

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г.И. МОСКАЛЕВ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА
ПРЯДЕНИЯ**

КУРС ЛЕКЦИЙ

для студентов специальности 1-36 08 01
«Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового
обслуживания»

Витебск
2014

УДК 677.022.484.9:533.6 (075.8)

ББК 34.7

Т82

Рецензенты:

Белов А.А., кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и аппараты легкой промышленности»;

Башметов А.В., кандидат технических наук, председатель ФСЗН.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» 4 декабря 2013 г., протокол № 8.

Т82 Технологическое оборудование для аэродинамического способа прядения: курс лекций / сост.: Г. И. Москалев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2013. – 102 с.

ISBN 978-985-481-182-6

В курсе лекций изложены основы современных технологических процессов аэродинамического способа прядения, текстурирования комплексных химических нитей, основных и вспомогательных процессов производства. Рассмотрено устройство и работа оборудования для их осуществления на основе новейших достижений науки и техники.

Предназначен для студентов специальности 1-36 08 01 «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания».

УДК 677.022.484.9:533.6 (075.8)

ББК 34.7

ISBN 978-985-481-182-6

© Москалев Г.И., 2013

© УО «ВГТУ», 2013

Содержание

Лекция 1. Анализ классических способов прядения.....	4
Лекция 2. Анализ технологических процессов получения комбинированных нитей аэродинамическими способами формирования.....	12
Лекция 3. Технология изготовления комбинированных нитей аэродинамическим способом.....	24
Лекция 4. Анализ работы аэродинамического устройства для производства комбинированных нитей.....	31
Лекция 5. Теоретические основы аэродинамического способа прядения....	34
Лекция 6. Баллонирование и ложное кручение волокнистого продукта в камерах аэродинамического устройства.....	41
Лекция 7. Анализ процесса пневмоперепутывания.....	46
Лекция 8. Свойства комбинированных нитей аэродинамического способа формирования.....	51
Лекция 9. Анализ технологий производства фасонных нитей.....	55
Лекция 10. Технологические процессы получения фасонных нитей с использованием аэродинамических устройств.....	57
Лекция 11. Цель и сущность процесса пневмотекстурирования.....	66
Лекция 12. Анализ технологического процесса пневмотекстурирования комплексных химических нитей.....	74
Лекция 13. Анализ способов пневмотекстурирования.....	79
Лекция 14. Теоретические основы процесса пневмотекстурирования.....	82
Лекция 15. Анализ процесса формирования петельной структуры пневмотекстурированных нитей.....	86
Лекция 16. Свойства пневмотекстурированных нитей.....	91
Лекция 17. Перспективы развития технологических процессов получения комбинированных нитей и пряжи аэродинамическим способом формирования.....	95
Литература.....	101

Лекция 1. Анализ классических способов прядения

1. Виды волокон.
2. Свойства волокон.
3. Системы прядения.

Текстильная отрасль промышленности является частью легкой индустрии. Отрасли этой индустрии вырабатывают предметы потребления, составляющие в основном группу Б. Легкая индустрия включает текстильную, швейную, обувную, кожевенную и другие отрасли промышленности. Легкая промышленность выпускает примерно пятую часть всей промышленной продукции в нашей стране и дает четвертую часть всех доходов, поступающих в бюджет.

Текстильная промышленность производит продукцию групп А и Б. Хлопок, лен, шерсть, шелк, используемые непосредственно для выработки бытовых и технических тканей, и ткани, идущие на швейные предприятия для производства одежды, относятся к группе А. Ткани, нити, вата, ватин, трикотаж и другие изделия, реализуемые в торговле, относятся к группе Б.

1 Виды волокон

Текстильные волокна – твердые гибкие тела, имеющие сравнительно большую длину и малую толщину. Так, например, средняя длина хлопковых волокон составляет 35 мм, а средняя толщина – 20 мкм; волокон из натурального шелка – соответственно 600 мм и 15 мкм.

Элементарные волокна – одиночные волокна, которые не могут быть разделены на более тонкие и короткие. К ним относятся хлопковые, шерстяные, шелковые и химические волокна. **Технические волокна** – природные растительные волокна, состоящие из многих элементарных волокон, склеенных между собой kleящим пектиновым веществом. Это волокна льна, конопли, джута и др.

Жгутовые волокна (жгут) – химические волокна, состоящие из большого числа параллельно расположенных элементарных волокон бесконечно большой длины.

Штапельные волокна получают на химических заводах путем разрезания жгутовых волокон на отрезки длиной от 32 до 120 мм. Они относятся к волокнам элементарного типа.

Мононити из синтетических волокон бесконечно большой длины используются для производства тканей, трикотажных изделий, рыболовных сетей, лесок, щеток и т. п. Их также относят к типу элементарных.

Текстильные волокна делятся на три класса: природные, искусственные и синтетические. Классы подразделяются на подклассы, подклассы – на группы, группы – на подгруппы, а подгруппы – на разновидности волокон.

Природные волокна представляют собой высокомолекулярные соединения. Различают два подкласса природных волокон – органического и минерального состава. Волокна органического состава делятся на волокна растительного и животного происхождения. Растительные волокна получают из различных частей растения. В зависимости от этого их делят на следующие группы: семенные, стеблевые, лиственные и плодовые. К семенным волокнам относят хлоп-

ковые, к стеблевым – волокна льна, пеньки, канатника, рами и др., к лиственным – новозеландского льна, манильской пеньки, сизали и др., к плодовым – волокна из скорлупы кокосовых орехов. Волокна животного происхождения делятся на две подгруппы: шерстяные и шелковые. К первой относят овечью, козью, верблюжью шерсть и др., ко второй – волокна, получаемые благодаря жизнедеятельности гусениц тутового и дубового шелкопрядов.

К подклассу волокон минерального состава относятся природные асbestosовые волокна, получаемые из горных пород.

Искусственные волокна бывают двух подклассов: органического и минерального состава. Волокна органического состава – это целлюлозные и белковые волокна. В группу целлюлозных волокон входят искусственные волокна, изготовленные из целлюлозы и ее эфиров. Эти волокна делятся на подгруппы гидратцеллюлозных и эфироцеллюлозных волокон. К гидратцеллюлозным относят вискозные, полинозные, медно-аммиачные волокна, к эфироцеллюлозным – диацетатные и триацетатные.

Подкласс волокон минерального состава делится на две группы: силикатных и металлических волокон. Силикатные волокна получают из стекла (стеклянные волокна), металлические – из различных металлов и их сплавов (золотые, серебряные, латунные, медные, алюминиевые и другие волокна). Металлические волокна широко применяются для украшения шелковых, шерстяных тканей и текстильных изделий, а также для технических целей.

При производстве синтетических волокон сначала получают мономер, представляющий собой низкомолекулярное соединение. Затем мономеры с помощью полимеризации или поликонденсации превращают в полимеры – высокомолекулярные соединения, а из них вырабатывают синтетические волокна. Все синтетические волокна делятся на гетероцепные и карбоцепные. Гетероцепные волокна получают из полимеров, макромолекулы которых состоят из углерода, азота, кислорода, серы и др. В подкласс гетероцепных входят полiamидные и полиэфирные волокна. Карбоцепные волокна – получают из полимеров, макромолекулы которых содержат в основной цепи только атомы углерода.

Текстильные волокна состоят из макромолекул, обладающих большой молекулярной массой. Так, например, молекулярная масса капронового волокна – 16500...22600; вискозного – 50000... 100000; хлопкового – 1620000...2430000 и льняного – 5632000.

Макромолекула волокна построена из многократно повторяющихся элементарных звеньев. Звено состоит из различных химических элементов. Количество элементарных звеньев n , составляющих макромолекулу, называют коэффициентом полимеризации (поликонденсации). У различных высокомолекулярных соединений n может составлять от нескольких сот до нескольких тысяч единиц. Например, у макромолекулы капрона n равно 100...200, целлюлозы вискозного волокна – 300...400, целлюлозы хлопка – 10000... 15000, целлюлозы льна – 36000 и т. д. Общим свойством текстильных волокон является то, что

они все построены из макромолекул. Волокна друг от друга отличаются химическим составом и строением.

В волокнах действуют химические (в элементарных звеньях) и межмолекулярные (между макромолекулами) связи. К межмолекулярным связям относятся силы Ван-дер-Ваальса и водородные связи. Межмолекулярные связи предопределяют механическую прочность, температуру плавления, застывания, кипения и другие свойства волокнообразующих полимеров.

Свойства волокон зависят также от коэффициента полимеризации. Чем он выше, тем длиннее макромолекулы волокна, тем они прочнее. Макромолекулы текстильных волокон бывают линейные и сетчатые. Хлопковые, льняные, шелковые и искусственные волокна имеют макромолекулы линейной структуры, шерстяные – сетчатой, синтетические – линейной и сетчатой.

2 Основные технологические свойства волокон

Основными технологическими характеристиками текстильных волокон являются: длина, толщина, прочность, относительное удлинение при растяжении, плотность, извитость, рассыпчатость, дефектность, электризуемость и др.

Длина волокон хлопка, шерсти, лубяных и химических волокон находится в прямой связи с толщиной и прочностью пряжи. Она определяет выбор систем прядения. С учетом длины волокон устанавливают режим обработки волокнистых материалов и получения пряжи. Чем длиннее волокно, тем меньшую можно держать крутку пряжи, тем больше число контактов между волокнами. Следовательно, из более длинного волокна при одинаковой крутке можно получить более прочную пряжу. Натуральные волокна различаются между собой по длине. Так, например, в хлопковой массе со средней длиной волокна 31...32 мм имеются волокна длиной от 6 до 50 мм, а в однородной тонкой шерсти при средней длине 55 мм – от 8 до 100 мм.

Толщина волокна характеризует его поперечный размер. Чем меньше толщина волокон, тем более тонкую, равномерную и прочную пряжу можно из них выработать. Чем прочнее пряжа, тем меньше обрывность ее в прядении и ткачестве, тем выше производительность труда. Из тонкой пряжи можно выработать тонкие и легкие ткани и трикотажные изделия. Линейная плотность волокна измеряется в текстах (г/км) как отношение массы (г) к длине волокна (км).

Под извитостью понимают количество извитков, приходящихся на 1 см длины волокна. От нее зависит технология переработки волокон, качество получаемых пряжи и изделий. Извитость волокон придает пряже, тканям, трикотажу пушистость, эластичность, объемность, за счет чего обеспечивается их более низкая теплопроводность.

Плотность волокон – отношение массы вещества волокна к его объему: Чем меньше плотность волокна, тем большая объемность пряжи, ткани и трикотажа.

Прочность волокна – способность воспринимать без разрушения растягивающие усилия. Абсолютная прочность (разрывная нагрузка) определяется усилием, приложенным к волокну, при котором оно разрывается. Усилие выражается в ньютонах. Относительная прочность (удельная разрывная нагрузка) – это усилие, вызывающее разрыв волокна, отнесенное к линейной плотности

волокна. Чем прочнее волокно и чем оно более однородно по прочности, тем легче технологический процесс его обработки, меньше обрывность волокон, выше выход продукции и производительность труда в чесании и прядении.

Рассыпчатость волокон характеризует степень легкости разделения их пучков на элементарные волокна без обрыва. Чем выше рассыпчатость волокон, тем легче процессы кардочесания и гребнечесания, а, следовательно, и выше качество прочеса, пряжи и ткани.

Дефектность химических волокон характеризуется наличием склеек, мушек, жгутиков и других дефектов, возникающих в процессе производства и переработки этих волокон.

В процессе механической обработки и переработки волокнистый материал электризуется. Электризуемость – это способность материалов к генерации и накоплению зарядов статического электричества. Электрические заряды возникают в результате взаимного трения волокон и нитей, трения их о рабочие органы машин (иглы игольчатой гарнитуры, иглы гребней, сучильные рукава, ремизы, бёरда и др.), а также действия давления, сжимающих и растягивающих усилий. Степень электризуемости волокон зависит от их строения, состояния поверхности, площади соприкосновения, давления на волокна, скорости движения волокон и нитей и других факторов.

Эффективность применения химических волокон

Химические волокна в текстильной промышленности – дополнительное дешевое высококачественное сырье.

Кроме того, применение химических волокон дает возможность улучшить экономические показатели работы текстильных предприятий, повысить качество продукции и расширить ее ассортимент. Добавление химических волокон способствует улучшению однородности волокон смеси по длине, толщине, прочности, а также снижению обрывности в прядении и ткачестве, повышению производительности оборудования. Использование жгутовых химических волокон в текстильном производстве позволяет не выполнять такие сложные и трудоемкие технологические процессы, как подготовка волокон к смешиванию, смешивание, кардочесание, гребнечесание и др. Кроме того, приготовление ленты путем штапелирования способствует уменьшению количества единиц необходимого оборудования, производственных площадей и трудозатрат. При переработке химических волокон методом штапелирования по сравнению с обычным способом переработки штапельного волокна расходы электроэнергии сокращаются примерно в 5 раз, производительность труда повышается почти в 2 раза.

При использовании химических волокон повышается выход пряжи из смеси (на 1...3 %), снижается себестоимость изготавляемых тканей и изделий. Так, себестоимость трикотажного жакета из чистой шерсти примерно в 4 раза выше себестоимости изделия того же размера из высокообъемной нитроновой пряжи.

С введением 5...10 % капронового волокна стойкость тканей к истиранию увеличивается в 1,8...2 раза. Добавление к шерсти 50...55 % лавсановых волокон способствует повышению прочности ткани, ее сопротивления к истиранию,

стойкости к сминаемости. Изделия из нитроновых волокон в смеси с вискозными обладают повышенной прочностью, объемностью и шерстистостью.

Применение профилированных и полых химических волокон позволяет вырабатывать более легкие и объемные ткани и трикотажные изделия, а также экономить до 30...40 % сырья в текстильной промышленности. Кроме того, ткани из лавсана и объемной пряжи мало уступают по качеству чистошерстяным, а по ряду свойств даже превосходят их. Добавление синтетических волокон с натуральным обуславливает удешевление текстильных изделий.

3 Понятие о прядении

В текстильном производстве хлопковые, льняные, шерстяные, натуральные шелковые и химические волокна перерабатывают в изделия. Совокупность технологических процессов, применяемых для переработки этих волокон в пряжу определенной толщины и прочности, называют прядением. Так, например, процесс выработки шерстяной гребеной пряжи линейной плотностью 10...50 текс включает разрыхление волокнистого материала, смешивание, чесание, гребнечесание, вытягивание волокон и прядение.

Совокупность машин и процессов, посредством которых волокна перерабатывают в определенный вид пряжи, называется системой прядения.

Системы прядения различаются по числу переходов, их назначению, виду, качеству сырья и качеству вырабатываемой продукции. Но в системах прядения различных волокон разные процессы имеют одно и то же назначение, например процессы разрыхления и чесания в аппаратной и гребеной системах получения шерстяной пряжи, процесс гребнечесания в гребенных системах получения пряжи из хлопковых и шерстяных волокон. Кардная система прядения используется для переработки хлопковых волокон, но может быть применена и для прядения шерстяных, коротких льняных (льняного очеса) и химических волокон. Поэтому кардную, гребенную и аппаратную системы прядения можно рассматривать как типовые.

Кардная система прядения

Получение пряжи из хлопковых волокон по кардной системе прядения включает пять основных технологических переходов: 1) разрыхление, очистку и смешивание волокон; 2) кардочесание на чесальных, валичных и шляпочных машинах; 3) сложение и вытягивание лент; 4) предпрядение; 5) прядение (формирование пряжи).

Указанная система прядения широко используется в производстве пряжи линейной плотностью 15,5..84 текс, которую вырабатывают из средневолокнистого хлопкового и химического волокна. Кроме того, кардную систему прядения можно применять для изготовления льняной пряжи из короткого волокна и очеса (котонина), меланжевой пряжи из хлопка и штапельных химических волокон, окрашенных в разные цвета.

Хлопок поступает на предприятия в вагонах отдельными партиями по 60...70 кип, которые называются марками. На складе каждую партию (марку) размещают отдельно друг от друга, так как волокна в марках и кипах отличаются по технологическим свойствам и прежде всего по длине, толщине,

прочности и извитости. При переработке хлопка производят составление смеси (сортировки) волокон из нескольких партий (марок). Подбор марок ведется так, чтобы различие технологических свойств волокон было незначительным. Различают хлопковые волокна семи типов, характеризующиеся длиной, толщиной и прочностью. Волокна первого типа – самые длинные, тонкие и прочные, седьмого – очень короткие, грубые и весьма слабые по прочности.

Каждая сортировка обозначается двумя цифрами. Первая цифра обозначает тип, а вторая – сорт волокна, составляющего в данной сортировке не менее 65 %. Так, например, сортировка 4-1 состоит из хлопка 4-го типа и содержит не менее 65 % волокон первого сорта. Выбор сортировки определяется требуемым качеством пряжи. Так, хлопковые волокна сортировок 1-1, 2-1, 3-1 (то есть первых трех типов и первых сортов) используют для производства гребенной пряжи, четвертого типа второго и третьего сортов – для изготовления кардной пряжи разной толщины.

Разрыхление волокон заключается в разделении плотно спрессованного в кипах волокнистого материала на мелкие клочки и очистке его от растительных и минеральных примесей с целью обеспечения хорошего смешивания волокон и чесания. Разрыхление осуществляется под воздействием на материал зубьев или игл рабочих органов машин, где происходит рыхление, частичная очистка и смешивание хлопковых волокон.

Далее волокно поступает на чесальные машины холстового или бункерного питания, где происходит разъединение клочек на отдельные волокна, параллизация волокон, очистка и формирование ленты. Производительность чесальных машин, предназначенных для обработки хлопковых волокон, составляет 50...90 кг/ч.

После чесания лента поступает на ленточные машины, где происходит сложение и вытягивание лент с целью уменьшения неровности по толщине его, составу и структуре. Степень ровности ленты увеличивается с ростом числа сложений.

Вытягивание ленты предназначено для расправления волокон, обеспечения параллельности их в продукте и получения ровницы или пряжи заданной толщины. Вытягивание (утонение) продукта на трепальных и гребнечесальных машинах происходит с разрушением структуры и формы продукта. Затем из разрушенного волокнистого материала формируется продукт новой формы. Вытягивание волокон на ленточных, ровничных и прядильных машинах протекает иначе. В процессе вытягивания волокна сдвигаются друг относительно друга и формируют ленту большой длины. При этом число волокон в поперечном сечении продукта уменьшается и он становится тоньше. При таком вытягивании волокна, составляющие продукт, не теряют связи друг с другом.

В настоящее время на ровничных и прядильных машинах стало возможным вырабатывать пряжу малой и средней толщины с одним переходом на ровничных машинах или однопроцессным методом прядения непосредственно из ленты.

В процессе прядения из ровницы или ленты получают пряжу. Пряжей называют неопределенно длинные, тонкие и гибкие нити, состоящие из относительно коротких волокон, соединенных между собой путем скручивания на прядильной машине.

На современных текстильных предприятиях для изготовления пряжи применяют кольцепрядильные машины. В вытяжном приборе машины продукт утоняется путем вытягивания до заданной толщины и скручивается с помощью веретена и бегунка.

Гребенная система прядения

Гребенная система прядения используется в переработке хлопковых, льняных, шерстяных и химических волокон. Из тонковолокнистого хлопка можно выработать тонкую прочную и гладкую чистую пряжу линейной плотностью 5...15,4 текс, из тонкой длинной шерсти – 12,5...42 текс.

Гребенную пряжу используют для изготовления тонких хлопчатобумажных и шерстяных тканей и трикотажных изделий. Основными технологическими переходами гребеной системы прядения являются: 1) рыхление, очистка, смешивание волокон; 2) сложение, вытягивание и получение более равномерных лент; 3) гребнечесание и получение гребеной ленты; 4) сложение, вытягивание и получение более равномерной ленты; 5) предпрядение (утонение, то есть получение ровницы); 6) вылеживание и прядение (окончательное утонение и скручивание нитей, то есть получение пряжи).

Гребеная система прядения отличается от кардной большим числом переходов, дополнительными технологическими операциями и обеспечивает переработку более длинных волокон и получение более тонкой и гладкой пряжи.

Дополнительными операциями являются подготовка к гребнечесанию и гребнечесание. Цель подготовки к гребнечесанию состоит в расправлении волокон, входящих в ленты, выравнивании их по толщине и получении лент заданной массы. Для этого применяют ленточные машины. Выравнивание лент достигается за счет их сложения, а определенная масса выпускаемых лент – в результате подбора соответствующего числа сложений и степени вытяжки.

Для рыхления шерстяных волокон применяют двухбарабанную трепальную машину или щипальную машину с поднятыми рабочими валиками. Практика показывает, что наиболее целесообразна организация поточной линии получения чесальной ленты. Поточная линия получения чесальной ленты позволяет значительно повысить производительность труда в приготовительном цехе прядильного производства, снизить стоимость обработки смеси (примерно на 25...30 %), увеличить выход продукта.

Волокна в чесальной ленте еще недостаточно распрямлены и непараллельны, поэтому их нужно расправить, выровнять по толщине и получить ленты заданной массы. Для этого чесальные ленты обрабатывают на ленточных и гребнечесальных машинах.

Цель гребнечесания – получение более тонкой, равномерной, прочной и чистой пряжи. При этом отделяются короткие волокна, мушки, растительные примеси. Формирование гребеной ленты происходит за счет распрямления и

параллелизации длинных волокон. Для гребнечесания применяют машины постоянного и периодического действия.

Гребенная лента неравномерна по толщине. Поэтому ее пропускают последовательно три-четыре раза через ленточные машины. Затем ленты поступают на ровничные машины, где формируется ровница. Ленту и ровницу выдерживают в подвале или на складе при повышенной влажности воздуха в течение 8...16 ч, а затем ровницу направляют на прядильные машины.

Аппаратная система прядения

Аппаратная система прядения используется для переработки сравнительно коротких волокон хлопка, шерсти, обратов производства, химических волокон. В хлопкопрядении из короткого хлопкового волокна, обратов производства, химических волокон вырабатывают пряжу линейной плотностью 70...200 текс. В шерстопрядении из коротких шерстяных, химических волокон и обратов производства вырабатывают пряжу линейной плотностью 80...350 текс. Для аппаратной пряжи характерны невысокая ровнота, пушистость и мягкость. Из этой пряжи изготавливают костюмные, пальтовые, мебельные и другие виды тканей, одеяла и др.

В рассматриваемой системе прядения различают следующие основные технологические переходы обработки шерстяных волокон: рыхление и очистка, смешивание, кардочесание и получение ровницы, прядение.

Рыхление и очистку хлопковых и шерстяных волокон в аппаратной системе прядения производят на трепальных, щипальных и обезрепеивающих машинах.

Для удаления цепких растительных примесей (круглого и пильчатого репья) из шерстяных волокон применяют механический и химический способы очистки. В первом случае их обрабатывают на специальных обезрепеивающих машинах. Кроме того, для этой цели на чесальных аппаратах используют отбойные валики и давильные валы. Во втором случае шерстяные волокна пропитывают слабым раствором серной кислоты, отжимают и высушивают в специальных сушильных машинах. Такой способ очистки шерсти называют карбонизацией. Химическая очистка шерстяных волокон производится на предприятиях их первичной обработки.

Смешивание шерстяных и химических штапельных волокон производят на специальных смесовых машинах до кардочесания, так как ровница, вырабатываемая на чесальных аппаратах, непосредственно поступает на прядильные машины. Кардочесание в аппаратной системе прядения осуществляют на двух- или трехпрочесных аппаратах, в состав которых входят: самовес, предварительный прочесыватель, две или три последовательно установленные наличные чесальные машины, транспортеры, которые передают волокнистый материал с одной машины на другую, и ровничная каретка. Автоматизированная поточная линия для производства аппаратной ровницы состоит из щипальных и смесовой машин, механизированных расходных лабазов, автоматических питателей-самовесов и чесальных аппаратов.

Применение поточной линии позволяет снизить потери волокна, увеличить выход ровницы и пряжи из смеси, улучшить качество продукции и условия

труда рабочих, повысить в 2...3 раза производительность труда на участке смешивания и чесания волокнистого материала.

Прядения льняного волокна

Для изготовления пряжи используют трепаный лен, короткое льняное волокно и различные химические волокна.

Совокупность процессов и машин, используемых для формирования пряжи из трепаного льна, называют гребенной системой прядения. Совокупность технологических процессов и машин, используемых при производстве очесной пряжи из короткого льняного волокна, составляет кардную систему прядения. Эта система прядения включает такие технологические переходы, как чесание волокон на валичных чесальных машинах (получение чесаной ленты), сложение и вытягивание лент на ленточных машинах (получение тонкой ленты), вытягивание нитей на ровничных машинах (получение ровницы) и прядение (получение пряжи).

В гребенной системе прядения трепаный лен проходит чесальные операции (получение чесаного льна), раскладочные, сложение и вытягивание на нескольких ленточных машинах (получение лент), ровничные (получение ровницы), прядильные (формирование льняной пряжи). В этой системе для изготовления пряжи применяют прядильные машины сухого и мокрого прядения в зависимости от того, смачивается ровница перед поступлением в вытяжной прибор или нет.

В мокром прядении ровничные нити перед вытягиванием смачивают водой, нагретой паром до 45...75 °C или же водой со смачивателем, нагретой до 25...30 °C. При этом пектиновые вещества в волокне размягчаются, а отдельные элементарные волокна или небольшие группы их (комплексы) могут перемещаться относительно друг друга при вытягивании в вытяжном приборе. В результате представляется возможность вырабатывать более гладкую и тонкую пряжу. При сухом прядении сухие ровничные нити сразу поступают в вытяжной прибор, а на кольцепрядильных машинах из них вырабатывают ворсистую и толстую пряжу. Все прядомые отходы льняного производства перерабатывают в аппаратной системе прядения.

Лекция 2. Анализ технологических процессов получения комбинированных нитей аэродинамическими способами формирования

1. Цель и сущность процесса формирования комбинированных нитей аэродинамическими способами.

2. Анализ технологических схем.

3. Пневматические формирующие устройства.

4. Сравнение основных свойств пряжи различных способов прядения.

1 Цель и сущность процесса формирования комбинированных нитей аэродинамическими способами

Цель – повышение производительности прядильного оборудования за счет уменьшения инерционности крутильных механизмов и разделения процессов кручения и наматывания.

Все известные способы прядения, в которых применяются воздушные потоки, можно разделить на 4 группы:

- 1) пневмомеханические способы, в которых подача и транспортировка волокна осуществляется пневматически, а скручивание – механически; выделяют камерный и бескамерный пневмомеханические способы;
- 2) аэромеханический (воздушно-вихремеханический) способ, в котором кручение осуществляется совместно как с помощью воздушного вихря, так и механическим крутильным устройством типа выюрка;
- 3) аэродинамический способ формирования пряжи в стационарном вихре (аэростатический способ);
- 4) аэродинамические (пневматические, воздушно-вихревые) способы формирования пряжи с использованием пневмофорсунок.

2 Анализ технологических схем

Бескамерный пневмомеханический способ

В последнее время развивается бескамерный способ формирования пряжи. При бескамерном способе пряжа получает крутку, вращаясь вокруг своей оси, благодаря контакту наружной поверхности пряжи с вращающимися поверхностями рабочих органов машины. Это позволяет избежать высокой частоты вращения рабочих органов и больших центробежных сил. По сравнению с камерным пневмомеханическим способом прядения скорости рабочих органов уменьшаются в 125-250 раз. Этот способ является более экономичным по энергетическим затратам.

Фирма Fehrer (Австрия) выпускает бескамерные пневмомеханические прядильные машины модели DREF-2 и DREF-3, предназначенные для прядения шерстяных, лубяных и химических волокон и смесей этих волокон различной линейной плотности и длины от 30 до 150 мм.

Для производства пряжи из хлопковых и химических волокон и их смесей используется бескамерный способ ПСЛ (Англия).

На рисунке 2.1 приведена технологическая схема прядильной машины бескамерного пневмомеханического способа прядения. Чесальная лента 1 с помощью питающего цилиндра 3 извлекается из таза и подается через уплотнитель 2 к дискретизирующему валику 4. Дискретный поток волокон 6 снимается с гарнитуры валика 4 воздушным потоком и направляется в зону формирования конфузором 5 специальной формы. На машинах типа DREF дискретный поток волокон подается в зону формирования под прямым углом, а на машинах ПСЛ – под углом 30 – 40°. Разъединенные волокна поступают в зону между двумя перфорированными барабанами 8, имеющими внутри секторы отсоса воздуха. Волокна, располагаясь вдоль образующих барабанов, присуживаются к концу пряжи 7 и скручиваются вращающимися барабанами. Для повышения крутки пряжа перед оттяжными валиками 9 дополнительно подкручивается парой бесконечных ремней, затем проходит через нитераскладчик 10 и с помощью мотального валика 11 наматывается на паковку 12 массой до 4 кг. Процесс прядения не предъявляет жестких требований в отношении засоренности и длины волокна.

По внешнему виду пряжа близка к аппаратной. Пряжа может использоваться для выработки технических тканей, защитной и рабочей спецодежды, декоративных, ковровых и мебельных тканей.

Для получения армированной пряжи к выходящей из вытяжного прибора мычке подают волокна, выходящие из второго вытяжного прибора, расположенного над барабанами. Волокна покрывают проходящую вдоль барабанчиков мычку и обкручивают ее. Вместе с мычкой могут подаваться комплексные, текстурированные или металлические нити. Получаемая армированная пряжа имеет на поверхности волокна, которые полностью закрывают ее сердечник.

На машине DREF-3 реализована комбинированная технология получения армированной пряжи. Стержневой компонент Т=10 текс вырабатывается из полиэфирных волокон на пневматической прядильной машине фирмы Murata и используется для получения пряжи с оплеткой из хлопковых волокон на прядильной машине модели DREF-3. На машинах типа DREF можно вырабатывать пряжу с фасонным эффектом.

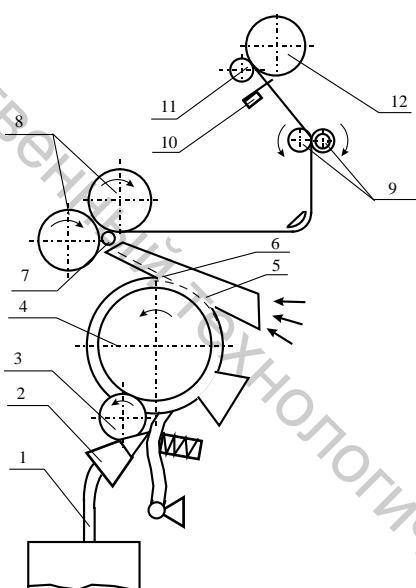


Рисунок 2.1 – Схема бескамерной прядильной машины ПСЛ

Однако отмечается повышенная жесткость пряжи и полученных из нее сурьовых тканей. Пряжа неоднородна по структуре и имеет относительно низкую прочность. Кроме того, отмечается недостаточная долговременная стабильность процесса. Поэтому данная технология приобрела определенное значение только для выработки относительно грубых пряж и фасонных крученых нитей.

