокнами и барабанчиками и давления волокон на их поверхность. Все эти величины постоянно меняются в зависимости от количества одновременно поступающих волокон, их длины, извитости и т. д. Поэтому неровнота пряжи фрикционного прядения по крутке, а, следовательно, и по разрывной нагрузке будет довольно большая.

Тем не менее с технической и экономической точек зрения такой метод придания пряже прочности имеет значительные преимущества. Практически во всех других прядильных системах для получения одного витка кручения крутильный орган должен также повернуться один раз. При фрикционном прядении за один оборот крутильного органа пряжа получает несколько кручений. Этот эффект достигается из-за большой разницы в диаметре перфорированных барабанчиков и пряжи.

На рисунке 5.27 видно, что перфорированный барабанчик должен повернуться всего на некоторую долю оборота, чтобы пряжа получила одно кручение. За полный оборот барабанчика пряжа может получить 100 и более кручений. На рисунке также видно, что тонкая пряжа за один оборот барабанчика получит большую крутку, чем пряжа большой линейной плотности.

Это единственный способ прядения, при котором скорость выпуска практически не зависит от линейной плотности пряжи. Высокое передаточное число (до 200:1) при кручении позволяет также при относительно невысокой частоте вращения барабанчиков обеспечить очень

Витебский государственный технологический университет

высокую скорость выпуска пряжи, даже с учётом её проскальзывания. Она может достигать 500 м/мин и выше. На практике скорость выпуска ограничена качеством пряжи и составляет до 200÷250 м/мин.

Машина Dref-2000 в первую очередь подходит для производства пряжи большой линейной плотности 40÷2000 текс из шерсти, лубяных, химических и регенерированных волокон длиной от 1 до 120 мм и линейной плотности 0,17÷1 текс.

Пряжа с машины Dref-2000 ровная, рыхлая, высокой объёмности и невысокой прочности. Сферы использования – домашний текстиль, ткани для обивки мебели, ковры, одеяла, пальтовые и джинсовые ткани, текстиль из вторично используемого сырья и разнообразные технические ткани.

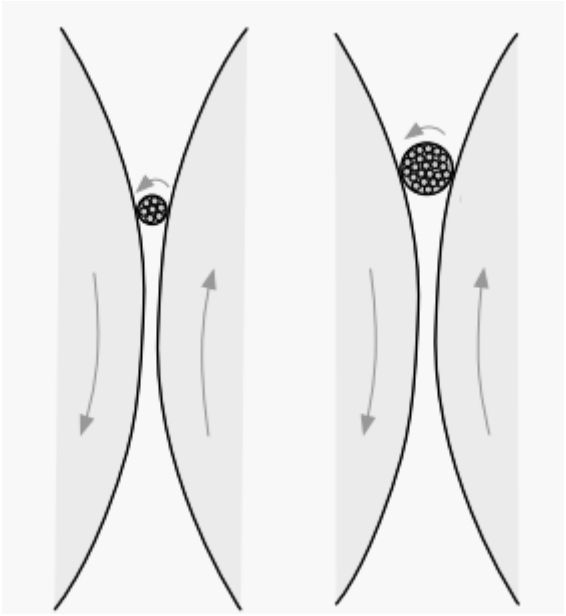


Рисунок 5.27 – Кручение пряжи на машинах Dref

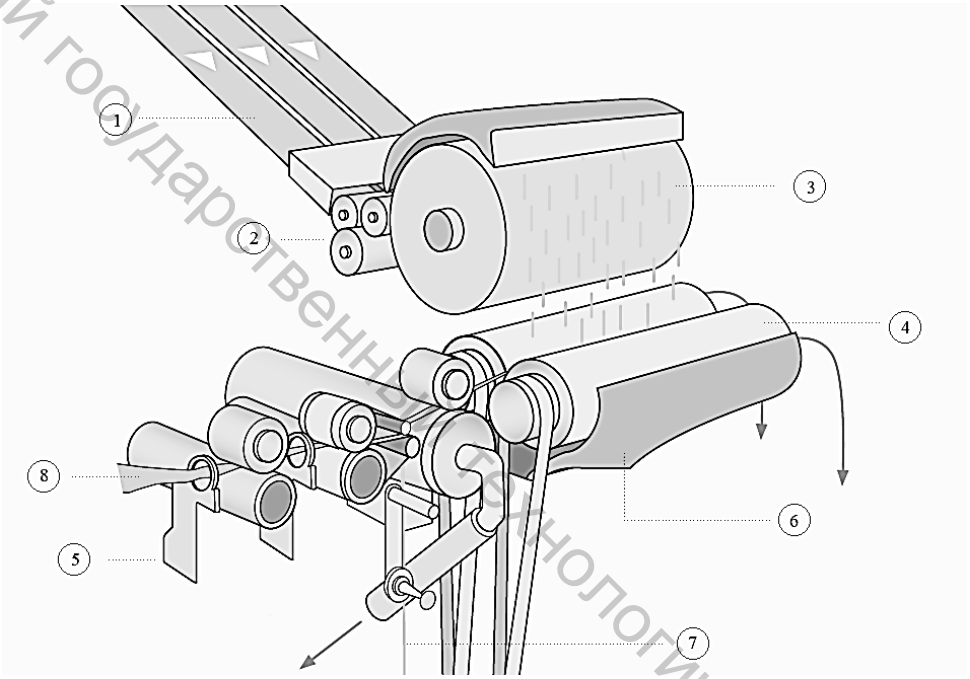
Машина Dref-3000 также работает по фрикционному способу и позволяет вырабатывать пряжу линейной плотности 40÷1970 текс, а при использовании тонкой пряжи или нити в качестве сердечника – до 25 текс. Длина перерабатываемых волокон – до 60 мм. От машины Dref-2000 она отличается наличием второго вытяжного прибора, размещённого перед перфорированными барабанчиками.

От четырёх до шести лент *1* линейной плотностью 2,5÷3,5 ктекс с ленточной машины (рис. 5.28, а) проходят через однозонный вытяжной прибор *2*, где вытягиваются с небольшой вытяжкой. Далее мычка разделяется на отдельные волокна дискретизирующим валиком *3,* а затем поток волокон через конденсор подаётся между двумя перфорированными барабанчиками *4,* оседая на их поверхности за счёт разряжения воздуха. Пыль и очень короткие волокна улетают в аспирационную систему *6*. Эта часть машины аналогична Dref-2000.

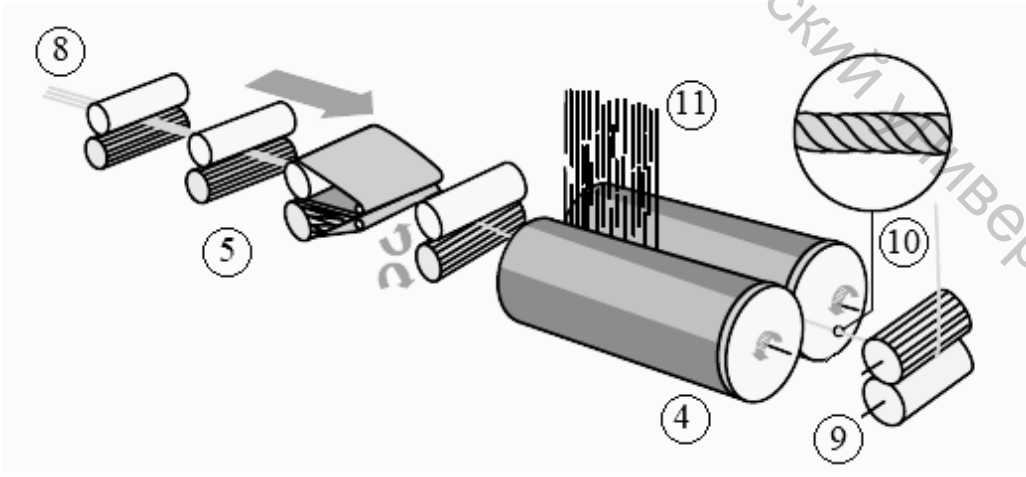
Лента *8* линейной плотности 2,5÷3,5 ктекс с ленточной машины проходит через двухремешковый вытяжной прибор *5* системы *4×4*, где вытягивается с вытяжкой 100÷150. Полученная мычка подается в зону взаимодействия двух перфорированных барабанчиков *4* и скручивается за счёт их вращения. Выпускная пара *9* протягивает образовавшуюся пряжу *10* через зону взаимодействия барабанчиков *4* и выводит её из зоны формирования (рис. 5.28, б). Таким образом пряжа оказывается зажатой между выпускной парой вытяжного прибора *5* и выпускной парой *9*, между которыми находятся вращающиеся перфорированные ба-

Витебский государственный технологический университет

рабанчики. За счёт их вращения в одном направлении они сообщают пряже ложную крутку. Если бы между барабанчиками *4* не подавался поток волокон *11*, то сформированная ложным кручением пряжа при выходе из зоны их взаимодействия развалилась бы на отдельные волокна при раскручивании её в противоположном направлении в соответствии с принципом ложного кручения. Однако поток штапельных волокон подаётся сверху в область между двумя барабанчиками, в результате чего эти волокна наматываются на горизонтально движущуюся пряжу. При этом происходит формирование пряжи, в составе которой можно выделить два слоя: стержневые волокна из вытянутой ленты и обвивочные волокна из дискретного потока.



а



б

Рисунок 5.28 – Технологическая схема прядильной машины Dref-3000

Витебский государственный технологический университет

Пряже с машины Dref-3000 можно придать дополнительную прочность путём подачи под выпускную пару вытяжного прибора стержневой нити *7*, в качестве которой может выступать любая пряжа или комплексная химическая нить. В этом случае пряжа сначала покрывается волокнами мычки, скручивается вместе с ними, а затем дополнительно обвивается волокнами из дискретного потока. При этом за счёт создаваемого небольшого натяжения нить сердечника всегда располагается точно по центру пряжи.

Сформированная пряжа направляется в устройство намотки, где формируется цилиндрическая паковка крестовой намотки с помощью мотального барабанчика с винтовой канавкой. Масса выходной паковки до 8 кг. За счёт более высокой прочности пряжи по сравнению с машиной Dref-2000, данная технология подходит и для прядения коротковолокон. Скорость выпуска пряжи до 250 м/мин.

На машине Dref-3000 можно перерабатывать практически любые виды натуральных и химических волокон, в том числе специальные, такие как арамидные, полиамидные, углеродные, вискозу FR, Kynol. Также распространённой комбинацией является пряжа, состоящая из сердечника из полиэфирных или полиамидных комплексных нитей с волокнистым покрытием из хлопка. Доля волокон покрытия составляет от 15 до 60%. В сердечнике может использоваться и мычка из штапельных волокон линейной плотностью от 0,06 до 0,67 текс. В качестве сердечника также могут выступать любые мононити, стеклонить или металлическая проволока.

Характеристики пряжи с машины Dref-3000 зависят от процентного соотношения стержневого и обкруточного компонентов. При низком содержании волокон покрытия пряжа будет напоминать по свойствам кольцевую пряжу, а при большом – пневмомеханическую.

Область применения пряжи – домашний текстиль, одеяла, декоративные и обивочные ткани, спортивная и верхняя одежда, технические ткани, фильтры, швейные нитки. За счёт рыхлой структуры пряжи, ткани из неё хорошо подвергаются ворсованию, а за счёт высокой объёмности обладают хорошими теплозащитными свойствами. Машина Dref-3000 заняла свою нишу в производстве малотоннажных специальных видов комбинированной и армированной пряжи, в том числе для защитного текстиля (одежда, перчатки, чехлы для автомобилей), композитных материалов для автомобильной и авиационной промышленности, технических тканей (брезентов, транспортёрных лент, фильтров).

Преимуществами технологии Dref являются:

- высокая скорость выпуска;
- простота технологии и оборудования;
- более низкая себестоимость по сравнению с кольцевым способом;

Витебский государственный технологический университет

- исключение перемотки;
- большая масса выходной паковки;
- низкая обрывность;
- отсутствие в пряже узлов;
- КПВ до 0,95;
- визуально однородная по массе пряжа (хорошо подходит для трикотажных изделий);
- более мягкая пряжа, чем пневмомеханическая;
- простое формирование фасонной пряжи при питании разноцветными лентами или при добавлении в смесь грубых цветных волокон;
- подходит для 100% регенерированных, сильно засоренных и очень коротких волокон, которые не могут быть переработаны другим способом.

Недостатки:

- невысокая разрывная нагрузка пряжи;
- высокая ворсистость;
- необходимо большое количество волокон в поперечном сечении пряжи;
- сложность поддержания постоянной крутки и натяжения;
- большой расход воздуха;
- увеличение неровноты, количества дефектов и дальнейшее снижение разрывной нагрузки при повышении скорости выпуска пряжи.

5.9 Сельфакторное прядение

В 1779 году Самуэль Кромптон разработал прядильную машину, где процессы вытягивания и кручения были совмещены, а наматывание пряжи осуществлялось отдельно. В сущности, работа этой машины копировала приёмы и движения, используемые при ручном прядении. Главными узлами машины являлись две пары вытяжных цилиндров, осуществляющих вытяжку, и подвижная каретка с веретёнами, служившими для крутки и намотки, а также для дополнительной вытяжки с целью выравнивания пряжи. Кромптон назвал её мюль-машиной (mule – по-английски мул, помесь). Недостатком мюль-машины являлся разрыв между процессом вытягивания, происходящим одновременно с кручением, и процессом намотки, то есть машина являлась машиной периодического действия. Тем не менее до изобретения кольцевого прядения Джоном Торпом в 1828 г. этот способ являлся основным.

Последовательность и характер выполнения технологических операций при получении пряжи постоянно изменялись с совершенство-

Витебский государственный технологический университет

ванием техники. В дальнейшем машины, где были совмещены процессы вытягивания и кручения, стали называть сельфакторами. Несмотря на завоевание рынка кольцевыми прядильными машинами, сельфакторный способ активно развивался в секторе аппаратного прядения шерсти в первой половине XX века. Однако и там он был практически повсеместно вытеснен кольцевым прядением при появлении более производительного оборудования.

Ситуация изменилась, когда в начале XXI века фирма Bigagli (Италия), которая занимается разработкой сельфакторных прядильных машин с 1901 года, представила на рынке новые модели усовершенствованного оборудования.

Компания выпускает две модели сельфактров B7DD и B7DF, которые используются в аппаратной системе прядения шерсти.

Машина состоит из подвижной каретки *1* (рис. 5.29), которая перемещается по раме *10,* и неподвижной станины *11*. В каретке размещены скалки с аппаратной ровницей *2,* раскатывающий вал *3*, питающая пара *4* и направляющие для ровницы *12*. В неподвижной станине размещены веретёна *5* с початками с пряжей *6*, а также кронштейны с прутками *9*, управляющие намоткой.

Сельфакторы фирмы Begagli являются машинами периодического действия, полный цикл работы которых состоит из четырёх периодов.

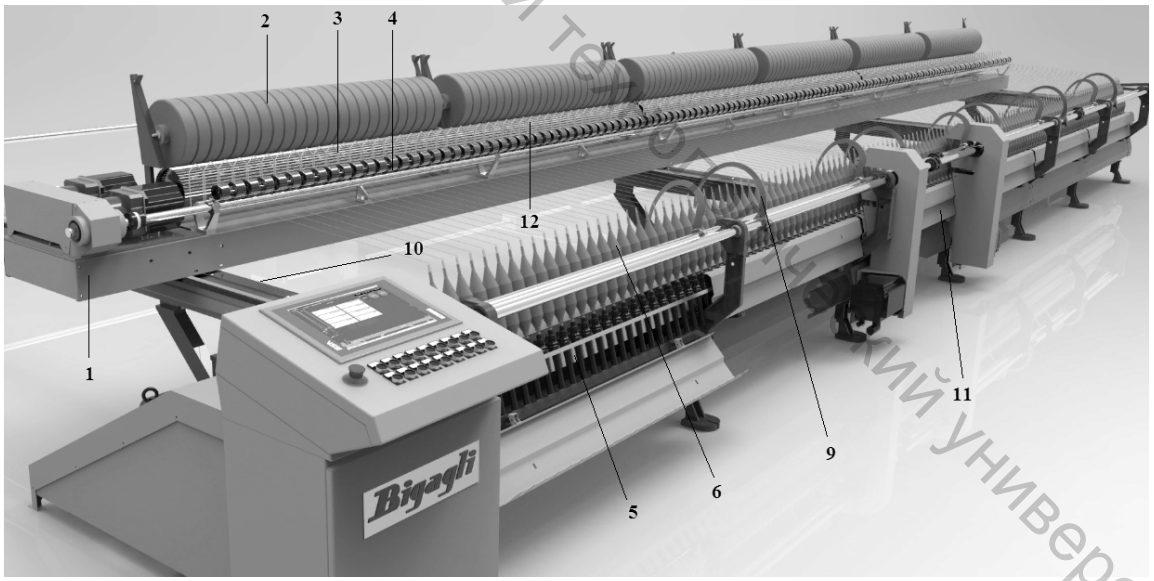


Рисунок 5.29 – Сельфакторная машина Proxima B7DF (Bigagli)

I период. Отход каретки (рис. 5.30).

Каретка *1* по раме *10* отъезжает от станины *11*. При этом раскатывающий вал *3* и питающая пара *4*, состоящая из стального цилиндра и самогрузного валика, вращаются против часовой стрелки. Ровничные нити сматываются с паковок, намотанных на скалку *2*, проходят через

Витебский государственный технологический университет

направляющие *12* (рис. 5.27) и подаются в зону прядения. Каретка может отъезжать от веретён на расстояние от 3000 до 6000 мм. Поскольку ровница подаётся на меньшую величину, чем пространство, на которое отъезжает каретка, происходит её вытягивание за счёт натяжения на 20÷55%. Величина вытяжки устанавливается с компьютера оператором. Вытягивание происходит без напряжения волокна, поскольку растягивающая сила распределяется на большом расстоянии. В крайнем положении каретка останавливается, раскатывающий вал *3* и питающая пара *4* останавливаются, разматывание ровницы прекращается.