Аэродинамический способ формирования пряжи в стационарном вихре

Аэростатический способ реализован на машинах типа PF, которые выпускает фирма Wifama (Польша). Прядильная машина PF-1 предназначена для выработки пряжи из натуральных и химических волокон длиной до 50 мм. В неподвижной прядильной камере этой машины происходит процесс формирования пряжи не по винтовой траектории, а по поперечному кругу. Преграда, необхо-

димая для удержания волокнистого кольца на определенной высоте, образуется за счет встречного движения винтовых воздушных потоков. Такой способ получил название стационарного витания волокон или стационарного вихря.

Прядильная камера выполнена в виде трубы, в которую через тангенциаль- но расположенные каналы 1 (рис. 2.2) подается сжатый воздух, а через тангенциальный канал 2 – дискретный поток волокон. Встреча в некоторой точке восходящего и нисходящего воздушных потоков образует зону, в которой практически отсутствует осевое движение воздуха. Там и находится вращающийся волокнистый диск 3, волокна из которого переходят в пряжу 4.

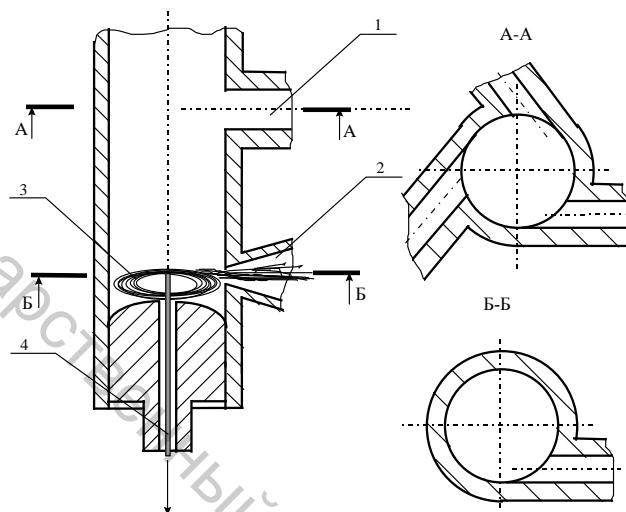


Рисунок 2.2 – Пневматическое прядильное устройство машины РF-1

На стационарность процесса оказывают значительное влияние аэродинами- ческие и инерционные характеристики составляющих волокнистого потока. Поскольку различные по скорости витания частицы волокон и сор занимают разные уровни, формирование компактной мычки возможно только из однородного материала.

Производительность одного прядильного места машины РF-1 в 10 раз выше производительности одного веретена кольцевой прядильной машины. Пряжа по своей структуре и свойствам близка к пряже с пневмомеханических прядиль- ных машин, хорошо перерабатывается на последующих переходах, полученные из нее изделия имеют хороший товарный вид. Пряжа с машины РF-1 имеет на 40 % меньшую неровноту по линейной плотности, на 15 % меньшую неровноту по крутке, на 12 % меньшую неровноту по прочности, чем пряжа кольцевого способа прядения, однако она имеет на 25 % меньшую прочность и удлинение.

Там же разработано прядильное устройство для получения многокомпо- нентной пряжи. Устройство содержит неподвижную цилиндрическую камеру 1 (рис. 2.3), один конец которой закрыт насадкой 2 с каналом 3 для отвода фор- мируемой пряжи 4, а другой – открыт и связан с источником разряжения воз- духа. В середине внутренней полости камеры установлена перегородка 5 с цен- тральным отверстием 6. В верхней полости размещаются тангенциальные кана- лы 7 для подвода воздуха и канал 8 для подачи разъединенных волокон.

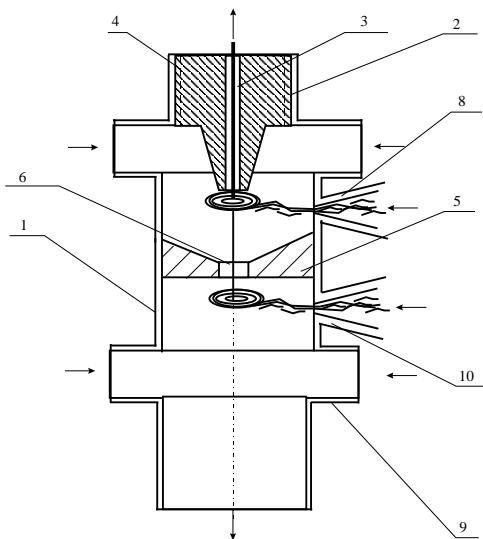


Рисунок 2.3 – Пневматическое прядильное устройство (Instytut Wlokiennictwa)

В нижней полости размещены тангенциальные каналы 9 для подвода воздуха и канал 10 для подачи разъединенных волокон. Для начала процесса прядения конец пряжи вводится внутрь камеры 1 в нижнюю полость, в которой предварительно создается разряжение воздуха, а затем начинается подача волокон в обе полости камеры. Под действием врачающихся воздушных потоков формируются врачающиеся волокнистые кольца и осуществляется вращение введенного конца пряжи, с которым соединяются волокна. Устройство позволяет вырабатывать многокомпонентную и армированную пряжу. В случае использования в качестве стержневой составляющей нитей их подачу можно производить через один из каналов 7 или 9, либо через специально выполненное отверстие в стенке камеры.

Несмотря на большое количество разработок, описанный способ не получил широкого практического внедрения. Это объясняется специфическими требованиями к свойствам используемого сырья и слабой проработкой ряда вопросов, связанных с формированием пряжи описанным способом.

Аэродинамические способы формирования пряжи с использованием пневмофорсунок

Способ Rotofill. Способ получения комбинированной “фасцированной” пряжи был разработан в США фирмой Du Pont. Он относится к физико-механическим способам непрерывного прядения, здесь используется механизм ложного кручения 1 (рис. 2.4), в котором стержневая нить 2 соединяется с обкруточной нитью 3 и при этом происходит эффект самоскручивания. Применяемая технология формирования пряжи состоит из следующих операций:

- вытягивание питающего продукта,
- транспортировка вытянутого полуфабриката в зону кручения,
- сообщение ложного кручения стержневой составляющей,

- соединение стержневой составляющей с обкруточной,
- формирование пряжи (преобразование ложной крутки в действительную),
- наматывание.

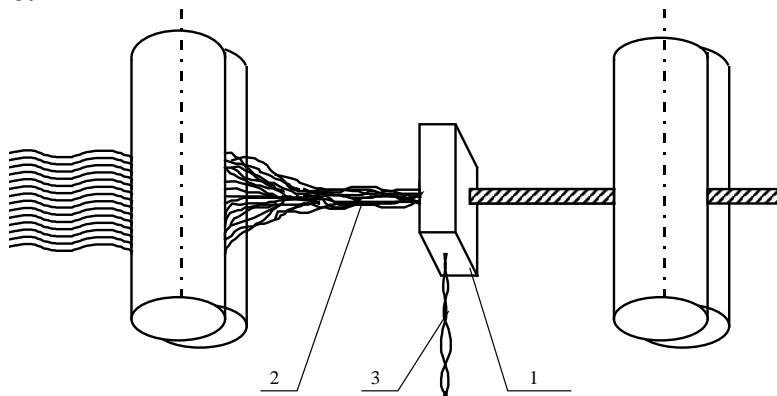


Рисунок 2.4 – Схема получения пряжи способом Rotofill

Получаемая пряжа имеет действительную крутку и состоит из сердечника в виде параллельных штапельных волокон и нитей крученой пряжи, обвивающих этот сердечник, которые могут иметь любой угол кручения 10 – 80 градусов. Фасцированная пряжа чище, менее ворсиста, более блестяще, чем пряжа с кольцепрядильных машин.

Недостатком данного способа является трудность его освоения, для качественного формирования пряжи требуется наличие довольно сложных устройств с высокой точностью изготовления.

Способ MJS

Аэродинамический способ прядения, при котором формирование пряжи происходит при прохождении волокнистой мычки через специальные пневматические форсунки, реализован на односторонней пневматической прядильной машине 801-MJS фирмы Murata (Япония), предназначеннной для получения пряжи линейной плотности 7,4-25 текс из полиэфирных волокон или их смеси с хлопковыми волокнами при длине волокна, не превышающей 76 мм.

Лента 1 из таза (рис. 2.5) подается в трехцилиндровый двухремешковый прибор сверхвысокой вытяжки 2, в котором образуется непрерывная мычка, направляющаяся в аэродинамический крутильный механизм. Формирование и кручение пряжи осуществляется двумя аэродинамическими крутильными устройствами (пневмовьюрками) 3 и 4 с тангенциальными воздушными каналами и баллоноограничительными кольцами. Формирование пряжи осуществляется при прохождении потока волокон через эти пневмовьюрки, вихревые воздушные потоки которых врачаются в противоположных направлениях. Если давление воздуха во второй форсунке выше, чем в первой, то выходящая из вытяжного прибора мычка получает крутку, направление которой совпадает с направлением воздушного потока во второй форсунке. Поскольку направление воздушного потока в обеих форсунках разное, между форсунками возникает баллон пряжи. При обработке волокнистой мычки в первой форсунке от нее отделяется некоторое количество свободных волокон. Эти волокна обкручиваются вокруг сердечника при прохождении пряжи через вторую форсунку. После

выхода из второй форсунки сердечник пряжи теряет крутку, а прочность пряжи обеспечивается за счет обвивания его обвивочными волокнами. Прочность пряжи определяется соотношением круток, получаемых пряжей в обеих форсунках. Пряжа отводится валиком 5 и проходит через электронный нитеочиститель 6, затем наматывается на бобину 7, достаточно большой диаметр которой резко сокращает затраты на съем.

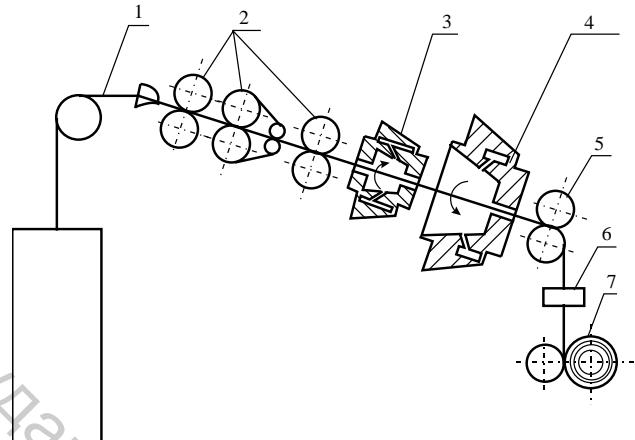


Рисунок 2.5 – Схема пневматической прядильной машины MJS

На машине MJS легче перерабатывать короткие волокна, так как они лучше разъединяются. Наилучшие результаты получены при выработке из полиэфирных волокон и их смеси с хлопком (65/35) пряжи средней и малой линейной плотности (10-15 текс).

Машина MJS по основным технико-экономическим показателям превосходит существующие пневмомеханические прядильные машины. Скорость выпуска пряжи на машине MJS достигает 250-300 м/мин.

Пряжа с машины MJS отличается от кольцевой, по внешнему виду напоминает крученную в несколько сложений. Разрывная нагрузка пряжи на 10-20 % меньше, чем пряжи кольцевого способа. Пряжа с машин MJS имеет меньшую ворсистость и меньшую неровноту, чем кольцевая. Крутка значительно выше, что обуславливает значительную жесткость этой пряжи.

Ткани из пряжи с машины MJS более равномерны, имеют лучший внешний вид, хотя и более жесткие на ощупь, чем ткани из пряжи с кольцевых прядильных машин.

Описанный способ требует повышенного качества ленты и точного поддержания температурно-влажностных условий. Кроме того, способ не позволяет произвольно варьировать крутку пряжи. В настоящее время коммерческое применение указанного способа ограничивается смесями хлопка и полиэфира.

Самокруточный способ прядения

Самокруточный способ прядения был предложен в 1962 году австралийским инженером D.Henshaw. В этом способе использован эффект ложного разнонаправленного кручения двух соседних волокнистых прядей при выходе из аэродинамического крутильного механизма.

На самокруточной прядильной машине ПСК-225-ШГ предложен способ формирования пряжи при помощи аэродинамического крутильного устройства (АКУ). Применение АКУ обеспечивает хорошую управляемость процессом, простоту в изготовлении и наладке машины, невысокую стоимость. Питание осуществляется ровницей, которая затем вытягивается однозонным трехцилиндровым двухремешковым вытяжным прибором. Крутильный механизм предназначен для циклического кручения стренг и формирования самокруточной пряжи при помощи реверсивных воздушных вихрей в аэродинамическом крутильном устройстве (АКУ). Блок АКУ состоит из двух эжекторов 1 (рис. 2.6), которые предназначены для заправки нитей в центральные каналы крутильных камер; рабочих крутильных камер 2, которые служат для сообщения стренгам 3 знакопеременной ложной крутки с помощью тангенциальных воздушных потоков; соединительной крутильной камеры 4.

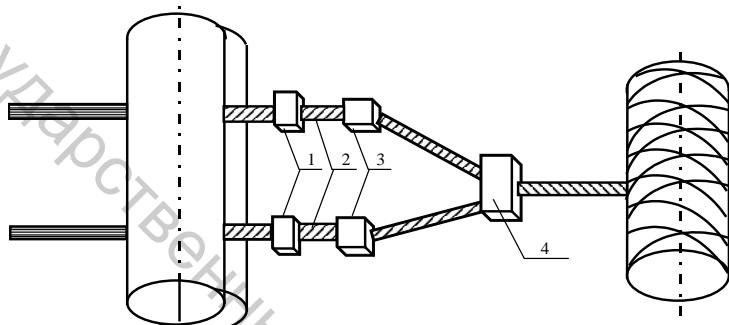


Рисунок 2.6 – Схема процесса получения пряжи самокруточным способом

Дополнительная подкрутка самокруточной пряжи на крутильных машинах способствует снижению величины крутки при докручивании.

Внедрение самокруточного способа прядения обеспечивает значительный экономический эффект, который определяется значительным повышением производительности оборудования, снижением удельных энергозатрат и другими факторами.

Пряжа, выработанная по самокруточному способу, имеет более высокое разрывное удлинение, повышенную сопротивляемость к свойлачиванию, а ее разрывная нагрузка, равномерность и устойчивость кстирианию равноценны пряже с кольцепрядильной машиной. Однако такая пряжа имеет характерную периодичность по ряду свойств (крутке, прочности и др.), что приводит к появлению в изделиях зебристости и муарового эффекта. Не всегда самокруточную пряжу можно перерабатывать в ткань или трикотаж, ее докручивают на крутильной машине.

3 Пневматические формирующие устройства

В настоящее время ряд фирм, в том числе фирмы Японии, ФРГ и некоторых других стран, разрабатывают пневматические прядильные устройства, формирование пряжи в которых осуществляется с использованием пневматических форсунок.

Прядильное устройство фирмы Sussen (ФРГ) содержит пневматический механизм ложного кручения и вытяжной прибор с выпускной парой 1 и 2 (рис.

2.7). Механизм ложного кручения имеет одну или несколько пневмофорсунок 3 и 4, а также узел пневмоотсоса, который входит в клиновидное пространство, образованное цилиндром 1 и валиком 2 вытяжного прибора, охватывая при этом часть поверхности цилиндра и валика. Воздушный канал 5 узла пневмоотсоса ориентирован почти перпендикулярно плоскости, проходящей через оси цилиндра 1 и валика 2. Линия, продолжающая ось канала 5, пересекает линию, соединяющую центры цилиндра 1 и валика 2, на расстоянии a от линии их контакта. При этом точка пересечения смещена к центру цилиндра 1, имеющего больший диаметр. Величина отрезка a составляет 0,5 – 1,5 мм. Входное отверстие канала 5 смещено относительно его оси.

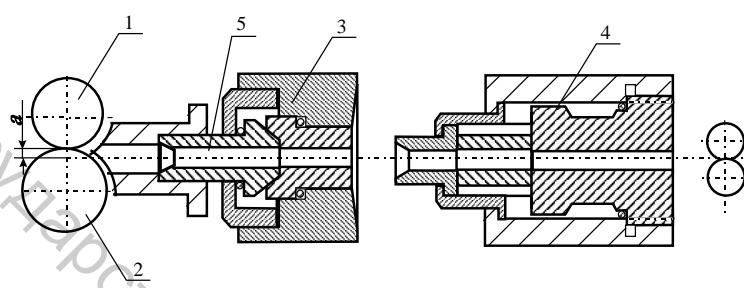


Рисунок 2.7 – Пневматическое прядильное устройство фирмы Sussen

Фирма Toyoda (Япония) предложила двухстороннюю пневматическую прядильную машину с вертикальной линией заправки. В нижней части машины имеет ниши, в которой размещаются тазы с питающей лентой. Из тазов лента практически вертикально, не изменяя направления движения, подается к питающей паре вытяжного прибора, расположенного с небольшим отклонением от вертикали. В плотную к выпускной паре вытяжного прибора установлены всасывающие отверстия форсунок, в которых создается вращающийся воздушный поток, сообщающий волокнистой мычке крутку. Такая компоновка машины исключает необходимость в направляющих элементах на пути движения ленты и снижает возможность возникновения неконтролируемой вытяжки. Кроме того, при выбросе части волокон вместе с воздушным потоком из форсунок волокна под действием силы тяжести оседают на внешней поверхности форсунок, откуда легко удаляются, не попадая на формируемую пряжу.

Фирма Тоэ босэки (Япония) предложила пневматическое прядильное устройство для получения армированной пряжи. Устройство содержит вытяжной прибор 1 (рис. 2.8), в который подается лента 2 из акриловых волокон. Полученная волокнистая ленточка выпускной парой направляется в пневматическую форсунку 3, в которой создается вращающийся поток воздуха.

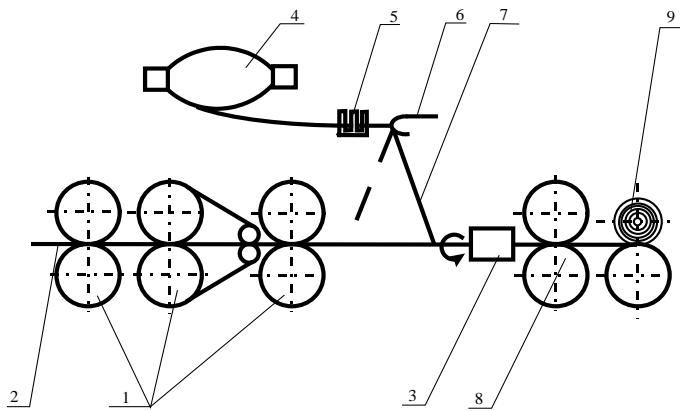


Рисунок 2.8 – Пневматическое прядильное устройство фирмы Тоебосжи

К скручиваемой ленточке с паковки 4 через натяжитель 5 и нитепроводник 6 подается комплексная полиамидная нить 7. В результате изменяющегося соотношения между натяжением ленточки и нити осуществляется постоянное смещение точки их соединения вдоль оси ленточки. Благодаря этому в формируемой пряже образуются участки, на которых нить 7 обматывается вокруг стержня в одном направлении, и участки, на которых нить обматывается в обратном направлении. Размеры участков определяются свойствами оплеточной нити и круткой, сообщающей в процессе обработки ложным кручением. Нить отводится парой 8 и наматывается на паковку 9. Скорость выпуска пряжи составляет 150 м/мин.

Фирма Toyoda разработала конструкцию пневмофорсунки, которая предотвращает образование застойных зон и засорение сорными примесями, содержащимися в волокнистом материале. Форсунка 1 (рис. 2.9) со стороны выпускной пары 2 вытяжного прибора имеет коническое входное отверстие 3, которое оканчивается каналом 4 малого диаметра. Форсунка устанавливается так, чтобы волокнистая ленточка 5, подаваемая парой 2, касалась во время своего перемещения через канал 4 его нижней поверхности. Со стороны выхода ленточки к каналу 4 примыкает полость 6 большого диаметра, в которую через отверстия 7, расположенные под заданным углом относительно оси, подается сжатый воздух, формирующий вращающий поток. Для улучшения условий всасывания ленточки и предотвращения наматывания волокон на цилиндр и валик необходимо быстро отводить отработавший воздух из полости 6. Для этого в четырех точках по периметру расположены прямоугольные окна 8, наклоненные под заданным углом относительно оси, через которые часть воздуха отводится в каналы 9 наружу.

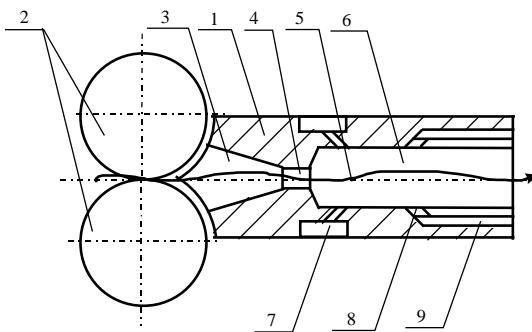


Рисунок 2.9 – Пневматическое прядильное устройство фирмы Toyoda

4 Сравнение основных свойства пряжи различных способов прядения

Традиционный кольцевой способ прядения все еще сохраняет господствующее положение в производстве пряжи для ниток, ткацкого и трикотажного производства, однако непрерывное совершенствование новых способов прядения, разработка сокращенных технологий открывают новые перспективы в этих областях, позволяя увеличить объем, расширить ассортимент и улучшить качество продукции.

В связи с этим рядом исследователей ставилась задача сравнить пряжу различных способов прядения по физико-механическим показателям, а также по требованиям, предъявляемым к исходному сырью.

В связи с тем, что скорость выпуска пряжи на безверетенных прядильных машинах существенно выше, чем на кольцевых, наличие в перерабатываемой ленте волокон с пороками и повреждениями значительно сильнее влияет на протекание процесса прядения на этих машинах. При переработке таких волокон на камерных пневмомеханических прядильных машинах резко возрастает обрывность пряжи, а качество ее снижается. В пряже появляется муаровый эффект. При переработке таких волокон происходит накопление примесей в зоне дискретизации питающей ленты, а также в желобе прядильной камеры.

Для обеспечения стабильности процесса прядения с достаточной разрывной нагрузкой на камерных и бескамерных пневмомеханических прядильных машинах количество волокон в поперечном сечении этой пряжи должно быть на 15-25 % выше, чем у пряжи кольцевого способа прядения. При выработке пневмомеханическим способом пряжи малой линейной плотности необходимо использовать волокна меньшей линейной плотности, чем используемые в настоящее время. В США для смешивания с хлопковыми волокнами используются полимерные волокна линейной плотности 0,13 текс и меньше. Кроме того, для получения пряжи пневмомеханическим способом прядения из чистого хлопка необходимо использовать волокна, обладающие определенным комплексом свойств. Волокно должно быть тонким, прочным, не слишком длинным, но зрелым.

При получении бескамерным пневмомеханическим и пневматическим способами свойства волокон используются в пряже хуже, чем при ее получении кольцевым и камерным пневмомеханическим способами. В связи с этим для получения пряжи этими способами необходимо использовать волокна более

высокого качества. Следует отметить, что свойства пряжи бескамерного способа прядения в меньшей степени зависят от свойств волокон, чем пряжи пневматического способа прядения.

Результаты испытания пряжи, полученной из наиболее грубого волокна, показывают, что наибольшую разрывную нагрузку имела пряжа кольцевого способа прядения. Менее прочной оказалась пряжа пневмомеханического камерного способа, а затем бескамерного способа прядения. Наибольшее удлинение имела пряжа пневмомеханического бескамерного способа. Неровнота пряжи всех способов, полученных из грубого волокна, была на одном уровне. Однако пряжа кольцевого способа прядения содержала наибольшее количество узелков и утолщений и наименьшее количество утонений.

Сравнение пряжи различных способов прядения, полученной из более тонкого волокна, показывает, что разрывная нагрузка пряжи пневматического способа прядения составила 65 % разрывной нагрузки пряжи кольцевого способа. При этом пряжа пневматического способа вырабатывалась из волокна более высокого качества. Разрывная нагрузка пряжи обоих пневмомеханических способов составила около 75 % разрывной нагрузки пряжи кольцевого способа прядения. Разрывное удлинение пряжи кольцевого и пневмомеханических способов прядения было примерно одинаковым. Пряжа пневматического способа имела существенно более низкое разрывное удлинение, что объясняется специфичностью ее структуры.

Пряжа пневматического способа прядения имела самую низкую неровноту по линейной плотности, а пряжа кольцевого способа – самую высокую. Наибольшее количество утонений имела пряжа бескамерного пневмомеханического способа прядения, что является одной из причин пониженной разрывной нагрузки этой пряжи. Низкая неровнота, а также низкое содержание узелков, утолщений и утонений в пряже пневматического способа прядения объясняется высоким качеством ленты, необходимым для успешной переработки ее на пневматической прядильной машине. В связи с этим делается вывод о том, что вызывает сомнение относительно экономической целесообразности получения пряжи на пневматической прядильной машине типа MJS.

Однако приводятся сведения о том, что существуют такие области применения пряжи пневматического способа прядения, где ее свойства оказывают положительное влияние на процесс ее дальнейшей переработки. На крупной фабрике США, выпускающей ткани для постельного белья, использование пряжи пневматического способа прядения снизило обрывность основы в ткачестве на 23 % на станках всех типов по сравнению с пряжей кольцевого способа прядения, несмотря на меньшую прочность. Такое снижение обрывности можно объяснить лучшей равномерностью пряжи пневматического способа прядения. Снижается обрывность уточных нитей на пневматических ткацких станках, но увеличивается на станках с микрочелноками. Поэтому в настоящее время 90 % пневматического прядильного оборудования США используется для выработки основной и уточной пряжи только для пневматических ткацких станков.

Лекция 3. Технология изготовления комбинированных нитей аэродинамическим способом

1. Структура многокомпонентной комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования.
2. Характеристика используемого сырья.
3. Анализ технологической схемы прядильной машины для получения многокомпонентной пряжи аэродинамическим способом.
4. Описание конструкции и принципа работы аэродинамического устройства для получения многокомпонентной комбинированной пряжи.

1 Структура многокомпонентной комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования

Одной из особенностей комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования является ее структура. Структура пряжи определяет ее физико-механические и эксплуатационные свойства. Структура комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования, представленная на рисунке 3.1, значительно отличается от структуры нитей кольцевого способа прядения. Выделяют следующие особенности пряжи:

- наличие стержневой нити 1, в качестве которой используется комплексная химическая нить;
- образование вокруг стержневой нити волокнистого покрытия 2;
- отсутствие крутки, связывающей волокна покрытия со стержневой нитью;
- возникновение по всей длине пряжи пневмоперепутанных мест 3 (так называемых «ложных узлов»), в которых происходит взаимная фиксация волокон и элементарных нитей, составляющих структуру комбинированной пряжи;
- образование разъединенными волокнами покрытия в промежутках между ложными узлами участков 4, создающих объемность и пушистость нитей.

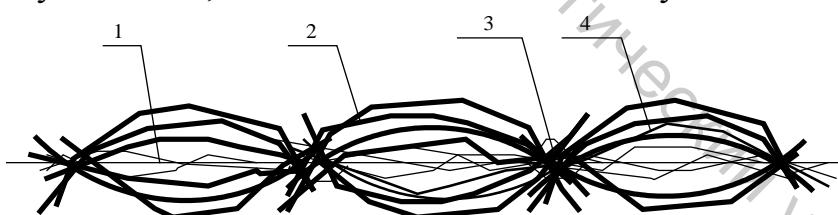


Рисунок 3.1 – Структура комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования

Новая структура определяет хорошие физико-механические и эксплуатационные свойства комбинированной пряжи. Наличие сердечника определяет высокие разрывные и деформационные характеристики пряжи. Комплексная химическая нить, применяемая в качестве сердечника, может выбираться в зависимости от требований к изделию. Волокна покрытия придают пряже высокие потребительские свойства, высокую теплоизоляционную способность, пушистость. Большая объемность пряжи новой структуры позволяет снизить материалоемкость изделий из нее.

Возможность управлять свойствами нити, изменяя состав покрытия и комплексную химическую нить сердечника, позволяет перерабатывать комбинированные нити в широкий ассортимент текстильных изделий. Разрабатываемая технология позволяет получать 2-, 3-компонентные пряжи с самым разнообразным сочетанием входящих в нее компонентов. Объединение различных по характеру волокон придает пряже особые, специфические свойства, что позволяет значительно расширить область их применения.

2 Характеристика используемого сырья

Сырье для выработки пряжи выбирается с учетом ее назначения, системы и способа прядения. Свойства сырья во многом определяют устойчивость технологического процесса, которая характеризуется уровнем обрывности на прядильной машине. В себестоимости пряжи стоимость сырья составляет 75 – 85 %. Следовательно, правильный выбор сырья имеет не только технологическое, но и экономическое значение.

Одним из достоинств аэродинамического способа формирования комбинированной пряжи является то, что он позволяет получать пряжу с самым разнообразным сочетанием компонентов практически без каких-либо затрат времени и материальных средств для изменения ассортимента выпускаемой пряжи. При этом возможно получать необычные сочетания натуральных и химических волокон, входящих в состав пряжи, придающие изделиям из нее новые свойства.

Важно отметить, что сочетание традиционно белорусского сырья, льняного волокна с другими натуральными и химическими волокнами позволяет значительно расширить область его применения.

Аэродинамический способ формирования позволяет получать следующий ассортимент льносодержащей многокомпонентной комбинированной пряжи:

хлопкольняная комбинированная пряжа с содержанием компонентов:

- льняное волокно – 55 – 70 %;
- хлопковое волокно – 10 – 25 %;
- комплексная химическая нить (полиэфирная, полиамидная, вискозная) – 10 – 25 %;

льнополушерстяная комбинированная пряжа с содержанием компонентов:

- льняное волокно – 20 – 60 %;
- нитроновое волокно – 20 – 45 %;
- шерстяное волокно – 10 – 25 %;
- комплексная химическая нить – 10 – 25 %;

льонитроновая комбинированная пряжа с содержанием компонентов:

- льняное волокно – 15 – 80 %;
- нитроновое волокно – 10 – 70 %;
- комплексная химическая нить – 10 – 25 %.

Таким образом, при получении многокомпонентной пряжи аэродинамическим способом формирования используются материалы, полученные по самым разнообразным технологическим цепочкам. Применяемые при этом волокна значительно отличаются по длине, линейной плотности, фрикционным и аэро-

динамическим свойствам. Поэтому при выборе основных технологических параметров процесса и конструктивных параметров аэродинамического устройства и вытяжного прибора необходимо определить влияние указанных свойств на протекание процесса формирования.

При получении многокомпонентной пряжи использовались также металлизированные (разрезные полуметаллические) нити. Такие нити изготавливают разрезанием алюминиевой фольги, дублированной с двух сторон полиэтилентерефталатовой пленкой (нити алюнит), или разрезанием предварительно металлизированной полимерной пленки, дублированной с такой же неметаллизированной пленкой. Разрезные полуметаллические нити известны за рубежом под наименованиями люрекс, ламе, метлон.

Ассортимент металлизированных нитей чрезвычайно широк. Их выпускают различного цвета, для чего применяют анодирование алюминиевой фольги или окраску пленки и добавления красителя в клей. Иногда разрезные нити соединяют с полиамидными, вискозными и др. При этом металлизированные нити скручивают с неметаллизированными с круткой, величина которой определяется назначением нити. Вид металлизированного компонента оказывает влияние не только на конструктивные параметры устройства и технологические параметры процесса, но и на технологическую схему процесса.

При получении многокомпонентной пряжи аэродинамическим способом в вытяжном приборе осуществляется вытягивание двух и более ровниц различного состава. Это позволяет получать многокомпонентную пряжу без изменения технологической цепочки. Но использование волокон, значительно отличающихся по своим характеристикам, приводит к возникновению неровноты волокнистой мычки на выходе из вытяжного прибора. Поэтому необходимо отметить, что работа вытяжного прибора должна обеспечить не только требуемую вытяжку, но и минимальную неровноту волокнистого продукта по линейной плотности и структуре. Для этого необходимо, чтобы в вытяжном приборе была возможность создавать разнообразные варианты поля сил трения, обеспечивающие наиболее закономерное движение волокон при получении многокомпонентной пряжи произвольного состава.

При анализе различных типов вытяжных приборов применительно к технологии получения многокомпонентной пряжи аэродинамическим способом было установлено, что в большинстве случаев наиболее приемлемым является использование однозонного одноремешкового вытяжного прибора с самогрузными контрольными валиками с кольцевой прядильной машины ПС-100-ЛО для сухого прядения льна.

Схема вытяжного прибора представлена на рисунке 3.2. Ремешок 1 приводится в движение за счет огибания своей внешней стороной ремешкового цилиндра 2 и натягивается самогрузным натяжным валиком 3. Такая конструкция позволяет производить замену ремешка без разбора деталей вытяжного прибора. Над ремешком установлено 7 самогрузных прижимных валиков 4, обеспечивающих контроль за движением.

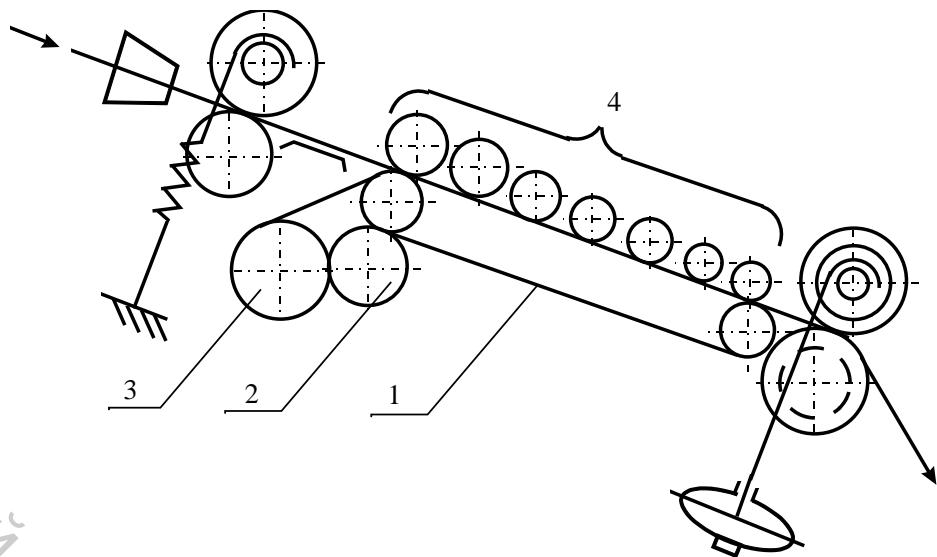


Рисунок 3.2 – Схема вытяжного однозонного прибора с самогрузными валиками

Была разработана технологическая схема прядильной машины, представленная на рисунке 3.3.

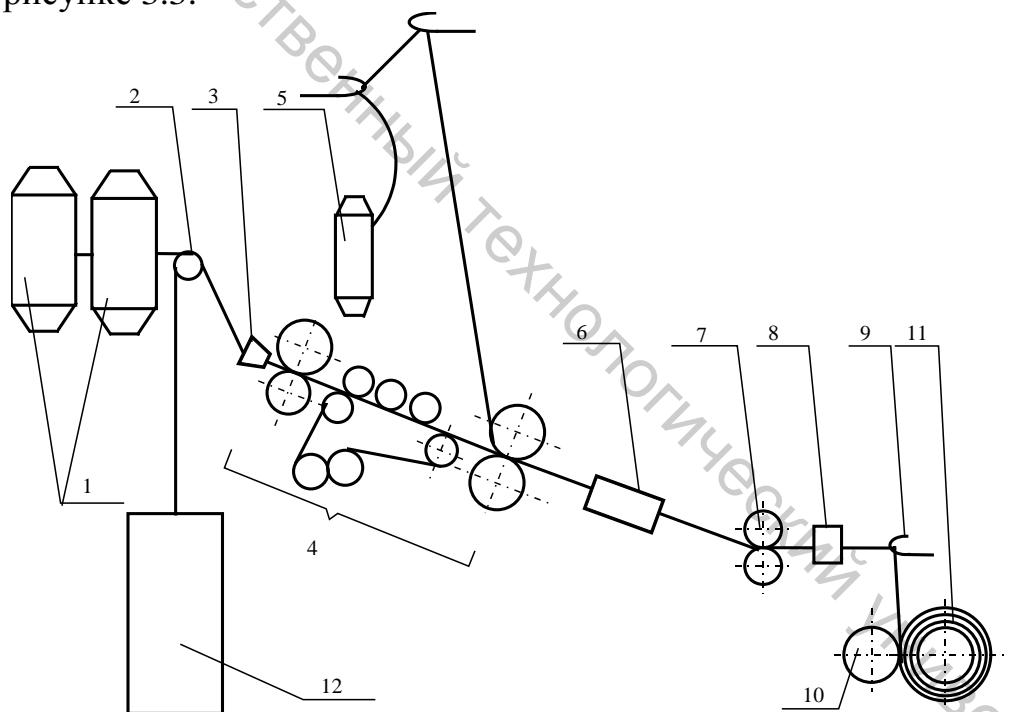


Рисунок 3.3 – Технологическая схема прядильной машины для получения многокомпонентной комбинированной пряжи аэродинамическим способом формирования

С ровничных катушек 1, установленных в питающей рамке, сматывается ровница, огибая пруток 2, и попадает в уплотнительную воронку 3 перед питающей парой вытяжного прибора 4 с самогрузными валиками. Проходя через вытяжной прибор ровница утоняется до необходимой линейной плотности. На питающей машине устанавливается бобина 5 с комплексной химической

нитью. Сматываясь с бобины, комплексная химическая нить направляется под переднюю пару вытяжного прибора. Выходящий из вытяжного прибора волокнистый материал поступает в аэродинамическое устройство (АУ) 6 вместе с комплексной химической нитью. В АУ под действием сжатого воздуха происходит формирование комбинированной пряжи. Полученная пряжа проходит пару 7, устройство контроля обрыва нити (УКОН) 8 и компенсатор натяжения 9, поступает к мотальному барабану 10 и наматывается на паковку 11. Выходная паковка представляет собой цилиндрическую бобину крестовой намотки. Масса готовой бобины 1,5-2 кг.

На прядильной машине возможно смешанное питание лентой и ровницами. При этом лента поступает из таза 12 и, огибая пруток 2, вместе с ровницей поступает в вытяжной прибор. Питание прядильной машины лентой позволяет повысить эффективность технологического процесса за счет сокращения ровничного перехода.

При получении комбинированной пряжи аэродинамическим способом скорость подачи компонентов в зону формирования устанавливается несколько большей, чем скорость отвода пряжи. Это связано с тем, что при подаче в АУ волокна и элементарные химические нити располагаются вдоль направления движения продукта, а в ложных узлах – под некоторыми углами относительно друг друга. То есть в процессе формирования происходит некоторое укорочение продукта. Разность скоростей подачи продукта и отвода пряжи оценивается величиной нагона

$$H = \frac{V_1 - V_2}{V_1} 100\%, \quad (3.1)$$

где V_1 – скорость подачи продукта в аэродинамическое устройство,

V_2 – скорость отвода сформированной пряжи парой 7.

Нагон, при котором осуществляется формирование пряжи, является важнейшей характеристикой процесса, которая несмотря на это относительно слабо изучена. Нагон, обеспечивающий формирование комбинированной пряжи, может служить характеристикой качественного пневмоперепутывания при сравнении пряжи одного состава. Это связано с тем, что нагон увеличивается с увеличением количества ложных узлов на единице длины пряжи, которое является одним из показателей качества.

Для стабильного протекания процесса формирования необходимо, чтобы величина нагона была равна изменению длины сформированной пряжи относительно исходного продукта, то есть

$$H = H', \quad (3.2)$$

где

$$H = \frac{V_1 - V_{вых}}{V_1} 100\%,$$

где $V_{вых}$ - скорость выхода пряжи из АУ.

Если нагон установлен неправильно, то возможны следующие явления:

1) при $H < H'$ скорость отвода пряжи выше скорости ее выхода из АУ, то есть пряжа натягивается и обрывается;

2) при $H > H'$ скорость отвода пряжи ниже скорости ее выхода из АУ, на выходе из АУ создается запас пряжи в виде баллона, который в течение времени увеличивается. Для стабильного формирования необходимо, чтобы пряжа выходила из АУ в ненатянутом состоянии. Однако, если баллон, образованный пряжей на выходе из АУ, увеличивается, то некоторая часть сформированной пряжи задерживается в АУ и мешает процессу формирования. Кроме того, нарушается процесс наматывания пряжи, так как в случае значительного увеличения баллона при прохождении пары 7 пряжа колеблется и попадает под пару под некоторым углом, величина которого постоянно изменяется. При этом формируется поковка с мягкой намоткой.

Таким образом, при изучении процесса формирования многокомпонентной комбинированной пряжи необходимо особое внимание уделить изучению факторов, которые оказывают влияние на величину нагона.

Сформированная пряжа после ее отвода из зоны формирования может проходить через пневмовьюрок, в котором под действием закрученной струи происходит обкручивание пряжи волокнами, находящимися на ее поверхности (рис. 3.4). Пневмовьюрок 2 располагается между оттяжной парой 1 и устройством контроля обрыва нити 3.

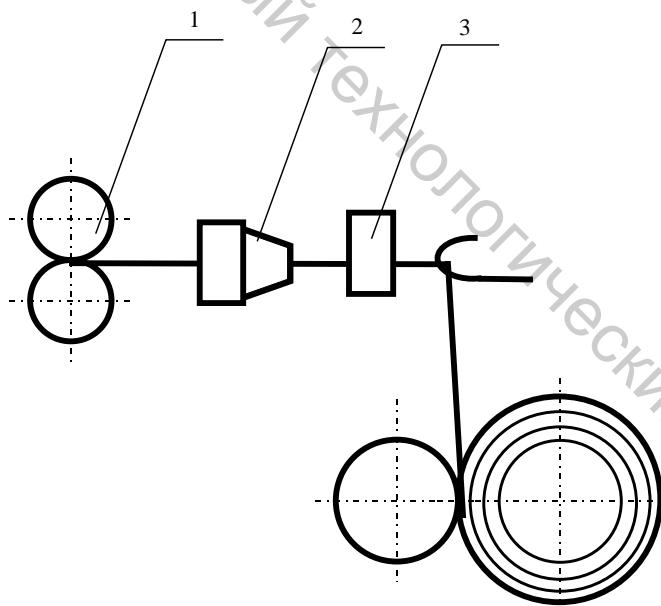


Рисунок 3.4 – Расположение дополнительного пневмовьюрка при получении комбинированной пряжи

Использование пневмовьюрка позволяет снизить ворсистость пряжи, если это необходимо, и несколько повысить разрывную нагрузку полученной пряжи за счет того, что свободные концы волокон обкручиваются вокруг пряжи. Однако при использовании выюрка значительно повышается расход сжатого воздуха, который является важной энергетической характеристикой процесса.

Кроме того, при перемотке пряжи на мотальной машине некоторые волокна, обкручивающие пряжу под действием воздушных потоков во выюрке, в процессе перематывания распрямляются. В связи с этим разрывная нагрузка пряжи несколько снижается.

Как отмечалось выше, в состав многокомпонентной комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования может кроме волокнистого продукта и комплексной химической нити входить металлизированный компонент (люрекс).

Задача разработки новой высокопроизводительной технологии получения комбинированной пряжи с металлизированной нитью актуальна. Традиционная технология, основанная на соединении и совместном скручивании металлических нитей с текстильными на специальной крутильной машине рогульчатого типа, имеет ряд недостатков. Среди них – низкая производительность, отсутствие самоостановов, несовершенство передачи (скольжение в передачах достигает 16 %). Получаемая таким образом пряжа обладает значительной жесткостью, так как величина ее крутки достигает 250 – 300 кр/м.

При получении комбинированной пряжи с металлизированной нитью аэродинамическим способом формирования скорость выпуска достигает 120 м/мин, а отсутствие крутки значительно снижает ее жесткость и требования к качеству передач.

При введении металлизированного компонента в состав комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования в технологическую схему необходимо вносить некоторые изменения, которые определяются видом метанити.

При использовании металлизированной нити, состоящей из одного филамента, на машину устанавливается дополнительная питающая рамка для метанити. Если металлизированный компонент содержит несколько филаментов (металлизированных и неметаллизированных), то качественное формирование комбинированной пряжи достигается и без использования комплексной химической нити, то есть металлизированный компонент выполняет функцию стержневой нити.

Как указывалось выше, натяжение комплексной химической нити оказывает отрицательное влияние на качество сформированной пряжи. Однако в ходе исследований установлено, что при введении в состав пряжи метанити с некоторой круткой необходимо подавать ее в зону формирования под некоторым натяжением. Это связано с тем, что при сматывании такой нити с бобины происходит изменение крутки в зависимости от радиуса паковки. При этом изменяется натяжение нити. Это явление отрицательно сказывается на качестве сформированной пряжи и приводит к образованию на поверхности пряжи петель, образованных металлизированным компонентом. Поэтому при получении такой пряжи металлизированный компонент целесообразно подавать через натяжное устройство.

Лекция 4. Анализ работы аэродинамического устройства для производства комбинированных нитей

1. Конструкция аэродинамического устройства. Назначение его составных частей.

2. Анализ работы аэродинамического устройства.

3. Аэродинамические процессы формирования пряжи аэродинамическим способом.

1 Конструкция аэродинамического устройства

Описание конструкции и принципа работы аэродинамического устройства для получения многокомпонентной комбинированной пряжи

Схема аэродинамического устройства представлено на рисунке 4.1.

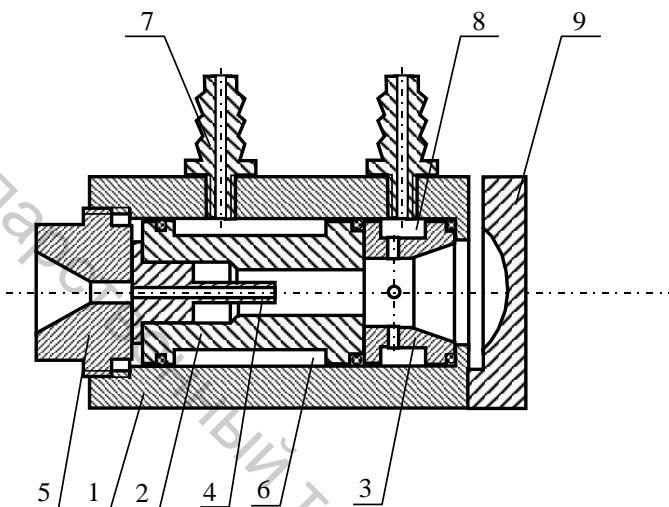


Рисунок 4.1 – Схема аэродинамического устройства для получения комбинированной пряжи аэродинамическим способом формирования

АУ содержит расположенные в корпусе 1 пневмовыюрковую камеру (ПВК) 2 и пневмоперепутывающую камеру (ППК) 3. В ПВК вставлена игла 4, которая прижимается к ней пробкой 5. Ресивер 6 с помощью двух тангенциальных каналов сообщается с ПВК. Сжатый воздух подается в ресивер через штуцер 7 от внешнего источника. При истечении сжатого воздуха из тангенциально расположенных каналов в ППК образуется закрученный вихревой поток. С целью увеличения его скорости ПВК сужается, образуя узкий кольцеобразный зазор между поверхностью иглы и внутренней поверхностью канала. Попадая из кольцевого зазора в канал, сжатый воздух создает условия для пневмозаправки устройства. Разряжение способствует засасыванию волокнистого материала, выходящего из зажима передней пары вытяжного прибора. Захватываемый вихревым потоком, он получает ложную крутку, которая, распространяясь до выпускной пары вытяжного прибора, препятствует продольному смещению волокнистого компонента комбинированной пряжи относительно сердечника. После выхода волокнистого материала из зоны интенсивного действия ПВК его крутка быстро уменьшается до нескольких кручений на метр. В таком состоянии пряжа попадает в ППК. Из ресивера 8 сжатый воздух истекает через радиально расположенные каналы, образуя в ППК мощные турбулентные потоки,

которые разбивают поступающий материал на отдельные волокна и нити с одновременным их перепутыванием и образованием “ложных узлов”. Вместе с потоками воздуха нить выводится из прядильного устройства. Для увеличения турбулентности выходное отверстие камеры перекрывается заслонкой 9.

2 Анализ работы аэродинамического устройства

Можно предположить, что образование ложного узла осуществляется в порядке, представленном на рисунке 4.2. В поступающем в АУ продукте волокна разных компонентов располагаются по винтовым линиям и практически не перепутаны между собой (рис. 4.2 а). При смене направления крутки в ПВК натяжение продукта ослабевает, и волокна перепутываются между собой и с элементарными нитями за счет того, что концы волокон попадают между элементарными нитями. Перепутывание при этом происходит не в локальных точках, а по всей длине продукта. Однако силы сцепления между волокнами и элементарными нитями незначительны (рис. 4.2 б). Под действием воздушных потоков в ППК ложные узлы «затягиваются», то есть усиливается сцепление перепутанных волокон и элементарных нитей. При этом под действием радиальных струй усиливается внедрение волокон между элементарными нитями (рис. 4.2 в).
в).

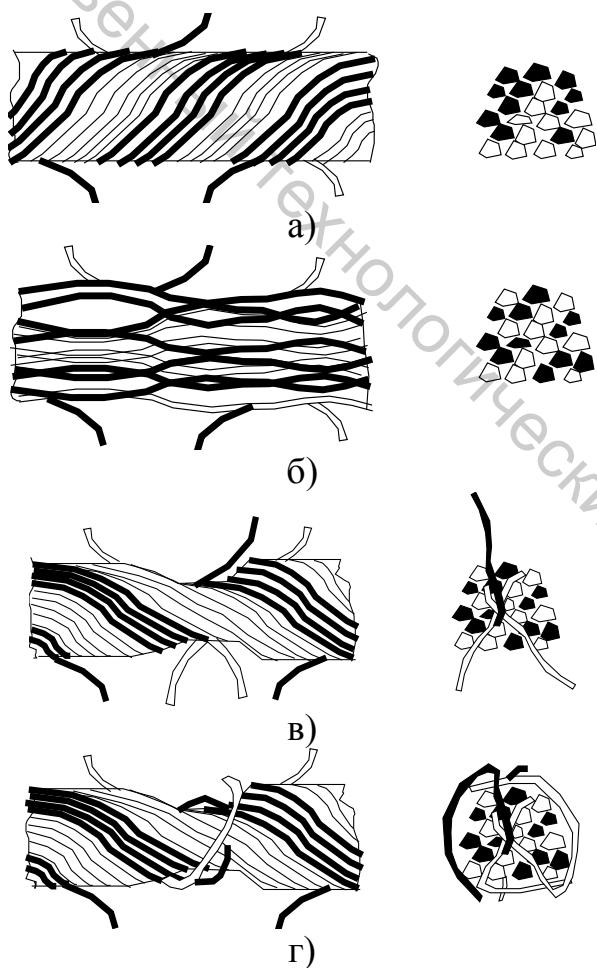


Рисунок 4.2 – Процесс образования ложного узла

После выхода из области действия радиальной струи участок продукта попадает на периферию ППК, где концы волокон, зажатые между элементарными нитями, закручиваются вокруг продукта вихревыми воздушными потоками (рис. 4.2 г). Несмотря на то, что в процессе многолетних исследований не был разработан математический аппарат для определения оптимальных параметров процесса формирования комбинированной пряжи произвольного состава, при экспериментальных исследованиях был выявлен ряд закономерностей, определяющих стабильность протекания процесса формирования комбинированной пряжи аэродинамическим способом.

3 Аэродинамические процессы формирования пряжи аэродинамическим способом

Установлено, что при движении воздушных потоков в ПВК возникают область пониженного давления (внутренняя) и область повышенного давления (внешняя).

Замечено, что возможно три варианта распределения указанных областей в ПВК:

1) область пониженного давления расширяется в направлении движения исходного продукта (рис. 4.3 а);

2) область пониженного давления сужается в направлении движения исходного продукта (рис. 4.3 б);

3) диаметр области пониженного давления постоянный вдоль оси пневмо-перепутывающей камеры (рис. 4.3 в).

Процесс формирования протекает наиболее стablyно в третьем случае.

Мычка, скрученная с комплексной нитью, выходя из иглы, баллонирует в ПВК и ППК, образуя стоячую волну. Установлено, для наилучшего протекания процесса формирования желательно, чтобы в плоскость радиальных каналов попадала пучность стоячей волны.

На качество и внешний вид комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования оказывает значительное влияние величина ложной крутки, которая сообщается исходному продукту закрученным потоком и распространяется от АУ до выпускной пары вытяжного прибора. Экспериментально установлено, что существует оптимальное значение ложной крутки исходного продукта, при котором достигается наилучшее качество вырабатываемой пряжи. Однако полученные экспериментальные и теоретические модели зависимости крутки от параметров процесса не нашли применения ни на практике, ни при проведении исследовательских работ, так как из-за своей сложности не позволяли анализировать влияние отдельных параметров или их групп на величину ложной крутки.

Таким образом, возникает ряд проблем, решение которых совместно теоретическими и экспериментальными методами должно позволить получить математические модели, описывающие процессы, протекающие в АУ, а также определить факторы, которые не учитываются в математических моделях, и оценить их влияние.

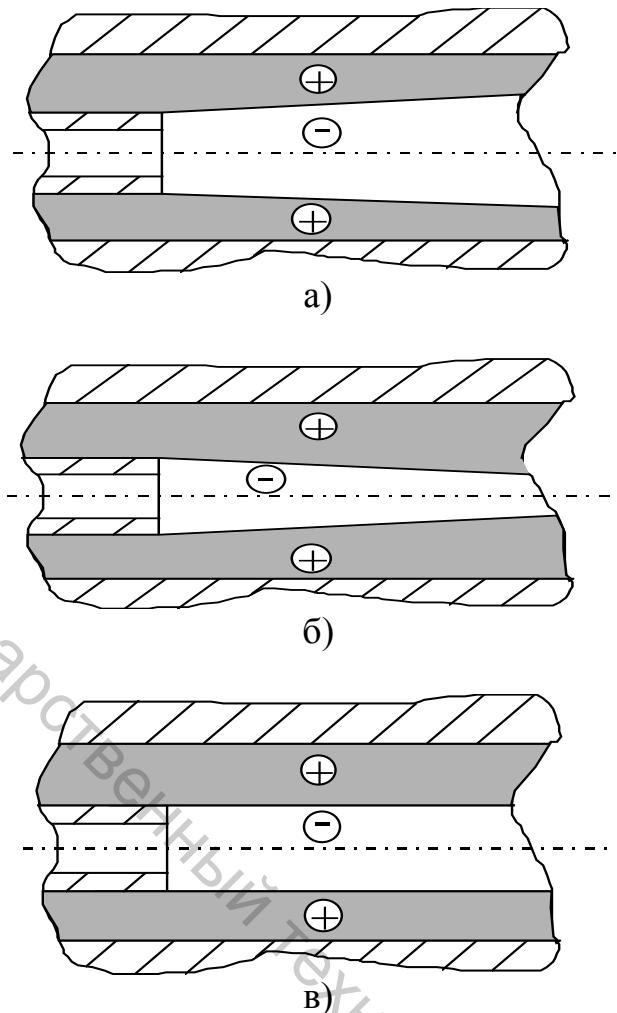


Рисунок 4.3 – Варианты распределения областей течения по сечению ПВК

Лекция 5. Теоретические основы аэродинамического способа прядения

1. Движение воздушных потоков в аэродинамическом устройстве.
2. Ламинарный и турбулентный режимы движения воздуха.
3. Воздействие воздушных потоков на волокна и элементарные нити.

1 Движение воздушных потоков в аэродинамическом устройстве

Задача о движении закрученной струи рассматривалась множеством исследователей как теоретически, так и экспериментально при исследовании процессов, протекающих в устройствах, применяемых не только в текстильной промышленности, но и в других отраслях. При теоретических исследованиях принимался ряд допущений в зависимости от вида рассматриваемых центробежных форсунок и режимов их работы.

Однако движение закрученной струи в пневмовьюрковой камере АУ имеет ряд особенностей. Высокое давление сжатого воздуха на входе в тангенциальные каналы обуславливает высокую скорость истечения воздуха. Известно, что

при скоростях воздуха, близких к местной скорости звука, воздух нельзя рассматривать как несжимаемую среду, в то время как в большинстве работ принимается допущение о несжимаемости. Для определения параметров закрученной струи в исследуемом АУ необходимо решить задачу о движении потока с околозвуковыми скоростями в камере с произвольными размерами.

При решении уравнений Эйлера в цилиндрических координатах для данного вида движения установлено, что вращательное движение закрученной струи складывается из двух предельных случаев, то есть имеется две области движения. Основная масса воздуха перемещается в области повышенного давления. При этом тангенциальная составляющая скорости потока V_U изменяется вдоль радиуса r по следующему закону

$$VU = b / r. \quad (5.1)$$

Вдоль оси камеры образуется цилиндрическая полость (вихрь), внутри которой создается разряжение. Закон изменения тангенциальной скорости по радиусу r

$$V_U = a \cdot r. \quad (5.2)$$

В формулах (5.1) и (5.2) a и b – коэффициенты пропорциональности.

Из уравнения неразрывности следует, что осевая составляющая скорости потока $V_A = \text{const}$. Однако экспериментально установлено, что в центре вихря возможно образование зоны обратных токов. Поэтому эта зависимость может быть справедлива только для внешней области движения воздуха.

При скоростях потока, близких к скорости звука, закон изменения осевой составляющей скорости потока по радиусу камеры изменяется. Местная скорость звука определяется из выражения

$$V_a = \sqrt{\frac{kp}{\rho}}, \quad (5.3)$$

где p – давление в некоторой точке потока,

ρ – плотность воздуха,

k – показатель адиабаты, для воздуха $k = 1,4$.

При разработке математической модели были сделаны следующие допущения:

- Потери на трение о стенки камер и при взаимодействии потока с нитью не учитывались.
- Не учитывалось изменение расхода за счет эжекции воздуха и обратных токов через иглу. Как показали исследования, при отключенной ППК масса воздуха, истекающего через иглу, значительно меньше 5 % общего расхода воздуха.
- Распределение скоростей, давлений и плотностей потока по сечению тангенциального канала принималось постоянным.

- Скорость потока на входе в тангенциальный канал принималась равной нулю.
 - Радиальная составляющая скорости потока принималась равной нулю.
 - Радиус вихря принимался равным радиусу зоны обратных токов.
 - Не учитывалось так называемое «раскручивание» струи. Под раскручиванием струи в литературе понимается изменение характеристик закрученного потока при удалении от тангенциальных каналов. Отмечается, что раскручивание происходит на расстоянии, равном пяти диаметрам камеры.
- Таким образом, данное допущение можно принимать при выполнении следующего условия

$$l_1 + l_2 + l_{kz} < 5 \frac{D_{nwk}(l_1 + l_{kz}) + D_{nnk}l_2}{l_1 + l_2 + l_{kz}}, \quad (5.4)$$

где l_{kz} – длина кольцевого зазора между иглой и стенкой ПВК,

l_1 – расстояние от конца иглы до торца ППК,

l_2 – расстояние от торца ППК до плоскости радиальных каналов,

D_{Pvk} – диаметр ПВК,

D_{ppk} – диаметр ППК.

Для определения законов изменения осевой составляющей скорости, плотности воздуха и давлений по радиусу камеры использовался ряд законов и уравнений, описывающих течение жидкостей и газов.

Уравнение Бернулли для адиабатного процесса

$$\frac{k}{k-1} \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} = const, \quad (5.5)$$

$$\frac{p}{\rho^k} = const, \quad V^2 = V_U^2 + V_A^2. \quad (5.6)$$

Известно, что при малых скоростях истечения давление воздуха максимально у стенок камеры, а на границе вихря равно атмосферному. Из уравнения Бернулли следует вывод о том, что при уменьшении давления скорость потока увеличивается, однако так как она ограничена скоростью звука, в сечении области повышенного давления может существовать такая область течения, где характеристики потока (давление, плотность, скорость) равны критическим. Назовем эту область «критической». Остальную часть области повышенного давления занимает «докритическая» область, в которой осевая составляющая скорости потока постоянна, а остальные характеристики потока изменяются в соответствии с уравнениями (5.1) – (5.3), (5.5), (5.6). Распределение описанных областей по сечению ПВК представлено на рисунке 5.1.

Образование критической области возможно в случае, когда соотношение давлений на выходе из тангенциального канала p_1 и на входе в него p_{vx} меньше критического, вычисляемого по формуле

$$p_1 / p_{bx} < \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 0,529. \quad (5.7)$$

Важным выводом является то, что при достижении критических значений параметров потока изменяется только соотношение осевой и тангенциальной составляющих скорости потока: тангенциальная составляющая при этом растет до скорости звука, а осевая – снижается до нуля на границе вихря.