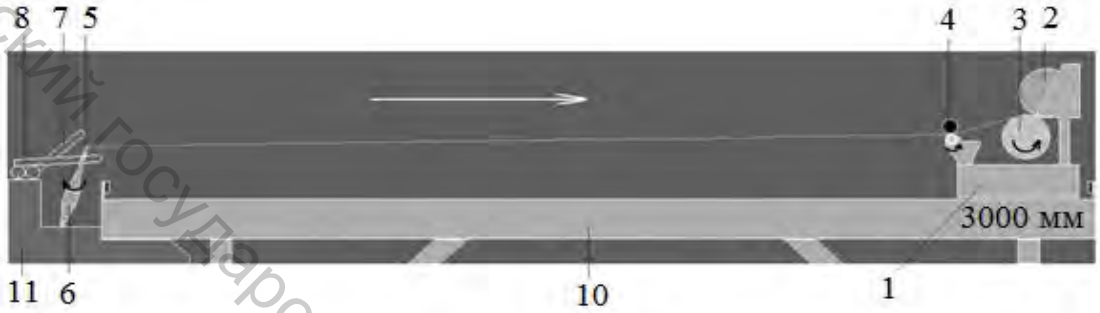


Рисунок 5.30 – Первый период работы сельфактора (Bigagli)

Как только начинается движение каретки *1* вправо, веретёна *5* с прядильными початками *6* начинают вращаться, сообщая пряже крутку. Пряжа при этом находится между прутками *7* и *8*.

Величина отхода каретки и скорость её движения зависят от линейной плотности пряжи: чем тоньше пряжа, тем меньше расстояние, на которое перемещается каретка, и тем медленнее она движется, так как более тонкая пряжа требует более осторожного обращения. Частота вращения веретён зависит от линейной плотности вырабатываемой пряжи. Пряжу средней линейной плотности можно вырабатывать при максимальной частоте вращения веретён, а пряжа малой или большой линейной плотности выпускается при пониженной частоте вращения. Это объясняется тем, что при производстве тонкой пряжи каретка не будет успевать отходить и подходить к веретённому брусу, а при производстве грубой пряжи – высокая скорость негативно отражается на качестве пряжи.

II период. Докручивание пряжи.

После остановки каретки веретёна ещё некоторое время вращаются, докручивая пряжу, а затем останавливаются. Пряжа сформирована. Период докрутки не всегда необходим; он применяется тогда, когда веретёна не успевают к моменту остановки каретки передать пряже необходимую крутку. Это бывает, например, при выработке основ или пряжи малой линейной плотности. Если же пряжа за время движения каретки успевает получить необходимую крутку, то машина настраивается так, что сразу за первым периодом наступает третий.

Витебский государственный технологический университет

III период. Отмотка.

Чтобы понять работу третьего периода, необходимо представить себе, как ложится пряжа на початок во время работы. В начале наработки початка кончик пряжи закрепляется подмоткой на веретене или початке. Когда каретка начинает отходить, а веретёна вращаться, нить быстро обовьёт прядильный початок, образуя на нём витки обмотки на участке *2-3* (рис. 5.31).

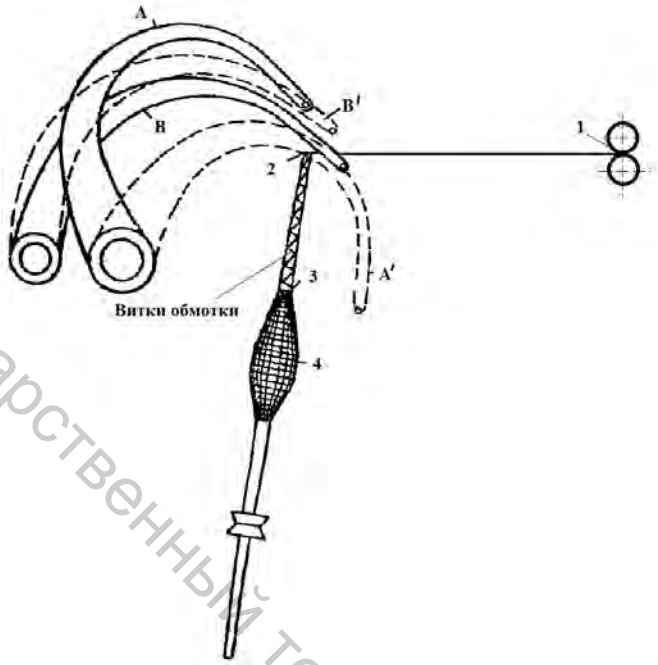


Рисунок 5.31 – Положение прутков в разные периоды работы сельфактора

Витки, добежав до вершины веретена, станут соскакивать с него, передавая крутку пряже на участке *1-2*. Сбегание витков с верхушки веретён происходит по следующим причинам. Во-первых, цилиндры *4* расположены выше веретён *5,* во-вторых, веретёна слегка наклонены к цилиндрам (рис. 5.28).

Когда каретка займёт крайнее положение, нить будет проходить от цилиндров (точка *1*) к вершине веретена (точка *2*), затем отлогими витками по веретену вниз до точки *3*, где начинает образовываться початок с пряжей (рис. 5.29). После окончания второго периода сформированную пряжу на участке *1-2-3* необходимо намотать на початок на участке *3-4*, для чего, прежде всего, необходимо освободить початок на участке *2-3* от витков обмотки.

Третий период заключается в освобождении пустой части прядильного початка на участке *2-3* от намотавшейся пряжи. С этой целью веретену при помощи специального механизма дают несколько оборотов в обратную сторону, и нить сматывается с него. При сматывании пряжа должна ослабнуть и провиснуть на участке *1-2*, чего нельзя допустить, так как в противном случае в этом месте моментально образуют-

Витебский государственный технологический университет

ся сукрутины. Во избежание этого в третьем периоде в работу вступают прутки *A* и *B* (*7* и *8* на рис. 5.28). Нижний пруток *8*(*B*) или подниточник, во время отмотки поднимается и натягивает нить, а второй – верхний *7*(*A*) или наднiточник, опускается, ведёт нить по веретену и сматывает витки обмотки.

На рисунке 5.29 прутки, изображённые сплошными линиями, находятся в положении отхода каретки в первом периоде и не касаются пряжи. При отмотке верхний пруток *A* по мере сматывания опускается до положения *A'* как раз до того места, где начинается образование конуса початка в точке *4*. Нижний пруток *B* постепенно поднимается до положения *B'*, натягивая ослабевающую пряжу. Когда после нескольких обратных оборотов веретёна освободятся от ненужных витков обмотки, они на мгновение остановятся, и машина вступит в четвёртый период работы.

IV период. Намотка.

В этом периоде каретка *1* возвращается к станине *11* (рис. 5.30). Веретёна снова начинают вращаться в ту же сторону, как и в первом периоде, но со значительно меньшей скоростью, причём скорость постоянно меняется. Верхний пруток *7* ведёт пряжу снизу-вверх по конусной части початка *4-3* (рис. 5.32), заставляя её укладываться там частыми витками. Нижний пруток *8* слегка приопускается и поддерживает нить в необходимом натяжении, благодаря чему намотка получается плотной.

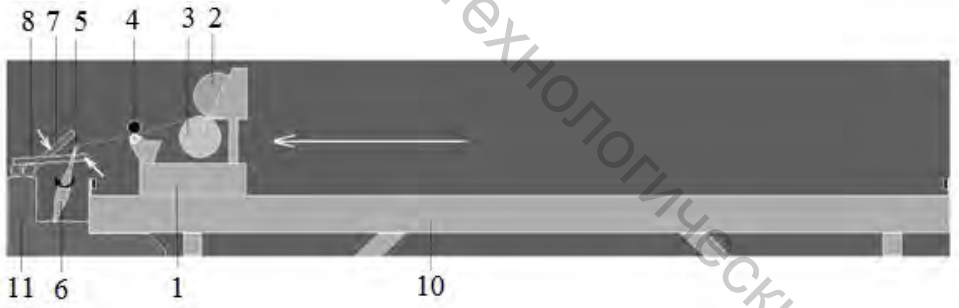


Рисунок 5.32 – Четвёртый период работы сельфактора (Bigagli)

Когда каретка подходит почти к самым веретёнам, прутки отпускают нить, которая тотчас же обвивается вокруг голой части початка и занимает положение *3-2-1*. В этот момент каретка останавливается, а прутки занимают положение, изображённое на рисунке 5.29 сплошными линиями. Каретка приходит в исходное положение, а цикл работы сельфактора завершается. В течение четвёртого периода, таким образом, происходит наматывание сформированного участка пряжи длиной от 3 до 6 метров на початок.

Верхний пруток *7* движется в каждом цикле со смещением вверх для сдвига слоёв намотки друг относительно друга. Закон его движения

Витебский государственный технологический университет

определяет форму и структуру намотки и задается с компьютера с помощью управляемых электродвигателей. В целом структура намотки напоминает строение початка с кольцепрядильной машины (рис. 5.33).

Сельфакторные прядильные машины подходят для всех видов шерсти и её смесей с химическими волокнами, натурального шёлка, для редких видов шерсти, таких как викунья, кашемир, мохер, верблюжья шерсть или ангора. Машина B7DD может производить пряжу в диапазоне линейной плотности от 16,6 до 250 текс без сложной переналадки, так как она легко программируется. Например, можно производить тонкую пряжу из 100% кашемира 21,8 текс или пряжу из 70% кашемира и 30% шёлка линейной плотности 16,6 текс.

Получаемая пряжа по своим характеристикам схожа с пряжей кольцевого прядения, но ровнее её по линейной плотности и по разрывной нагрузке, так как вытягивание и кручение происходит на большом участке длиной 3÷6 метров без перенапряжения волокон. На кольцевой прядильной машине длина этого участка составляет около 20 см. Обрывность на машине минимальна, даже если в смеси присутствуют тонкие волокна, волокна разного сырьевого состава, тонины и длины.

Машина модели Proxima B7DF отличается от B7DD тем, что состоит из двух и более независимых секций, что позволяет одновременно производить пряжу разного ассортимента. Кроме того, две секции, каждая со своей консолью управления механически разделены так, что их можно расположить одна напротив другой (для небольших цехов). Длина машины зависит от количества установленных веретён или секций.

Рисунок 5.33 – Початки с кашемировой пряжей 21,8 текс

Машина имеет следующие основные характеристики:

- перемещение каретки 3000, 4000, 5000 или 6000 мм;
- расстояние между веретёнами: 50-55-60-65-70 мм;
- частота вращения веретён: до 12000 мин$^{-1}$ (рабочая 6000÷9500 мин$^{-1}$);
- высота намотки: 320 мм;
- вытяжка до 55% в зависимости от вида волокна.

Сельфакторный способ имеет очень низкое энергопотребление, гораздо меньшее, чем у кольцевых прядильных машин. Машины не используют сжатый воздух и не производят углеродную пыль, поскольку в них используются исключительно бесщёточные двигатели. На маши-

Витебский государственный технологический университет

нах отсутствуют кольца и бегунки, что значительно снижает расходы на запчасти, техническое обслуживание и ремонты. В результате поломки машины близки к нулю.

Большинство операций на машине автоматизированы – автоматически меняются скалки с ровницей (рис. 5.34) и прядильные початки. После наработки съёма автоматически происходит подмот пряжи на веретёна для автоматизации процесса заправки.

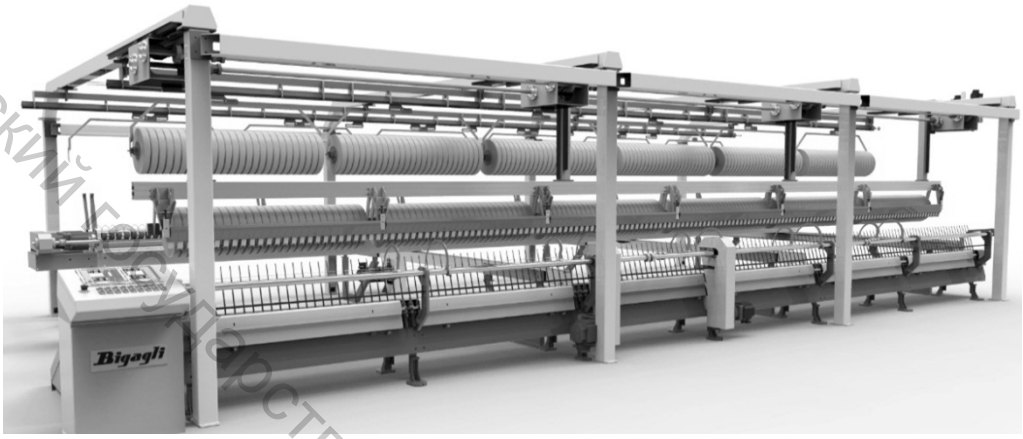


Рисунок 5.34 – Автоматическая замена скалок с ровницей

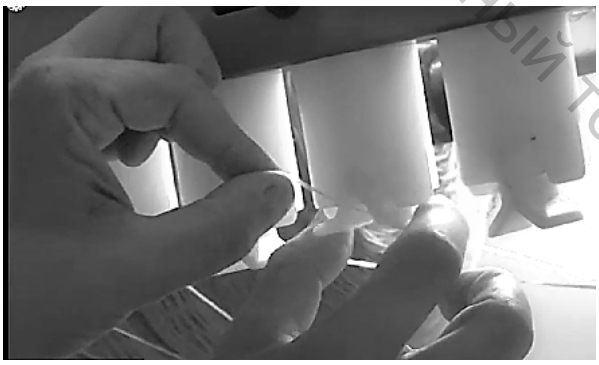


Рисунок 5.35 – Заправка ровницы в зажимы

Автоматическая замена скалок с ровницей происходит следующим образом. С помощью цепных конвейеров скалки транспортируются от чесальных аппаратов к прядильным машинам. Заправка ровницы осуществляется вручную или автоматически с помощью специальных балок. Для облегчения заправки на балке напротив каждой скалки размещена гребёнка с зажимами, в которых вручную фиксируют кончик ровницы (рис. 5.35). Затем балка со скалкой и гребёнкой опускается на раскатывающие валы, кончики ровницы при этом автоматически заправляются в направляющие перед питающей парой (рис. 5.36, а). Затем гребёнка поднимается, кончики ровницы соединяют, и процесс прядения возобновляется (рис. 5.36, б).

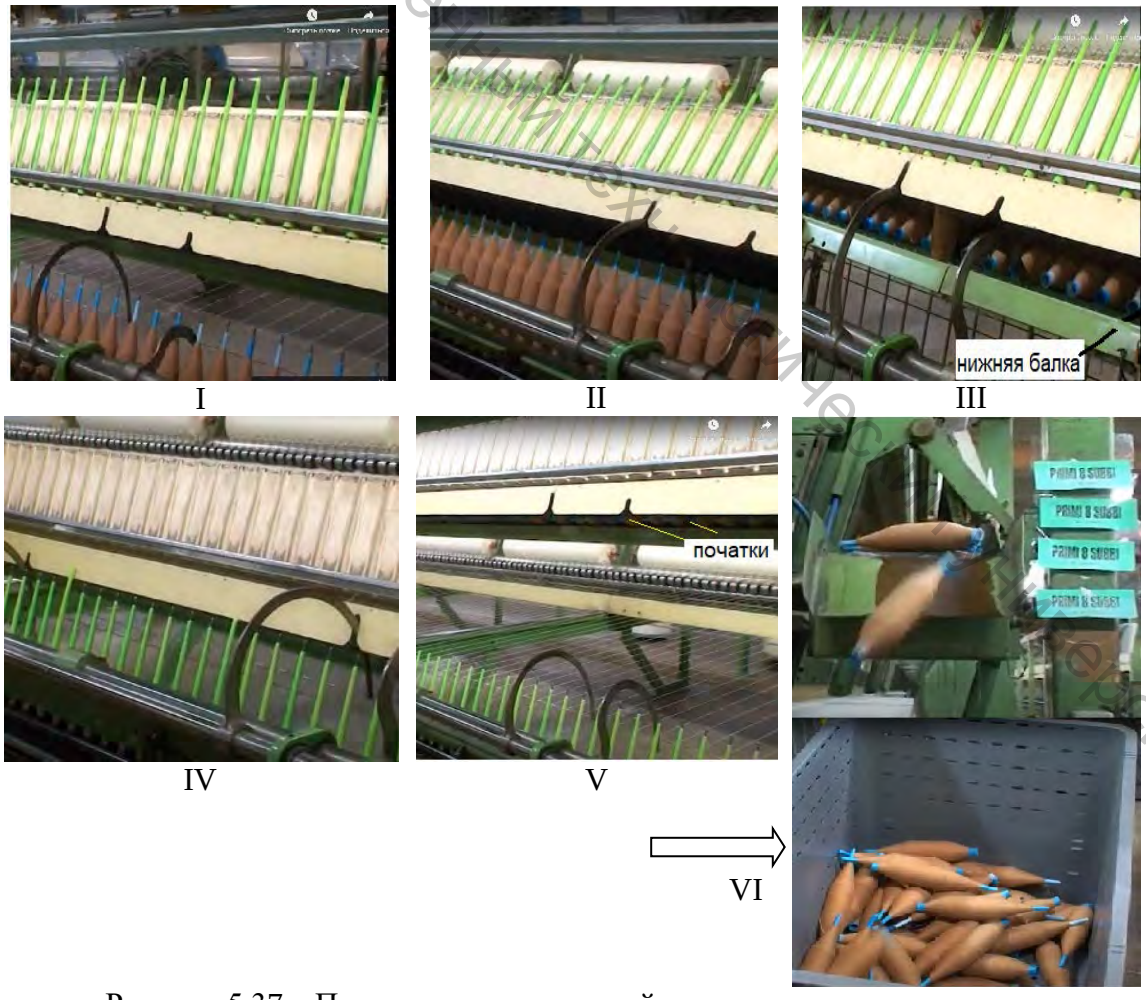
Процесс автоматического съёма прядильных початков происходит следующим образом. В верхней части машины располагается балка с пустыми початками и конвейерной лентой. Балка опускается до крайнего нижнего положения (рис. 5.37, I), затем отклоняется вправо в сторону питающих скалок с ровницей (рис. 5.37, II) для освобождения простран-

Витебский государственный технологический университет

ства для сброса полных початков на конвейерную ленту. Затем поднимается нижняя балка и за счёт механического упора в патроны снимает полные початки с веретён и сбрасывает их на транспортёрную ленту (рис. 5.37, III).

а б

Рисунок 5.36 – Автоматическая замена скалок с ровницей



I II III

IV V

VI

Рисунок 5.37 – Процесс автоматической смены прядильных початков

Далее нижняя балка опускается вниз, верхняя балка отклоняется влево, размещается над осью веретён, а пустые патроны сбрасываются под действием силы тяжести вниз, насаживаясь на веретёна (рис. 5.37, IV).

Для плотной посадки патронов на веретено прядильщица вручную проводит их корректировку. Верхняя балка поднимается вверх вместе с полными початками (рис. 5.37, V). Машина начинает наработку нового съёма, в это время включается транспортёрная лента и сбрасывает полные початки в тележку, расположенную с торца машины (рис. 5.37, VI).

Технологические параметры процесса прядения задаются с интерактивного дисплея Siemens, а данные каждой партии сохраняются и могут быть использованы повторно. В процессе наработки съёма все необходимые параметры отображаются на дисплее – крутка в каждый конкретный момент времени, линейная плотность пряжи, частота вращения веретён, высота намотки и другие.

К преимуществам сельфакторного прядения можно отнести:

- меньшую стоимость прядильных машин и выпускаемой пряжи;
- простоту конструкции и редкие поломки, что повышает КРО;
- простоту обслуживания машины и более высокий КПВ;
- уменьшение расхода электроэнергии в расчёте на 1 кг пряжи;
- отсутствие колец и бегунков, что уменьшает затраты на расходные и вспомогательные материалы;
- меньшую обрывность пряжи;
- более высокую равномерность по сравнению с кольцевой пряжей;
- большую массу пряжи на початке за счёт отсутствия колец;

Главным недостатком способа является большая площадь, занимаемая прядильными машинами, а также сохраняющаяся маленькая производительность оборудования за счёт периодичности процессов прядения. Несмотря на это, более 600 сельфакторных машин работают на фабриках аппаратного прядения шерсти в разных странах мира.

5.9 Аэродинамическое прядение

Наряду с пневмомеханическим прядением во многих странах мира со второй половины 60-х и начала 70-х гг. XX века широкое развитие получила эродинамический бескруточный способ прядения. Немецкий изобретатель Конрад Гётцфрид в 1955 году первый запатентовал идею скручивать пряжу воздушным вихрем. В 1975 г. на основании этой идеи на международной выставке в Милане был представлен первый прототип машины. Но, несмотря на то, что аэродинамическое прядение известно сравнительно давно, бурное развитие этого способа произошло только в начале XXI века, когда фирма Rieter Machine Works Ltd, осно-

Витебский государственный технологический университет

ванная в 1795 г. в Швейцарии, в 2003 году начала разработку собственной аэродинамической прядильной машины J10.

В то же время компания Murata в 80-х годах XX века создала первую двухвьюрковую прядильную машину (MJS). Позже Murata представила на выставке ITMA'95 вихревую прядильную машину RJS 804 с дополнительной парой обрезиненных роликов вместо второго сопла и скоростью выпуска до 400 м/мин. Затем в ходе развития концепции аэродинамического прядения в Осаке на выставке Otemas 97, а после в Париже на выставке ITMA 99 был представлен новый способ прядения MurataVortex Spinning (MVS).

В 2021 году аэродинамический способ прядения уже занимает по распространению третье место в мире по количеству установленных веретён, уступая лишь кольцевому и пневмомеханическому способам. Общая его доля среди всего парка прядильного оборудования составляет около 4%.

Это стало возможным в связи с возможностью производить на аэродинамических прядильных машинах тонкую пряжу (от 10 текс), ростом её разрывной нагрузки, а также с увеличивающейся с каждым годом скоростью выпуска.

5.9.1 Двухвьюрковый способ прядения Murata Jet Spinning (MJS)

Фирмой Murata (Япония) разработан двухвьюрковый способ прядения, где используется трёхзонное ложное кручение, отделённое от процесса наматывания. Рассмотрим принцип формирования пряжи. Как показано на рисунке 5.38, лента с ленточной машины из тазов *1* проходит через двухремешковый вытяжной прибор *2* системы 4×4, где вытягивается с вытяжкой 65÷220.

Далее мычка проходит через две пневматические форсунки *3* и *4*. Форсунка *4* является вьюрком ложного кручения. Создаваемый в ней воздушный вихрь с угловой скоростью более 2×10^6 мин$^{-1}$ закручивает мычку, которая вращается по винтовой траектории, достигая частоты вращения около 250000 мин$^{-1}$. Скорость сжатого воздуха при входе в центральный канал форсунки достигает скорости звука. Поскольку осевые силы во время вращения мычки очень малы, в ней не возникает критических напряжений, способствующих обрыву. Крутящий момент, создаваемый вихрем, заставляет волокна мычки скручиваться до точки её выхода из вытяжного прибора.

Витебский государственный технологический университет

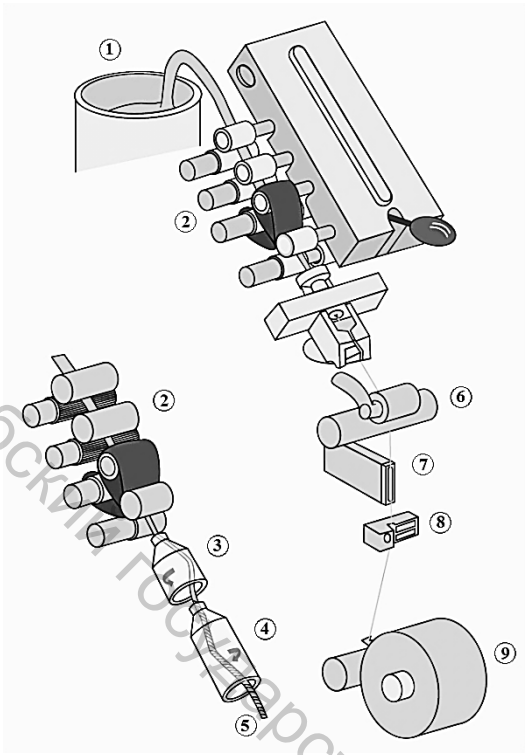


Рисунок 5.38 – Двухвьюрковая прядильная машина (Murata)

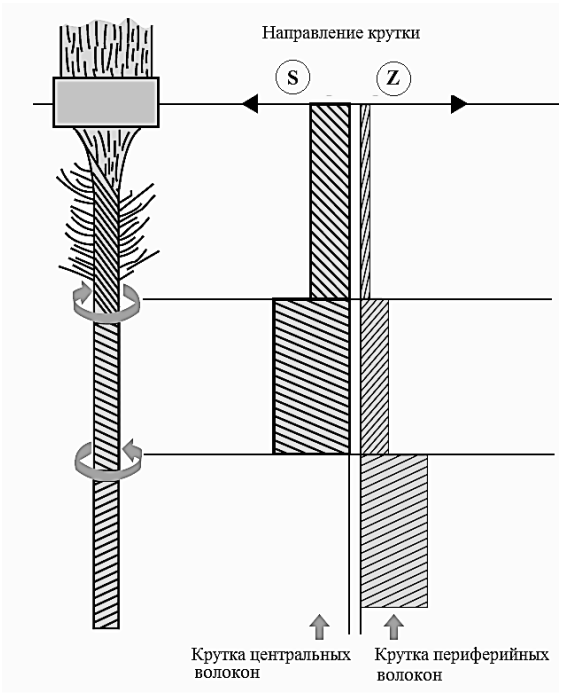


Рисунок 5.39 – Схема формирования пряжи двухвьюрковым способом доктора Х. Сталдера

Полученная пряжа *5* отводится выпускной парой *6*, проходит над пневматическим мычкоуловителем *7*, через электронный очиститель *8* и наматывается на цилиндрическую паковку *9* крестовой намотки.

Рассмотрим процесс формирования пряжи ложным кручением с помощью двух пневматических вьюрков. Как только мычка покидает вытяжной прибор *2*, она приобретает практически максимальную частоту вращения воздушного вихря. Периферийные волокна, количество которых составляет около 5%, обкручивают волокна, находящиеся в центре, связывая волокна мычки между собой. Обкручивающие волокна имеют небольшую крутку того же направления, что и стержневые, скрученные ложной круткой, или могут быть закручены в противоположном направлении. Это обеспечивается за счёт создания в первой форсунке *3* вихря с направлением, противоположным направлению вихря в форсунке *4*. Первый вихрь слабее, чем второй, и может захватывать только передние кончики волокон, выходящих из вытяжного прибора, задние кончики которых зажаты в передней паре. На волокна, находящиеся в центре мычки, он не действует. Второй вихрь, который вращается в противоположном направлении, воздействуя на эти закрученные краевые волокна, предотвращает закручивание их в сердцевину пряжи или даже закручивает их в противоположном направлении вокруг центральных волокон.

Витебский государственный технологический университет

Когда мычка проходит через вторую форсунку, происходит следующее. Крутка, создаваемая форсункой *4*, теряется по закону ложной крутки. Центральные волокна раскручиваются в противоположном направлении и располагаются практически параллельно друг другу. Периферийные волокна, которые при выходе из форсунки *3* или не имели крутки, или имели небольшое или большое закручивание вокруг сердцевинных волокон, за счёт вращения второго вихря получат крутку в направлении его вращения также по закону ложного кручения. При этом они обкручивают параллельные волокна сердцевины, связывая при этом все волокна пряжи между собой. Диаграмма скручивания, разработанная доктором Х. Сталдером, наглядно демонстрирует данный процесс ложного кручения (рис. 5.39).

Пряжа имеет хорошую равномерность по линейной плотности, высокую стойкость к истиранию и небольшую усадку. Получаемая пряжей крутка зависит от давления воздуха в форсунках, которое находится в диапазоне 4÷6 бар.

К её недостаткам можно отнести невысокую разрывную нагрузку и повышенную жёсткость. Кроме того, периферийные волокна неравномерно распределены по длине пряжи. Разрывная нагрузка пряжи из химических волокон и их смесей с хлопком (не менее 50%) достигает примерно 80% от уровня пряжи кольцевого прядения.

В качестве входящего полуфабриката используется лента с третьего ленточного перехода, что необходимо для хорошей параллелизации волокон. Линейная плотность ленты около 3 ктекс. Линейная плотность пряжи 7,5÷30 текс. Этим способом нельзя получить пряжу большой линейной плотности из-за геометрического соотношения площади поверхности пряжи и её поперечного сечения. Чем больше диаметр пряжи, тем меньше это соотношение, и периферийным волокнам становится сложнее связывать вместе волокна пряжи.

Машины, реализующие этот способ, фирма Murata выпускала под маркой MJS. Машина односторонняя, с количеством выпусков до 72. Максимальная скорость выпуска достигает 300 м/мин. На машине автоматизированы следующие операции:

- соединение концов пряжи;
- съём наработанных бобин;
- контроль качества пряжи;
- наработка бобин с одинаковой длиной пряжи.

Себестоимость пряжи MJS ниже, чем кольцевой за счёт более высокой производительности и отсутствия ровничной машины.

Назначение пряжи MJS – женская верхняя одежда, сорочки, постельное бельё. В 2000 году в мире насчитывалось 3000 машин MJS, из которых 2/3 работали в США, а остальные – в странах Азии. На евро-

Витебский государственный технологический университет

пейских заводах такие машины не применялись в связи с невозможностью перерабатывать 100% хлопок.

5.9.2 Аэродинамический способ прядения Murata Vortex Spinning (MVS)

Способ двухвьюркового прядения, описанный выше, обеспечивает структуру пряжи с нескрученными центральными волокнами и обкручивающими их периферийными волокнами. Однако обкручивающие волокна составляют всего около 5% от всей массы пряжи. Такой способ подходит для равномерных по длине химических волокон и их смесей с хлопком, однако при переработке чистого хлопка, который содержит большое количество коротких волокон, пряжа получается недостаточно прочной (50÷70% от прочности пряжи кольцевого прядения).

Для удовлетворения потребностей рынков, где востребована хлопчатобумажная пряжа, фирма Murata разработала новый аэродинамический способ формирования пряжи, который получил название Murata Vortex Spinning (MVS). При формировании пряжи используется метод, в котором воздушная струя используется как крутильное устройство. Пряжа Vortex имеет внешний вид кольцевой пряжи и большую прочность по сравнению с пряжей MJS из-за большего количества обкручивающих волокон.

Способ подходит и для кардной, и для гребенной систем прядения хлопка. Прядение при этом осуществляется из ленты с ленточных машин, формирование пряжи происходит в аэродинамическом устройстве, которое не содержит вращающихся элементов, а ложное кручение не используется. По данному способу можно получать хлопчатобумажную или синтетическую пряжу линейной плотности от 10,5 до 40 текс в зависимости от длины волокон и от 11,5 до 42 текс из смеси хлопка с химическими волокнами.

Вытянутая мычка выходит из передней пары вытяжного прибора и подаётся в аэродинамическое устройство (рис. 5.40), которое состоит из корпуса *1*, канала *2* для подачи волокна и неподвижного полого шпинделя *3*. В корпусе *1* выполнены три тангенциальных канала *4* для подачи сжатого воздуха.

Волокна мычки можно разбить на две группы – центральные и периферийные. При формировании пряжи Vortex центральные волокна сохраняют своё параллельное расположение. Периферийные же волокна образуют обвивочный слой, который связывает вместе волокна мычки и формирует пряжу.

Витебский государственный технологический университет

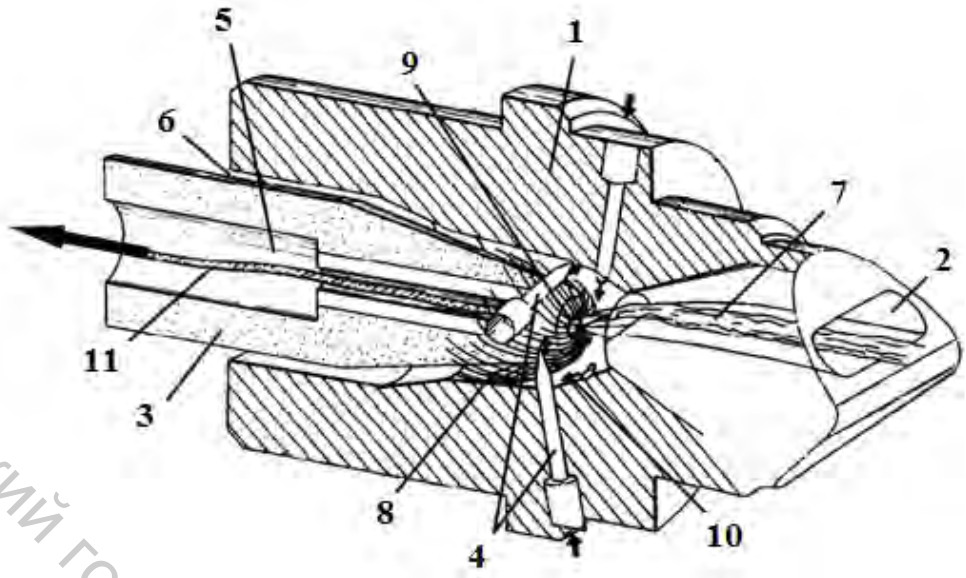


Рисунок 5.40 – Аэродинамическое устройство для получения пряжи Vortex (Murata)

Волокна в мычке *7* расположены практически параллельно друг другу. Передние кончики волокон, выходя из вытяжного прибора, обкручиваются задними кончиками, ранее покинувшими переднюю пару. При выходе из канала *2* они увлекаются сформированной пряжей и проходят внутрь шпинделя *3*. Задние кончики периферийных волокон, выходя из передней пары вытяжного прибора, отделяются от мычки воздушным вихрем, возникающим вследствие подачи воздуха через три тангенциальных канала *4*. Турбулентные потоки образуют вращающийся вихрь на участке *10* между каналом *2* и шпинделем *3*. Воздушный вихрь возле входа в шпиндель создает вакуум, в результате чего через канал *5* проходит поток воздуха и транспортирует волокна от вытяжного прибора ко входу в шпиндель. Часть этого воздушного потока улетает по каналу *6*.

Вихрь вращает периферийные волокна сначала вокруг не вращающихся центральных волокон, а затем вокруг неподвижного шпинделя *3*. Передние кончики волокон при этом находятся уже внутри шпинделя. При вращении задних кончиков волокон вокруг шпинделя они раскладываются на его выпуклой поверхности *9*, образуя вращающийся «купол» *8* из волокон, и обкручивают центральные волокна, находящиеся внутри шпинделя. Оказавшись внутри шпинделя в нитепроводящем канале *5*, процесс формирования пряжи Vortex *11* завершается, а пряжу можно наматывать на паковку.

При отделении периферийных волокон возможно, что короткие волокна извлекаются из основного потока, обходят шпиндель *3* и удаляются в отходы по каналу *6*. Чем выше содержание короткого волокна в ленте, тем выше доля волокнистых отходов.

Витебский государственный технологический университет

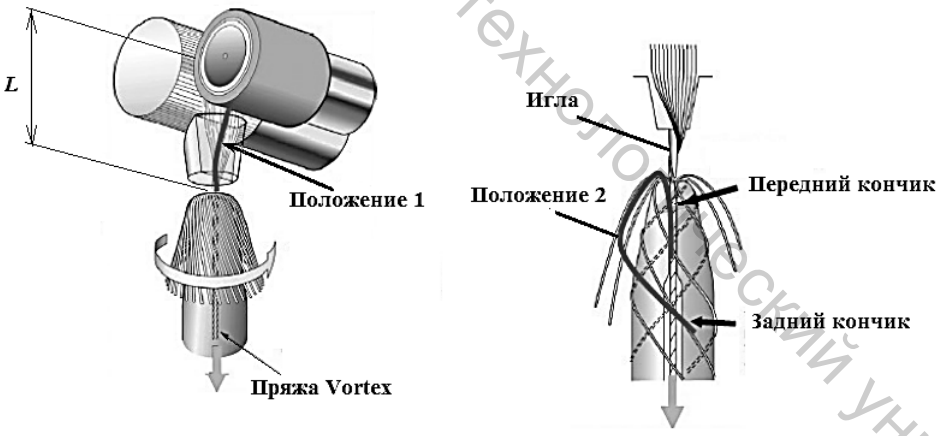
Для формирования пряжи Vortex должны быть выполнены две довольно сложные задачи:

– задние кончики периферийных волокон должны легко отделяться от мычки и обкручивать центральные волокна;

– между передней парой вытяжного прибора и шпинделем необходимо избежать ложного кручения.

Для отделения задних кончиков волокон очень важен правильный выбор расстояния *L* от передней пары вытяжного прибора до шпинделя (рис. 5.41, а). Оно должно быть немного меньше средней длины волокон. Это позволяет потокам воздуха отделять концы периферийных волокон от основного потока. Очевидно, что чем больше расстояние *L*, тем больше свободных концов волокон можно отделить. Поэтому *L* является важным параметром процесса прядения. На рисунке 5.41, *а* показано волокно в положении *1*, когда его передний кончик, обкрученный периферийными волокнами, входит в шпиндель, а задний ещё зажат в передней паре вытяжного прибора.

На рисунке 5.41, *б* показано это же волокно в момент, когда его задний кончик покидает переднюю пару. Передний его кончик в обкрученном состоянии находится внутри полого шпинделя, а задний мгновенно отделяется вихрем от стержневых волокон и начинает вращаться вокруг шпинделя, обкручивая их.