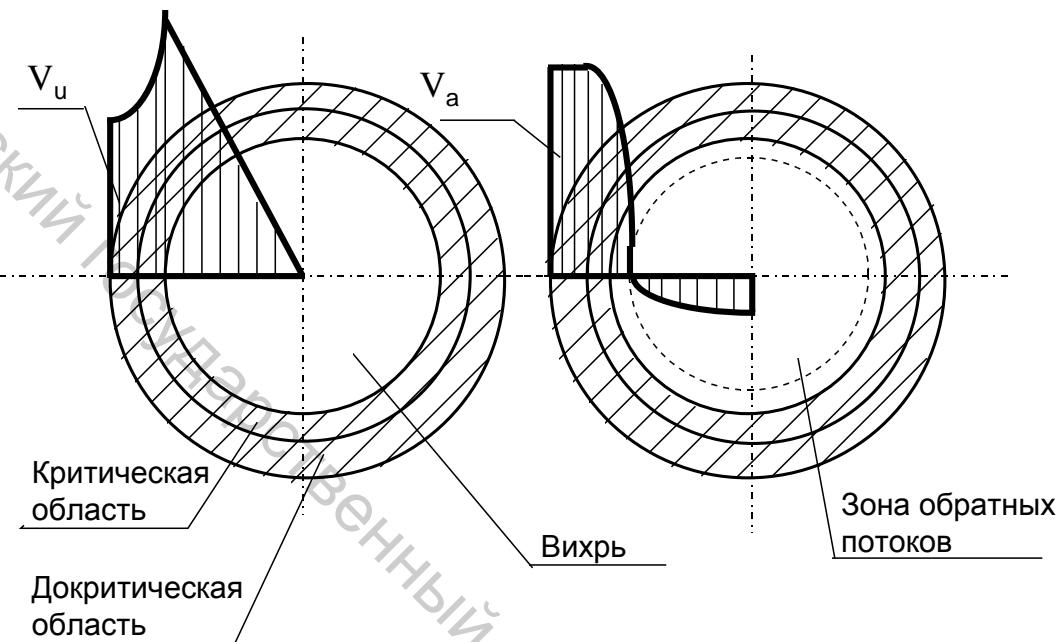


Рисунок 5.1 – Распределение различных областей течения в сечении пневмоперепутывающей камеры

Закон сохранения массового расхода воздуха через любое сечение камеры

$$Q = 2\pi \int_{r_{обр}}^{R_{ПВК}} \rho V_A r dr = const. \quad (5.8)$$

С учетом разделения сечения закрученной струи на области критического и докритического течения выражение (5.8) принимает вид

$$Q_{kp} + Q_{докр} = 2\pi \rho_{kp} \int_{r_{обр}}^{r_{kp}} V_A r dr + 2\pi V_A \int_{r_{kp}}^{R_{ПВК}} \rho r dr = Q_{bx}, \quad (5.9)$$

где r_{kp} – наименьший радиус критической области течения,

$r_{обр}$ – радиус зоны обратных токов,

$R_{ПВК}$ – радиус пневмовьюрковой камеры,

Q_{kp} – расход воздуха в сечении критической области течения,

$Q_{докр}$ – расход воздуха в сечении докритической области течения,

Q_{BX} – расход воздуха через тангенциальные каналы, определяемый по формуле

$$Q_{BX} = 2 S_K V_{BX} \rho_{BX}, \quad (5.10)$$

где S_K – площадь сечения тангенциального канала,

$$S_K = \pi d_K^2 / 4, \quad (5.11)$$

d_K – диаметр тангенциального канала,
 V_{BX} – скорость воздуха на выходе в ПВК,
 ρ_{BX} – плотность воздуха на выходе в ПВК,

$$\rho_{BX} = \frac{\rho_{at\ m}}{p_{at\ m}^k} \left[p_{BX}^{\frac{k-1}{k}} - \frac{k-1}{2k} \frac{\rho_{at\ m}}{p_{at\ m}^k} V_{BX}^2 \right]^{\frac{1}{1-k}}. \quad (5.12)$$

В выражении (5.8) для критической области получено

$$\rho_{kp} = \left(\frac{p_{kp}}{p_{at\ m}} \right)^{\frac{1}{k}} \rho_{at\ m}, \quad p_{kp} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} p_{BX},$$

$$V_A = \sqrt{V_{kp}^2 - V_{Ukp}^2 \left(\frac{r_{kp}}{r} \right)^2}, \quad V_{kp} = \sqrt{\frac{kp_{kp}}{\rho_{kp}}}, \quad (5.13)$$

$$r_{OBP} = \frac{V_{Ukp} r_{kp}}{V_{kp}}.$$

В выражениях (5.13) V_{Ukp} – значение тангенциальной составляющей скорости на радиусе критической области течения.

Для докритической области параметры течения определяются по следующим формулам

$$V_A = \sqrt{V_{kp}^2 - V_{Ukp}^2} = const, \quad (5.14)$$

$$\rho = \frac{\rho_{at\ m}}{p_{at\ m}^k} \left[p_{BX}^{\frac{k-1}{k}} - \frac{k-1}{2k} \frac{\rho_{at\ m}}{p_{at\ m}^k} \left(V_{akp}^2 + V_{Ukp}^2 \left(\frac{r_{kp}}{r} \right)^2 \right) \right]^{\frac{1}{1-k}}. \quad (5.15)$$

Закон сохранения момента количества движения

$$M = 2p \int_{r_{обр}}^{R_{ПВК}} \rho V_A V_U r^2 dr = const. \quad (5.16)$$

Аналогично выражению (5.9) выражение (5.16) можно записать в виде

$$\begin{aligned} M_{KP} + M_{ДОКР} &= 2\pi \rho_{KP} \int_{r_{обр}}^{r_{KP}} V_A V_U r^2 dr + \\ &+ 2\pi V_A \int_{r_{KP}}^{R_{ПВК}} \rho V_u r^2 dr = M_{BX}, \end{aligned} \quad (5.17)$$

где M_{BX} – момент количества движения в плоскости тангенциальных каналов определяется по формуле

$$M_{BX} = 2 S_K V_{BX} \rho_{BX} R_{TK}, \quad (5.18)$$

где R_{TK} – радиус, на котором расположены тангенциальные каналы.

В формуле (5.17) тангенциальная составляющая скорости определяется следующим выражением

$$V_U = V_{U_{kp}} p \left(\frac{r_{KP}}{r} \right). \quad (5.19)$$

При известных параметрах АУ, давлении воздуха на входе в тангенциальные каналы и характеристиках окружающей среды неизвестными остаются следующие параметры: V_{BX} , $V_{U_{kp}}$ и r_{KP} . Следовательно, имеем систему из двух уравнений (5.9) и (5.17) с тремя неизвестными. Такая система уравнений имеет бесконечное множество решений. При этом каждому значению V_{BX} соответствует пара значений $V_{U_{kp}}$ и r_{KP} .

В случае истечения струи в атмосферу, если выполняется условие (5.7), скорость выхода струи из канала равна критической, определяемой по формуле (5.3). Однако при истечении воздуха через тангенциальные каналы в пневмовьюрковую камеру скорость несколько снижается. При этом значение V_{BX} выбирается максимальным, при котором описанная система уравнений имеет решение и выполняются условия

$$V_{U_{kp}} < V_{KP}, \quad 0 < r_{KP} < R_{ПВК}. \quad (5.20)$$

Для определения диаметра вихря, создаваемого в центробежной форсунке с одним тангенциальным каналом, работающей при малых расходах воздуха, Г.Н. Абрамовичем аналитически выведен параметр

$$A = R_{TK} R_{ПВК} / r_K^2, \quad (5.21)$$

где r_K – радиус тангенциального канала.

Зависимость диаметра вихря d_B от параметра A имела сложный характер

$$d_B = D_{ПВК} \sqrt{1-\varphi}, \quad A = \frac{1-\varphi}{\sqrt[3]{\frac{\varphi}{2}}}, \quad (5.22)$$

где $D_{ПВК}$ – диаметр пневмовьюрковой камеры.

В результате моделирования установлено, что параметр A подходит и для исследуемого случая. При этом формула для его расчета принимает вид

$$A = D_{TK} D_{ПВК} / d_K^2, \quad (5.23)$$

где D_{TK} – расстояние между тангенциальными каналами,

d_K – диаметр тангенциального канала.

Зависимость диаметра вихря от параметра A упрощается

$$d_B = D_{ПВК} (1 - A^{-0,6}). \quad (5.24)$$

На рисунке 5.2 приведены графики зависимости диаметра вихря от параметра A , построенные в соответствии с формулой Г.Н. Абрамовича (кривая 1) и в соответствии с полученной моделью (кривая 2).

Анализируя представленные графики, можно сделать вывод о том, что характер полученных зависимостей одинаковый, однако числовые значения, рассчитанные по полученной формуле ниже, чем полученные по формулам Г.Н. Абрамовича.

Таким образом, установлено, что диаметр воздушного вихря не зависит от давления в тангенциальных каналах, а зависит только от конструктивных параметров ПВК. Диаметр вихря является одной из важнейших характеристик закрученного потока, так как определяет максимальный диаметр иглы. Если наружный диаметр иглы больше расчетного диаметра вихря, то при выходе закрученного потока за иглу действительный диаметр вихря уменьшается вдоль оси кривильной камеры. Как отмечалось выше, при этом ухудшается процесс формирования. Если закрученная струя занимает все пространство между иглой и стенкой камеры, то потери на трение значительно возрастают.

Как показали эксперименты, проведенные другими исследователями, оптимальные значения иглы нужно выбирать несколько меньшими, чем диаметр вихря, рассчитанный по формуле (5.24) (область 3 на рисунке 5.2). Это связано с неточностью изготовления ПВК и иглы.

Таким образом, формула для расчета наружного диаметра иглы выглядит следующим образом

$$d_{H.I.} = D_{ПВК} (1 - A^{-0,6}) - (0,1...0,2). \quad (5.25)$$

При моделировании также установлено, что расход воздуха можно рассчитать по следующей формуле

$$Q = Q_1 [-1,1+2,25 (d_B/D_{TK})^{0,3}], \quad (5.26)$$

где Q_1 – расход, рассчитанный из предположения, что давление на выходе из тангенциальных каналов равно атмосферному

$$Q_1 = 2 S_K V_{KP} \rho_{KP}. \quad (5.27)$$

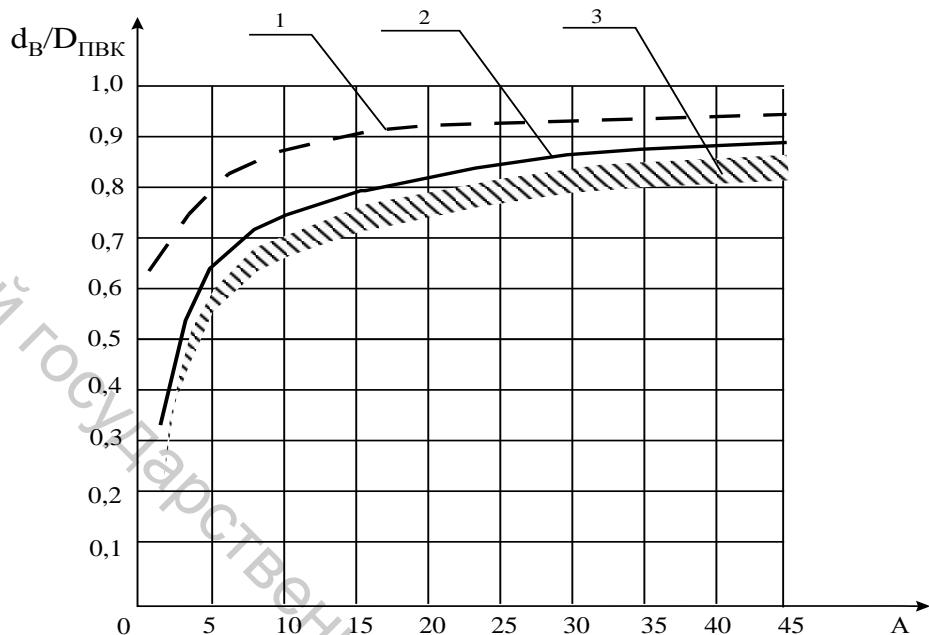


Рисунок 5.2 – Графики зависимости отношения диаметра вихря к диаметру ПВК от параметра А

Следовательно, расход воздуха зависит не только от параметра A , но и от соотношения ($D_{ПВК}/D_{TK}$). Установлено, что при сужении закрученной струи в ее узком участке давление и плотность воздуха в области повышенного давления постоянны и равны критическим, что облегчает анализ процессов взаимодействия закрученной струи с продуктом, поступающим в аэродинамическое устройство.

Лекция 6. Баллонирование и ложное кручение волокнистого продукта в камерах аэродинамического устройства

1. Определение формы баллона и оптимальной длины аэродинамического устройства.

2. Определение величины ложной крутки.

3. Связь ложной крутки и расхода сжатого воздуха в процессе формирования комбинированных нитей.

Исследование баллонирования нити

Качество получаемой пряжи зависит от формы стоячей волны, которая образуется при баллонировании закрученной мычки с комплексной химической нитью в пневмовьюрковой и пневмоперепутывающей камерах АУ. Образование ложного узла более вероятно в случае, когда в зону действия радиальных струй попадает пучность стоячей волны. В случае попадания туда узла стоячей

волны эта вероятность мала. Это объясняется тем, что в центре перепутывающей камеры действие радиальной струи ослабевает из-за взаимодействия с другими струями. Кроме того, натяжение нити в узле выше, чем в области пучности, что мешает пневмоперепутыванию.

Таким образом, для получения математической модели процессов, протекающих в аэродинамическом устройстве, необходимо теоретически определить зависимость формы баллона от параметров АУ.

Исследование формы баллона является одной из основных задач механики гибкой нити. Это задача достаточно подробно рассмотрена в работах А.П. Минакова, Н.И. Алексеева и других ученых. Поэтому для изучения баллона исходного продукта в камерах АУ можно использовать как применяемый при этом математический аппарат, так и некоторые теоретические выводы.

Для определения формы стоячей волны, возникающей при баллонировании нити, рассмотрена задача о форме баллона, возникающего при вращении гибкой нерастяжимой нити, закрепленной концами на оси вращения. Хотя в данном случае существует только одна точка, в которой нить можно считать закрепленной (в игле), но так как при баллонировании нити узлы стоячей волны находятся на оси вращения и не смещаются вдоль нее, а натяжение нити во всех узлах одинаково, то можно для рассмотренного случая считать нить закрепленной в двух точках (рис. 6.1).

Кроме того, были приняты следующие допущения:

1. $dy / dx \ll 1$, где x и y – соответственно, осевая и радиальная координаты точки нити. Из этого допущения следует то, что всеми членами дифференциальных уравнений, содержащими эту производную в степени больше второй, можно пренебречь.

2. Угловая скорость нити принимается постоянной.

3. Массой нити и силами сопротивления движению можно пренебречь.

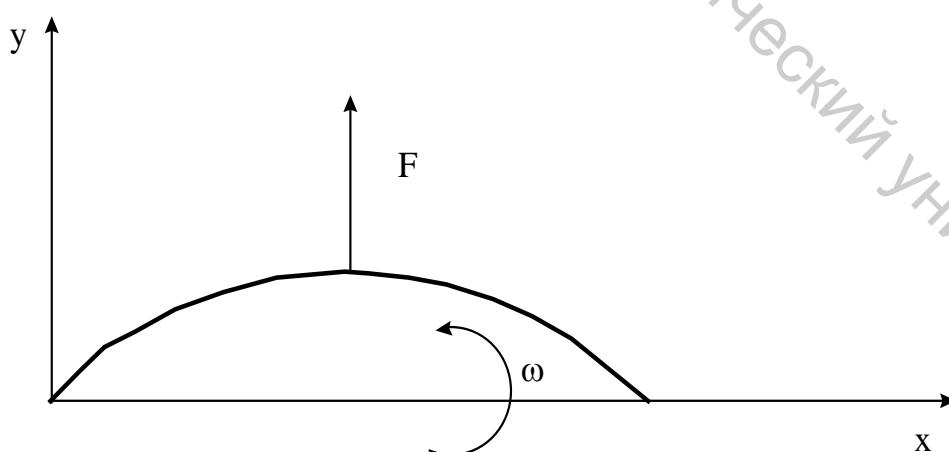


Рисунок 6.1 – Модель баллона продукта в пневмовьюрковой камере

Система дифференциальных уравнений равновесия нити в переменных Эйлера выглядит следующим образом

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{T} \frac{d}{dS} \left(P \frac{dx}{dS} \right) + X &= 0, \\
 \frac{1}{T} \frac{d}{dS} \left(m \frac{dy}{dS} \right) + Y &= 0, \\
 \frac{1}{T} \frac{d}{dS} \left(m \frac{dz}{dS} \right) + Z &= 0.
 \end{aligned} \tag{6.1}$$

Для замкнутости к этой системе добавляется соотношение

$$\left(\frac{dx}{dS} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dS} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dS} \right)^2 = 1, \tag{6.2}$$

где S – дуговая координата,

T – линейная плотность нити,

X, Y, Z – проекции силы на декартовы оси координат,

P – натяжение нити.

Если воспользоваться принципом Д'Аламбера, то рассмотренная задача решается статически. Единственная действующая на нить распределенная сила – нормальная сила инерции

$$F = \omega^2 y, \tag{6.3}$$

где ω – угловая скорость нити.

Уравнения равновесия принимают вид

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{T} \frac{d}{dS} \left(m \frac{dx}{dS} \right) &= 0, \\
 \frac{1}{T} \frac{d}{dS} \left(m \frac{dy}{dS} \right) &= \omega^2 y.
 \end{aligned} \tag{6.4}$$

При решении уравнений получено

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{2\sqrt{a(l-a)}}{\pi n} \sin\left(\frac{\pi n}{a} x\right), \\
 m &= \frac{T\omega^2 a^2}{\pi n} \left[1 - 2 \frac{l-a}{a} \cos\left(\frac{\pi n}{a} x\right) \right],
 \end{aligned} \tag{6.5}$$

где l – длина нити между точками закрепления,

a – расстояние между точками закрепления,

n – число полуволн на длине a .

В полученных уравнениях

$$\frac{l}{a} \approx \frac{V_{вх}}{V_{вых}}, \quad (6.6)$$

где $V_{вх}$ и $V_{вых}$ – соответственно, скорость нити на входе в АУ и при ее отводе оттягивающей парой.

$$\frac{l}{a} - 1 \approx \frac{V_{\hat{a}\tilde{o}} - V_{\hat{a}\hat{u}\tilde{o}}}{V_{\hat{a}\tilde{o}}} = \frac{\dot{I}}{100 - \dot{I}}, \quad (6.7)$$

где H – нагон, %.

$$a/n = \lambda, \quad (6.8)$$

где λ – длина полуволны.

Согласно выражению (6.7), максимальный прогиб нити можно определить по формуле

$$y_{max} = \frac{2\sqrt{a(1-a)}}{\pi n} = \frac{2\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{H}{100-H}}. \quad (6.9)$$

Так как выражение (6.9) описывает форму оси нити, то для ПВК

$$y_{max} = (D_{ПВК} - d_H)/2, \quad (6.10)$$

где $D_{ПВК}$ – диаметр ПВК,

d_H – диаметр нити.

Таким образом, длины полуволн в пневмовьюрковой и пневмоперепутывающей камерах АУ вычисляются по следующим формулам

$$\lambda_e = \frac{\pi(D_{ПВК} - d_H)}{4} \sqrt{\frac{100}{H} - 1}, \quad (6.11)$$

$$\lambda_n = \frac{\pi(D_{ППК} - d_H)}{4} \sqrt{\frac{100}{H} - 1},$$

где $D_{ППК}$ – диаметр пневмоперепутывающей камеры.

Для того чтобы определить оптимальное расстояние от конца иглы до плоскости действия радиальных струй, необходимо также знать расстояние x_θ (рис. 6.2).

Из выражений (6.8), (6.10) и (6.11) определяем

$$x_\theta = \frac{(D_{ПВК} - d_H)}{4} \arcsin \frac{d_H - d_I}{D_{ПВК} - d_H} \sqrt{\frac{100}{H} - 1}, \quad (6.12)$$

где d_I – внутренний диаметр иглы.

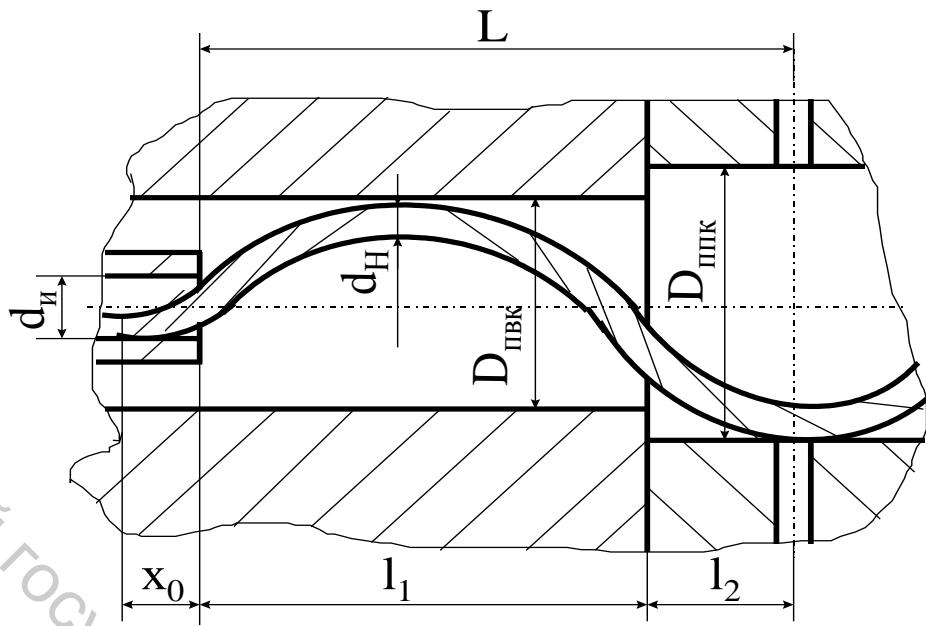


Рисунок 6.2 – Схема для расчета параметров баллона

Окончательно формула для расчета расстояния от конца иглы до плоскости радиальных каналов выглядят следующим образом

$$L = \left\{ \frac{D_{pvk} - d_H}{4} \left(\pi N - \arcsin \frac{d_u - d_H}{D_{pvk} - d_H} \right) + \right. \\ \left. + \frac{\pi(D_{ppk} - d_H)}{8} \right\} \sqrt{\frac{100}{H} - 1}, \quad (6.13)$$

где N – число полуволн стоячей волны в пневмовьюрковой камере. В зависимости от соотношения диаметра и длины камеры N может быть равно 1 или 2.

Из анализа формулы (6.13) видно, что линейные размеры АУ определяются диаметральными размерами и нагоном. В свою очередь диаметральные размеры определяются диаметром вырабатываемой пряжи. Кроме того, на линейные размеры значительное влияние оказывает величина нагона. Согласно полученной формуле, оптимальная длина АУ тем меньше, чем больше величина нагона.

При определении расстояний l_1 и l_2 (рис. 6.2) необходимо учесть условие (6.12), а также условие, обеспечивающее отсутствие трения продукта о выступ в плоскости разделения камер

$$l_2 < \frac{\pi(D_{ppk} - d_H)}{8} \sqrt{\frac{100}{H} - 1}. \quad (6.14)$$

Лекция 7. Анализ процесса пневмоперепутывания

1. Факторы, определяющие формирование ложного узла в пневмоперепутывающей камере.

2. Теоретическое моделирование процесса пневмоперепутывания.

Известно, что величина ложной крутки оказывает значительное влияние на качество комбинированной нити аэродинамического способа формирования. Установлено, что существует оптимальная ложная крутка, обеспечивающая наилучшие показатели вырабатываемой нити.

Процесс ложного кручения достаточно подробно исследован при изучении вьюрков различного типа. Однако публикации, посвященные изучению аэродинамических вьюрков, содержат ряд предположений и допущений, которые делают окончательные результаты этих исследований не достаточно достоверными.

$$K = [469 - (7617 T - 118,5 T^2 + 0,83 T^3) / 1000] / a, \quad (7.1)$$
$$a = C_0 / C,$$

где C_0 – жесткость на кручение смеси, состоящей из 50 % шерсти и 50 % лавсанового волокна ($C_0 = 1,072 \cdot 10^{10} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$),

C – жесткость на кручение волокон, составляющих смесь искомой комбинированной нити.

Однако приведенная формула имеет ряд недостатков:

1. Полученная формула справедлива только для АУ с определенными конструктивными параметрами.

2. Входящие в формулу величины жесткости C_0 и C необходимо каждый раз определять экспериментально, так как они определяются не только составом пряжи, но и целым рядом других факторов. Так, например, известно, что значительное влияние на параметры волокон оказывает цвет красителя и другие факторы. Таким образом, даже смесь указанного состава, но другого цвета обладает отличным от приведенного значением показателя жесткости.

3. Формула не дает возможности определить оптимальные технологические параметры, а для измерения величины ложной крутки в производственных условиях требуется сложная, дорогостоящая техника. Поэтому на производстве намного проще определять оптимальное значение давления в пневмовьюрковой камере, исследуя физико-механические свойства вырабатываемой пряжи.

Однако, несмотря на указанные недостатки полученной формулы, исследование процесса ложного кручения является важным этапом изучения процесса формирования комбинированной пряжи. И хотя для пневмовьюрковой камеры любых размеров можно подобрать такое давление в тангенциальных каналах, при которых величина ложной крутки будет оптимальна, теоретическое исследование позволит установить влияние параметров сырья, технологических параметров процесса и размеров АУ на величину ложной крутки, что в свою оче-

редь позволит снизить расход сжатого воздуха, необходимый для достижения оптимального значения крутки исходного продукта.

При теоретическом исследовании процесса кручения принимаются следующие допущения:

1. Продукт не обладает вязкоупругими свойствами при кручении, то есть крутика не релаксируется.

2. Скорость распространения крутки велика по сравнению со скоростью движения продукта.

3. Продукт однороден, то есть модуль жесткости на кручение постоянен по длине продукта.

4. Скорость транспортировки продукта не зависит от крутики, то есть нет воздействия укрутки на скорость движения продукта, и не меняется во времени.

Для определения параметров, влияющих на процесс ложного кручения, необходимо проанализировать моменты, действующие на нить в процессе кручения. На рисунке 7.1 представлена расчетная схема для определения момента, закручающего нить. При движении нити в воздушном потоке на ее элемент длиной dl действует сила сопротивления

$$dF = 0,5 C_X \rho (V_n - V_h)^2 dS, \quad (7.2)$$

где C_X – коэффициент лобового сопротивления продукта,

ρ – плотность воздуха,

V_h – скорость нити,

V_p – скорость воздушного потока, определяемая согласно теоретической модели закрученной струи,

$$V_p = c d_B / d, \quad (7.3)$$

c – скорость звука,

d_B – диаметр вихря,

d – текущий диаметр,

dS – площадь миделева сечения тела,

$$dS = d_H dl, \quad (7.4)$$

d_H – диаметр нити.

Можно предположить, что сила, закручающая нить, действует в основном в области повышенного давления (кольцевом зазоре). Из анализа теоретической модели закрученной струи известно, что при ее движении в крутильной камере давление и плотность воздуха во всех точках этой области постоянны и равны критическим. Так как ширина области повышенного давления сравнима с диаметром нити, полагаем участок нити в этой области прямым, находящимся на некотором приведенном радиусе (рис. 7.1).

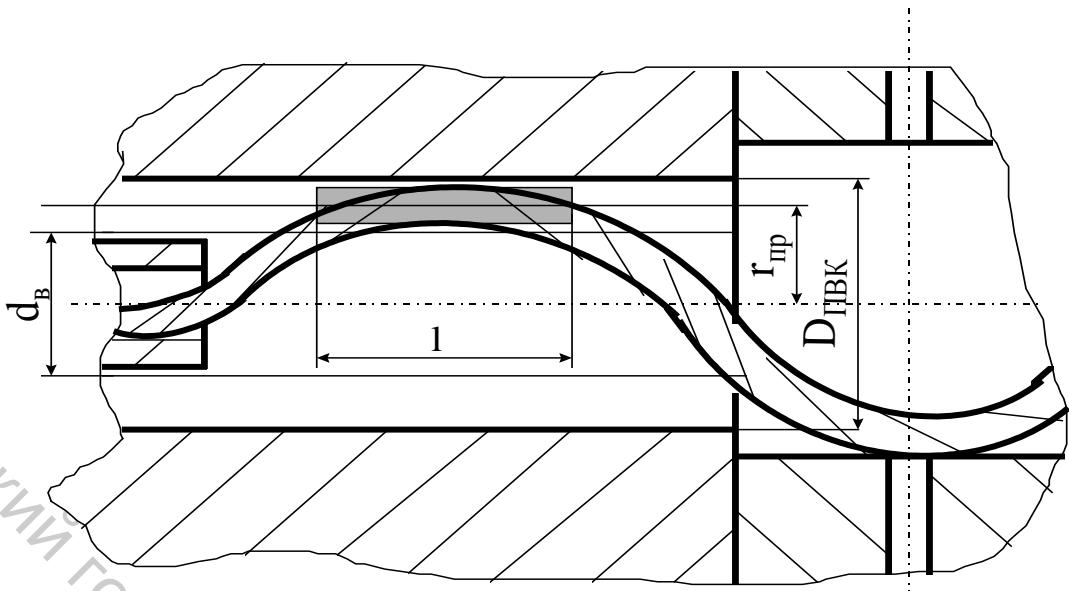


Рисунок 7.1 – Схема для расчета крутящего момента, действующего на продукт в пневмовьюрковой камере

$$r_{np} = (D_{ПВК} + d_B) / 4. \quad (7.5)$$

Тогда

$$F = 0,5 C_X \rho (c \frac{2d_B}{D_{ПВК} + d_B} - V_H)^2 d_H l. \quad (7.6)$$

Длина участка, на котором на нить со стороны закрученной струи действует крутящий момент, вычисляется исходя из модели баллона нити, рассмотренной выше.

Согласно полученной модели

$$l = 0,25 \sqrt{\frac{100}{H} - 1} (D_{ПВК} - d_n) [\pi - 2 \arcsin \frac{d_B}{D_{ПВК}}] N, \quad (7.7)$$

где d_n – диаметр нити,

H – нагон,

N – число полуволн стоячей волны, образующейся при баллонировании исходного продукта в пневмовьюрковой камере.

Так как скорость потока значительно выше скорости нити (в 20-50 раз), для упрощения анализа влияния различных факторов на величину ложной крутки скоростью движения нити можно пренебречь.

Из выражений (7.6) и (7.7)

$$c^2 \rho = k p_{KP} = k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} p_{BX} = 0,74 p_{BX}, \quad (7.8)$$

где k – показатель адиабаты,

p_{BX} – давление на входе в тангенциальные каналы.

Крутящий момент, действующий на участок l

$$\mathbf{M} = \mathbf{F} \mathbf{r}_{np}. \quad (7.9)$$

После некоторых преобразований получим

$$M = 0,27 C_x d_H \sqrt{\frac{100}{H} - 1} \frac{D_{PVK}(D_{PVK} - d_H)}{(42 + A)^{0,3773}} p_{BX}. \quad (7.10)$$

Согласно функциональной зависимости, известной из теории упругости, зависимость крутки от крутящего момента выглядит следующим образом

$$K = M / (2 \pi C), \quad (7.11)$$

где K – крутка, кр./м,

C – жесткость нити на кручение, Н·м².