а б

Рисунок 5.41 – Отделение периферийных волокон при формировании пряжи Vortex

Скручивание периферийных волокон создает определенный крутящий момент в пряже, который может скрутить всю мычку на участке между шпинделем и передней парой вытяжного прибора. Это недопустимо, так как будет препятствовать отделению свободных концов периферийных волокон. Эта проблема решается с помощью неподвижной иглы (рис. 5.41, б), которую огибает мычка перед входом в шпиндель. За счёт трения мычки об иглу возникающая крутка разрушается.

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На рисунке 5.42, полученном в результате компьютерного моделирования, представлены стадии формирования пряжи Vortex:

а) мычка выходит из вытяжного прибора и огибает иглу;

б) поток воздуха отделяет от мычки периферийные волокна;

в) периферийные волокна начинают вращаться вокруг центральных;

г) периферийные волокна вращаются вокруг шпинделя и центральных волокон, обкручивают их, образуя вращающийся «купол» на шпинделе;

д) внутри шпинделя завершается процесс формирования пряжи Vortex, состоящей из стержневых и обкручивающих волокон.

а б в г д

Рисунок 5.42 – Стадии формирования пряжи Vortex

Проведенные учёными разных стран исследования показали, что на структуру и характеристики пряжи Vortex влияет угол наклона каналов для подачи воздуха, давление воздуха, диаметр шпинделя, скорость подачи пряжи, её линейная плотность, сырьевой состав, а также расстояние L между передней парой вытяжного прибора и шпинделем.

Исследования показали следующее:

- при увеличении давления воздуха в аэродинамическом устройстве пряжа становится прочнее за счёт увеличения количества обкручивающих волокон, но при этом увеличивается её жёсткость;
- при уменьшении расстояния L улучшается равномерность пряжи и её внешний вид, повышается разрывная нагрузка, снижается ворсистость и количество дефектов. Количество отходов также снижается;
- диаметр шпинделя значительно влияет на плотность обкручивания пряжи периферийными волокнами. Меньший диаметр шпинделя не даёт волокнам рассеиваться по большому радиусу, в связи с чем происходит более плотное обкручивание стержневых волокон периферийными. Ворсистость пряжи при этом снижается. При увеличении диаметра шпинделя пряжа получается более рыхлой и менее прочной;
- при увеличении линейной плотности пряжи увеличивается её относительная разрывная нагрузка, что связано с увеличением содержания обкручивающих волокон, снижается её неровнота, количество дефектов и ворсистость. С увеличением длины волокон прочность пряжи также повышается.

Витебский государственный технологический университет

По сравнению с MJS прядением процесс Vortex позволяет значительно увеличить количество обкручивающих волокон с 5% до 15÷30%. Это положительно сказывается на прочности пряжи, особенно при прядении хлопка. Микроскопический анализ показал, что из-за воздействия вихревых потоков волокна могут приобретать различную форму в пряже (рис. 5.43).

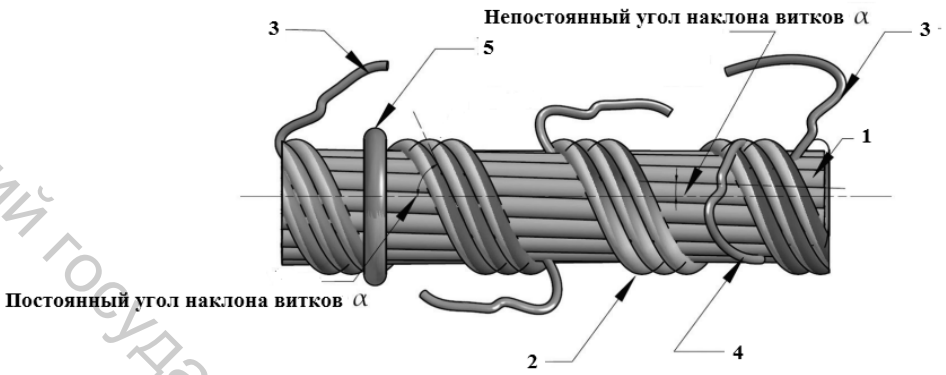


Рисунок 5.43 – Структура пряжи Vortex

1. Стержневые волокна составляют основную часть пряжи и располагаются по прямой линии или с небольшим наклоном. Их ориентация оказывает наибольшее влияние на разрывные характеристики пряжи.

2. Обкручивающие волокна. Угол их наклона α по отношению к стержневым волокнам примерно постоянный.

3. Ворсинки – это кончики волокон, случайным образом выступающие из тела пряжи в любом направлении. Ворсинки могут также наблюдаться вдоль оси пряжи. Чем больше их количество, тем выше ворсистость пряжи.

4. Обкручивающие волокна противоположного направления. В силу случайных причин эти волокна обкручивают стержневые в направлении, отличном от обычных обкручивающих волокон. Эти волокна расположены в пряже неупорядоченно с непостоянным углом наклона α.

5. Обвивочные волокна одним концом располагаются среди стержневых волокон, а вторым обвивают пряжу вертикально по отношению к её оси.

На рисунке 5.44 представлена идеальная схема расположения волокон в пряже различных типов. Согласно микроскопическим исследованиям установлено, что самая высокая доля стержневых волокон *1* наблюдается у кольцевой пряжи, в то время как пряжа Vortex имеет минимальное процентное содержание стержневых ориентированных волокон. В небольшом количестве обкручивающие волокна *2* наблюдаются в структуре кольцевой пряжи. Самое высокое их содержание отмечается в

Витебский государственный технологический университет

пряже Vortex. При микроскопическом анализе также установлено отсутствие у этой пряжи крутки стержневых волокон *1*, что является важным фактором при оценке её равновесности. Ворсинки *3* в основном образуются из волокон обкручивающего слоя. Обвивочные волокна *5* в большом количестве присутствуют в пневмомеханической пряже.

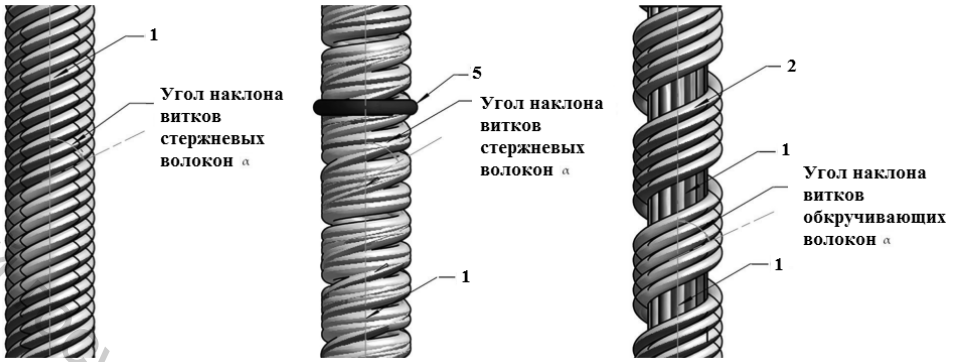


Рисунок 5.44 – Идеальная структура пряжи (а) кольцевого, (б) пневмомеханического и (в) Vortex прядения

На рисунке 5.45 представлен общий вид аэродинамической прядильной машины Vortex 870 EX (Murata). Машина работает следующим образом. Лента с ленточной машины *1* проходит через питающую рамку *2*, где она теряет крутку, полученную ранее при укладке её в таз. Затем она подаётся в двухремешковый вытяжной прибор *3* системы 4×4, где утоняется до требуемой линейной плотности. Индивидуальный привод 3-го и 4-го цилиндров позволяет быстро изменять вытяжку с интерактивного дисплея.

Формирование пряжи осуществляется в аэродинамическом устройстве *4*, которое может быть при необходимости легко демонтировано для замены и чистки. Затем пряжа поступает в устройство контроля качества пряжи и её натяжения *5*, которое представлено на рисунке 5.46.

Далее пряжа наматывается на выходную бобину *6* со скоростью до 550 м/мин. Концы пряжи автоматически соединяются с помощью сплайсеров *8*, которые перемещаются вдоль машины со скоростью 35 м/мин и обеспечивают до 120 сплайсерных соединений в час. На машине может быть до 6 сплайсерных станций. Полный цикл сплайсерного соединения составляет 8,5 секунд.

Машина оснащена также автосъёмником наработанных бобин *7*, который перемещается вдоль машины со скоростью 30 м/мин и снимает до 75 бобин в час. Время съёма бобины составляет 12 секунд. Бобины укладываются на конвейер *9*, а затем поднимаются подъёмником на высоту, позволяющую оператору легко их извлекать. Ступенька *10* облег-

Витебский государственный технологический университет

чает обслуживание машины для низкорослых азиатов. Машина оборудована автоматической системой удаления отходов волокна в вакуумную камеру, не требующую очистки.

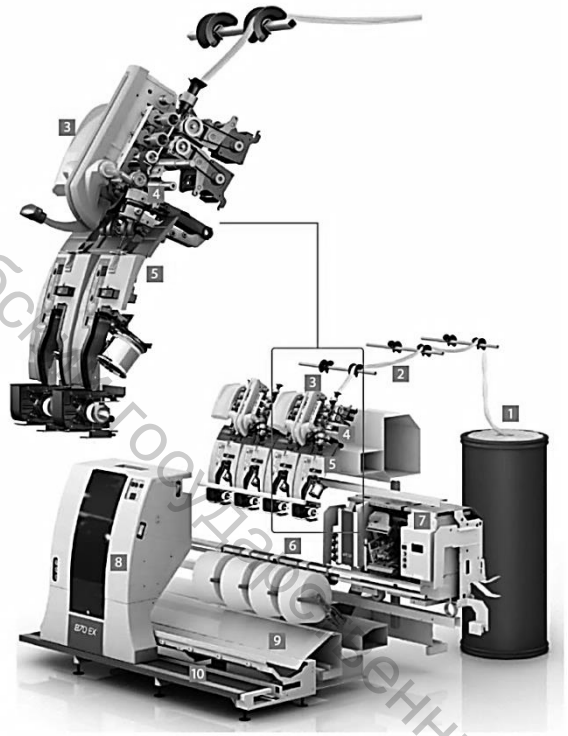


Рисунок 5.45 – Аэродинамическая прядильная машина Vortex 870 EX (Murata)

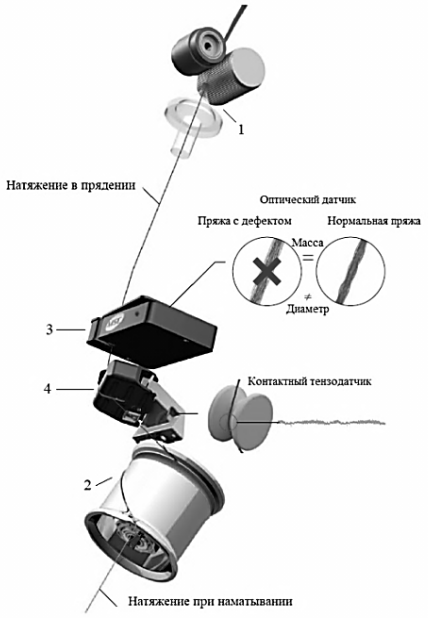


Рисунок 5.46 – Устройство контроля качества и натяжения пряжи STS

При обрыве пряжи на панели управления отображается место обрыва, при этом для каждого сигнала тревоги предусмотрена соответствующего цвета лампа повышенной видимости.

Пряжа, выходящая из аэродинамического устройства, имеет нестабильное натяжение. В её структуре имеются дефекты, связанные с качеством входящей ленты и с процессом вытягивания. Для того чтобы получить плотную намотку при высокой скорости выпуска и удалить дефекты, фирма Murata разработала систему STS (Spinning Tension Stabilizing). После выхода из аэродинамического устройства *1* (рис. 5.44) пряжа направляется к фрикционному ролику *2*, где несколько раз огибает его поверхность для выравнивания натяжения. Скорость фрикционного ролика согласована со скоростью выпуска вытяжного прибора и скоростью наматывания. Он компенсирует разницу между нестабильным натяжением пряжи на выходе из аэродинамического устройства и постоянным натяжением при наматывании.

Перед фрикционным роликом установлено 2 датчика – оптический датчик *3* контроля качества пряжи и контактный тензодатчик *4*, контролирующий натяжение пряжи. Оптический датчик измеряет от-

Витебский государственный технологический университет

клонения диаметра пряжи от заданного. При обнаружении таких отклонений дефектный участок вырезается. Оптический датчик позволяет обнаружить утолщения, утонения, непсы, измерить диаметр пряжи и её ворсистость, а опционально и определить наличие сорных примесей и посторонних частиц. Данные с датчика о неровноте пряжи, а также обо всех обнаруженных дефектах, их классификация отображаются в режиме реального времени на дисплее машины.

Тензодатчик *4* определяет натяжение пряжи и сравнивает его с заданным натяжением, необходимым для получения плотной намотки. При его отклонении в большую или меньшую сторону автоматически корректируется скорость фрикционного ролика *2*.

Опционально аэродинамические прядильные машины могут быть оснащены устройством для принудительной подачи комплексной химической, эластомерной нити или пряжи при выработке армированной пряжи повышенной прочности или высокорастяжимой пряжи. Стержневой компонент при этом подаётся под определённым натяжением под переднюю пару вытяжного прибора и соединяется при этом с мычкой. Максимальное содержание стержневого компонента в армированной пряже до 40%.

Управление и контроль за параметрами работы машины осуществляется с помощью системы VOS III – Visual On-Demand System через интерактивный сенсорный дисплей. На экране отображаются технологические параметры работы машины, задаётся степень очистки пряжи от различных дефектов, выводится количество обнаруженных дефектов, КПВ машины, количество произведённой пряжи, выводятся кратко- и долгосрочные отчёты о качестве пряжи, а также информация о техническом обслуживании машины. В памяти машины может храниться до 200 параметров настройки различных партий пряжи, которые быстро могут быть вызваны и установлены на машине.

Через сеть VOS Circle подключаются до 90 прядильных машин, параметры работы которых можно отслеживать с любого цифрового устройства (рис. 5.47). Можно скопировать параметры настройки одной машины на остальные. Прядильные машины подключены к сети Wi-Fi, через которую параметры работы и напоминания о необходимости технического обслуживания с помощью специального Web-приложения передаются работникам службы технической поддержки. Благодаря этому любые неполадки в работе быстро устраняются.

Для централизованного управления прядильной фабрикой применяется система V-LABOIII. С её помощью собранные системой VOS данные с прядильных машин отправляются на сетевые компьютеры Murata, находящиеся вне фабрики. После обработки и анализа информации о работе прядильных машин и качестве пряжи сформированные отчёты и рекомендации для каждой машины и цеха в целом отправля-

Витебский государственный технологический университет

ются на фабрику технологу-менеджеру, который вносит соответствующие коррективы в технологический процесс прядения с помощью системы VOS.

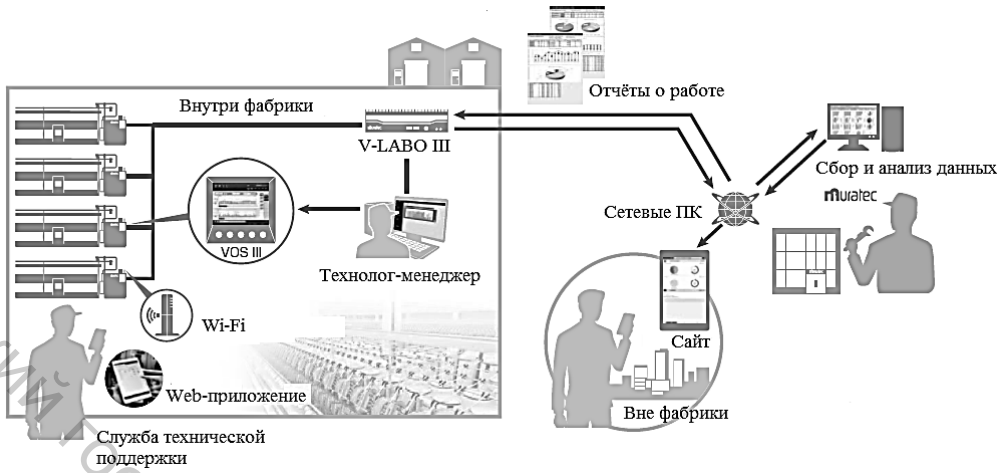


Рисунок 5.47 – Централизованная система управления прядильной фабрикой V-LABO III

При использовании аэродинамических прядильных машин Vortex III стало возможным сократить количество технологических переходов в кардной системе прядении до трёх. Для этого компании Murata и Trützschler разработали технологическую цепочку, представленную на рисунке 5.48.

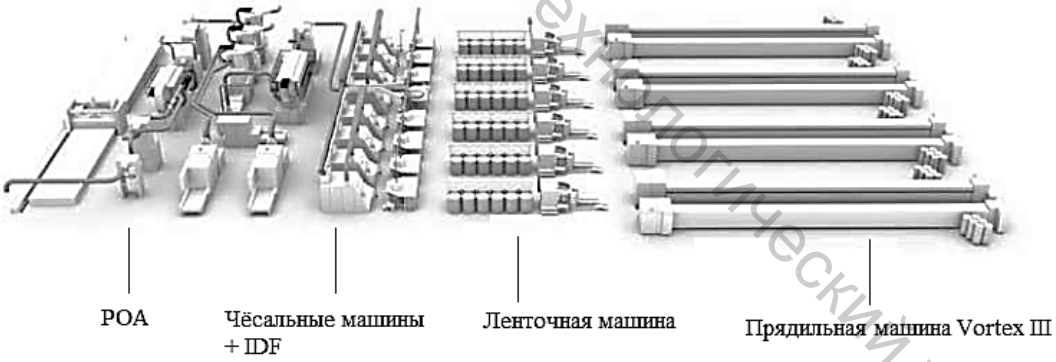


Рисунок 5.48 – Технологическая цепочка оборудования для производства аэродинамической пряжи Vortex (Murata и Trützschler)

Применение лентоукладчика IDF с вытяжным прибором на чёсальных машинах фирмы Trützschler позволило сократить количество ленточных переходов с трёх до одного по сравнению с технологией двухвьюркового прядения MJS. Это, в свою очередь, позволяет сэкономить до 13% полезной площади. Пряжа, полученная с использованием одного ленточного перехода, несколько уступает по качеству традиционной, однако различия становятся практически незаметны при оценке качества тканей.

Витебский государственный технологический университет

Предлагаемая технология от кипы хлопка до паковки с пряжей с использованием прядильных машин Vortex III состоит всего из трёх технологических переходов по сравнению с шестью переходами в классическом кольцевом прядении (рис. 5.49). Количество сплайсерных соединений на выпускной паковке значительно сокращается за счёт отсутствия в технологии процесса перематывания пряжи с початков на бобины.

Рисунок 5.49 – Технологическая цепочка оборудования для производства кольцевой и аэродинамической пряжи Vortex (Murata + Trützschler)

При получении гребенной пряжи Vortex из технологии сокращаются ровничный и мотальный переходы, что позволяет сократить 50% производственной площади и более чем в 2 раза сократить производственный персонал. Энергопотребление такого производства также на 30% меньше, чем для классического кольцевого прядения. Для технического обслуживания машины Vortex требуется меньше запасных частей, чем для кольцевых или пневмомеханических прядильных машин.

При переработке полиэфирных волокон на аэродинамических прядильных машинах Vortex наблюдалось осаждение замасливателя и других химических реагентов, которыми может быть обработано волокно, на деталях прядильного механизма. Это вызывало необходимость дополнительной очистки шпинделя, снижало скорость выпуска пряжи и производительность оборудования. Для устранения данной проблемы фирма Murata разработала систему Polymaster. Принцип её работы заключается в том, что вместе с воздухом в форсунку подаётся отделочный жидкий препарат, который образует «туманное облако» вокруг деталей прядильного механизма и эффективно устраняет все отложения. Система Polymaster также эффективна при переработке смесей полиэфирных волокон с хлопком и окрашенных в массе химических волокон и позволяет повысить скорость выпуска до 550 м/мин.

Основные технические характеристики аэродинамической прядильной машины Vortex 870 EX (Murata) представлены в таблице 5.1.

Назначение пряжи Vortex – трикотажная пряжа для изделий бельевого, верхнего и спортивного трикотажа, сорочечные ткани, полотенца, домашний текстиль и другое. Разрывная нагрузка пряжи Vortex зависит от процентного содержания обкруточных волокон. Хорошие показатели прочности достигаются при их содержании 15% и более. Если процентное содержание падает намного ниже 15%, пряжа не полностью покры-

Витебский государственный технологический университет

вается обкруточными волокнами, ось пряжи принимает форму штопора, а прочность пряжи снижается. Разрывная нагрузка аэродинамической пряжи Vortex находится между прочностью кольцевой и пневмомеханической пряжи, при этом прочность аэродинамической пряжи ближе к пневмомеханической для короткоштапельных волокон, но ближе к кольцевой пряже для длинных волокон (рис. 5.50, 5.51).

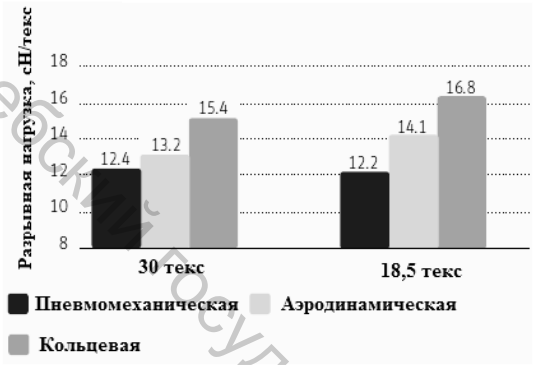


Рисунок 5.50 – Сравнение разрывной нагрузки хлопчатобумажной пряжи

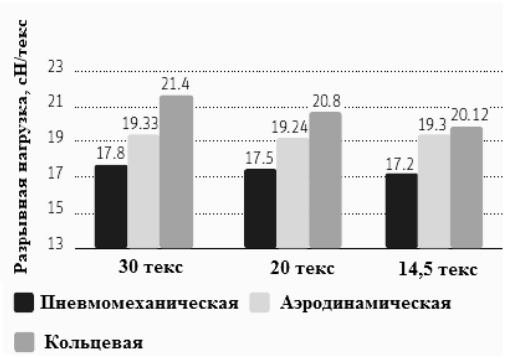


Рисунок 5.51 – Сравнение разрывной нагрузки хлопкополиэфирной пряжи (50/50)

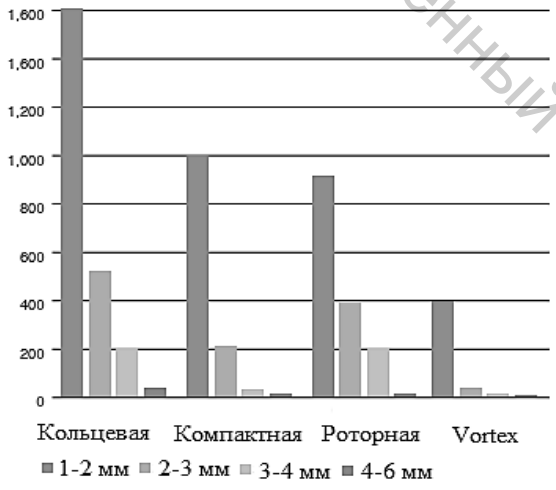


Рисунок 5.52 – Ворсистость различных видов пряжи (Uster Zweigle)

Пряжа обладает меньшей ворсистостью по сравнению с кольцевой и пневмомеханической пряжей (рис. 5.52), что обуславливает равномерный внешний вид и гладкую поверхность изделий из неё: количество ворсинок длиной 2÷3 мм у пряжи Vortex меньше, чем у кольцевой, в 250 раз! Благодаря этому уменьшается пухообразование при вязании, снижаются расходы на обслуживание вязальных машин.

Например, при переработке на вязальных машинах хлопчатобумажной пряжи 20 текс пухообразование упряжи Vortex ниже в 20 раз по сравнению с кольцевой пряжей и в 8 раз ниже по сравнению с пневмомеханической. Кроме того, за счёт низкой ворсистости уменьшается склонность к пилингу (рис. 5.53), увеличивается износостойкость и долговечность изделий.

Хороший внешний вид также обеспечивает низкая сминаемость изделий из пряжи Vortex. У пряжи Vortex высокая гигроскопичность и устойчивость к стирке. Это важно, например, в производстве полотенец.

Витебский государственный технологический университет

Так полотенца, полученные из хлопчатобумажной пряжи Vortex линейной плотности 30 текс, имеют индекс гигроскопичности 710 по сравнению с 460 для кольцевой пряжи. Данный индекс является комбинированным и рассчитывается исходя из количества впитанной влаги и скорости впитывания. Для этих же полотенец потеря ворса после 5 стирок для пряжи Vortex составляет 0,1% против 0,3% у кольцевой пряжи. Усадка ткани из хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 15 текс после стирки по основе составляет 4,5% для пряжи Vortex и 7,5% для кольцевой пряжи, а по утку 4% и 5,5% соответственно.

Рисунок 5.53 – Внешний вид трикотажного полотна и ткани после 200 циклов при испытании стойкости к образованию пиллинга

В связи с высоким качеством пряжи Vortex, высокой производительностью и уровнем автоматизации оборудования, более 60 компаний в 20 регионах мира занимается её выпуском. Компания Murata продолжает работы по расширению ассортимента выпускаемой пряжи, используемого сырья и повышению производительности оборудования.

5.9.3 Аэродинамический способ прядения Rieter Air Jet

Фирма Rieter начала разработку своей аэродинамической прядильной машины J10 в 2003 году, а уже в 2011 на выставке ITMA в Барселоне была представлена прядильная машина J20Air Jet, затем в 2016 г. J26 на выставке ITMA + CITME 2016 в Шанхае.

Машина J26 работает со скоростью до 500 м/мин, имеет до 200 выпусков, по 100 на каждой стороне. Две стороны машины могут работать с разными скоростями и давлением воздуха, что позволяет одновременно производить два различных вида пряжи. Машина предназна-

Витебский государственный технологический университет

чена для производства пряжи из хлопка, в том числе гребенного, полиэфирных, вискозных волокон и микроволокон, а также их смесей. Диапазон линейной плотности пряжи 8,5÷29,5 текс. Пряжа выпускается под фирменным названием Comfort Jet®. Машина не используется для выпуска пряжи с сердечником.

Принцип формирования пряжи на машинах фирм Murata и Rieter идентичен, незначительно отличается конструкция аэродинамического устройства. Аэродинамическое устройство (рис. 5.54) состоит из конденсера для подачи волокна *1*, полого шпинделя *3* и четырёх каналов для подачи воздуха *4*. Воздух, под давлением до 0,6 Мпа, выходящий из форсунки, образует турбулентные вихри *2*, которые закручивают волокна вокруг полого шпинделя. На выходе из воздухопроводящих каналов этот вихрь имеет частоту вращения до 1 миллиона оборотов в минуту.

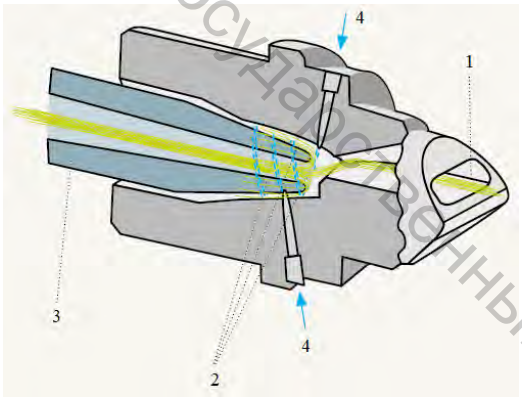


Рисунок 5.54 – Аэродинамическое устройство (Rieter)

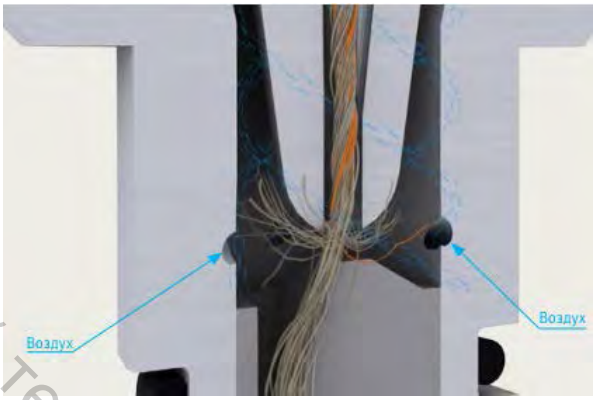


Рисунок 5.55 – Схема формирования пряжи Comfort Jet

На рисунке 5.55 представлена схема формирования пряжи Comfort Jet. Волокна засасываются в шпиндель за счёт возникающего разряжения воздуха. При этом центральные волокна попадают в шпиндель практически параллельно друг другу. Свободные задние кончики периферийных волокон отделяются от основной массы вихревым потоком, который закручивает их относительно центральных и заставляет вращаться вокруг головки шпинделя с частотой до 300000 мин$^{-1}$. Потери скорости объясняются силами трения. При этом периферийные волокна обвивают стержневые и скрепляют волокна пряжи между собой. Пряжа Comfort Jet имеет структуру, состоящую из двух слоёв, – стержневых, расположенных параллельно друг другу, и обвивочных, составляющих около 30% от общей массы.

Кроме обкручивания периферийными волокнами центральных, при вращении волокон вихревыми потоками на участке между шпинделем и выпускной парой возникает определённое натяжение пряжи. Это натяжение $P_н$ можно приблизительно рассчитать по схеме, представленной на рисунке 5.56.

Витебский государственный технологический университет

Микросъёмка показала, что обкручивающие волокна между стенками форсунки и шпинделем располагаются по изогнутой траектории. Центробежная сила, действующая на волокно *f*, располагает его радиально по отношению к стержневым волокнам. Таким образом, силу P_A, действующую на волокно в точке *A*, можно рассчитать по формуле натяжения пряжи на ППМ, поскольку кончик волокна находится в аналогичном состоянии под воздействием центробежных сил. Таким образом, сила *P*, воздействующая на волокно *f* в точке *A*, составляет:

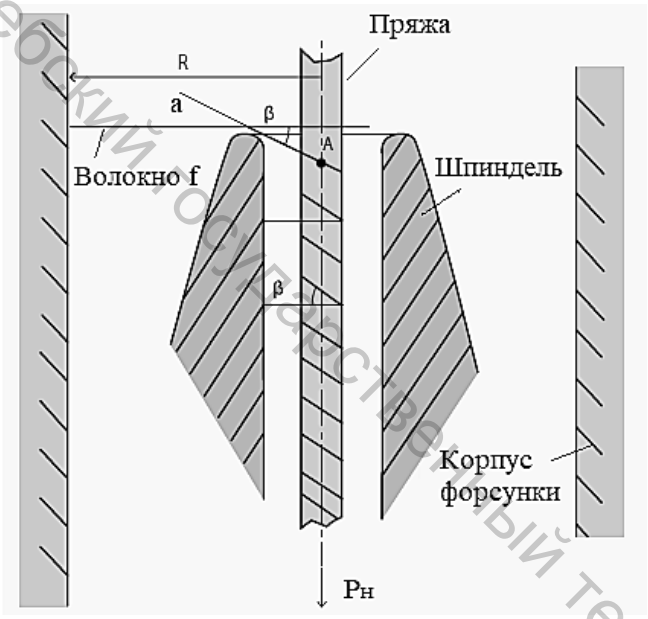


Рисунок 5.56 – Расчёт натяжения пряжи

$$P_A = \frac{1}{2} T_B w^2 R^2 e^{\mu\beta}, \quad (5.4)$$

где T_B – линейная плотность волокна, текс; μ – коэффициент трения волокна о воздух; *w* – угловая скорость волокна, $с^{-1}$; *R* – радиус внутреннего канала форсунки, см; β – угол наклона волокна,°.

Отсюда следует, что составляющая силы P_A, действующая на волокно в направлении оси *a*, равна:

$$P_{Aa} = P_A sin\,\beta. \quad (5.5)$$

$$P_{Aa} = \frac{1}{2} T_B w^2 R^2 e^{\mu\beta} \sin\beta. \quad (5.6)$$

Чтобы получить натяжение пряжи, осевую силу волокна P_{Aa} необходимо умножить на количество обкручивающих волокон *n*:

$$P_н = P_{Aa} n. \quad (5.7)$$

В результате получаем:

$$P_H = \frac{1}{2} T_{пр} W w^2 R^2 e^{\mu\beta} \sin\beta, \quad (5.8)$$

где $T_{пр}$ – линейная плотность пряжи, текс; *W* – доля обкручивающих волокон, $0 < W < 1$.

Витебский государственный технологический университет

При подстановке в формулу фактических данных, натяжение пряжи на исследуемом участке составляет несколько ниже 10 сН. Этот результат соответствует измеренным значениям натяжения пряжи. Это означает, что натяжение пряжи в аэродинамическом прядении не высоко, находится в диапазоне 5÷15 сН, и, следовательно, намного меньше, чем при кольцевом прядении. Из-за возникновения слабых мест в структуре пряжи обрывности здесь не происходит. Обрывы могут возникать лишь по причине неравномерности подаваемого в форсунку волокнистого продукта. Это может быть вызвано неровнотой ленты, дефектами вытяжного прибора, попаданием посторонних частиц и т. д.

На рисунке 5.57 представлена технологическая схема аэродинамической прядильной машины J10. Рассмотрим её работу, а также особенности последних модификаций машины J20 и J26.

Линия прядения на машине вертикальная и направлена снизу вверх. Питание осуществляется лентой со второго ленточного перехода. Применяются тазы диаметром 500 мм и высотой 1070 или 1200 мм, которые можно устанавливать под машиной в два ряда для экономии площади. Расстояние между тазом и вытяжным прибором минимальное для исключения ложной вытяжки.

Лента проходит через уплотнитель *1* и поступает в двухремешковый вытяжной прибор *2* системы 4×4. Затем утонённая мычка проходит через аэродинамическое устройство *3*, где происходит формирование пряжи. Пряжа выводится из форсунки выпускной парой *5*. Между ней и форсункой установлен датчик контроля качества пряжи *4*. При обнаружении дефектов в структуре пряжи они вырезаются механизмом нитеочистителя. Далее пряжа проходит через датчик *6* контроля обрыва пряжи, парафинирующий ролик *7* и наматывается на паковку *8*. Схема вытяжного прибора представлена на рисунке 5.58.

Вытяжка в зоне предварительного вытягивания составляет 1,57÷2,10. Разводка в зонах *B* и *D* регулируется в зависимости от штапельной длины волокна. Разводка в этой зоне должна быть чуть больше максимальной длины перерабатываемых волокон. Частная вытяжка во второй зоне вытягивания варьируется в диапазоне от 1,2 до 2,4. Разводка *A* и *C* также устанавливается в соответствии со штапельной длиной волокна. В основной зоне вытягивания контроль за движением волокон осуществляется с помощью двух коротких ремешков. Оптимальная вытяжка в этой зоне 30÷60, а разводка неизменна. Очистка вытяжных цилиндров и валиков осуществляется пневматически.

Прядильный блок машины, состоящий из уплотнителя ленты, форсунки, всасывающего сопла и датчика контроля качества пряжи, во время работы совершает медленное возвратно-поступательное движение вдоль нажимных валиков, перемещая при этом мычку. За счёт этого

Витебский государственный технологический университет

обеспечивается равномерный износ эластичных покрытий валиков, увеличивается срок их службы.