Выражение (7.11) можно записать в виде

$$K = 0,043 C_1 C_2 p_{BX}, \quad (7.12)$$

где C_1 – зависит от свойств нити

$$C_1 = \frac{C_X d_H}{C} \sqrt{\frac{100}{H} - 1}, \quad (7.13)$$

C_2 – зависит от размеров аэродинамического устройства

$$C_2 = \frac{D_{PVK}(D_{PVK} - d_H)}{(42 + A)^{0,3773}} N. \quad (7.14)$$

Параметр C_2 не зависит ни от технологических характеристик процесса, ни от свойств сырья. Поэтому его можно использовать для оценки крутильной способности аэродинамического устройства при формировании нитей определенного диаметра. Полученные формулы позволяют анализировать влияние параметров аэродинамического устройства и нити на значение ложной крутки. Кроме того, полученные формулы позволяют теоретически определять оптимальные по расходу воздуха параметры пневмовьюрковой камеры АУ.

Так как для любой пряжи существует некоторое оптимальное значение ложной крутки, то ему соответствует оптимальное значение произведения $C_2 p_{vx}$. Поэтому для снижения расхода сжатого воздуха необходимо так выбирать параметры АУ, чтобы при фиксированном значении произведения $C_2 p_{vx}$ достигалось минимальное значение расхода, рассчитанное по формуле

$$Q = 2 S_k V_{kp} \rho_{kp} [-1,1+2,25 (d_B/D_{tk})^{0,3}], \quad (7.15)$$

$$\rho_{\hat{ED}} = \left(\frac{p_{\hat{ED}}}{p_{\hat{ao}_i}} \right)^{\frac{1}{k}} \rho_{\hat{ao}_i}, \quad p_{\hat{ED}} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} p_{\hat{ao}}, \quad V_{\hat{ED}} = \sqrt{\frac{kp_{\hat{ED}}}{\rho_{\hat{ED}}}}.$$

При определении оптимальных параметров пневмовьюрковой камеры диаметр камеры принимался минимальным. Это связано с тем, что увеличение диаметра пневмовьюрковой камеры влечет за собой увеличение диаметра пневмоперепутывающей камеры, что вызывает значительное увеличение линейных размеров АУ. Кроме того, при малом диаметре камеры возможно почти в два раза увеличить ее крутильную способность за счет незначительного увеличения ее длины, при котором число полуволн стоячей волны баллона возрастает до двух.

Кроме того, при моделировании учитывалось, что при больших значениях параметра A ширина кольцевого зазора значительно уменьшается и может быть меньше диаметра пряжи. При этом закрученный поток воздействует не на все сечение продукта, а на его часть, то есть происходит уменьшение площади миделева сечения. Поэтому значение параметра C_2 определяется по формулам

$$C_2 = \frac{D_{PVK}(D_{PVK} - d_H)}{(42 + A)^{0,3773}} N \text{ при } 2d_H < D_{PVK} A^{-0,6}, \quad (7.16)$$

$$C_2 = \frac{D_{PVK}^2(D_{PVK} - d_H)A^{-0,6}}{2d_H(42 + A)^{0,3773}} N \text{ при } 2d_H > D_{PVK} A^{-0,6}. \quad (7.17)$$

В результате моделирования установлено, что на расход воздуха наибольшее влияние оказывает диаметр тангенциальных каналов. Наименьший расход воздуха достигается при минимальном диаметре тангенциальных каналов и минимальном расстоянии между их осями, вычисляемом по формуле

$$D_{tk} \approx D_{PVK} + d_k. \quad (7.18)$$

Достоверность разработанных теоретических моделей, описывающих движение воздушных потоков и взаимодействие их с волокнистым продуктом и комплексной химической нитью, проверена экспериментально.

Лекция 8. Свойства комбинированных нитей аэродинамического способа формирования

1. Разрывные характеристики комбинированных нитей.
2. Неровнота комбинированных нитей.

Согласно результатам эксперимента по проверке модели баллона в камерах АУ установлено, что с увеличением диаметра ППК качество сформированной пряжи повышается, а количество отходов волокна снижается. Однако при этом не было определено оптимальное значение диаметра ППК.

При анализе процесса формирования комбинированной пряжи аэродинамическим способом можно предположить, что при увеличении диаметра ППК ослабляется воздействие на волокнистый продукт воздушных потоков в ядре повышенного давления. Поэтому для качественного пневмоперепутывания необходимо повышать давление в ПВК, что в свою очередь приведет к необходимости повышения давления в ППК. При этом повышается расход сжатого воздуха, что нежелательно.

Для обеспечения стабильности процесса пневмоперепутывания необходимо также, чтобы волокнистый продукт занимал большую часть сечения камеры. Поэтому увеличение диаметра ППК ведет к снижению стабильности процесса. Следствием увеличения диаметра ППК является также увеличение оптимального расстояния от конца иглы до плоскости радиальных каналов.

В связи с вышеизложенным, необходимо определить характер влияния диаметра ППК на качество формирования комбинированной пряжи и на оптимальные значения технологических параметров.

Для этого был проведен эксперимент, факторами которого были выбраны диаметр ППК и давления в ППК и ПВК. Диаметр ППК изменялся в интервале 6 – 8 мм с шагом 1 мм. Диапазоны давлений выбирались при проведении предварительного эксперимента.

При проведении эксперимента исследовался процесс получения льнополушерстяной комбинированной пряжи линейной плотности 78 текс. Однако в ходе эксперимента также определялась фактическая линейная плотность пряжи. В качестве сердечника использовалась полиэфирная комплексная нить линейной плотности 13,8 текс.

При проведении эксперимента расстояние от торца ППК до плоскости радиальных каналов определялось в соответствии с моделью, полученной при анализе баллона продукта в камерах ППК.

При анализе полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. С увеличением диаметра ППК от 6 до 8 мм разрывная нагрузка пряжи снижается (коэффициент корреляции – 0,85). Это объясняется снижением стабильности процесса перепутывания. Однако, разрывная нагрузка пряжи, полученной с использованием различных ППК при оптимальных давлениях, практически не зависит от диаметра ППК.

2. Диапазоны и оптимальные по разрывной нагрузке значения давлений в камерах АУ значительно возрастают с увеличением диаметра ППК (коэффици-

енты корреляции 0,77 и 0,74 соответственно для ППК и ПВК), что приводит к увеличению расхода сжатого воздуха.

3. Количество отходов волокна с увеличением диаметра ППК незначительно растет (коэффициент корреляции – 0,66), что связано с ослаблением влияния обратного потока воздуха из ППК на волокнистый продукт, поступающий в АУ, а также со значительным снижением оптимального давления в ПВК (коэффициент корреляции – 0,69). С увеличением давления в ПВК повышается крутизна продукта на входе в АУ, что препятствует удалению части волокон под действием обратного потока воздуха в мычкоуловитель.

4. Разрывное удлинение с увеличением диаметра ППК возрастает, но незначительно. Диапазон изменения разрывного удлинения составляет 1,27 %.

5. Коэффициенты вариации по разрывной нагрузке и разрывному удлинению практически не зависят от диаметра ППК и давлений в камерах АУ при выбранных интервалах варьирования.

При реализации аэродинамического способа прядения одной из важных проблем является обеспечение минимальной неровноты пряжи по линейной плотности, а в случае многокомпонентной пряжи и по структуре. При этом решение задачи минимизации неровноты комбинированной пряжи аэродинамического способа формирования имеет ряд особенностей.

Если не учитывать неровноты исходного продукта (ленты или ровницы), то неровнота вырабатываемой аэродинамическим способом пряжи имеет два основных источника:

- 1) неровнота, связанная с вытягиванием;
- 2) неровнота, возникающая вследствие воздействия на продукт воздушных потоков.

В зависимости от типа сырья при получении многокомпонентной комбинированной пряжи используются различные типы вытяжных приборов. Как указывалось выше, для производства многокомпонентной пряжи с использованием льняной ровницы, полученной по льняной или оческовой системе прядения, выбран однозонный вытяжной прибор с самогрузными валиками.

При использовании для утонения продукта однозонного вытяжного прибора вытягивание нескольких ровниц различного состава осуществляется совместно. Волокна в ровницах могут значительно отличаться друг от друга по структуре, линейной плотности, длине и фрикционным свойствам. Для каждой ровницы создается свое поле сил трения, которое определяет неровноту получаемой волокнистой мычки каждого компонента на выходе из вытяжного прибора. Поэтому возникает задача определения оптимального нагружения вытяжного прибора для обеспечения минимальной неровноты как многокомпонентной пряжи в целом, так и каждого ее компонента, то есть неровноту по структуре.

При анализе процесса получения комбинированной многокомпонентной пряжи аэродинамическим способом кроме неровноты, возникающей при вытягивании продукта, необходимо учитывать воздействие на волокнистый продукт мощных воздушных потоков, при котором возникает дополнительная неровнота. Известно, что при получении комбинированной пряжи аэродинамическим

способом на неровноту пряжи на коротких отрезках значительное влияние оказывает работа основного формирующего органа – аэродинамического устройства. Эта неровнота возникает по следующим причинам:

- перераспределение волокон по длине пряжи с образованием небольших по длине утолщений в ложных узлах и утонений между узлами;
- отходы короткого волокна, которое не закрепляется в ложных узлах при перепутывании;
- удаление некоторых волокон при выходе из выпускной пары вытяжного прибора под действием обратного потока воздуха, истекающего из пневмопрепутивающей камеры через иглу в направлении, противоположном движению продукта.

Таким образом, существуют следующие пути снижения неровноты, возникающей в связи с работой аэродинамического устройства:

- образование наибольшего количества ложных узлов на единице длины комбинированной пряжи;
- улучшение закрепления коротких волокон в ложных узлах;
- снижение влияния обратного потока воздуха на отходы волокна.

Наибольшая неровнота пряжи, связанная с работой аэродинамического устройства, определяется именно действием обратного потока воздуха. Волокна, которые выдуваются обратным потоком, составляют основную часть отходов волокна при получении комбинированной пряжи аэродинамическим способом.

Неровнота вырабатываемой пряжи снижается с увеличением массы самогрузных валиков на всей длине поля вытягивания, особенно в его середине (рис. 8.1). Совместное влияние нескольких самогрузных валиков незначительно.

На основании сравнения зависимостей неровноты пряжи на более коротких и длинных отрезках от нагружения вытяжного прибора была осуществлена проверка правильности выбора критерия оптимизации. Коэффициент корреляции неровноты на отрезках 25 и 10 см составляет 0,94, то есть можно утверждать, что неровнота на этих отрезках вызвана одними и теми же причинами. Корреляция неровноты на других отрезках значительно ниже. Поэтому можно сделать вывод о том, что на величину неровноты оказывают значительное влияние факторы, не связанные с работой вытяжного прибора.

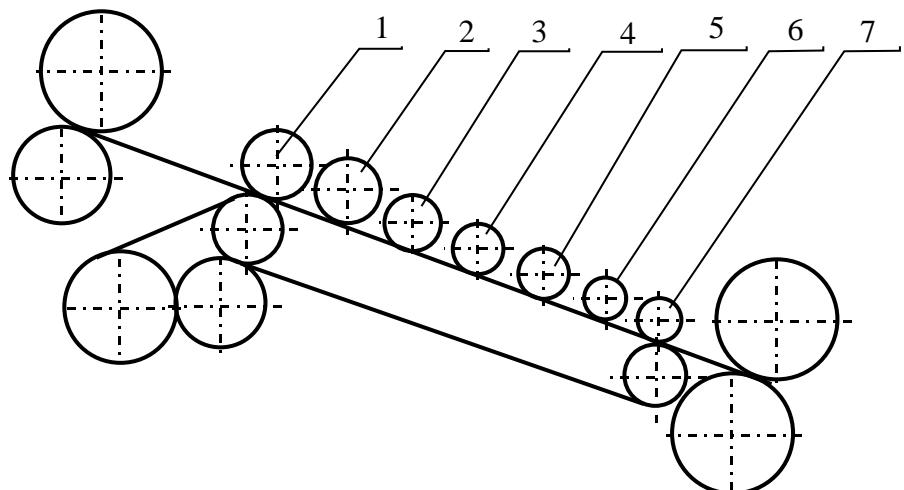


Рисунок 8.1 – Расположение самогрузных валиков в вытяжном приборе

При анализе кривых утонения можно сделать следующие выводы:

- экспериментальные кривые утонения для полушерстяной ровницы лучше совпадают с теоретическими при всех вариантах нагружения, что можно объяснить большей неровнотой льняной ровницы по линейному составу и длине волокон;
- при разгруженном вытяжном приборе экспериментальные кривые утонения сильнее всего отличаются от теоретических для обоих компонентов, что соответствует наибольшему значению неровноты пряжи;
- наилучшее совпадение теоретических и экспериментальных кривых достигается при третьем и четвертом вариантах нагружения, что подтверждает выводы, полученные при анализе регрессионной модели.

Как отмечалось выше, основной причиной возникновения отходов волокна при получении комбинированной пряжи аэродинамическим способом является воздействие обратного потока воздуха из АУ на волокнистую мычку, выходящую из выпускной пары вытяжного прибора.

Для определения зависимости оптимального внутреннего диаметра иглы от линейной плотности вырабатываемой пряжи был проведен эксперимент, в качестве факторов которого были выбраны:

x_1 – внутренний диаметр иглы;

x_2 – давление в ПВК;

x_3 – расчетная линейная плотность вырабатываемой пряжи.

При проведении эксперимента исследовался процесс получения льнополушерстяной пряжи. В качестве стержневой нити была выбрана комплексная полиэфирная нить линейной плотности 13,8 текс.

Так как целью эксперимента было определение оптимального соотношения диаметра пряжи и внутреннего диаметра иглы, а диаметр пряжи прямо пропорционален величине \sqrt{T} , то для оценки этого соотношения введем параметр

$$S = \frac{\sqrt{T}}{d_u}, \quad (8.1)$$

где d_u – внутренний диаметр иглы.

Таблица 8.1 – Химический состав полушестьяных льносодержащих ровниц T_{10} и T_{20} и отходов из них

Показатели	Шерсть	Нитрон	Лен
Процентное содержание волокна в ровнице T_{10}	31,1	58,4	10,5
Процентное содержание волокна в отходах из ровницы T_{10}	30,5	51,5	18
Процентное содержание волокна в ровнице T_{20}	12,5	69,1	18,4
Процентное содержание волокна в отходах из ровницы T_{20}	11,0	65,9	22,8

Максимальные значения отношения фактической линейной плотности пряжи к расчетной, а значит и минимальное количество отходов для пряжи любой линейной плотности достигается при значении $S = 3 - 3,5$ (рис. 8.2). Таким образом, при выборе внутреннего диаметра иглы необходимо выдерживать полученное оптимальное соотношение

$$d_{\tilde{N}} = \frac{\sqrt{T}}{3...3,5} . \quad (8.2)$$

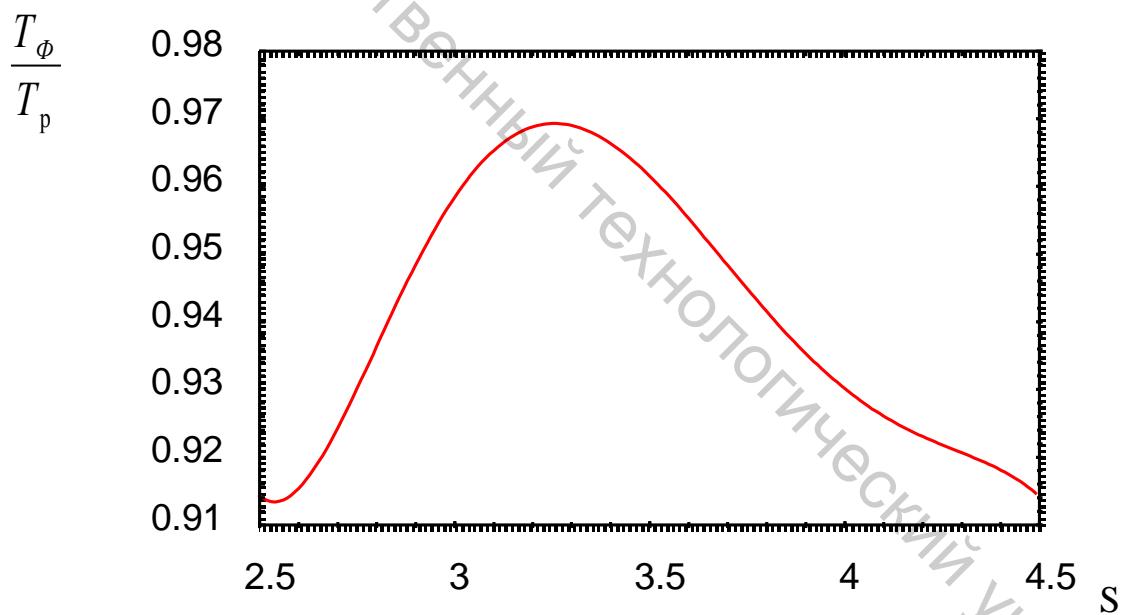


Рисунок 8.2 – Зависимость отношения фактической линейной плотности пряжи к расчетной от параметра S при оптимальном давлении в ПВК

Лекция 9. Анализ технологий производства фасонных нитей

1. Характеристика способов получения фасонных нитей
2. Анализ основных видов фасонных нитей

В зависимости от способа изготовления по классификации К.И. Корицкого фасонная нить была подразделена на две основные группы:

1) фасонная нить равномерного кручения, при выработке которой не требуются специальные крутильные машины (ее вырабатывают из смеси разноокрашенных волокон или из двух разноокрашенных ровниц, или из любого сырья при неправильных разводках в вытяжном приборе прядильной машины и т. д.);

2) фасонная нить, при выработке которой требуются машины специальной конструкции.

Обычно фасонная нить состоит не менее чем из двух или трех и более нитей и изготавливается в один или два этапа (или перехода). Сначала на машине фасонного кручения скручиваются две или три нити, являющиеся стержневыми, затем эти нити подаются в зону кручения, куда одновременно поступает нагонная нить со скоростью, превышающей скорость подачи стержневых нитей. Эта скорость может быть как постоянной, так и переменной. Нагонная нить обвивает стержневые и в зависимости от соотношения скоростей обеих нитей образует на их поверхности узелки, петли, спирали или шишки. При втором пропуске через крутильную машину вводится закрепительная нить, которая фиксирует положение нагонной и стержневой нитей или сама создает дополнительный эффект.

Способы получения основных видов фасонных нитей осуществляются следующим образом. Эффект волнистой нити получается при скручивании двух нитей, резко отличающихся по линейной плотности, или за счет увеличения скорости подачи нагонной нити. На втором этапе кручения полученную нить скручивают с закрепительной нитью в обратном направлении для создания равновесной структуры.

Узловую нить различных видов (с чередующимися короткими и длинными цветоузелками и т. д.) получают периодическим изменением соотношения скоростей пары, выпускающей стержневую нить, и пары, подающей нагонную нить. Кроме этого меняют период и амплитуду размаха качающейся планки, на которой располагается нитенаправитель. Нить с ровничным эффектом получают, сообщая прерывистое движение средней паре питающего устройства, подающего ровницу к переднему цилинду, выпускающему стержневую нить. При останове средней пары подача ровницы прекращается, обрывок ровницы, выпущенный ранее, прикручивается к нити, образуя таким образом утолщения на фасонной нити.

Вырабатывая петлистую нить, используют валики с канавками для заправки стержневых нитей (обычно двух). Нагонная нить заправляется под передний валик между двумя стержневыми нитями и выпускается с большей скоростью, образуя при скручивании со стержневыми нитями петли. Затем производят второе кручение в обратном направлении с закрепительной нитью.

Для выработки переслежистой нити рекомендуется периодически резко замедлять или прекращать выпуск стержневой нити. Спиральный эффект достигается при скручивании двух или нескольких нитей, имеющих различное направление крутки. При этом одна из нитей укорачивается за счет увеличения крутки, вторая удлиняется за счет раскручивания и обвивает первую в виде спиралей. При большой скорости подачи нагонной нити получается фасонная

спираль. Основные виды комбинированных фасонных нитей изготавливаются при помощи специальных устройств механического типа (качающийся нитенаправитель, нажимные валики вытяжного прибора специальной формы, замедленная либо прерывистая скорость подачи компонентов в зону формирования), используемых на прядильно-крутильных и кольцевых крутильных машинах.

В настоящее время лидирующее положение в мировом производстве фасонных нитей занимает оборудование, которое во всем своем масштабе может быть четко разделено на две основные группы: 1) классические кольцевые крутильные машины фасонного кручения; 2) прядильно-крутильные машины фасонного кручения, оборудованные полыми веретенами. Каждая из этих групп машин имеет свои достоинства и недостатки. Кольцевые прядильные машины фасонного кручения, достаточно надежные в работе, в прошлом были широко распространены, имея основную долю в общем объеме производства фасонных нитей. Однако после изобретения технологии полого веретена ситуация в данной области стала изменяться. Благодаря тем преимуществам, которыми обладают машины, оборудованные полыми веретенами, их доля на мировом рынке постоянно растет. Данными преимуществами являются возможность получения комбинированных фасонных нитей в широком ассортименте, повышенная производительность машины, сокращение производственных площадей. Производительность машин, оборудованных устройствами с полыми веретенами, по сравнению с кольцепрядильными машинами, повышается в 4 – 8 раз, затраты на производство снижаются в 1,5 – 2 раза, производственные площади снижаются в 1,3 – 3,5 раза. Как наиболее прогрессивная технология получения фасонных нитей, способ, основанный на использовании полых веретен, приобрел решающее значение на рынке текстильного машиностроения.

Лекция 10. Технологические процессы получения фасонных нитей с использованием аэродинамических устройств

1. Анализ технологии производства фасонных нитей.
2. Анализ работы аэродинамического устройства.
3. Расширение технологических возможностей форсунки.

Отличительной особенностью известного способа получения комбинированных фасонных нитей на машинах с полыми веретенами является разделение процессов формирования эффектов из нагонных нитей и их фиксирования на стержневой нити, что приводит к изменению формы эффекта и его деформации.

Основными факторами, определяющими размер петли, их количество и однородность распределения, являются только коэффициент нагона эффектного компонента и крутка, передаваемая от полого веретена. Кроме того, как известно, текстильные материалы обладают повышенной неоднородностью физико-механических свойств. В частности, по длине значение жесткости нити на кручение и изгиб может изменяться в широких пределах.

Последнее обстоятельство оказывает сильное влияние на процесс формирования петли из нагонного компонента. Это влияние выражается в наличии петель разных размеров и их неоднородного распределения по длине фасонной нити, что приводит к образованию брака в фасонной нити и резко снижает качество вырабатываемых фасонных нитей.

Для уменьшения влияния анизотропности физико-механических свойств нагонных нитей, идущих на создание петель в фасонной нити, повышения качества готовых нитей и получения возможности управления процессом образования петли, в предлагаемом способе комбинированные фасонные нити производятся на прядильно-крутильной машине, оснащенной полым веретеном, а в качестве механизма формирования петель используется аэродинамическое устройство эжекционного типа (форсунка).

Форсунка устанавливается между полым веретеном и выпускной парой прядильно-крутильной машины, обеспечивающей заданную скорость движения нагонной нити. В форсунке под действием потока сжатого воздуха происходит образование петли из избытка нагонной нити и ее соединение со стержневым компонентом. Сразу же после образования петли она фиксируется закрепительной нитью.

Применением аэродинамического устройства достигается правильная форма петли и однородное распределение петель по длине фасонной нити, что значительно расширяет ассортимент готовых текстильных изделий и улучшает их качество.

Технологический процесс получения комбинированной фасонной нити представлен на рисунке 10.1. Комбинированная фасонная нить петлистой структуры по предлагаемому способу вырабатывается следующим образом. С неподвижной бобины 1, установленной в питающей рамке 2, сматывается стержневая нить 3. Стержневая нить проходит направляющий глазок 4, нитенатяжитель 5 и заправляется в аэродинамическое устройство 6, в канал для прохода стержневой нити 7. Для получения фасонных эффектов (петель) в питающей рамке устанавливается бобина 8 с нагонной нитью 9.

Нагонная нить проходит направляющий глазок 10, нитенатяжитель 11 и, минуя глазок специального нитепроводника 12, заправляется в питающую пару цилиндр-валик 13, 14, обеспечивающую требуемую скорость движения нагонной нити. Нитепроводник 12 для нагонной нити соединен с планкой водилки и совершает медленные колебательные движения в плоскости, параллельной выпускной паре с целью смешения нагонной нити и предохранения поверхности нажимного валика от преждевременного износа. Выходя из выпускной пары, нагонная нить заправляется в транспортирующий канал 15 аэродинамического устройства. Стержневая нить получает скорость выпускной пары 16, 17, окружная скорость которой меньше скорости питающей пары 13, 14. Нагонная нить поступает в аэродинамическое устройство с большей скоростью, чем скорость подачи стержневой нити (скорость выпуска). Вследствие этого создается избыток нити, из которого и происходит образование петли.

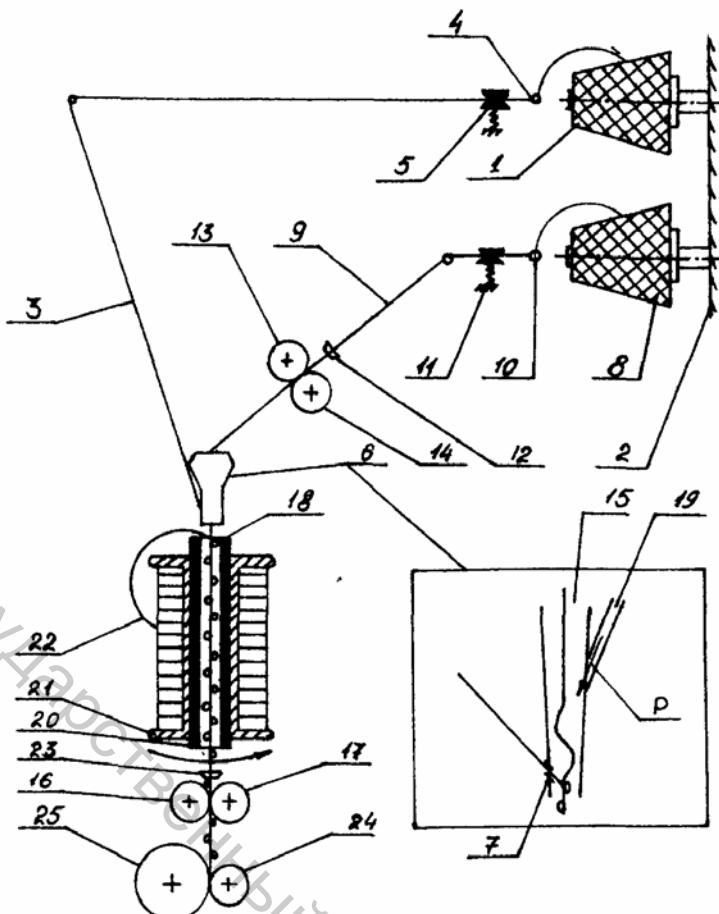


Рисунок 10.1 – Технологическая схема получения комбинированных фасонных нитей с использованием полого веретена и аэродинамического устройства

За счет нагона эффектной нити, действие силы давления воздушного потока в форсунке и крутящего момента, передаваемого от полого веретена, происходит образование петли 18. Сжатый воздух поступает в аэродинамическое устройство через питающий канал 19. Сформированная фасонная нить выходит из форсунки и поступает в канал полого веретена 20. На полом веретене установлена катушка 21 с закрепительным компонентом 22. Сматываясь с катушки, закрепительная нить также поступает в канал полого веретена. В канале полого веретена происходит скручивание компонентов и фиксирование полученных эффектов (петель).

Полученная фасонная нить выходит из полого веретена, проходит глазок специального нитепроводника 23, отводится выпускной парой 16, 17 и при помощи мотального механизма 24 наматывается на цилиндрическую паковку 25 крестовой намотки. Принцип работы нитепроводника 23 аналогичен принципу работы нитепроводника 12.

Данный технологический процесс может быть условно разделен на следующие этапы:

- 1 – принудительная подача нагонного и стержневого компонентов в аэродинамическое устройство;

2 – формирование в аэродинамическом устройстве из нагонного компонента петли;

3 – фиксирование полученного эффекта на стержневой нити закрепительным компонентом в полом веретене;

4 – отвод сформированной фасонной нити из полого веретена и наматывание ее на паковку.

Скорость выпуска комбинированной нити составляет от 20 до 50 м/мин.

Согласно предлагаемому способу получения комбинированных фасонных нитей петлистой структуры можно вырабатывать нити линейной плотностью 30-1000 текс и выше. Возможности комбинирования различных по свойствам, волокнистому составу и цветовой расцветке компонентов практически не ограничены.

Особенностью данного способа получения комбинированной фасонной нити является использование аэродинамического устройства, при помощи которого осуществляется формирование петли из нагонного компонента. Экспериментальный образец устройства изображен на рисунке 10.2.

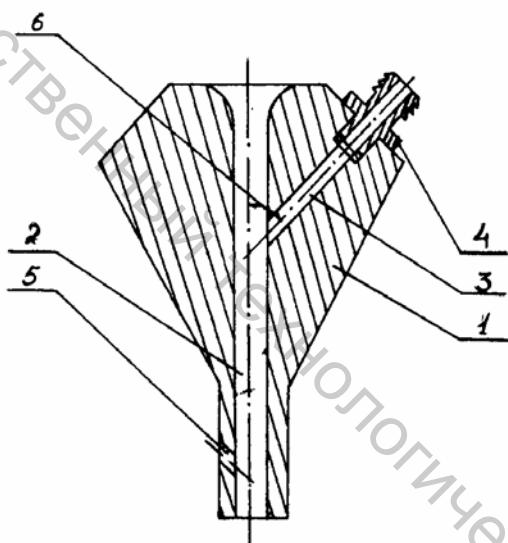


Рисунок 10.2 – Экспериментальный образец аэродинамического устройства

Устройство представляет собой аэродинамическую форсунку эжекционного типа. Оно содержит корпус 1, в котором выполнен транспортирующий канал 2 для прохода нагонного компонента, расположенный по оси полого веретена. Питающий канал 3 для подачи сжатого воздуха входит в него под требуемым углом. Подвод сжатого воздуха в аэродинамическую форсунку осуществляется через штуцер 4, который крепится в корпусе форсунки.

Отличительной особенностью аэродинамического устройства является выполненный в корпусе канал 5 для прохода стержневого компонента (боковой канал). Наличие этого канала обеспечивает стабильное положение стержневой нити относительно нагонной, отсутствие баллонирования ее и, как следствие, повышение качества фасонной нити. При истечении сжатого воздуха из питающего канала 3 образуется направленный воздушный поток, выходящий в транспортирующий канал.

В зависимости от взаимного расположения этих каналов может изменяться скорость воздушного потока. С целью увеличения скорости потока сжатого воздуха угол наклона питающего канала выбирается минимально возможным, при этом уменьшается гидравлическое сопротивление аэродинамического устройства.

Попадая из канала 3 в транспортирующий канал, сжатый воздух создает разрежение, и тем самым создаются условия для пневмозаправки аэродинамического устройства и полого веретена. Разрежение способствует эжектированию выходящей из выпускной пары нагонной нити с одновременной транспортировкой ее вдоль канала 2.

Для переработки волокнистой мычки в фасонную нить используется аэродинамическое устройство, обеспечивающее дополнительную ложную крутку для придания мычке требуемой прочности. Это достигается применением аэродинамического устройства с тангенциальным расположением питающего канала 3 для подвода сжатого воздуха.