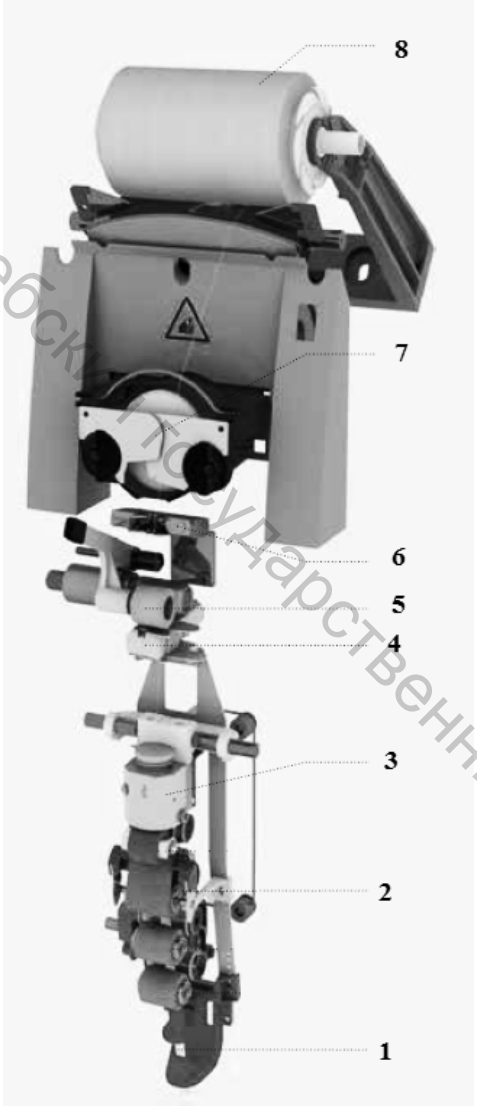


Рисунок 5.57 – Прядильная машина J10 (Rieter)

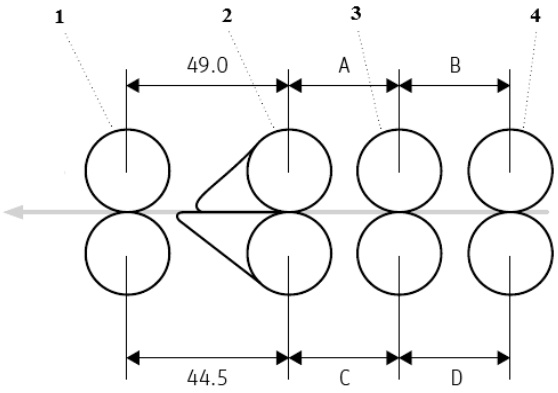


Рисунок 5.58 – Вытяжной прибор прядильной машины J10

На машине может быть установлен датчик контроля качества USTER Quantum Clearer, состоящий из емкостного и/или оптического датчиков или датчика Q 10A фирмы Rieter. Емкостной датчик отвечает за обнаружение отклонений по линейной плотности пряжи (утонений, утолщений и непсов), а оптический – определяет наличие инородных примесей, а также измеряет ворсистость и диаметр пряжи. Таким образом, датчик проводит комплексный анализ качества пряжи и определяет все возможные дефекты. Аэродинамические машины обслуживаются роботами, количество которых на машине J26 для достижения максимального КПВ может достигать 6 штук, по 3 робота на каждую сторону машины. Робот обслуживает определённое количество рабочих мест. Он снимает наработанные бобины, заменяет их пустыми паковками из магазина, расположенного сбоку машины и рассчитанного на 412 паковок, образует на пустых патронах резервную нить для присучки, заправляет машину, устраняет обрывы пряжи. При необходимости технического обслуживания робот отъезжает в торец машины, а его зону обслуживает соседний робот. При обнаружении дефекта пряжи, обрыва или необходимости смены паковки датчик передаёт сигнал ближайшему свободному роботу, который подъезжает к рабочему месту, от которого поступил сигнал.

Витебский государственный технологический университет

На аэродинамических прядильных машинах серии J фирмы Rieter применяется уникальная технология соединения концов пряжи, представляющая собой и не сплайсирование, и не соединение с помощью узловязателя. Назовём её сращиванием концов. Рассмотрим процесс сращивания концов пряжи как алгоритм (рис. 5.59).

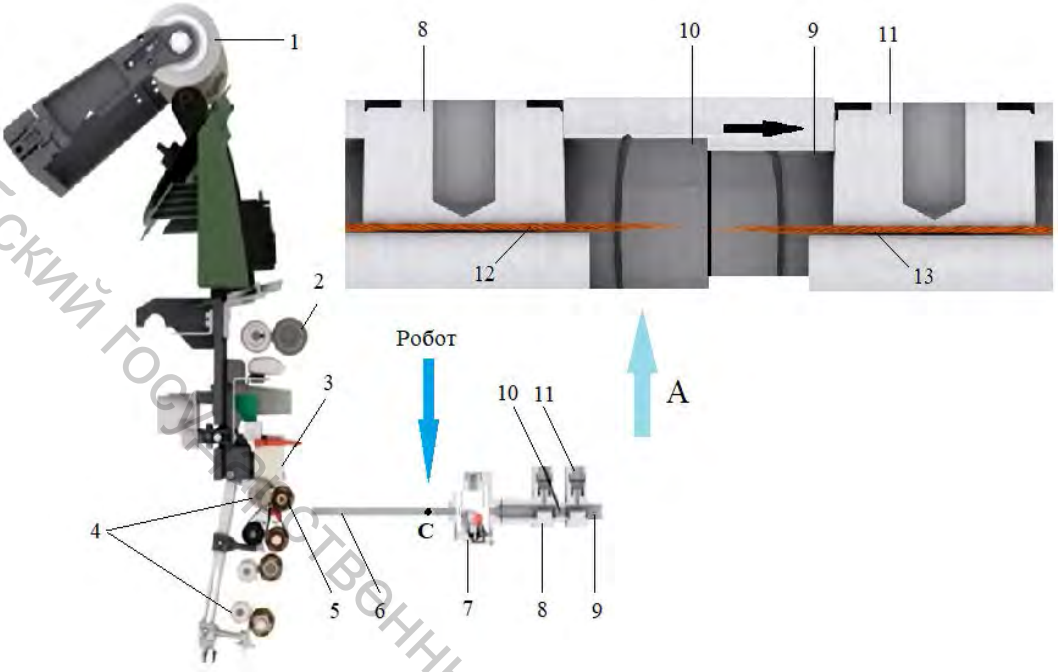


Рисунок 5.59 – Работа робота по сращиванию концов пряжи на аэродинамических прядильных машинах фирмы Rieter

1. После обнаружения дефекта мотальный вал и выпускная пара *2* сначала останавливаются, а затем раскручивают бобину с пряжей *1* в противоположном направлении. Вытяжной прибор *4* останавливается, а валик *5* приподнимается над передним цилиндром. Подача воздуха в форсунку *3* прекращается. Трубка робота *6* за счёт разряжения воздуха засасывает в себя пряжу, которая проходит через форсунку и под нажимным валиком *5*. При этом в трубке *6* оказывается дефектный участок пряжи.

2. Попадая в трубку *6*, пряжа зажимами *7, 8, 11* фиксируется в трёх точках. Трубка *6* состоит из двух трубок разного диаметра *10* и *9* (вид ***А***, рис. 5.57), вставленных друг в друга. Трубка *9* меньшего диаметра может перемещаться внутри трубки *10*. Проходя внутри трубок, под действием сжатого воздуха кончик пряжи слегка раскручивается.

3. Трубка *9* вместе с зажимом *11* отъезжает вправо. Трубка *10* при этом неподвижна. За счёт того, что пряжа частично раскручена, она легко разъединяется на две части *12* и *13*. В трубке *9* остаётся часть пряжи *13* вместе с дефектным участком. После открытия зажима *11* эта часть пряжи воздухом удаляется в камеру для отходов. В трубке *10* остаётся кончик пряжи *12*, подготовленный для сращивания. Он представляет собой раскрученные волокна с сечением «пламя свечи».

Витебский государственный технологический университет

4. Зажимы *7* и *8* освобождают кончик пряжи *12*. Включается подача воздуха в форсунку *3*. Валик *5* прижимается к переднему цилиндру, включается вытяжной прибор, выпускной и мотальный валы. Мычка начинает подаваться в форсунку, когда кончик пряжи *12* находится примерно в точке ***C***.

В форсунку одновременно подаётся мычка и раскрученный кончик пряжи *12*. Процесс сращивания контролируется электроникой с помощью программы Progressive Fibre Feeding (PFF). Чтобы в пряже не возникало утолщений, скорость подачи мычки вытяжным прибором плавно возрастает. Поэтому к кончику пряжи *12* постепенно подаются и прикручиваются новые волокна (рис. 5.60). По мере прохождения пряжи через форсунку, количество волокон в её поперечном сечении уменьшается, а количество вновь подаваемых волокон увеличивается за счёт увеличения скорости подачи волокна. В результате место сращивания проходит через форсунку, а процесс прядения возобновляется. Весь процесс сращивания кончиков пряжи занимает несколько секунд.

Датчик контроля качества также проверяет все места сращивания на их массу, диаметр и длину. Место сращивания внешне не отличается от пряжи, даже при просмотре на чёрной доске, не имеет падения разрывной нагрузки, а, следовательно, не вызывает ухудшения характеристик готовых изделий и увеличения обрывности при дальнейшей переработке. На рисунке 5.61 представлено распределение разрывной нагрузки и удлинения пряжи и мест сращивания концов. На графике видно, что разрывная нагрузка пряжи и мест сращивания практически не отличаются друг от друга. Таким образом, данная технология является ещё одним шагом вперёд на пути к созданию текстильных материалов высочайшего качества и к безобрывной переработке пряжи.

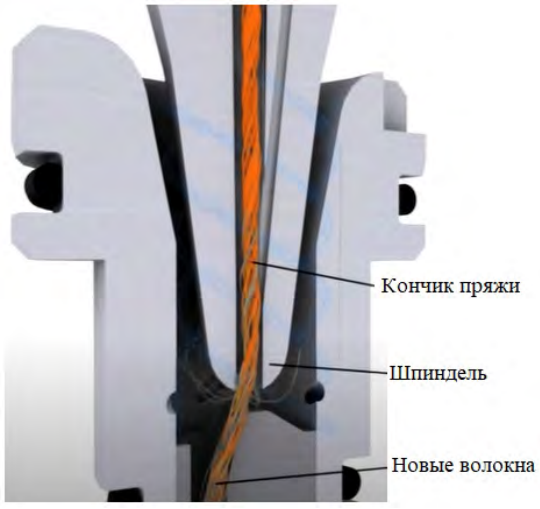


Рисунок 5.60 – Сращивание концов пряжи

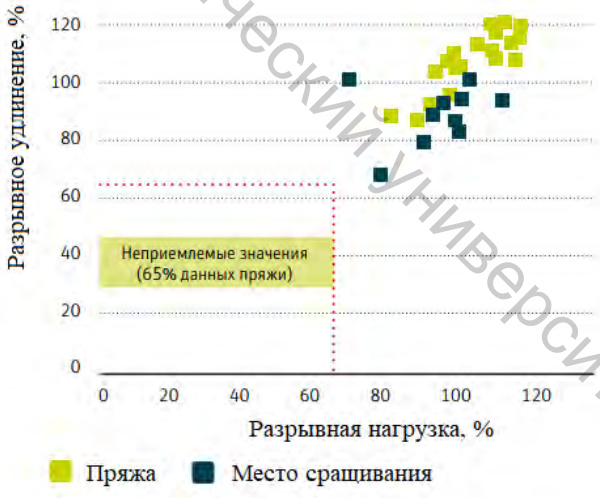


Рисунок 5.61 – Распределение разрывной нагрузки и удлинения пряжи и мест сращивания

Витебский государственный технологический университет

На машине J26 с целью дальнейшего повышения КПВ и производительности применяется система APP (*automatic piecing preparation*) – автоматическая подготовка к сращиванию концов пряжи. При срабатывании датчика контроля качества, APP автоматически активизируется до того, как подошел робот. Программа APP работает следующим образом (рис. 5.62).

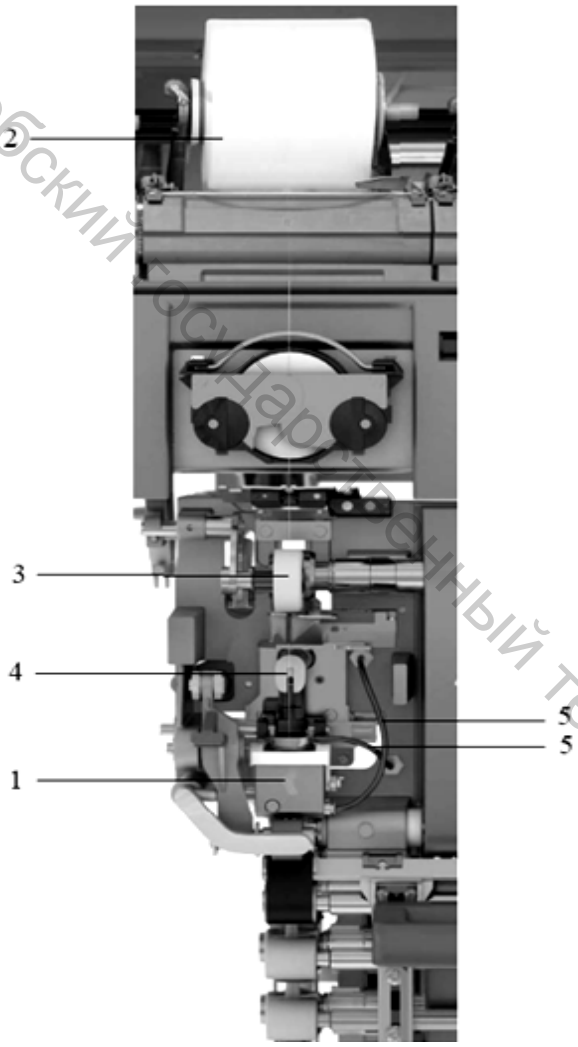


Рисунок 5.62 – Устройство APP (automatic piecing preparation) машины J26 фирмы Rieter

При обнаружении дефекта в пряже рабочий модуль останавливается. После этого нажимной валик *3* приподнимается над цилиндром, а форсунка *1* поднимается и поворачивается в сторону сопла *4*. После этого кончик пряжи из форсунки засасывается в сопло. Затем валик *3* возвращается в рабочее положение и вместе с бобиной *2* начинает вращение в противоположную сторону. Пряжа при этом разматывается и дефектный участок попадает в сопло *3*. После этого происходит очистка форсунки. Для этого через шланги *5* в неё подаётся сжатый воздух, очищающий форсунку от короткого волокна и пыли, которые удаляются по пневмоканалу. Программа подготовки к сращиванию завершена. Все эти операции совершаются во время движения робота к прядильному месту. Таким образом, программа APP выполняет часть операций, которые ранее выполнял робот. Благодаря этому цикл сращивания концов пряжи сокращается вдвое при большинстве остановов, вызванных очисткой пряжи.

Мотальный механизм машины позволяет получать цилиндрические или конические бобины стандартной или мягкой намотки диаметром до 300 мм и массой до 4,5 кг. Индивидуальный привод рабочих мест позволяет регулировать плотность намотки каждой бобины, что даёт возможность увеличить их массу. Угол скрещивания витков можно изменять от 15° до 46°, что полностью исключает жгутовую намотку.

Витебский государственный технологический университет

Паковки с аэродинамических машин могут использоваться в дальнейших процессах без перемотки.

Машина имеет индивидуальные двигатели каждого рабочего места, что позволяет останавливать отдельные блоки при обрыве пряжи, срабатывании нитеочистителя или при техническом обслуживании. Это даёт возможность не расходовать электроэнергию без необходимости.

У аэродинамических прядильных машин J10, J20, J26 обе стороны машины могут работать автономно и имеют две конвейерные ленты для бобин с пряжей разной линейной плотности и пустых патронов разных цветов. Для исключения перепутывания пряжи разной линейной плотности она наматывается на паковки разного цвета, а магазин пустых патронов оборудован датчиком, который различает их цвета. Таким образом, на одной машине можно одновременно производить пряжу разной линейной плотности, например, при наработке небольших или опытных партий.

Машина J20 имеет большую обзорную панель управления с расширенными графическими функциями, упрощающими обслуживание. Отчёты о производительности могут быть выбраны на панели обслуживания раздельно на левую и правую сторону. Это упрощает оптимизацию процесса прядения и планирование производства. Существуют отдельные настройки для выпуска мягкой пряжи Soft Yarn. Более низкое давление воздуха в форсунке, более высокая скорость подачи волокна приводят к получению мягкой пряжи, а также к снижению затрат на переработку на 10%.

Аэродинамическая прядильная машина J26 оборудована приставкой P26 для прядения 100% полиэфирных волокон и их смесей. P26 наносит жидкость на волокна перед аэродинамической форсункой. За счёт этого уменьшаются отложения замасливателя на рабочих органах, увеличивается срок их службы, повышается разрывная нагрузка пряжи и снижается её ворсистость. Приставка P26 подключается к обычной фильтрованной водопроводной воде.

Датчик Q 10A (Rieter) контролирует с помощью специального канала правильную работу приставки P26, а отдельный канал контролирует изменение поверхности пряжи, вызванное засорением форсунки. Такие дефекты находятся в пределах 10 м и легко устраняются.

Технические характеристики аэродинамической прядильной машины J26 представлены в таблице 5.1.

Получаемая аэродинамическая пряжа Com4®Jet имеет гладкую поверхность за счёт низкой ворсистости, отличается мягкостью и объёмностью. Благодаря уникальной технологии места сращивания концов пряжи в ткани или трикотажном полотне невидимы для глаз. Ткани, выработанные из этой пряжи, при стирке устойчивы к пилингу.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 5.1 – Характеристики аэродинамических прядильных машин

Характеристика	Значение	
	Vortex 870 EX (Murata)	J26 (Rieter)
Сырьё	хлопок, химические волокна, микроволокно, смеси	
Линейная плотность пряжи, текс	7,2÷58	8,5÷29,5
Конфигурация	односторонняя	двухсторонняя
Расстояние между выпусками, мм	215	260
Линейная плотность ленты, ктекс	2,5÷5	2÷4,5
Длина волокна, мм	до 38 (опционально до 51)	до 40 мм
Скорость выпуска, м/мин	до 550	до 500
Вытяжка	до 267	43÷317
Количество выпусков	16÷96	40÷200
Диаметр намотки, мм	до 300	
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	 26930 (96 выпусков) 3826 (тазы Ø600 мм) 2255	 11597÷34639 3063 (тазы Ø500 мм) 3320

На рисунке 5.63 представлены изображения пряжи различных способов формирования производства фирмы Rieter, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа.

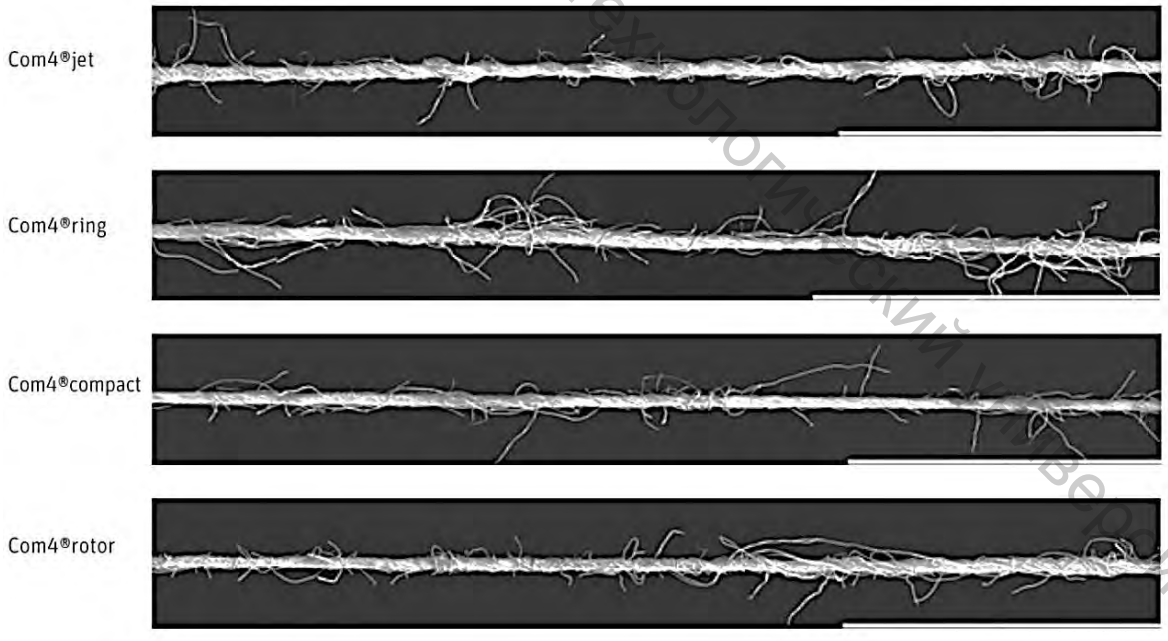


Рисунок 5.63 – Внешний вид аэродинамической, кольцевой, компактной и роторной пряжи производства фирмы Rieter (сверху вниз)

Витебский государственный технологический университет

Фактически пряжа Com4®Jet состоит из сердечника, состоящего из параллельных волокон, которые обкручены периферийными волокнами. Они создают в сердечнике силы сжатия и необходимое трение волокон для достижения необходимой разрывной нагрузки пряжи. Содержание обкруточных волокон от 15 до 30% от массы пряжи, поэтому волокна сердечника практически полностью ими покрыты. Внешне аэродинамическая пряжа напоминает кольцевую (рис. 5.61). Её структура, конечно же, влияет на свойства пряжи, которые в основном определяются двумя параметрами:

• процентное содержание обкруточных волокон;

• крутка обкруточных волокон.

На процентное содержание обкруточных волокон влияет расход воздуха в форсунке, расстояние *L* (рис. 5.39, а), а также нагон между передней парой вытяжного прибора и выпускной парой, установленной после форсунки (обычно несколько процентов). Чем больше нагон в этой зоне, тем больше и количество обкруточных волокон. Также и при увеличении расстояния *L* большее количество концов волокна может быть отделено от основного потока волокна, и, таким образом, образуется больше обкруточных волокон. Опыт показал, что при увеличении линейной плотности пряжи количество обкруточных волокон увеличивается, но не с той же скоростью, что и линейная плотность. Для тонкой пряжи содержание обкруточных волокон может достигать 30%, а для пряжи большой линейной плотности – 15% и менее.

Второй параметр, имеющий большое влияние на свойства пряжи, – это крутка обкручивающих волокон. Для оптимальной прочности аэродинамической пряже требуется более высокая крутка, чем кольцевой. На крутку в большей степени влияет скорость выпуска пряжи и давление воздуха в форсунке. Исследования показали, что чем больше скорость выпуска, тем меньше крутка обкруточных волокон (рис. 5.64). Кроме того, крутка зависит от расхода сжатого воздуха. Этот расход зависит в первую очередь от давления воздуха, подаваемого в форсунку, а также от диаметра отверстий для подачи воздуха. При увеличении давления воздуха крутка увеличивается практически пропорционально (рис. 5.65). Также и больший диаметр отверстий для воздуха приводит к большей крутке. Таким образом, в аэродинамическом прядении с пульта управления можно легко и достаточно точно контролировать крутку пряжи.

Разрывная нагрузка аэродинамической пряжи Com4®Jet также занимает промежуточное положение между кольцевой и пневмомеханической пряжей, как и пряжа Vortex (Murata) (рис. 5.50, 5.51, 5.66). Для увеличения прочности аэродинамической пряжи в крутильном производстве её можно скручивать в несколько концов.

Витебский государственный технологический университет

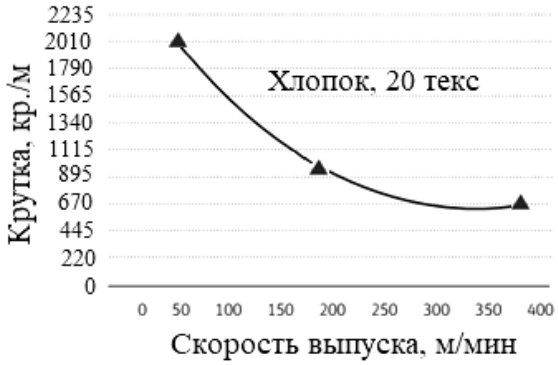


Рисунок 5.64 – Зависимость крутки от скорости выпуска

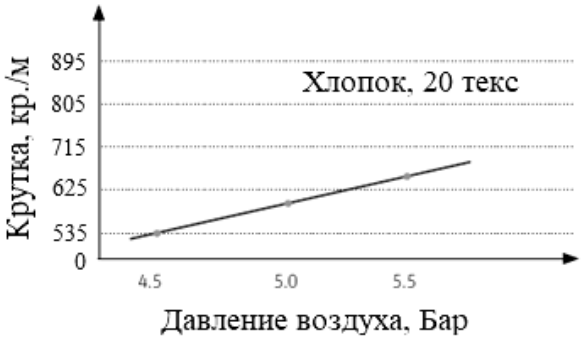


Рисунок 5.65 – Зависимость крутки от давления воздуха

Однако, в отличие от кольцевой, аэродинамическую пряжу можно скручивать в том же или в обратном направлении относительно направления обкрутки в одиночной пряже. То есть можно получать пряжу структуры ZZ и ZS. В первом случае прочность пряжи и её разрывное удлинение повышается, а ворсистость снижается. Во втором случае разрывная нагрузка пряжи повышается ещё больше, разрывное удлинение уменьшается, а ворсистость пряжи выше, чем у пряжи структуры ZZ.

Благодаря своей структуре, аэродинамическая пряжа Com4®Jet и Vortex намного менее склонна к ворсистости, чем другие виды пряжи (рис. 5.50). Например, ворсистость пряжи Com4®Jet линейной плотности 14,5 текс из смеси волокна лиоцелл и полиэфирного волокна находится в пределах 3,4÷3,5, тогда как ворсистость аналогичной кольцевой пряжи находится в диапазоне 3,9÷4,5.

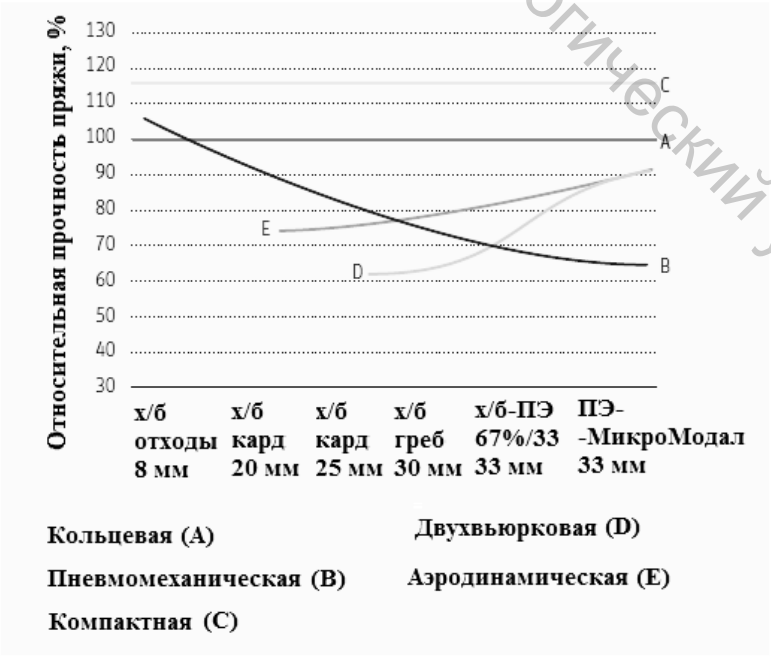


Рисунок 5.66 – Относительная прочность пряжи

Витебский государственный технологический университет

Это связано с тем, что волокна сердечника фактически не достигают поверхности пряжи, а спрятаны внутри неё и не влияют на ворсистость. Ворсистость, таким образом, создаётся только обкруточными волокнами, которые составляют относительно небольшой процент от общей массы волокна. Как и для пряжи кольцевого прядения, ворсистость аэродинамической пряжи сильно зависит от крутки. Чем больше крутка обкруточных волокон, тем меньше ворсистость и наоборот.

Таким образом, ворсистость пряжи также можно легко контролировать и регулировать. Низкая ворсистость и особенно незначительное количество длинных ворсинок положительно влияет на использование аэродинамической пряжи в качестве ткацкой основы. Также за счёт этого снижается пыле- и пухообразование в ткацком и трикотажном производствах.

Равномерность аэродинамической пряжи сопоставима с кольцевой. При этом содержание непсов не зависит от количества утолщений и утонений. Это особенно чётко прослеживается для непсов +200%. Результаты исследований показали, что иногда обкруточные волокна при измерениях идентифицируются как непсы. С уменьшением скорости выпуска крутка обкруточных волокон увеличивается, а вместе с этим увеличивается и содержание в пряже непса. Таким образом, по количеству непса можно косвенно судить и о структуре пряжи.

Меньшая ворсистость положительно влияет на стойкость аэродинамической пряжи к истиранию, которая выше, чем у кольцевой пряжи, и на высокую стойкость к образованию пилинга готовых изделий. Также, благодаря своей структуре, изделия из аэродинамической пряжи имеют очень высокую устойчивость поверхности к стиркам.

Благодаря комплексу высоких свойств аэродинамическая пряжа линейной плотности 9,8÷39 текс может применяться для производства изделий домашнего текстиля – постельного белья, полотенец, занавесок, одеял, скатертей, а также в производстве нижнего белья, футболок, носков, тканей и трикотажных полотен для повседневной, специальной и военной одежды.

С целью расширения ассортимента изделий из аэродинамической пряжи её производят, в том числе из смеси полиэфирных волокон и волокон лиоцелл. За счёт эффекта микрофибрилляции лиоцелла ткани приобретают эффект шерсти и могут быть использованы как костюмные и пальтовые.

Рассмотрим преимущества и недостатки аэродинамического прядения. К преимуществам можно отнести:

- благодаря высокому уровню автоматизации, отсутствию ровничной машины и мотального перехода для работы прядильной фабрики требуется значительно меньше рабочей силы;

Витебский государственный технологический университет

• для размещения оборудования требуются до 50% меньшие площади по сравнению с кольцевым прядением;

• за счёт большого расхода воздуха в аэродинамических устройствах требуются мощные компрессорные установки, потребляющие большое количество электрической энергии. Но меньшие площади позволяют снизить потребление энергии для кондиционирования воздуха. Приводы машины также потребляют меньше электроэнергии. В целом потребность в электроэнергии для аэродинамического прядения значительно ниже, чем для кольцевого;

• стоимость производства пневмомеханической и аэродинамической пряжи примерно равны, но значительно ниже, чем кольцевой.

К недостаткам аэродинамического прядения стоит отнести недостаточную прочность пряжи, уступающую кольцевой, а также большое количество отходов. В процессе отделения волокон при формировании пряжи, часть их, в основном более короткие, не зарабатываются в пряжу, а улетают вместе с воздухом, обходя неподвижный шпиндель. Количество таких отходов находится в пределах от 5 до 10%. Это приводит к увеличению себестоимости аэродинамической пряжи. Чем выше содержание коротких волокон в ленте, тем выше доля отходов.

В таблице 5.2 представлено необходимое количество волокон в сечении пряжи, а на рисунке 5.67 – возможный диапазон линейной плотности пряжи для разных способов прядения.

Таблица 5.2 – Количество волокон в сечении пряжи

Способ прядения	Количество волокон в сечении пряжи	
	минимальное	в среднем
Кольцевая гребенная	35	60
Кольцевая кардная	80	100
Пневмомеханическая	90	120
Параллельная обкрученная	40	50
Двухвьюрковая (Murata)	80	100
Аэродинамическая	80	100

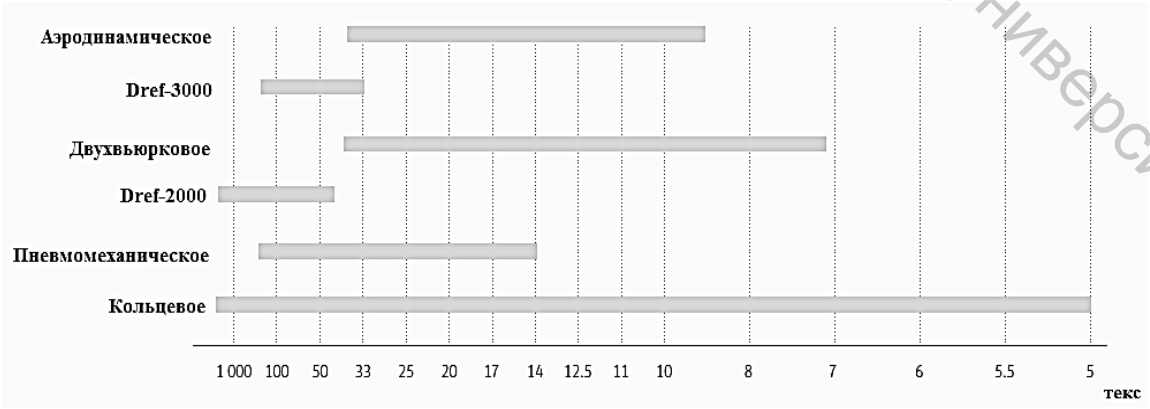


Рисунок 5.67 – Линейная плотность пряжи разных способов прядения

Витебский государственный технологический университет

5.9.4 Дальнейшее развитие аэродинамического способа прядения

Особенности строения и свойств аэродинамической пряжи позволили создать уникальную технологию получения трикотажного полотна непосредственно из ровницы, минуя прядильный переход. Это стало возможным, во-первых, за счёт высокой равновесности аэродинамической пряжи. В процессе её формирования крутке подвергается только около 15% обвивочных волокон, остальные же остаются параллельными. Поэтому равновесность аэродинамической пряжи намного выше, чем у кольцевой или пневмомеханической пряжи, а при дальнейшей переработке нет необходимости в её запаривании или кручении. Во-вторых, в крутильном аппарате аэродинамических прядильных машин отсутствуют вращающиеся элементы, что упрощает кинематическую схему и уменьшает габариты машины.

Эти и другие факторы позволили инженерам разных стран создать кругловязальные машины, объединяющие процессы прядения и вязания. На выставке ITMA-2015 в Милане компания Terrot Group (Германия) представила технологию Corizon®, а фирма Mayer&Cie также из Германии представила свою технологию Spinitsystem. На представленных кругловязальных машинах в качестве питающего полуфабриката используются катушки с ровницей.

Данная технология позволяет сократить ряд технологических переходов, таких как прядильный, мотальный, а в некоторых случаях тростильный и крутильный. Это не только экономит производственные площади и количество обслуживающего персонала, но и сокращает весь технологический процесс более чем на треть, что приводит к более низкому потреблению энергии и значительно снижает себестоимость трикотажного полотна. При этом существенно уменьшается количество отходов прядильного и трикотажного производства, а за счёт уменьшения количества оборудования снижаются и вредные промышленные выбросы. Так, например, выбросы CO_2 в атмосферу снижаются на 30%.

В 2016 году на выставке ITMA Asia+CITME в Шанхае фирма Pailung (Тайвань) представила кругловязальную машину, где в качестве входящего полуфабриката используется лента после ленточной машины! Эта технология дополнительно позволяет сократить и ровничный переход.

Технология Corizon® позволяет производить трикотаж из ровницы с использованием стержневой нити для придания изделиям более высокой прочности. В технологии используется ровница линейной плотности около 700 текс из хлопка, в том числе гребенного, химических волокон или их смесей длиной до 40 мм. Диаметр катушки с ровницей до 180 мм, а её высота до 440 мм. В качестве стержневого компонента мо-

Витебский государственный технологический университет

жет использоваться любая гладкая, текстурированная или эластомерная химическая нить. Для эластичных нитей предусмотрена система позитивной подачи.

Получаемая пряжа линейной плотности от 8,4 до 20 текс сразу направляется в петлеобразующую систему машины. Скорость выпуска нити до 200 м/мин. Количество таких систем на машине до 120, а класс вязальных машин может быть от 18 до 36. На вязальной машине возможно получать переплетения кулирная гладь, интерлок, двойной или одинарный ластик. Машина оборудована системой электронного управления с интерактивного дисплея и автоматической очистки от пуха.

На рисунке 5.68 представлена кругловязальная машина фирмы Mayer&Cie для получения круглого трикотажного полотна из ровницы, а на рисунке 5.69 кругловязальная машина фирмы Pailung для получения полотна из ленты с ленточных машин.

В питающей рамке машины фирмы Mayer&Cie (рис. 5.68) размещаются катушки с ровницей, которая подаётся в двухремешковые вытяжные приборы 3×3, а затем в аэродинамическую форсунку, где формируется пряжа. Полученная пряжа не наматывается на паковку, а направляется в петлеобразующие системы, где формируется трикотажное полотно. Скорость выпуска пряжи до 250 м/мин.

Стержневая нить в технологии Spinitsystem не требуется. Машина оборудована датчиками контроля обрыва ровницы, а также датчиками контроля качества. При обнаружении отклонений пряжи по линейной плотности, утолщений, утонений или непсов, дефектный участок вырезается. Технология сращивания концов пряжи обеспечивает равномерный внешний вид трикотажного полотна. Для получения структурных эффектов на трикотажном полотне машина позволяет одновременно перерабатывать ровницу разной линейной плотности и соответственно выпрядать разную по толщине пряжу.

По технологии Spinitsystem образуется мало отходов, а остатки ровницы на катушках являются обратами.

При получении трикотажного полотна из ленты по технологии Spinit на кругловязальной машине фирмы Pailung (рис. 5.69) вокруг машины устанавливаются тазы с лентой, которая подаётся в двухремешковые вытяжные приборы системы 4×4. Данная технология позволяет снизить себестоимость трикотажного полотна до 37%.

Благодаря отличительным свойствам аэродинамической пряжи, трикотажные полотна из неё являются очень равномерными, мягкими, гладкими, лёгкими, шелковистыми, обладают низкой пиллингуемостью и хорошим грифом из-за низкой ворсистости пряжи. Изделия из такого трикотажа хорошо сохраняют форму после стирки, отличаются высокой комфортностью в носке, подходят для нанесения высококачественной печати.