Поток сжатого воздуха выходит в транспортирующий канал и продвигается вдоль него по винтовой линии. Образуется закрученный воздушный поток, работающий по принципу выворотка ложной крутки. При необходимости форсунка может обеспечивать правую либо левую ложные крутки (Z или S).

Заправка устройства осуществляется путем подачи свободного конца нагонной нити в транспортирующий канал аэродинамического устройства. При этом за счет эжекции нагонная нить под действием направленных воздушных потоков проходит вдоль аэродинамического устройства и далее вдоль канала полого веретена.

На основе описанного выше предлагаемого способа и разработанного аэродинамического устройства на базе прядильно-крутильной машины ПК-100 была разработана конструкция модернизированной машины ПК-100 для выпуска комбинированных фасонных нитей.

Основные технические характеристики прядильно-крутильной машины ПК-100 для выпуска комбинированных фасонных нитей представлены в таблице 10.1.

Абсолютно иначе в данном случае работает волокнистая мычка. Исследования показали, что невозможно переработать в фасонную нить волокнистую мычку, выходящую из вытяжного прибора при помощи аэродинамического устройства с радиальным расположением питающего канала. Это объясняется тем, что волокнистая мычка, не получая крутки, под действием силы потока сжатого воздуха разрывается, после чего полностью прекращается процесс формирования фасонной нити.

Для устранения вышеприведенных недостатков было предложено использовать аэродинамическое устройство, обеспечивающее создание дополнительной ложной крутки для укрепления волокнистой мычки. После апробации различных конструкций форсунок было выбрано аэродинамическое устройство с тангенциальным расположением питающего канала, представленное на рисунке 10.3.

Таблица 10.1 – Технические характеристики машины ПК-100 для выпуска комбинированных фасонных нитей

Параметр	Значение
Линейная плотность комбинированной фасонной нити, текс	30-500
Число кручений на 1 м	250-1100
Частота вращения веретен, мин ⁻¹	До 12000
Число веретен на машине	13,26-156 (кратное 12)
Марка веретена	ВПК 32-64-140
Расстояние между веретенами, мм	200
Питание одного рабочего места машины	С двух паковок конусной намотки максимальным диаметром 195 мм
Способ заправки исходных компонентов	Пневмографункой
Тип выпускаемой паковки	Цилиндрическая бобина крестовой намотки
Размеры паковки	Ширина намотки, мм до 75 диаметр бобины, мм до 200
Масса нити на бобине, г	1,2-1,25
Орган формирования эффектов (петель)	Аэродинамическое устройство
Давление сжатого воздуха, МПа	Не менее 0,1
Расход сжатого воздуха на одну форсунку, м ³ /ч	Не более 3,5

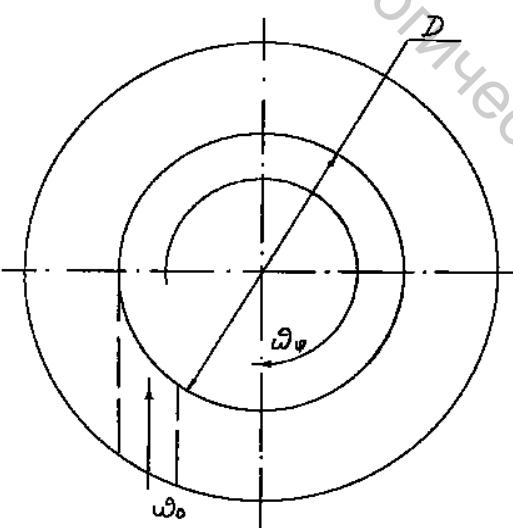


Рисунок 10.3 – Аэродинамическое устройство с тангенциальным расположением питающего канала

При такой конструкции аэродинамического устройства поток сжатого воздуха, как показали проведенные исследования, совершает поступательно-вращательное движение, то есть одновременно с движением вдоль оси транспортирующего канала вращается вокруг оси транспортирующего канала. В данном случае аэродинамическое устройство выполняет одновременно две функции: наряду с протягиванием нагонного компонента вдоль транспортирующего канала и формированием петли на фасонной нити, оно работает в качестве выорка ложной крутки, тем самым упрочняя волокнистую мычку, выходящую из передней пары вытяжного прибора.

Скорость поступательного движения воздуха вдоль оси канала в дальнейшем обозначим через W_0 , а скорость вращательного движения – через W_ϕ . Линии потока имеют форму винтовых линий. Определим направление и скорость закрученного воздушного потока.

В предположении, что поток воздуха в аэродинамическом устройстве лишен вязкости и несжимаем, определим скорость вращательного движения. Воспользуемся уравнением неразрывности в цилиндрических координатах:

$$\frac{\partial W_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial W_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial W_z}{\partial z} + \frac{\partial W_z}{\partial r} = 0, \quad (10.1)$$

где каждый из членов уравнения соответственно частная производная скорости по соответствующей оси. Поскольку при стационарном вращательно-поступательном движении газа по каналу скорость вращательного движения в силу симметрии движения может зависеть только от радиуса r , а составляющая скорости вдоль радиуса канала равна нулю, то из уравнения (1) следует:

$$\frac{\partial W_z}{\partial z} = 0, \quad (10.2)$$

то есть скорость поступательного движения газа вдоль канала постоянна.

Уравнения Эйлера в цилиндрических координатах для рассматриваемого движения имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial W_\phi}{\partial r} = 0 \\ \frac{\partial P}{\partial r} = - \frac{1}{V} \cdot \frac{\partial W_\phi^2}{\partial r} \end{array} \right\}. \quad (10.3)$$

Решения уравнения (10.3) имеют вид:

$$\begin{aligned} W_\phi' &= a \cdot r, \\ W_\phi'' &= b/r, \end{aligned} \quad (10.4)$$

где a и b – константы интегрирования.

Константы интегрирования a и b находятся из предельных условий. Так как при тангенциальной подаче газа в транспортирующий канал скорость у стенки канала, то есть на расстоянии $D/2$ от оси определяется следующим выражением:

$$W\varphi = W_0 \frac{D}{2r}, \quad (10.5)$$

то было сделано следующее предположение, что основное влияние на волокнистую мычку, находящуюся внутри аэродинамического устройства в свободном состоянии, оказывает вторая составляющая уравнения (10.4), вычисляемая по формуле (10.5). При этом радиус вихря практически равен радиусу транспортирующего канала. Используя полученное значение, можно определить значение ложной крутки, создаваемой аэродинамическим устройством. Предположив, что за один оборот потока сжатого воздуха волокнистая мычка получает одно кручение (на данном этапе мы пренебрегаем коэффициентом проскальзывания) и в минуту совершаются n оборотов, определим получаемую мычкой крутку от выпускной пары вытяжного прибора до ее закрепления со стержневой нитью (представлено на рис. 10.4).

При моделировании вышеописанного процесса были приняты следующие допущения:

1. Волокнистый материал не обладает вязкоупругими свойствами, то есть крутка не релаксируется.
2. Скорость распространения крутки велика по сравнению со скоростью движения волокнистого материала.
3. Скорость транспортировки волокнистого материала не зависит от крутки (то есть отсутствует воздействие укрутики на скорость движения материала) и не меняется во времени.
4. Волокнистый материал однороден, то есть модуль жесткости на кручение постоянен по длине продукта.

Вместе с предшествующими допущениями это приведет к тому, что крутка в зоне в любой момент времени одна и та же для всех точек волокнистого материала (мычки), находящихся в зоне кручения.

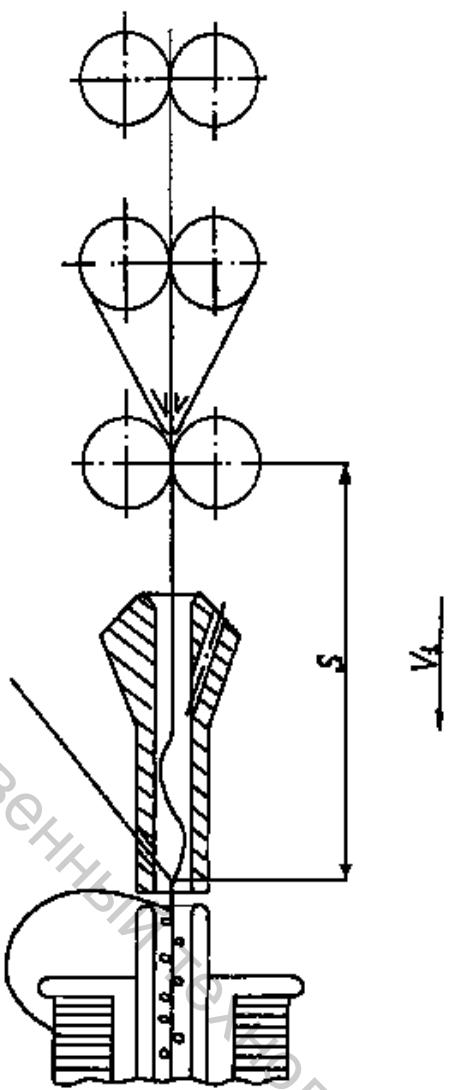


Рисунок 10.4 – Технологическая схема формирования фасонных нитей из волокнистой мычки

Примем, что линейная скорость движения мычки, заправляемой в аэродинамическое устройство, в зоне I равна V_1 , а протяженность зоны I равна S . Общая крутка \hat{E}_i волокнистой мычки будет равна величине ложной крутки, получаемой мычкой от воздушного потока:

$$K_m = K_{лож}, \quad (10.6)$$

где K_i – общая крутка;

$\hat{E}_{эд}$ – крутка сообщаемая нити аэродинамическим устройством.

Приращение общей крутки dK_m за время dt равно:

$$dK_m = dK_{лож}. \quad (10.7)$$

Для характеристики приращения $dK_{лож}$ в зоне I за время dt составляем следующее уравнение:

$$SdK_{\epsilon 1} = ndt - V_1 K_{\epsilon 1} dt, \quad (10.8)$$

где ndt – накопление витков ложного кручения в зоне I за время dt , вызываемое работой аэродинамического устройства;

$V_1 K_{\epsilon 1}$ – перенос поступательно движущейся нитью витков ложного кручения из зоны I в зону формирования за время dt ;

S – длина зоны.

Разделив обе части уравнения (10.8) на $V_1 dt$ получаем уравнение:

$$\frac{S}{V_1} \cdot \frac{dK_{\epsilon 1}}{dt} + K_{\epsilon 1} = \frac{n}{V_1}. \quad (10.9)$$

При нулевом начальном условии $K_{\epsilon 1(0)} = 0$ и при $n = \text{const}$ решение уравнения (10.9) принимает вид:

$$K_1 = K_{\epsilon 1} = \frac{n}{V_1} \left(1 - \exp\left(-\frac{V_1 t}{S}\right)\right). \quad (10.10)$$

Формула (10.10), по которой определяется значение общей крутки в зоне I, теоретически распространяется на все времена работы аэродинамического устройства, то есть до бесконечности. Практически значение крутки достигает реального предела в конечный отрезок времени. Для того, чтобы найти его, приведем уравнение (10.10) к виду:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} K_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} \left[\frac{n}{V_1} - \frac{n}{V_1} \cdot \exp\left(-\frac{V_1 t}{S}\right) \right] = \frac{n \cdot \varphi}{V_1}, \quad (10.11)$$

где φ – коэффициент проскальзывания.

В пределе, то есть при $t = \infty$, значение K_1 окажется равным значению ложной крутки, сообщаемой аэродинамическим устройством.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что аэродинамическое устройство с тангенциальным расположением питающего канала способно создавать ложную крутку и поддерживать тем самым процесс формирования комбинированных фасонных нитей из волокнистой мычки, что позволяет сократить технологический переход и тем самым увеличить производительность предлагаемого способа.

Лекция 11. Цель и сущность процесса пневмотекстурирования

1. Недостатки комплексных химических нитей.
2. Назначение процесса текстурирования.
3. Способы текстурирования.
4. Основы процесса пневмотекстурирования комплексных химических нитей.

Метод пневмотекстурирования комплексных химических нитей является одним из наиболее перспективных способов получения пряжеподобных нитей.

Сущность данного способа заключается во взаимодействии воздушного потока с движущейся нитью. Под воздействием турбулентных воздушных потоков элементарные нити (ЭН) перепутываются, выбиваются из ядра комплексной нити, образовывая на ее поверхности петли, дуги и полудуги. За счет образовавшихся петель нить укорачивается, а выбитые на ее поверхность петли закрепляются.

В качестве компонентов пневмотекстурированных нитей (ПТН) могут использоваться практически любые виды химических нитей, а также пряжа из химических и натуральных волокон и их смесей, что подтверждает универсальность данного метода. ПТН по своим свойствам занимают промежуточное положение между гладкими комплексными нитями и штапелированной пряжей. Структура данных нитей содержит ЭН, которые находятся во внутреннем и внешнем слоях. Разрывное удлинение ПТН больше на 10–20 %, чем у комплексных нитей, а прочность ниже за счет уменьшения числа несущих ЭН во внутреннем слое, работающих на разрыв. По объемности ПТН больше на 50–250 %, чем исходные нити.

Основными разновидностями метода пневмотекстурирования являются однониточный, параллельный и нагонный.

При однониточном способе пневмотекстурирования одна комплексная нить подвергается воздействию воздушного потока. Гладкая комплексная нить, сматываясь с паковки 1 (рис. 11.1), проходит питающую пару 2, емкость с водой 3 и попадает с некоторым опережением относительно оттяжной пары в пневмотекстурирующее устройство (ПТУ) 4, где формируется структура ПТН. Далее нить проходит зоны стабилизации 5 и усадки (горячей стабилизации) 6, после чего наматывается на бобину 7.

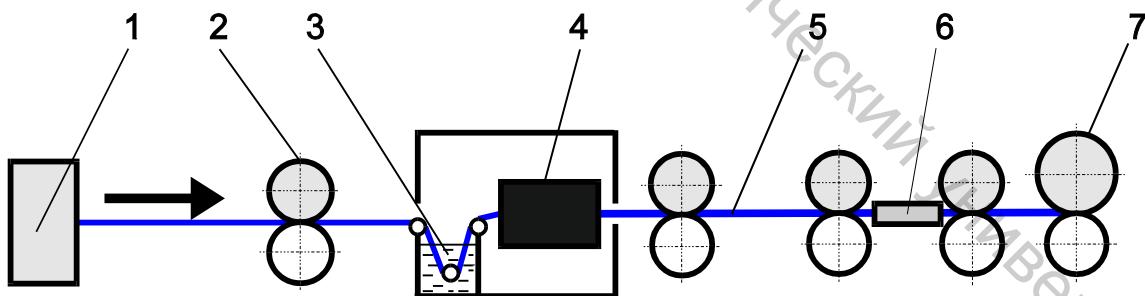


Рисунок 11.1 – Технологическая схема однониточного способа текстурирования

Японскими учеными запатентован способ текстурирования одной нити или жгута, в котором отсутствуют зоны смачивания, стабилизации и усадки, но где используются два сопла: направляющее 1 и текстурирующее 2 (рис. 11.2).

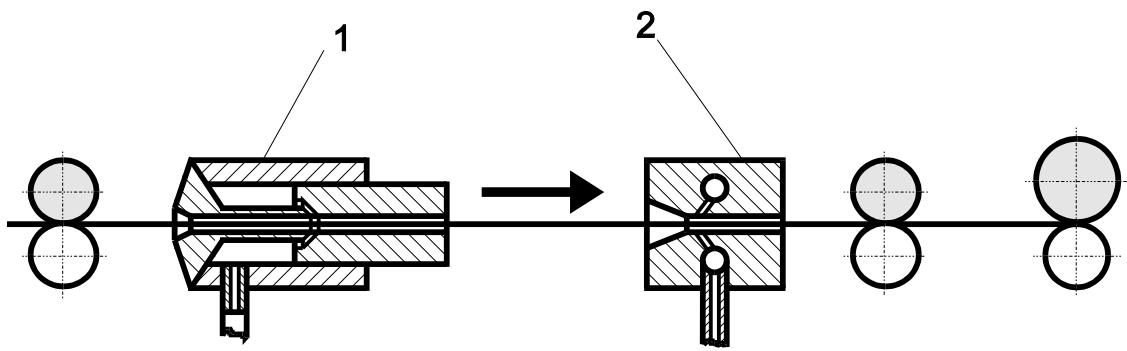


Рисунок 11.2 – Схема текстурирования одной нити или жгута

Однониточный способ пневмотекстурирования не дает достаточного разнообразия ассортимента ПТН. Это привело к появлению более совершенной разновидности способа – параллельному пневмотекстурированию.

Классическая схема параллельного пневмотекстурирования содержит 5 зон обработки нитей (рис. 11.3):

I – зона вытяжки; II – зона смачивания; III – зона пневмотекстурирования; IV – зона стабилизации и термофиксации; V – зона намотки.

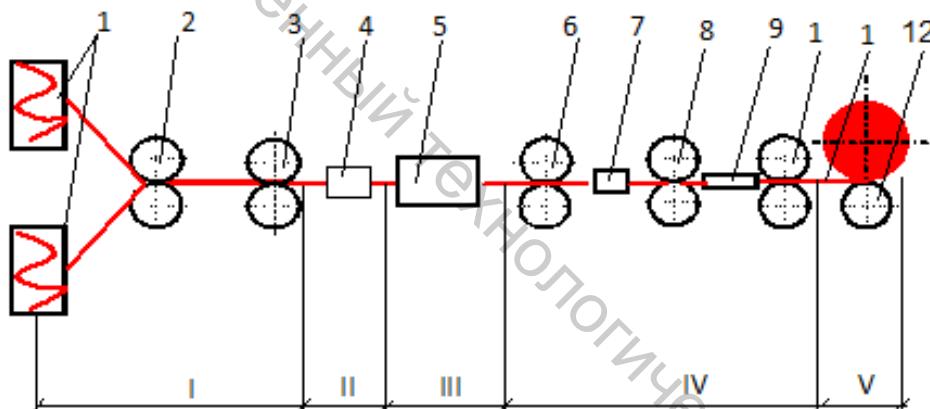


Рисунок 11.3 – Технологическая схема параллельного способа текстурирования

Отличительной особенностью параллельного способа является то, что пневмотекстурированию подвергаются сразу две или более комплексных нити, подающихся в ПТУ с одинаковыми скоростями.

Комплексные, частично ориентированные или невытянутые нити, сматываясь с пакетов 1, вытягиваются между вытяжными парами 2 и 3, увлажняются в устройстве для смачивания 4 и попадают с некоторым опережением относительно оттяжной пары 6 в ПТУ 5, где формируется петельная структура ПТН. Далее нить при помощи пар 6 и 8 проходит зону стабилизации и термофиксации в устройстве 9, после чего парой 10 текстурированная нить 11 наматывается на выходную бобину с помощью устройства намотки 12. На машине может быть установлено устройство 7 для контроля качества ПТН.

Параллельный способ текстирирования позволяет вырабатывать ПТН широкого диапазона линейных плотностей (5-300 текс) различного сырьевого состава. Возможно получение нитей с меланжевым эффектом. ПТН, полученные данным способом формирования, используются для производства плательных, костюмных тканей и трикотажа, а также мебельных и декоративных тканей. Для ряда изделий требуется получать ПТН повышенной объемности, что достигается применением нагонного способа текстирирования.

При нагонном способе текстирирования обрабатываемые комплексные нити подаются в ПТУ с различной величиной опережения. При этом нить, подаваемая с меньшим опережением, является стержневой, а нить, подаваемая с большим опережением, называется нагонной или эффектной. Стержневая нить обеспечивает разрывные и деформационные свойства ПТН, а нагонная в большей степени обеспечивает такие потребительские свойства нити, как: высокую объемность, пушистость, пряжеподобный внешний вид, хороший гриф тканей из ПТН.

Принципиальная технологическая схема процесса получения ПТН с нагоном на современных текстирирующих машинах практически не отличается от процесса получения ПТН параллельным способом и содержит те же зоны обработки.

В США запатентован способ получения высокообъемных ПТН (рис. 11.4). В ПТУ с помощью питающих пар 3 одновременно поступают две комплексные нити, движущиеся по разным траекториям с различными скоростями. Нить 1 перемещается по ломаной траектории через ролики 4, имеет меньшую скорость и большее натяжение и на пути к форсунке проходит через ванночку 6, где смачивается водой. Нить 2 движется с большей скоростью по траектории, близкой к прямолинейной, и проходит через ванночку по направляющей трубке 5, герметично изолированной от воды. Под воздействием воздуха в форсунке 7 второй компонент, благодаря низкому натяжению, извивается, образуя петли и извитки вокруг смоченного водой натянутого первого компонента, придавая нити высокую объемность. Продольная ось форсунки 7 ориентирована под углом 45° к плоскости, в которой лежат траектории обеих нитей, что приводит к их дополнительному переплетению на выходе из форсунки.

Нестабильность петельной структуры ПТН, полученных нагонным способом текстирирования выше, чем у ПТН, полученных параллельным способом, за счет ярко выраженной стержневой структуры. Поэтому для широкого ассортимента ткацких изделий технического и бытового назначения, где ПТН перерабатываются в качестве основы, использование ПТН параллельного способа формирования более предпочтительно, так как петельная структура нитей не разрушается под действием натяжения большой величины в процессе ткачества.

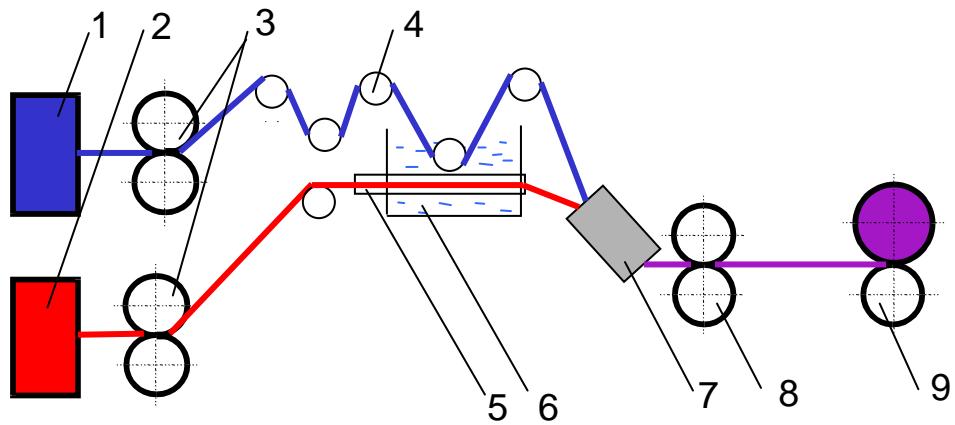


Рисунок 11.4 – Способ получения высокообъемной нити (США)

С целью совершенствования процесса пневмотекстурирования предлагается обработку движущейся без натяжения комплексной нити производить турбулентным потоком нагретого воздуха или насыщенного водяного пара. Отдельные элементарные нити выбиваются из комплексной под действием вихревых потоков, приобретают петлистую форму и фиксируются в таком состоянии. Кроме того, все ЭН усаживаются в потоке теплоносителя.

Однако использование нагретого воздуха или насыщенного водяного пара приводит к увеличению энергоемкости технологического процесса получения ПТН и требует дополнительных конструктивных решений и материальных затрат.

На базе всего вышесказанного, можно выделить основные пути совершенствования пневмотекстурирования комплексных химических нитей:

- улучшение качества и расширение ассортимента ПТН;
- снижение энергоемкости технологического процесса их получения;
- дальнейшее увеличение скорости выпуска.

При этом следует помнить, что увеличение скорости переработки ПТН, снижение энергозатрат на ее производство, как правило, приводит к ухудшению свойств, характеризующих качество ПТН.

Основным рабочим органом, осуществляющим пневмообработку комплексных нитей, является пневмотекстурирующее устройство. Известно множество конструкций ПТУ для получения ПТН различного сырьевого состава и структуры. От конструкции ПТУ зависит способ формирования ПТН (однониточный, параллельный или нагонный). Выдача первых патентов на ПТУ началась еще в 1951 г. Основными разработчиками на тот момент являлись фирма «Du Pont» (США) и, начиная с конца 70 годов, фирма “Heberlein” (Швейцария). Рассмотрим наиболее распространенные ПТУ различных производителей текстильного оборудования.

В 1960 г. ПТУ фирмы «Du Pont» представляла собой так называемое сопло «Вентури». Коническая форсунка для создания необходимого турбулентного сверхзвукового воздушного потока и игла, которая вводит нить в зону действия

воздушных струй. Такое устройство требует очень точной настройки воздушного зазора между иглой и соплом для обеспечения стабильного процесса текстурирования. Эти устройства имеют очень высокий расход воздуха. Несмотря на некоторые усовершенствования конструкции этих устройств, они даже сегодня не могут стablyно работать на скоростях, превышающих 350 м/мин.

Пневмотекстурирующее устройство, представленное на рисунке 11.5, предназначено для текстурирования одной или нескольких комплексных нитей. Устройство содержит корпус 13 с прижимной скобой 6, которая нагружена пружиной 1 и обеспечивает прижим сопловой 8 и скользящей 4 пластин одной к другой. Сопловая пластина 8 изготовлена из керамики. В верхней части пластины выполнен канал 5, по которому текстурируемая нить перемещается в камеру текстурирования, расположенную в конце канала перпендикулярно ему. В канал 5 через штуцер 14, отверстие 12, отверстие 10 и наклонный канал 9 подается сжатый воздух. Наклон канал 9 обеспечивает движение воздуха по каналу 5 и движение нити по этому каналу. Движущаяся нить на выходе из канала 5 попадает в текстурирующую камеру, ударяясь о стенку. При этом направление движения нити меняется под углом 90° и, огибая стенку текстурирующей камеры, нить выводится из устройства. Для заправки нити в устройство необходимо повернуть рычаг относительно оси 3. При этом штифт 2, закрепленный на рычаге 7, смещает вправо держатель 11 сопловой пластины 8 и саму пластину так, что канал 5 выходит из-под скользящей пластины.

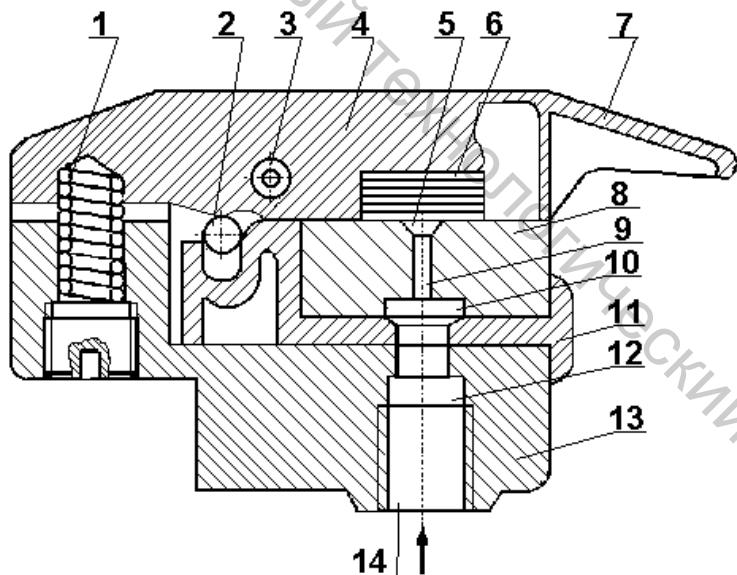


Рисунок 11.5 – Пневмотекстурирующее устройство фирмы “Heberlein”

Пневмофорсунка, представленная на рисунке 11.6, содержит корпус 8 прямоугольного сечения, по длине которого выполнено отверстие 9 круглого сечения. Со стороны входа текстурируемой нити 1 к корпусу болтом 2 прикреплен фланец 12. Фланец жестко соединен с нитенаправляющей иглой 3, вдоль оси которой выполнен канал 11, по которому перемещается нить 1. Наконечник 4 иглы входит в коническую часть осевого канала сопла 7. Сопло

вставлено в отверстие 9 корпуса и удерживается прикрепленной к торцу корпуса пластиной 5. Воздух подается в форсунку через патрубок 10, попадает в камеру, из которой проходит в зазор между наконечником 4 иглы и соплом, где происходит обработка нити. На выходе из сопла установлен экран 6 в виде цилиндрического стержня, в который ударяется нить. Обогнув экран, нить направляется к наматывающему устройству.

Разработкой ПТУ непосредственно для искусственных нитей занимаются немногие. Например, в заявке описывается текстурирующее устройство для вискозных нитей. Для пневмосплетения элементарных нитей в многокомпонентную нить и придания ей рациональной объемности предложено устройство, с помощью которого эффективность сцепления элементарных и комплексных нитей увеличивается за счет текстурирования, сплетения и наличия ложной крутки. Проведены однофакторные разведывательные эксперименты по текстурированию вискозных нитей линейной плотности 33 текс в 2, 4 и 6 сложений.

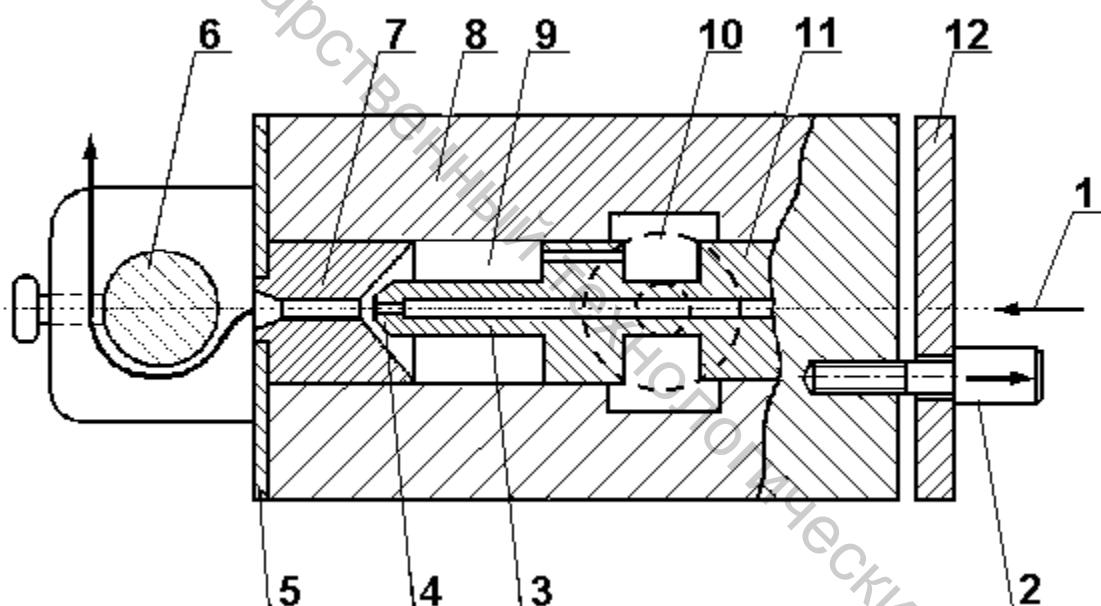


Рисунок 11.6 – Пневмофорсунка фирмы “Du Pont”

Описанные выше ПТУ используются в основном при параллельном или однониточном пневмотекстурировании. Способ пневмотекстурирования с на-
гоном требует другой конструкции ПТУ, обеспечивающей повышенную турбу-
лентность воздушных потоков, отсутствие встречных движению нитей потоков
и другие требования.