Витебский государственный технологический университет

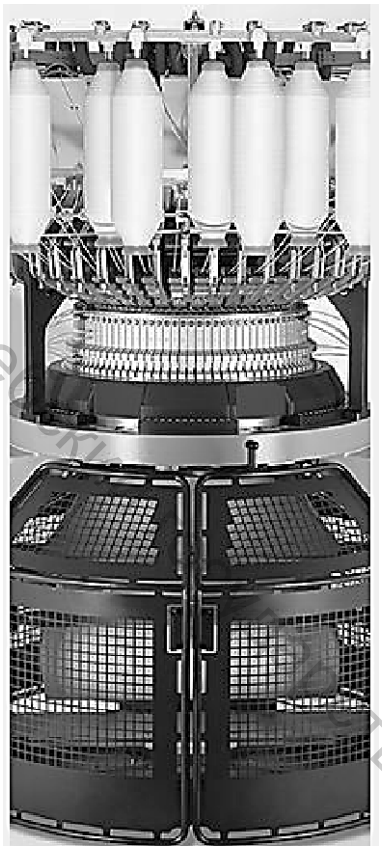


Рисунок 5.68 – Кругловязальная машина для получения трикотажного полотна из ровницы (Mayer&Cie)

Технология аэродинамического прядения – самая молодая из технологий получения пряжи. Тем не менее в 2021 году доля аэродинамических прядильных машин в мире приблизилась к 5%, при этом они были установлены более чем в 15 странах, включая Европу. За счёт хорошего комплекса свойств пряжи и отсутствия вращающихся крутильных элементов этот способ стал современной альтернативой кольцевому и пневмомеханическому прядению. Возможность получения пряжи малой линейной плотности из микроволокна открывает путь для получения очень мягких и лёгких тканей и трикотажных изделий.

Благодаря простоте, высокому качеству пряжи и универсальности кольцевое прядение вместе с технологией компактного прядения останется доминирующим способом прядения в долгосрочной перспективе. Пневмомеханическое прядение продолжит демонстрировать свои сильные стороны в производстве пряжи средней и большой линейной плотности и сохранит свою долю на рынке.

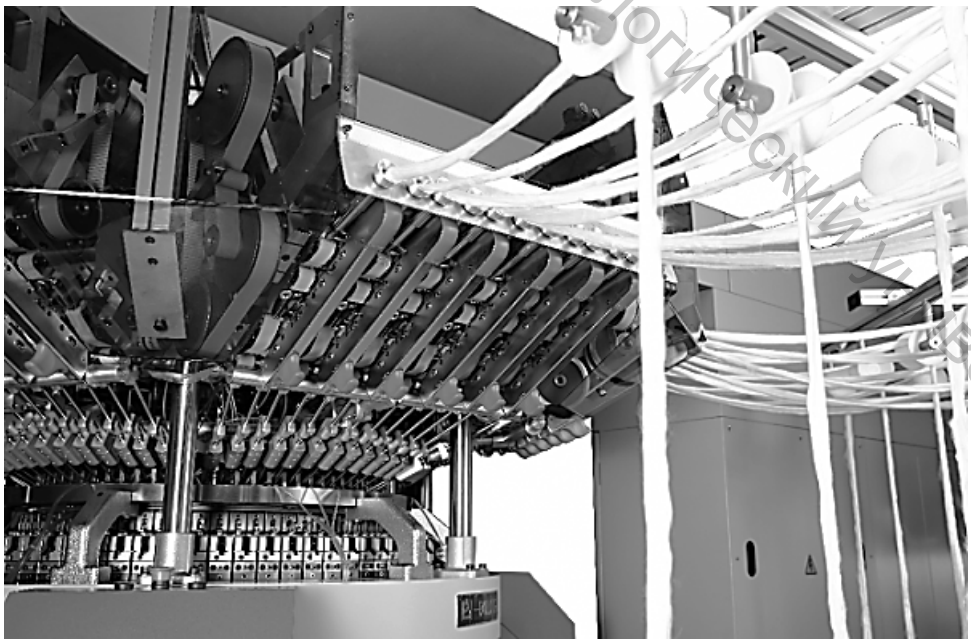


Рисунок 5.69 – Кругловязальная машина для получения трикотажного полотна из ленты (Pailung)

Витебский государственный технологический университет

Развитие этого способа, вероятно, будет происходить в направлении уменьшения линейной плотности выпускаемой пряжи и увеличения её прочности. Аэродинамическое прядение выиграет в определенных областях производства пряжи средней линейной плотности и может частично потеснить кольцевое и пневмомеханическое прядение.

Таким образом, в будущем каждый из описанных способов прядения найдет свое применение в конкретном производстве и для определённого ассортимента пряжи. Это сделает возможным оптимальное использование лучших характеристик описанных прядильных процессов и таким образом позволит производить пряжу по индивидуальным заказам. Прогресс в текстильной промышленности не остановится, а все рассмотренные технологии будут и дальше интенсивно развиваться и совершенствоваться.

Витебский государственный технологический университет

Список использованных литературных источников

1. Коган, А. Г. Технология и оборудование для производства ровницы и пряжи : учебное пособие / А. Г. Коган, Н. В. Скобова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2009. – 239 с.
2. Коган, А. Г. Новое в технике прядильного производства : учеб. пособие / А. Г. Коган, Д. Б. Рыклин, С. С. Медвецкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2005. – 195 с.
3. Коган, А. Г. Проектирование хлопкопрядильного производства : учеб. пособие / А. Г. Коган. – Витебск : УО «ВГТУ», 2011. – 395 с.
4. Werner Klein, Dr. Herbert Stalder. The Rieter Manual of Spinning / Rieter Machine Works Ltd. AG // Spinning Preparation. – 2008. – Vol. 4. – P. 57–60.
5. Werner Klein, Dr. Herbert Stalder. The Rieter Manual of Spinning / Rieter Machine Works Ltd. AG // Rotor Spinning. – 2008. – Vol. 5. – P. 57–60.
6. Werner Klein, Dr. Herbert Stalder. The Rieter Manual of Spinning / Rieter Machine Works Ltd. AG // Alternative Spinning Systems. – 2008. – Vol. 6. – P. 57–60.
7. Прядение хлопка и химических волокон (изготовление ровницы, суровой и меланжевой пряжи, крученых нитей и ниточных изделий) : учебник для вузов / И. Г. Борзунов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 392 с.
8. Справочник по хлопкопрядению / В. П. Широков [и др.] ; под ред. В. П. Широкова. – Москва : Лёгкая и пищевая промышленность, 1985. – 472 с.
9. Справочник по шерстопрядению / В. К. Афанасьева [и др.] ; под ред. В. К. Афанасьева. – Москва : Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 473 с.
10. Прядение льна и химических волокон : справочник / под ред. Л. Б. Карякина и Л. Н. Гинзбурга. – Москва : Легпромбытиздат. – 1991.– 544 с.
11. Протасова, В. А. Шерстопрядильное оборудование: уч. пособие для вузов текстильной промышленности / В. А. Протасова, П. М. Панин, Д. Д. Хутарев. – Москва : Лёгкая индустрия, 1980. – 576 с.
12. Прядение шерсти и химических волокон (приготовление гребенной ленты, ровницы и пряжи) : учебник для вузов / В. А. Протасова, Б. Е. Белышев, А. Ф. Капитанов. – Москва : Легпромбытиздат, 1988. – 334 с.
13. Rieter Maschinenfabrik Rieter AG. – Link №66 / 2015.
14. Режим доступа: www.rieter.com. – Дата доступа: 13.07.2021.
15. Rieter Maschinenfabrik Rieter AG. – Link №73 / 2018.
16. Rieter Maschinenfabrik Rieter AG. – Link №74 / 2018.

Витебский государственный технологический университет

17. Rieter Maschinenfabrik Rieter AG. – Link №66 / 2015.
18. Rieter Maschinenfabrik Rieter AG. – Link №72 / 2017.
19. Материалы сайта – Режим доступа:www.nsc-schlumberger.com.
20. Современная техника и технология производства шерстяной пряжи: учебное пособие / В. Д. Фролов [и др.]. – Иваново: Ивановская гос. Текстильная академия, 1999. – 424 с.
21. Севостьянов, А. Г. Механическая технология текстильных материалов : учебник для вузов / А. Г. Севостьянов [и др.]; под ред. А. Г. Севостьянова. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 512 с.
22. Режим доступа: www.santandreatm.it. – Дата доступа: 18.02.2021.
23. Режим доступа: www.savio.group. – Дата доступа: 23.02.2021.
24. Режим доступа: www.cognetex.com. – Дата доступа: 10.03.2021.
25. Режим доступа: www.saurer.com. – Дата доступа: 16.03.2021.
26. Режим доступа: www.tessilmarket.it. – Дата доступа: 27.03.2021.
27. Режим доступа: www.marzoli.com. – Дата доступа: 12.04.2021.
28. Прядение лубяных и химических волокон и производство крученых изделий : учебник для вузов / В. Г. Комаров [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1980 – 494 с.
29. Operation manual for FX280 – FX284 Type Flax Drawing Frame. Zejiang Golden Eagle Co. LTD, Zejiang / China.
30. Operation manual for FX402 Type Flax Roviing Frame. Zejiang Golden Eagle Co. LTD, Zejiang / China.
31. Режим доступа: www.toyotatextilemachinery.com. – Дата доступа: 06.05.2021.
32. Прядение льна и других лубяных волокон и производство крученых изделий / С. В. Тарасов. – Москва : Лёгкая индустрия, 1980.
33. USTER® STATISTICS 2013 100% cotton, roving, carded Published by Uster Technologies AG CH-8610 Uster Switzerland © Copyright 2012 by Uster Technologies AG.
34. USTER® STATISTICS 2013 100% cotton, roving, combed Published by Uster Technologies AG CH-8610 Uster Switzerland © Copyright 2012 by Uster Technologies AG.
35. USTER® STATISTICS 2013 100% wool, roving, worsted Published by Uster Technologies AG CH-8610 Uster Switzerland © Copyright 2012 by Uster Technologies AG.
36. USTER® STATISTICS 2013 100% cotton, roving, combed, compact spinning Published by Uster Technologies AG CH-8610 Uster Switzerland © Copyright 2012 by Uster Technologies AG.
37. Инструкция по эксплуатации ровничной машины Zinser 668 Oerlikon Schlafhorst Zweigniederlassung der Oerlikon Textile GmbH & Co. KG Hans-Zinser-Straße 1-3 73061 Ebersbach/Fils Germany©2007.
38. Режим доступа: www.chtgc.com. – Дата доступа: 17.05.2021.

Витебский государственный технологический университет

39. Медвецкий, С. С. Исследования технологии компактной хлопчатобумажной пряжи / С. С. Медвецкий // Известия ВУЗов: Технология легкой промышленности. – Санкт-Петербург: Вестник СПГУТД, 2016. – № 4. – С. 74–77.

40. Медвецкий, С. С. Исследования процесса кручения компактной пряжи камвольного прядения / С. С. Медвецкий, О. В. Реут // Известия ВУЗов: Технология легкой промышленности. – Санкт-Петербург: Периодический журнал СПГУТД, 2017. – № 3. – С. 72–75.

41. Медвецкий, С. С. Исследования технологии получения хлопчатобумажной пряжи Siro Spun / С. С. Медвецкий, С. С. Гришанова // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – Санкт-Петербург: Периодический журнал СПГУТД, 2018. – № 3. – С. 39–43.

42. Режим доступа: https://rotofil.com. – Дата доступа: 01.06.2021.

43. Режим доступа: www.suessen.com. – Дата доступа: 12.06.2021.

44. C.A. Lowrence. Advances in yarn spinning technology / Woodhead Publishing Limited. – 2010. – P. 247.

45. Непрокина, М. А. Исследование технологии производства пряжи компактного прядения / М. А. Непрокина, С. С. Медвецкий // Тезисы докладов 43 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2014. – 418 с.

46. Рыклин, Д. Б. Оценка качества текстильных нитей и полуфабрикатов с использованием приборов Uster Tester : монография / Д. Б. Рыклин, С. С. Медвецкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2017. – 168 с.

47. Uster Tester 6. The Total Testing Center™ / Part 2. Optical yarn evaluation // Textile Technology, 2016.

48. Comparative analysis of cotton yarn properties on pneumatic compact spinning systems / Article in Fibres and Textiles in Eastern Europe – September, 2013.

49. Режим доступа:www.flatexsp.com.br. – Дата доступа: 28.06.2021.

50. Yilmaz, D. A comparison of compact-jet, compact, and conventional ring-spun yarns / D. Yilmaz, M. R. Usal // Textile Research Journal, March 2011.

51. Режим доступа: http:// www.oerotorcraft.com. – Дата доступа: 12.07.2021.

52. Song, Yu. Comparison between Conventional Ring Spinning and Compact Spinning. (Under the direction of Dr. William Oxenham.) Textile Engineering Raleigh, North Carolina, 2016.

53. Comparative analysis of cotton yarn properties spun on pneumatic compact spinning system / Muhammad Khurshid, Kashif Nadeem, Muhammad Asad, Muhammad Ashraf Chaudhry, Muhammad Amanullah Article in Fibres & Textiles in Eastern Europe 2013, Vol. 21, No 5(101). – P. 30–34.

Витебский государственный технологический университет

54. Ishtiaque, S. M. Compact Spinning / S. M. Ishtiaque, & K. R. Salhotra // International Mechanical Engineering Congress & Exposition Washington, D.C. : IMECE, 2003. – November 16-21. – 44321. – P. 1–10.

55. Режим доступа: www.oerlikon.com. – Дата доступа: 01.08.2021.

56. Oerlikon textile components / Product presentation Texparts RoCoS, November 2008, P. 28.

57. Anja Knick, Iris Biermann / Rieter Com4 Yarns. Yarns of Choice 562-v11 en 2002, P. 35.

58. The Theory of Compacting Peter Stahlecker No. 24 07/2008 Spinnovation P. 19-20.

59. New EliTube for the Elite Compact Spinning System / Rainer Thum №23, 08/2007 Spinnovation, P. 36–37.

60. Reflections on the Spinning of Two-Ply Yarns with EliTwist CompactSet / Norbert Brunk №20 Spinnovation 06/2004, P. 10–13.

61. Elite CompactSet – The third Generation / Norbert Brunk №19 10/2003 Spinnovation, P. 4–6.

62. Режим доступа: www.terrot.de. – Дата доступа: 20.06.2021.

63. Режим доступа: www.mayercie.com. – Дата доступа: 26.07.2021.

64. Режим доступа: www.pailung.com.tw. – Дата доступа: 13.08.2021.

65. Режим доступа: www.muratec.net. – Дата доступа: 28.08.2021.

66. Gizem Karakan Günaydin, AliSerkan Soydan. Vortex Spinning System and Vortex Yarn Structure.Vortex Structures in Fluid Dynamic Problems Chapter 12: March 1st 2017. – P. 247–269.

67. Режим доступа: www.bigagli.net. – Дата доступа: 04.09.2021.

68. Premkumar Govindarajulu, Harald Schwippl. Flexibility of Ring Spinning with Compact-Twin Technology and its Application Range in Knitting Textile Technology Compact-Twin. – June, 2015.

69. Режим доступа: www.tessilmarket.it. – Дата доступа: 17.09.2021.

70. Мовшович, П. М. Сельфакторное и кольцевое прядение : учеб. пособие / П. М. Мовшович, К. Э. Разумеев, Е. В. Павлюченко. – Москва : Российский заочный институт текстильной и лёгкой промышленности, 2009. – 116 с.

71. Режим доступа: www.statexengg.com. – Дата доступа: 28.09.2021.

72. Rakshit, Anup K. Processing characteristics of micro polyester fibers in the COM4 staple fiber spinning mill / Anup K. Rakshit, Harald Schwippl // Rieter Reliance Industries Limited.

73. Режим доступа: https://www.suessen.com. – Дата доступа: 02.10.2021.

74. Spinnovation No. 26 Archives: Bräcker AG (bracker.ch).

75. Режим доступа: http://erbel.com.tr. – Дата доступа: 13.10.2021.

Витебский государственный технологический университет

76. Режим доступа: http://www.autotex.net. – Дата доступа: 21.10.2021.
77. Столяров, А. А. Прядение натуральных и химических волокон : текст лекций / А. А. Столяров, А. А. Минофьев, Е. А. Варганова. – Иваново: ИВГПУ, 2015. – 176 с.
78. Режим доступа: http://www.reinersfuerst.de. – Дата доступа: 27.10.2021.
79. Режим доступа: http://www.bracker.ch. – Дата доступа: 28.07.2021.
80. Режим доступа: http://www.prosino.com. – Дата доступа: 24.02.2021.
81. Режим доступа: http://www.reinersfuerst.de. – Дата доступа: 20.03.2021.
82. Spindles NASA HPS 68/3: Novibra Boskovice s.r.o.
83. Режим доступа: http://www.novibra.com/products/. – Дата доступа: 01.10.2021.
84. Режим доступа: http://www.simta.com/polyamide. – Дата доступа: 28.01.2021.
85. Режим доступа: http://jingweitexmach.com. – Дата доступа: 02.08.2021.
86. Режим доступа: https://it.marzoli.camozzi.com. – Дата доступа: 04.09.2021.
87. International Textile Machinery Shipment Statistics / Volume 37, 2014.
88. International Textile Industry Statistics / Volume 62, 2019.
89. Режим доступа: https://indiantextilejournal.com. – Дата доступа: 06.09.2021.
90. Режим доступа: http://www.fm.tul.cz/. – Дата доступа: 17.03.2021.
91. Режим доступа: https://www.fibre2fashion.com. – Дата доступа: 13.04.2021.
92. Режим доступа: Textiles yarn production – forbo.blob.core. 8 Ring spinning and cone winding 10 Open end (OE) spinning (dokumen.tips). – Дата доступа: 05.09.2021.
93. Режим доступа: https://www.thex-axis.com. – Дата доступа: 23.03.2021.
94. Режим доступа: http://www.dmengineering.it. – Дата доступа: 21.02.2021.
95. Режим доступа: https://www.bracker.ch. – Дата доступа: 22.09.2021.
96. Режим доступа: http://www.china-tongda.com/. – Дата доступа: 27.06.2021.
97. Режим доступа: https://www.gaudino.com. – Дата доступа: 31.03.2021.

Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

Медвецкий Сергей Сергеевич
Скобова Наталья Викторовна

Технология и оборудование для производства пряжи

В двух частях
Часть 1
Производство ровницы и пряжи

Учебное пособие

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *А.В. Пухальская*
Технический редактор *А.И. Сосновская*

Подписано к печати 13.04.2022. Формат 60x90 $^{1}/_{16}$. Усл. печ. листов 28,9.
Уч.-изд. листов 36,5. Тираж 50 экз. Заказ № 109.

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.

Витебский государственный технологический университет