Наиболее распространены сегодня форсунки фирмы «Heberlein» серии «T» (рис. 11.7). Воздух попадает в нитепроводящий канал 3 особой конфигурации, выполненный в корпусе 1 через один или три тонких воздухопроводящих канала 2, и встречаются с подаваемой с опережением нитью 4 под определенным углом. Петлеформирование происходит в результате продольного дифференциального смещения филаментов друг относительно друга. Филаменты смещают-

ся по причине углового удара воздушного потока по нити. Форсунки серии «Т» позволяют получать ПТН высокого качества на скоростях до 500 м/мин. Недостатком устройства является то, что оно однокамерное и требует настройки каждый раз перед установкой и во время использования.

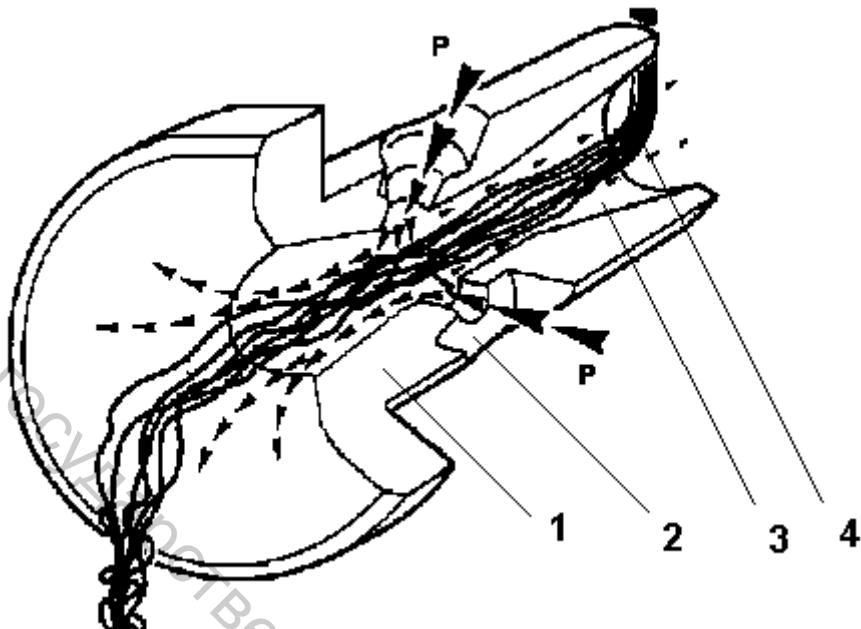


Рисунок 11.7 – Однокамерное ПТУ фирмы «Heberlein» серии «Т»

Используемая для производства сердечника ПТУ «Heberlein» новая технология спекания керамики делает эти устройства достаточно дорогими. При текстурировании на высоких скоростях (до 1000 м/мин) происходит неравномерное петлеформирование и петлераспределение, прослеживается тенденция к образованию слабоперепутанных участков. Оптимизация конструкции форсунок серии «S» показала, что скорость текстурирования может быть увеличена при дальнейшей модернизации оборудования. Это достигается для форсунки «S 315» путем дополнительной установки устройств нагревания для закрепления петельной структуры. Дополнительные обогреваемые тарелки перед форсункой и увеличение давления воздуха до 1,2 МПа дает возможность увеличить скорость текстурирования до 1000 м/мин, однако и повышает стоимость нитей.

В последнее время серьезную конкуренцию в разработке ПТУ фирмам «DuPont» и «Heberlein» составляют научно-исследовательские учреждения и фирмы других государств. Это происходит по причине того, что для некоторых стран производство собственных устройств обходится дешевле, чем покупка импортных.

Так, например, российскими производителями разработано аэродинамическое устройство модели ФСД-У, предназначенное для пневмотекстурирования химических нитей. Получаемые объемно-петельные однородные или комбинированные нити используются для выработки широкого ассортимента текстильных и трикотажных изделий, включая мебельные ткани и обивку для салонов автомобилей и самолетов. Устройство универсально по ассортименту, позволяет реализовывать аксиальную и

радиальную технологию пневмотекстурирования благодаря набору сменных рабочих элементов. Предназначено для получения пневмосплетенных нитей линейной плотностью 10 – 500 текс. Линейная скорость нити в устройстве при работе в параллельном режиме составляет 350 – 600 м/мин, а при работе в режиме нагона 100 – 450 м/мин.

Швейцарская фирма “Heberlein Maschinen Fabric” выпускает форсунки типа Нета Jet для текстурирования комплексных химических нитей струей воздуха (рис. 11.8). Пневмотекстурированию могут подвергаться полиэфирные, полиамидные, полипропиленовые, вискозные и стеклянные нити. В ПТУ, описанных выше, транспортировка и текстурирование нитей осуществляется одним потоком воздуха, что снижает качество ПТН. Кроме того, существует сложность настройки всех форсунок на машине для получения ПТН одинаковой структуры.

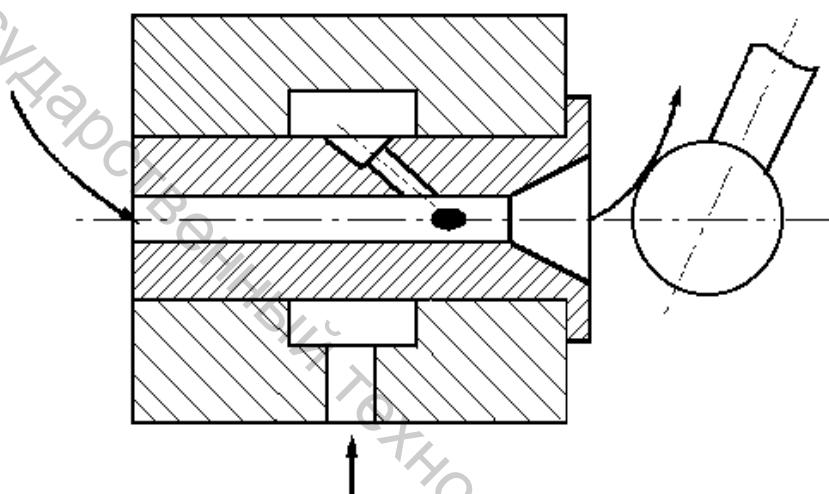


Рисунок 11.8 – Пневмоустройство фирмы “Heberlein”

Ряд фирм выпускает пневмосплетающие форсунки, которые могут работать на очень высоких скоростях (до 5000 м/мин). Такие скорости достигаются за счет того, что в устройствах не происходит полного перепутывания ЭН комплексной нити. Осуществляется лишь точечное пневмосоединение нити через определенные интервалы.

Лекция 12. Анализ технологического процесса пневмотекстурирования комплексных химических нитей

ПТУ для текстурирования с нагоном разработано на кафедре ПНХВ ВГТУ (Республика Беларусь). Устройство содержит в корпусе две камеры – транспортирующую и пневмотекстурирующую (рис. 12.1). Главным достоинством устройства является то, что действия воздушных потоков, истекающих из обеих камер, функционально разделены. В транспортирующей камере выполнена ступенька для разрушения обратного воздушного потока. В камере текстурирования под действием потоков воздуха, истекающих из двух радиальных ка-

налов, происходит интенсивное перепутывание ЭН. Выход из ПТУ частично перекрыт заслонкой. Такая конструкция ПТУ позволяет вырабатывать ПТН широкого диапазона линейных плотностей (от 5 до 350 текс) нагонным и параллельным способами. Устройство содержит в корпусе 16 две втулки 11 и 13, которые запираются гайкой 1 и прижимаются к стопорной гайке 8. Втулка 11 содержит пневмотранспортирующую камеру (ПТК), соединенную с патрубком для подачи воздуха через полость для выравнивания давления, и радиально расположенный под острым углом к оси камеры канал. Втулка 13 содержит пневмоперепутывающую камеру (ППК), соединенную с патрубком для подачи воздуха через полость для выравнивания давления, и радиальные каналы. Для предотвращения перетекания воздуха между камерами устанавливаются уплотнительные кольца 5, 7 и 10. Выход из ППК частично перекрыт заслонкой 9. Исходные компоненты (одна или несколько комплексных нитей) подаются в зону формирования питающей парой с опережением относительно оттяжной пары.

Устройство работает следующим образом. Комплексная нить (нити) подаются в устройство питающей парой с необходимым опережением. За счет образования в ПТК 4 продольного потока воздуха, истекающего из наклонного канала 2, в который он поступает через патрубок 3 и полость для выравнивания давления 12, нить поступает в ППК 17. Там ЭН комплексной нити подвергаются воздействию радиально направленных воздушных струй, истекающих из каналов 14, и перепутываются между собой. Воздух поступает в каналы 14 через патрубок 6 и полость для выравнивания давления 15. В ППК под воздействием вихревых турбулентных потоков закрепляется петельная структура нити. Далее полученная нить отводится оттяжной парой через зазор между торцом ППК и заслонкой 9 и поступает в устройство намотки.

Основными разработчиками ПТУ в странах бывшего СССР являлись Украинский научно-исследовательский институт по переработке искусственных и синтетических волокон (УкрНИИПВ) и ВНИИЛтексмаш. В УкрНИИПВ разработаны ПТУ для производства одиночных и комбинированных ПТН малой и средней линейных плотностей. Устройства представляют собой камеру для текстурирования специальной конфигурации, где подаваемый воздух разгоняется до околосзвуковой скорости, и полой иглы, с помощью которой нить вводится в зону действия турбулентных воздушных потоков. В СССР не выпускалось специального текстурирующего оборудования и ПТУ устанавливались на модернизированных бобинажно-перемоточных, мотальных машинах, а также на машинах для ложного кручения.

Процесс текстурирования комплексных нитей воздухом предусматривает подачу нити в прибор, где происходит ее обработка, с необходимым опережением. В этом случае избыток ЭН, расположенных в наружном слое, образует петли, дуги и узелки. При подаче нити в прибор без опережения каких-либо структурных изменений в нити не происходит; нить выходит из прибора гладкой.

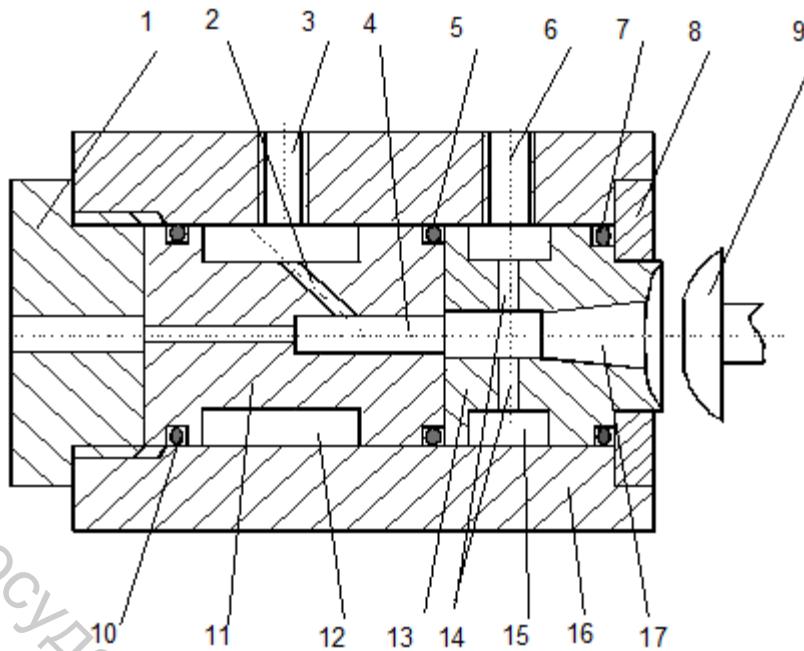


Рисунок 12.1 – Схема пневмотекстурирующего устройства, ВГТУ

Отношение скорости подачи нити в ПТУ (v_n) к скорости выборки (v_B) называется коэффициентом опережения K_o и определяется по формуле:

$$K_o = \frac{v_n}{v_B}. \quad (12.1)$$

Для расчета коэффициента опережения можно пользоваться следующими формулами, предложенными Л.С. Смирновым:

$$K_o = 0,235d_n n \sqrt{\frac{T_B}{T_H}} + 1, \quad (12.2)$$

$$K_o = \frac{0,235d_n n}{\sqrt{N}} + 1, \quad (12.3)$$

где d_n – диаметр петли, мм;

n – число петель на 1 см нити;

N – число ЭН в текстурированной нити;

T_B – линейная плотность ЭН, текс;

T_H – линейная плотность нити, текс.

Величину нагона комплексной нити также можно выразить в процентном отношении параметром нагона:

$$N = \frac{v_{\pi} - v_B}{v_B} 100 \% . \quad (12.4)$$

Одним из важных параметров процесса является натяжение нити при текстурировании и наматывании. Слишком малое натяжение приводит к провисанию комплексной нити, намоткам на рабочие органы и обрыву нити. Резкое увеличение натяжения приводит к вытягиванию и исчезновению петель и образованию гладких (нетекстурированных) участков на нити.

$$H = \frac{v_H - v_O}{v_O} 100 \% , \quad (12.5)$$

где H – нагон ПТН при наматывании на выходную паковку, %;

v_H – скорость наматывания, м/мин;

v_O – скорость оттяжки нити, м/мин.

Передача движения от двигателя с регулируемым приводом к рабочим органам машины осуществляется через ряд сменных шестерен. На рисунке 12.2 представлена кинематическая схема машины для пневмотекстурирования ПТМ-225.

Данные для выбора сменных шестерен а, б, с, е, ф в зависимости от требуемой величины нагона приведены в таблицах 12.1 – 12.3.

Сменные шкивы D_1 и D_2 позволяют изменять скорость выпуска на машине ПТМ-225 в пределах от 50 до 150 м/мин. В зависимости от требуемого натяжения опережение мотального вала по отношению к выпускному изменяется с помощью сменной шестерни f в пределах от 2,92 до 8,2 %. С помощью сменных шестерен а, б и с изменяется нагон стержневой нити в диапазоне от 8,16 до 20,2 %. Сменные шестерни д и е позволяют изменять опережение нагонной нити в зависимости от линейной плотности, вырабатываемой ПТН, в пределах от 36 до 217 %.

Такая схема позволяет изменять нагон стержневых и нагонных нитей в широком диапазоне без дополнительных конструктивных изменений.

Между нагонным и оттяжным цилиндром установлено аэродинамическое устройство. Устройство подбирается в зависимости от линейной плотности, назначения ПТН и реализуемого способа текстурирования. ПТУ работает при давлениях: в ПТК – 0,1-0,25 МПа, в ППК – 0,45-0,6 МПа. Для создания рабочего давления на машине создан централизованный подвод воздуха к камерам от главного компрессора через систему редукторов и пневмошлангов.

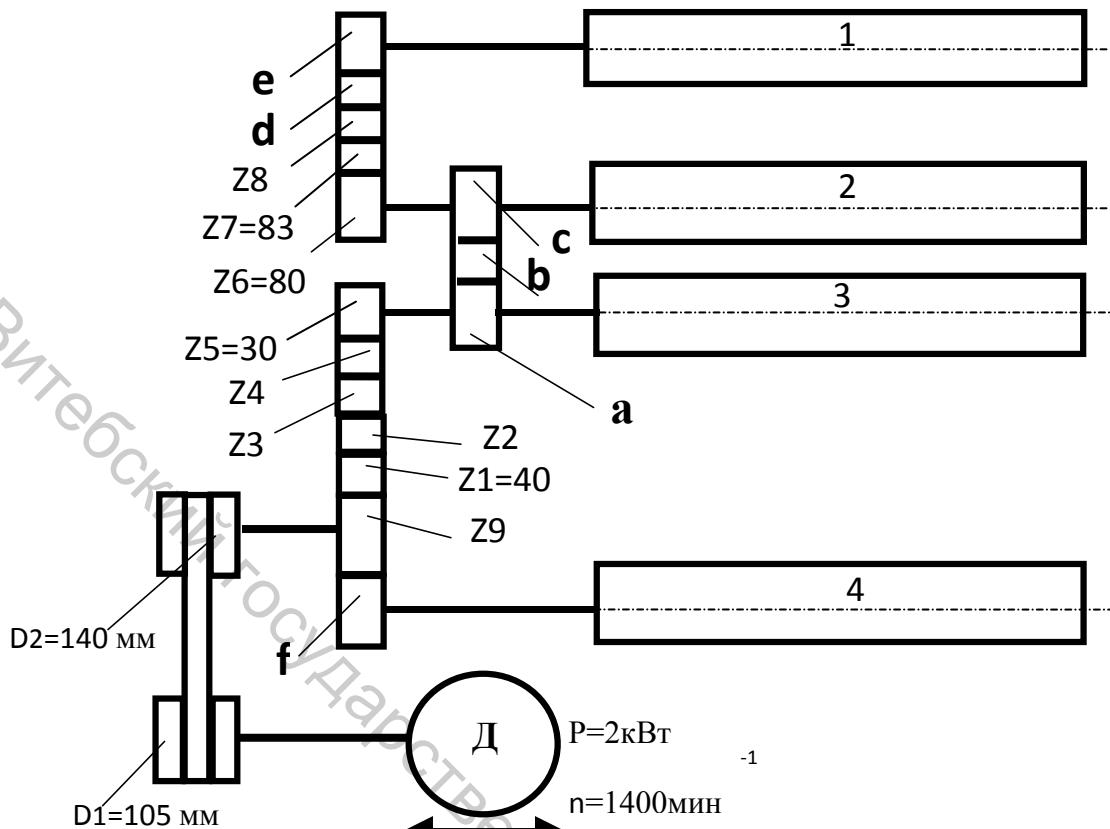


Рисунок 12.2 – Кинематическая схема пневмотекстурирующей машины ПТМ-225:

- а – шестерня, приводящая во вращение выпускной цилиндр 3;
- ф – шестерня, приводящая во вращение мотальный вал 4;
- с – шестерня, приводящая цилиндр подачи стержневой нити 2;
- е – шестерня, приводящая цилиндр подачи нагонной нити 1;
- б, д – дополнительные шестерни ($b + c = 185$), ($d + e = 160$)

Таблица 12.1 – Сменные шестерни *f* машины ПТМ-225 для изменения натяжения нити при наматывании

<i>f</i>	78	79	80	81	82
<i>V_m</i>	152,24	150,31	148,43	146,6	144,81
<i>n_m</i>	543,04	536,17	529,49	522,93	516,55
Номер	8,2	6,8	5,49	4,19	2,92

где *V_m* – скорость наматывания, м/мин; *n_m* – частота вращения мотального вала, мин⁻¹; номер – процентное опережение мотального вала к выпускному цилиндру, %.

Таблица 12.2 – Сменные шестерни *a*, *b*, *c* для изменения нагона стержневой нити

<i>a</i>	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>b</i>	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
<i>c</i>	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
<i>N_c</i>	8,16	9,38	10,6	11,8	12,9	14,2	15,4	16,6	17,8	18,9	20,2
<i>V_c</i>	152,2	153,9	155,6	157,3	158,9	160,6	162,3	164	165,7	167,4	169,1

где V_C – скорость подачи стержневой нити, м/мин;
 N_c – нагон стержневой нити, %.

Таблица 12.3 – Сменные шестерни e и d для изменения нагона нагонной нити

e	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	56	40	30
d	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	104	120	110
V_H	191	194	196	199	202	206	209	212	216	219	223	239	334	446
N_c	36	38	40	42	44	46,4	48,7	51	53,5	56	59	70	138	217

где V_H – скорость нагонного цилиндра, м/мин;
 N_c – нагон нагонного компонента, %.

Лекция 13. Анализ способов пневмотекстурирования

1. Общая характеристика аэродинамического способа.
2. Анализ работы аэродинамических устройств.

Видоизменить структуру комплексных химических нитей можно путем воздействия на них воздушного потока в момент прохождения нитей через канал специального прибора. Струя воздуха разъединяет и изгибает в петли элементарные нити, перепутывая их между собой. Петли и извитки взаимно заклиниваются, и нить приобретает повышенную объемность и своеобразную петлистую структуру. Эти нити по сравнению с другими текстурированными нитями обладают минимальной растяжимостью.

Технологическая схема устройства для получения текстурированной нити аэродинамическим способом приведена на рисунке 13.1. Комплексная нить с входной паковки поступает в отверстие 2 канала аэродинамического прибора 1. Сжатый воздух поступает по трубопроводу 14 через промежуточную камеру высокого давления и кольцевой зазор, образованный коническими поверхностями входной 13 и выходной 11 втулок. С постепенно возрастающей скоростью воздух подается в зону 12, в которой он воздействует на проходящую в этой зоне комплексную нить. В зону 12 нить подается с опережением и поэтому она находится в свободном состоянии. Под воздействием струи воздуха элементарные нити перепутываются, образуя петлистую структуру.

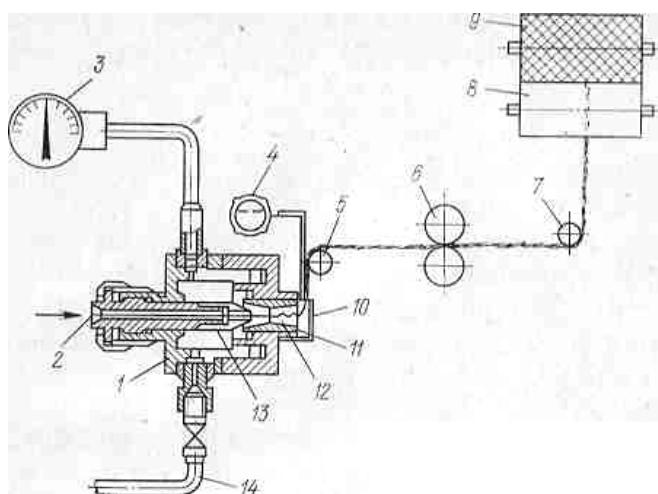


Рисунок 13.1 – Технология аэродинамического способа

Затем текстурированная нить сталкивается с отражающей пластиной 10, выводится вверх, огибает направляющий пруток 5, проходит выпускные цилиндры 6, огибает второй направляющий пруток 7 и наматывается на выходную паковку 9 с помощью мотального барабанчика 8. Манометры 3 и 4 показывают давление воздуха в приборе. Текстурированная нить, полученная аэродинамическим способом, сохраняет повышенную объемность и петлистую структуру при дальнейшей переработке и эксплуатации изделий.

Аэродинамические форсунки

Основным узлом машины для текстурирования нитей воздушным потоком является аэродинамическая форсунка. Аэродинамические форсунки отличаются конструктивным оформлением, но для всех них характерно наличие зоны с высокой турбулентностью воздушного потока, где и происходит образование петлистой структуры комплексных нитей. На рисунке 13.2 показаны схемы аэродинамических форсунок. В форсунках с встречным движением воздушного потока турбулентность создается в камере, выполненной в форме усеченного конуса и закрепленной на кронштейне. Воздух под большим давлением через штуцер, центральную часть кожуха подается в камеру. Сюда же с выходных паковок поступают нити. В камере создается турбулентное движение воздушного потока, в результате которого нить приобретает петлистую структуру. Текстурированная нить через отверстие отводится к наматывающему механизму. Устройство форсунки сравнительно простое.

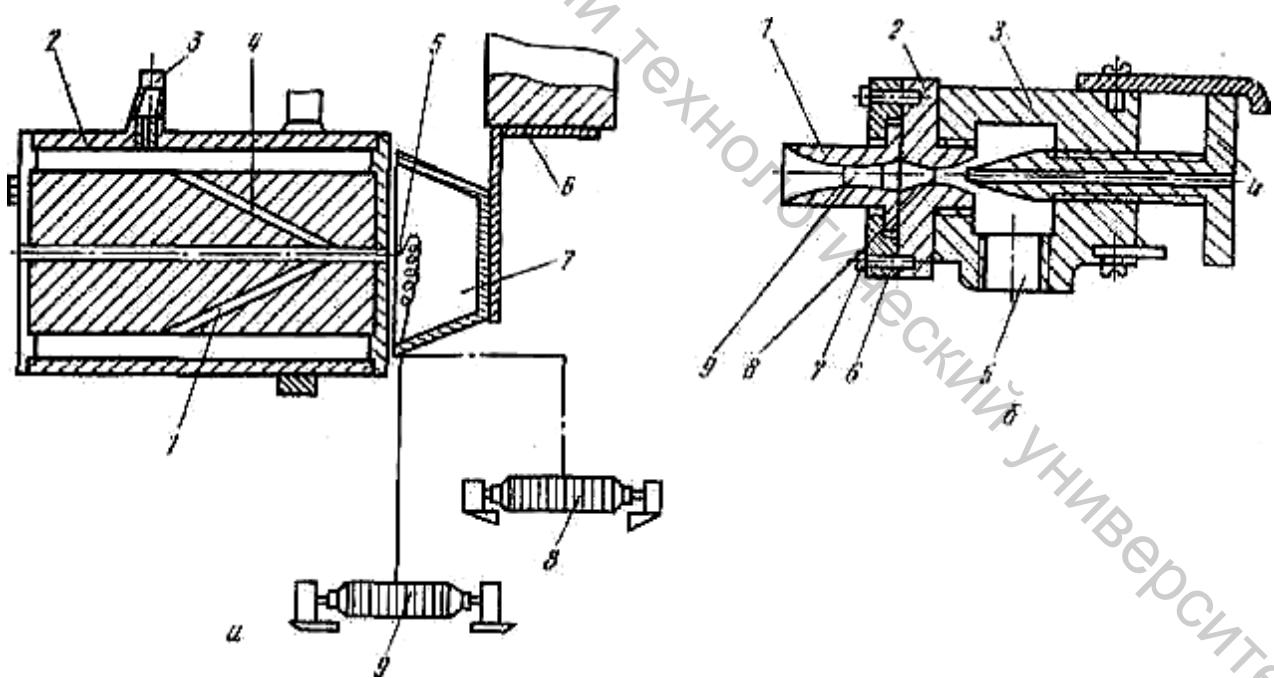


Рисунок 13.2 – Схемы аэродинамических форсунок

Более эффективными и экономичными являются форсунки, работающие при сверхзвуковой скорости движения воздушного потока.

Машины для текстурирования аэродинамическим способом

Аэродинамические устройства для получения текстурированных нитей петлистой структуры можно устанавливать на бобинажно-перемоточных или крутильных машинах этажного типа. Создаются также машины, специально предназначенные для текстурирования нитей аэродинамическим способом.

Одиночные нити вырабатывают из одной комплексной нити. Для получения стабильной структуры требуется предварительное подкручивание исходной нити, так как при отсутствии крутки петли не закрепляются и исчезают при натяжении. При выработке нити петлистой структуры из капроновой нити линейной плотности 15,6 текс исходной нити сообщают крутку около 350 кр/м. Чтобы обеспечить лучшее разделение элементарных нитей и образование петель, то есть чтобы нить в зоне действия воздушного потока была в свободном состоянии, устанавливают соотношение скоростей подачи и выпуска нити от 1,1 до 1,3.

У одиночной нити петлистой структуры, выработанной из капроновой нити 30 текс, под действием воздушного потока линейная плотность увеличивается на 15 %, а диаметр нити по наружным петлям в 2–3 раза.

При переработке капроновых нитей 15,6; 6,6 и 5 текс давление сжатого воздуха должно составлять 600 – 650 кПа, а при переработке вискозных нитей – 450–500 кПа.

Для получения одиночных петлистых нитей аэродинамические устройства чаще всего устанавливают на бобинажных машинах. Скорость выпуска нити составляет до 275 м/мин.

При выработке комбинированных петлистых нитей применяют исходные нити разной линейной плотности, цвета и происхождения, что позволяет получать нити, обладающие различными свойствами и разнообразными внешними эффектами. Следует иметь в виду, что нагонные нити в сопротивлении разрыву не участвуют. Поэтому для обеспечения достаточной разрывной нагрузки петлистой нити в качестве стержневой применяют в основном капроновую нить 15,6 текс и реже 30 текс. В качестве нагонных нитей используют вискозную нить 16,6 текс, ацетатную 11,1 и 6,6 текс, капроновую 6,6 и 5 текс и др.

Текстурированным нитям петлистой структуры можно придать вид фасонной нити с чередующимися скоплениями петель. Для этого механизм опережения должен периодически выключаться и вновь включаться в работу через определенные очень короткие интервалы времени. В результате на текстурированной нити гладкие участки будут чередоваться с петлистыми.

Недостатком бобинажно-перемоточных и крутильных этажных машин, оборудованных аэродинамическими устройствами, является невысокая производительность их при выработке текстурированных нитей петлистой структуры. Поэтому некоторые машиностроительные фирмы изготавливают машины, специально предназначенные для выработки текстурированных нитей петлистой структуры.

Фирма «Берлинер» выпускает машину ТВ для текстурирования комплексных химических нитей 7,6 – 62,5 текс как вытянутых, так и предварительно

ориентированных. Аэродинамические форсунки и шпульярники устанавливают с обеих сторон машины. Скорость выпуска нитей достигает 800 м/мин.

Эта же фирма выпустила машину ТВ2, на которой последовательно осуществляются кручение, термофиксация и текстурирование нитей с помощью воздушной струи. Сначала комплексные нити подвергают кручению на веретенах двойного кручения. Частота вращения веретен составляет $12\ 500\ \text{мин}^{-1}$, следовательно, нить получает 25000 кр/мин. Крутка зависит от линейной плотности нитей и составляет 220–350 кр/м. Максимальная линейная скорость выпуска нитей на машине достигает 110 м/мин. В скрученном состоянии нить подвергается тепловой обработке в термокамерах длиной 1000 мм, затем она охлаждается и подается в аэродинамическую форсунку для текстурирования.

Фирма ARCT (Франция) выпускает машину «Таслан ТЗ-60» для выработки текстурированных нитей петлистой структуры. Эта высокопроизводительная машина универсального типа предназначена для текстурирования вытянутых, невытянутых и предварительно ориентированных нитей линейной плотности до 89 текс. Машина оборудована термокамерами. На машине можно устанавливать различную скорость подачи компонентных нитей при выработке комбинированных и фасонных нитей петлистой структуры. По-видимому, в ближайшие годы оборудование для аэродинамического способа текстурирования будет совершенствоваться, а объем производства текстурированных нитей петлистой структуры значительно увеличится.

Ценными свойствами текстурированных нитей петлистой структуры являются высокие теплоизоляционные свойства и значительная способность к влагопоглощению вследствие задерживания воздуха или влаги в петлях и между ними. Эти нити используют в основном для изготовления верхнего трикотажа.

Недостатками изделий из петлистых нитей является большая жесткость, повышенная цепляемость, а также способность к закатыванию отдельных элементарных нитей в комочки (пиллинг). Для снижения жесткости, цепляемости и пиллинга нити необходимо предварительно замасливать, а изделия из них подвергать тепловой стабилизации.

Петлистые нити сравнительно широко применяются. Одиночные петлистые нити используют в ткачестве для изготовления платьевых, рубашечных и бельевых тканей. Комбинированные петлистые нити применяют для выработки обивочных, драпировочных и технических тканей, а также в трикотажной промышленности, взамен полушерстяной, а в некоторых случаях и чистошерстяной пряжи.

Лекция 14. Теоретические основы процесса пневмотекстурирования

1. Теоретическое обоснование текстурирования аэродинамическим способом.
2. Расчет конструктивных параметров форсунки

Процесс текстурирования нитей воздушным потоком можно рассматривать на основе общей теории гидравлики и пневматики. Известно, что движение жидкостей или газов бывает ламинарным и турбулентным. При ламинарном

движении слои газа или жидкости скользят относительно друг друга, не смешиваясь между собой. При турбулентном движении частицы газа или жидкости перемещаются по сложным, непрерывно изменяющимся траекториям, поэтому происходит их интенсивное перемешивание.

При получении нитей петлистой структуры можно применять только турбулентный режим движения воздуха, так как лишь в этом случае обеспечивается перепутывание элементарных нитей. Режим газового потока в трубах характеризуется безразмерной величиной, получившей название числа (критерия) Рейнольдса, которое определяется по следующему соотношению:

$$Re = \frac{vd}{\lambda}, \quad (14.1)$$

где v – скорость воздушного потока; d – диаметр трубы; λ – коэффициент кинетической вязкости жидкости или газа.

Число Рейнольдса, при котором происходит переход от ламинарного течения к турбулентному, называют критическим числом Рейнольдса (Re_{kp}). При $Re > Re_{kp}$ режим движения газов турбулентный, при $Re < Re_{kp}$ – ламинарный. Чаще всего для критического числа Рейнольдса принимают значение $Re_{kp} = 2200$.

Любое отклонение от цилиндрической формы сечения трубы влияет на величину критического числа Рейнольдса. Например, в сходящихся отверстиях (конфузорах) Re значительно превышает соответствующее число для цилиндрического отверстия, а в расширяющихся отверстиях (диффузорах) Re сравнительно мало. Это объясняется тем, что при замедленном течении в расширяющихся трубах движение частиц газа в поперечном направлении труб усиливается (повышается турбулентность), а при ускорении движения в сужающихся сосудах перемещение газа в поперечном направлении уменьшается. При малых размерах сечений труб критическое число Рейнольдса увеличивается. Приведенные положения принимают во внимание при разработке аэродинамических форсунок для текстурирования комплексных нитей воздушным потоком. При этом стремятся повысить турбулентность воздушного потока для образования вихрей и их воздействия на находящуюся в потоке комплексную нить. На поверхности нити, находящейся в аэродинамической форсунке, образуется пограничный слой воздуха, который движется медленнее, чем во внешнем потоке, соприкасающемся с пограничным слоем. При определенных условиях из пограничного слоя возникают слои раздела, а из них – вихри.

Слои раздела, возникающие вследствие отрыва потока от поверхности нити, свертываются в вихри, отрываются от нити и уносятся вместе с потоком воздуха, так как скорость его движения значительно больше скорости движения нити. При увеличении поперечного сечения канала скорость движения воздуха уменьшается, в результате поток отрывается от стенок канала и возникают захвичивания. Вихри обладают определенной кинетической энергией и, воздействуя на элементарные нити, образуют петли, дуги и извитки, которые перепутываются, взаимно заклиниваются и тем самым создают петлистую структуру, обладающую всеми свойствами структуры текстурированной нити.

При создании аэродинамических форсунок необходимо прежде всего определить параметры воздушного потока.

В соответствии с уравнением Бернулли энергия воздушного потока равна сумме статического и скоростного напора

$$\frac{p}{\rho_e} + \frac{v^2}{2g} = \text{const}, \quad (14.2)$$

где p – давление воздуха в трубе; ρ_e – плотность воздуха; V – скорость воздушного потока; g – ускорение свободно падающего тела.

Энергия турбулентности в меньшей степени зависит от давления p в трубопроводе. Она определяется в основном скоростью V воздушного потока, то есть его кинетической энергией [второй член уравнения].

Известно, что в турбулентных воздушных потоках кинетическая энергия турбулентности составляет примерно 7–10 % от полной кинетической энергии потока. Следовательно, мощность воздушного потока N_{en} , необходимую для создания определенной турбулентности, можно выразить следующим уравнением:

$$N_{en} \geq 0,07 Q_e \frac{v^2}{2g}, \quad (14.3)$$

где Q_e – расход воздуха, кг/с;

$$Q_e = vS = v \frac{\pi d^2}{4}, \quad (14.4)$$

где S – площадь поперечного сечения, мм^2 .

Таким образом, для получения максимального эффекта действия аэродинамических форсунок необходимо добиваться максимально возможной скорости воздушного потока.

По экспериментальным исследованиям, проведенным в УкрНИИПВ, при текстурировании комплексных нитей среднее рабочее давление воздуха, подаваемого в аэродинамические форсунки, $p = 0,23 \dots 0,55 \text{ МПа}$, а расход воздуха на одну форсунку $<2_B = 0,03 \dots 0,08 \text{ м}^3/\text{мин}$.

При выборе конструктивных параметров аэродинамической форсунки нужно, прежде всего, установить правильное соотношение между входным и выходным отверстиями при определенном давлении воздуха, подаваемого в форсунку. Размер входного отверстия форсунки должен обеспечить свободное прохождение текстурируемой нити при минимальной потере воздуха через это отверстие.

Между диаметром входного отверстия d_{ex} и диаметром нити d_n установлено следующее соотношение:

$$d_{ex} = \pi d_n + 2a, \quad (14.5)$$

где a – зазор между стенкой отверстия и крайней элементарной нитью ленточки, по практическим данным $a = 0,05 \text{ мм}$.

Выразив диаметр комплексной нити d_n через ее номер N_n получим

$$d_{ex} = \frac{\pi 1,13}{\sqrt{N_h \delta_h}}, \quad (14.6)$$

где δ_h – объемная масса комплексной нити.

Объемную массу крученой комплексной нити δ_h с некоторым допущением можно принять равной плотности нити, тогда

$$d_{ex} = \frac{3,55}{\sqrt{N_h \delta_h}} + 0,10 = \frac{0,355}{\sqrt{\frac{10 \rho_h}{T_h}}} + 0,10, \quad (14.7)$$

где T_h – линейная плотность комплексной нити, текс.

Большое значение имеют форма и размеры выходной втулки (сопла), в которой создается зона турбулентности и завершается образование петлистой структуры нити. В процессе текстурирования необходимо обеспечить максимальную скорость воздушного потока. В зависимости от проектируемой скорости воздушного потока (дозвуковой или сверхзвуковой) выбирают способы его ускорения.

Интенсивность газового потока характеризуется числом Маха, которое является критерием подобия газовых течений:

$$M_a = \frac{v}{c}, \quad (14.8)$$

где v – скорость потока; c – скорость звука в исследуемой среде.

Для исследования изменения скорости воздушного потока вдоль канала переменного сечения применяют уравнение Бернулли:

$$(M_a - 1) \frac{dv}{v} = \frac{dF}{F}, \quad (14.9)$$

где F – площадь поперечного сечения канала выходной втулки.

В результате анализа уравнения (14.9) Л. С. Смирнов сделал следующие выводы:

- 1) при $Ma > 1$ (сверхзвуковое течение) и $dF < 0$ (суживающийся канал) $dV < 0$, то есть поток будет замедляться;
- 2) при $Ma > 1$ (сверхзвуковое течение) и $dF > 0$ (расширяющийся канал) $dV > 0$, то есть поток будет ускоряться;
- 3) при $Ma < 1$ (дозвуковое течение) и $dF < 0$ (суживающийся канал) $dV > 0$, то есть поток будет ускоряться;
- 4) при $Ma < 1$ (дозвуковое течение) и $dF > 0$ (расширяющийся канал) $dV < 0$, то есть поток будет замедляться.

Из анализа уравнения (14.9) видно, что характер течения зависит от скорости потока (дозвуковой или сверхзвуковой). При движении воздушного потока в трубах переменного сечения изменяется интенсивность турбулентности.

Чтобы не нарушилось установившееся движение потока, через любое сечение выходной втулки в единицу времени должна протекать одна и та же масса воздуха, то есть

$$m = F \rho_v v = const . \quad (14.10)$$

Отсюда

$$F = m / \rho_v = mg / v , \quad (14.11)$$

где ρ_v – плотность газа.

Для определения минимального диаметра d_{min} входной втулки Л. С. Смирнов вывел следующую формулу:

$$d_{min} = 0,77 \sqrt{\frac{Q_e}{\rho}} + \frac{0,355}{\sqrt{\frac{10\rho_n}{T_n}}}, \quad (14.12)$$

где Q_e – расход воздуха, m^3/c ; ρ – давление воздуха в трубопроводе; q – удельный объем, m^3/kg ; ρ_n – плотность нити, g/cm^3 .

Диаметр входного отверстия d_{ex} и минимальный диаметр входной втулки d_{min} аэродинамической форсунки, используемой для выработки комбинированных нитей петлистой структуры, можно определить по формулам:

$$d_{ex} = \frac{0,355}{\sqrt{\frac{10(\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n)}{n(T_1 + T_2 + \dots + T_n)}}}, \quad (14.13)$$

$$d_{min} = 0,77 \sqrt{\frac{Q_e}{\rho}} + \frac{0,355}{\sqrt{\frac{10(\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n)}{n(T_1 + T_2 + \dots + T_n)}}}, \quad (14.14)$$

где $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – плотность нитей, входящих в комбинированную нить;

T_1, T_2, \dots, T_n – линейная плотность нитей, составляющих комбинированную нить.

По формулам (14.7), (14.12), (14.13) и (14.14) можно определить основные конструктивные параметры аэродинамических форсунок для получения текстурированных нитей петлистой структуры.

Лекция 15. Анализ процесса формирования петельной структуры пневмотекстурированных нитей

1. Расчет пневмотекстурирующего устройства.
2. Оптимизация процесса пневмотекстурирования.

Для получения ПТН высокого качества необходимо установить четкую взаимосвязь между конструктивными параметрами камеры пневмотекстурирования и параметрами обрабатываемой нити, а также проанализировать характер взаимодействия образуемых воздушных потоков между собой и воздушных потоков с нитью.

Известно, что распределение скоростей и давления в камере текстурирования может сильно изменяться в зависимости от диаметра камеры, скорости движения, вязкости газа и шероховатости стенок камеры. Рассчитав

параметры сжатого воздуха в различных сечениях камеры текстурирования, можно проследить закономерности процесса петлеобразования ПТН, а также конструктивно изменять аэродинамическое устройство в зависимости от параметров обрабатываемой нити.

Теоретический расчет параметров сжатого воздуха базируется на уравнениях неразрывности (сохранения массовых расходов) и потерь энергии потока на различные сопротивления.

При скоростях, значительно меньших скорости звука, воздух можно рассматривать как среду с постоянной плотностью для установившегося течения. Расчетная схема ПТУ представлена на рисунке 15.1.

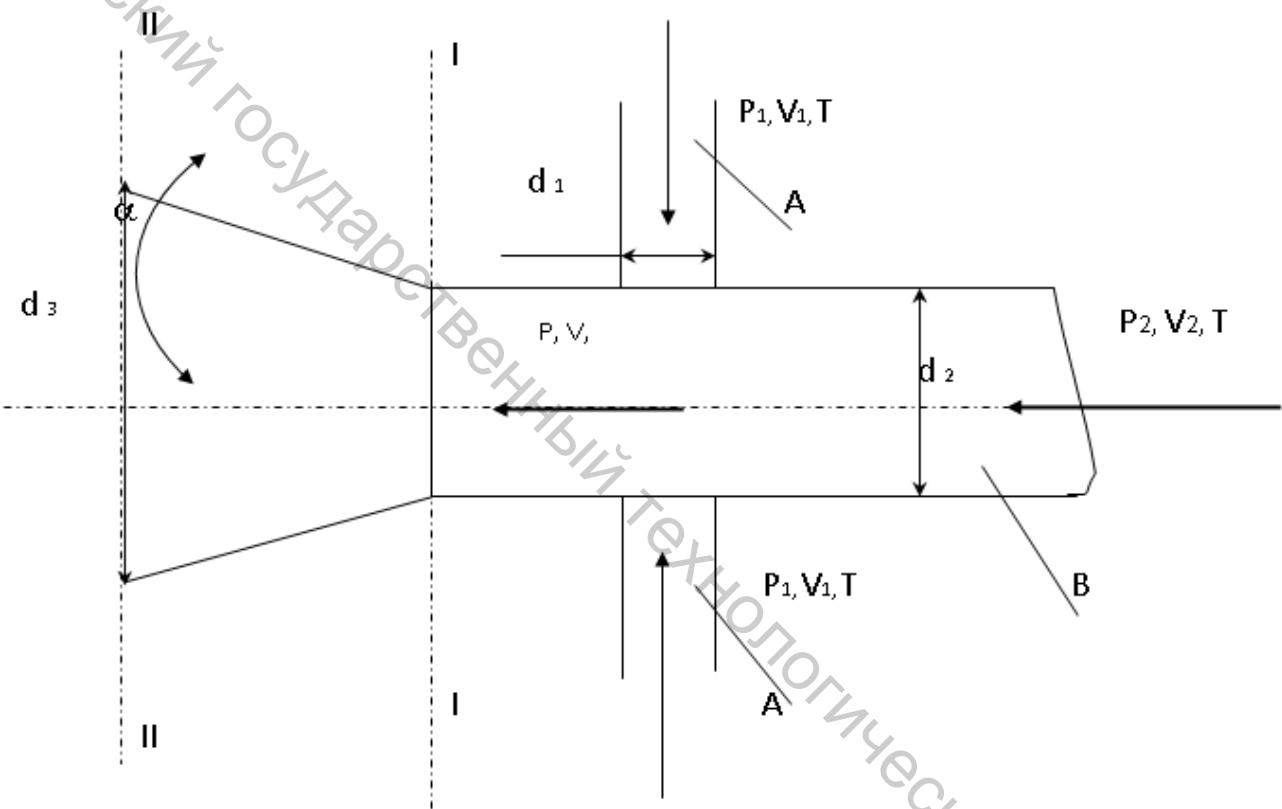


Рисунок 15.1 – Расчетная схема аэродинамического устройства

Определим максимальную скорость движения воздуха V_{max} в каналах А и В из уравнения массового расхода. Воздух с параметрами P_1, V_1, T под давлением 0,4-0,6 МПа подается в радиальные каналы А пневмоперепутывающей камеры. Поток воздуха с параметрами P_2, V_2, T подается из ПТК в ППК для заправки нити в ПТУ и компенсации обратного потока воздуха, истекающего из радиальных каналов. При взаимодействии воздушных потоков с комплексной нитью происходит эффективное перепутывание ЭН между собой и формирование петельной структуры нити.

Максимальный расход воздуха в каналах А:

$$Q_1 = \rho_1 v_{max} A_1, \quad (15.1)$$

где $\rho_1 = \frac{P_1}{RT}$ плотность газа (воздуха), кг/м³;

R – газовая постоянная (для вязких сред $R=287$ Дж/ кгК);

T – температура воздуха (293 К);

$\omega_1=\pi d_1^2/4$ – площадь канала А, м²;

$\omega_2 = \pi(d_2^2 - d_H^2)/4$ – площадь канала В, м²;

d_1, d_2 – диаметры каналов А и В, м;

d_H – диаметр нити, м;

Q_1, Q_2 – максимальный расход воздуха в каналах А и В, м³/ч;

P_1, P_2 – давление воздуха, подаваемого в каналы А и В (Па);

v_{max1}, v_{max2} – максимальная скорость воздуха в каналах А и В, м/с.

Массовые расходы воздуха в каналах А и В относятся друг к другу, как:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{P_1}d_1^2}{\sqrt{P_2}d_2^2}. \quad (15.2)$$

Соотношение (15.2) получено эмпирическим путем. Зная общий массовый расход воздуха в аэродинамическом устройстве, можно найти расход воздуха в каждом канале.

Максимальная скорость воздуха в каналах А и В из уравнения массовых расходов:

$$\text{для каналов А: } v_{max1} = \frac{4Q_1 RT}{P_1 \pi d_1^2}, \quad (15.3)$$

$$\text{для канала В: } v_{max2} = \frac{4Q_2 RT}{P_2 \pi (d_2^2 - d_H^2)}. \quad (15.4)$$

Скорость воздушных потоков возрастает с уменьшением диаметра каналов А и В. С увеличением диаметра обрабатываемой нити скорость потока возрастает, так как при этом соответственно уменьшается свободная площадь камеры текстурирования.

При давлении в канале А – 300000 Па, в канале В – 100000 Па, расходе воздуха в устройстве 0,00187 кг/с и диаметрах $d_1 = 1.5 \cdot 10^{-3}$ м, $d_2 = 2.5 \cdot 10^{-3}$ м, $d_H = 1 \cdot 10^{-3}$ м максимальная скорость воздуха в каналах А достигает 75 м/с, в канале В – 25 м/с.

Оптимизация технологических параметров процесса текстурирования искусственных нитей

Сущность оптимизации заключается в определении рациональных значений параметров технологического процесса. При решении задачи оптимизации технологических процессов большое значение имеет правильный выбор критериев оптимизации.

Критерий оптимизации – это выходной параметр процесса или объекта, характеризующий технико–экономическую эффективность процессов и свойства производимой продукции. При всём разнообразии этих параметров критерий оптимизации должен удовлетворять следующим требованиям:

- оценивать эффективности исследуемого объекта;
- быть количественно измеримым, то есть принимать числовые значения;
- быть эффективным в статистическом смысле, то есть обладать сравнительно небольшой дисперсией и, следовательно, определяться с достаточной точностью без значительных временных и материальных затрат;
- обеспечивать достаточную полноту описания объекта;
- иметь простую форму и определенный физический смысл.

При управлении качеством продукции некоторые решения базируются на результатах многократного эксперимента. К нему прибегают при определении наиболее значимых параметров технологического процесса и их оптимальных значений, обеспечивающих лучшие показатели качества продукции. Стратегия эксперимента заключается в получении математической модели исследуемого объекта или физического явления в условиях помех со стороны неизвестных или малоизученных факторов оптимизации управляемого процесса с использованием методов последовательного поиска оптимума и оценки эффективности каждого этапа исследования. В задачу планирования эксперимента входит:

1) выбор необходимых для эксперимента опытов, то есть построение матрицы планирования;

2) выбор методов математической обработки результатов эксперимента. Матрица планирования эксперимента представляет собой таблицу, в которой указаны значения уровней факторов в различных сериях опытов. Матрицы планирования должны удовлетворять ряду требований:

3) ортогональность – независимость получаемых коэффициентов регрессии и возможность исключения членов модели с незначимыми коэффициентами без последующего пересчета значимых коэффициентов;

4) ротатабельность – постоянство дисперсии выходного параметра на разных расстояниях от центра эксперимента;

5).uniformность – постоянство дисперсии выходного параметра в некоторой области вокруг центра эксперимента.

Эксперимент, реализующий все возможные неповторяющиеся комбинации уровней исследуемых факторов, называется полным факторным экспериментом (ПФЭ). Он применяется для получения регрессионной многофакторной модели при исследовании локального участка факторного пространства. Модель полинома второго порядка имеет вид:

$$Y_R = b_0 + \sum_{i=1}^M b_i x_i + \sum_{\substack{i=j=1 \\ i \neq j}}^M b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^M b_{ii} x_i^2. \quad (15.5)$$

При подготовке исследований по оптимизации конструктивных параметров

ПТУ и технологических параметров процесса текстурирования была поставлена следующая задача: определить оптимальные значения параметров ПТУ и процесса формирования структуры нити, обеспечивающие требуемое качество ПТН при максимальной скорости выпуска и минимальном расходе воздуха.

Для определения оптимальных технологических параметров процесса получения ПТВН был проведен эксперимент, в качестве входных факторов которого были выбраны:

X_1 – скорость выпуска, м/мин;

X_2 – давление в ППК, МПа;

X_3 – давление в ПТК, МПа.

В результате удаления незначимых коэффициентов регрессии получены следующие математические модели зависимости критериев оптимизации от входных факторов:

– разрывная нагрузка

$$Y_1=375.9485-18.252x_2-12.4669x_1^2+11.11808x_3^2;$$

– коэффициент вариации по разрывной нагрузке

$$Y_2=13.30769-0.983x_1+0.94875x_2x_3-1.86038x_1^2+1.354615x_2^2;$$

– разрывное удлинение

$$Y_3=5.64-1.09902x_2-0.48502x_3+1.194977x_3^2;$$

– коэффициент вариации по разрывному удлинению

$$Y_4=27.52999-4.98601x_1+3.205006x_2-2.75252x_1x_2.$$

Таблица 15.1 – Оптимальные геометрические размеры ПТУ

Параметр	Значение
Диаметр ППК, мм	2,2
Диаметр радиальных каналов ППК, мм	1,4
Расстояние от радиальных каналов до торца ППК, мм	5,5
Диаметр осевого канала на входе в ПТК, мм	1,5
Угол диффузора, град	30
Диаметр наклонного канала ПТК, мм	0,7
Длина диффузора, мм	10,5

График зависимости представлен на рисунке 15.2.

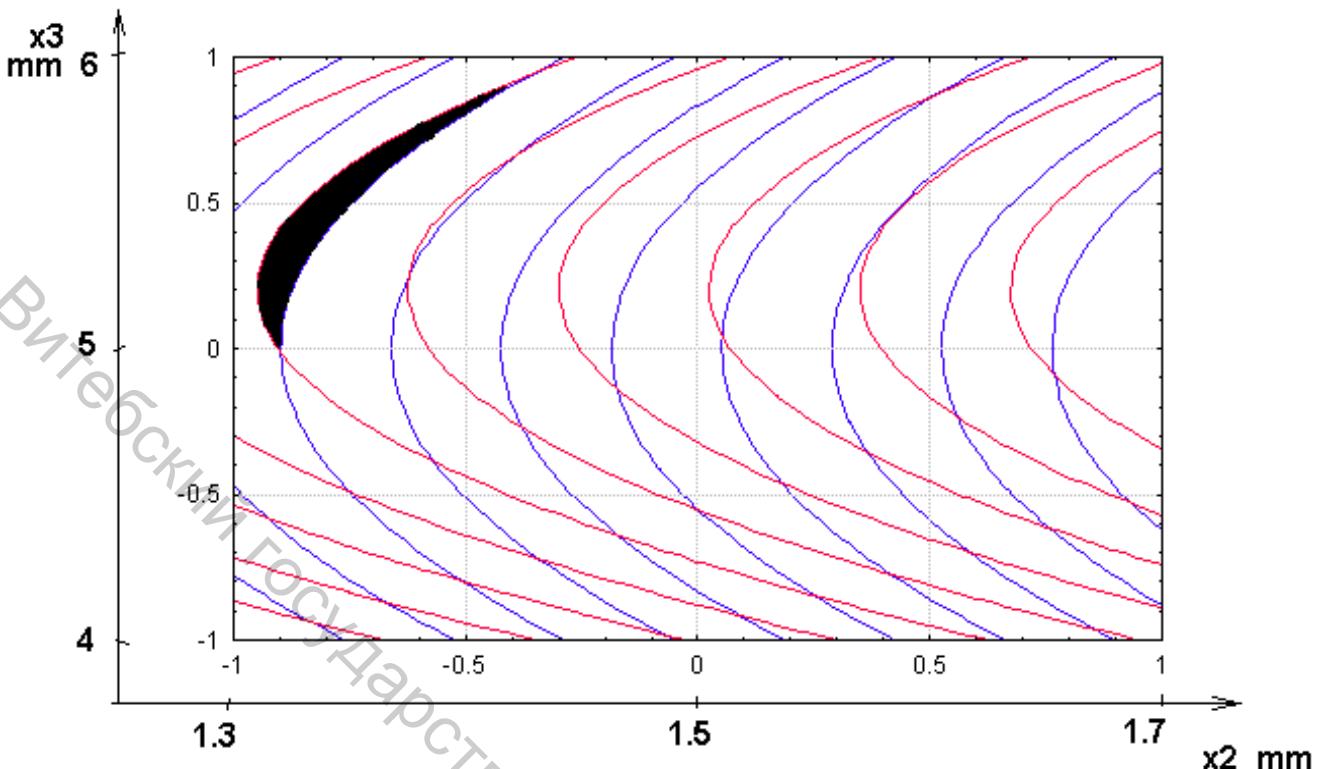


Рисунок 15.2 – Совмещенный график зависимости свойств ПТН от технологических параметров процесса текстирирования

Лекция 16. Свойства пневмотекстурированных нитей

1. Общие свойства текстурированных нитей, способы определения.
2. Специфические свойства текстурированных нитей, способы определения.

ПТН объединяют в себе свойства, характерные как для гладких комплексных нитей, так и для пряжи. ЭН, создающие петли внутреннего слоя, обеспечивают такие свойства комплексных нитей, как: высокая прочность, упругость, износостойкость, а ЭН, создающие петли наружного слоя, обеспечивают малую теплопроводность нити, мягкость на ощупь, пушистость, застилистость, облегченную массу изделия, высокую влагопоглощаемость, то есть свойства пряжи.

Свойства текстурированных нитей определяются свойствами исходного сырья, а также структурой, приобретенной нитями в результате текстирирования. Влияние химической природы волокна сказывается главным образом на разрывной нагрузке и разрывном удлинении нити, стойкости ее к истиранию и к многократному изгибу, сорбционной способности и других свойствах. Свойства текстурированных нитей, зависящие от химической природы и технологии получения волокна, называются классическими. К ним относятся: разрывная нагрузка и разрывное удлинение, линейная плотность, деформационные свойства нитей.

Параметры технологического процесса получения ПТН определяют группу специфических показателей ПТН. К ней относятся подгруппы:

- 1) текстурные свойства (объемность, линейная плотность нити);
- 2) свойства, определяющие стабильность структуры нити (нестабильность петельной структуры, величины обратимых и остаточных деформаций);
- 3) геометрические свойства (форма, диаметр, радиус кривизны петли, количество петель).

Рассмотрим основные свойства ПТН, степень их значимости и методику определения этих свойств.

1. Линейная плотность ПТН.

От величины линейной плотности нити существенно зависят технологические параметры работы оборудования для пневмотекстурирования, крутильного и ткацкого оборудования. Выбор конструкции ПТУ зависит от линейной плотности обрабатываемой нити.

Для текстурированных пряжеподобных нитей линейная плотность определяется по стандартной методике с использованием стандартных приборов в соответствии с ГОСТ 6611.1-73. Показатели свойств текстурированных нитей определяют при нагрузках, ориентирующих нить. При испытаниях ПТН величина предварительного натяжения не оказывает существенного влияния на значение показателей физико-механических свойств и устанавливается в зависимости от линейной плотности нити из расчета 0.5 сН/текс. Неровнота ПТН по линейной плотности не должна превышать 8-10 % по Устеру.

2. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение.

Разрывная нагрузка характеризует максимальное напряжение, которое выдерживает нить при растяжении до разрушения. Этот показатель наиболее часто применяется для оценки качества текстильного сырья, в том числе и для текстурированных нитей. К разрывным показателям ПТН предъявляются требования в зависимости от их назначения. Пневмотекстурированные нити, перерабатываемые в технические ткани и ковровые изделия, должны обладать высокой разрывной нагрузкой и низким разрывным удлинением. Разрывные характеристики ПТН прежде всего обусловлены видом исходного сырья, а во-вторых петельной структурой нити. Потеря прочности в процессе текстурирования не должна превышать 35 % от разрывной нагрузки исходных комплексных нитей. Снижение разрывной нагрузки объясняется тем, что не все ЭН участвуют в сопротивлении разрыву, часть из них, в основном ЭН наружного слоя, из которых образованы петли, не работает при растягивающих нагрузках.

3. Объемность нити.

Объемность – это свойство, характеризующее специфическую структуру ПТН: увеличенные по сравнению с комплексными нитями объем и диаметр, кроющую способность, наличие в промежутках между ЭН воздушных прослоек. У ПТН видимый диаметр (площадь поперечного сечения) зависит не только от количества и линейной плотности ЭН, но в основном от величины воздушных промежутков, определяемых характером и степенью извитости ЭН. Показатель объемности ПТН главным образом зависит от величины нагона и

связан с ним прямо пропорциональной зависимостью. При увеличении нагона объемность нити возрастает и наоборот. Для оценки объемности принят удельный объем V и показатель объемности d :

$$d = \frac{V_{T.H.}}{V_{K.H.}}, \quad (16.1)$$

где $V_{T.H.}$, $V_{K.H.}$ – удельный объем текстурированной и комплексной нитей ($\text{мм}^3/\text{мГ}$).

$$V_{T.H.} = \frac{V}{m} = \frac{\pi d^2 l}{4m} = 0.785d^2 N = \frac{785d^2}{T},$$

где m – масса образца (г), V – объем образца (мм^3), T – линейная плотность нити (текс), d – диаметр нити, мм (для ПТН рассчитывается по среднему диаметру между внешними и внутренними петлями), l – длина образца нити (мм).

Диаметр комплексной и текстурированной нити измеряется при помощи специального микроскопа "Микроскоп МП-18".

4. Нестабильность петельной структуры.

Нестабильность – процент незакрепленных петель на поверхности готовой нити. Этот весьма важный показатель, характеризующий деформационные свойства нитей, связанный с качеством процесса текстурирования. При увеличении показателя нестабильности стабильность петельной структуры нитей уменьшается. Существует ряд методик определения нестабильности, однако наиболее удобной, не требующей специального оборудования, является методика определения нестабильности на разрывной машине РМ-3. Отбор образцов осуществляется в соответствии с ГОСТ 6611.0-73. Растворению подвергаются одиночные участки ПТН на разрывной машине типа РМ-3. Между отдельными испытаниями сматывается 3-5 метров нити.

Зажимная длина устанавливается равной 500 мм по ГОСТ 6611.2-73. Скорость опускания нижнего зажима должна быть такой, чтобы средняя продолжительность процесса растворения была равна 20 ± 2 с.

Образец зажимается в зажим разрывной машины под действием груза предварительного натяжения, величина которого должна быть равной 0.05 сН/текс.

Машина должна останавливаться в момент, когда нагрузка на нить достигнет значения 5 сН/текс. Величина относительного удлинения в процентах и является показателем нестабильности ПТН. Подсчет средней нестабильности производится с точностью до 0.001 и округляется до 0.01. Количество испытаний – 50.

Нестабильность петельной структуры для ПТН параллельного способа формирования в большинстве случаев не должна превышать 5 %.

5. Определение величин обратимых и остаточных деформаций.

Одноциклические испытания, позволяют определить составные части полной деформации при растяжении нагрузками, меньшими разрывных, а также изучить особенности поведения ПТН в условиях, близких к тем, в которых они находятся при переработке в текстильные изделия и при эксплуатации. Известно, что нити при переработке и эксплуатации испытывают нагрузки, не превышающие 30 – 35 % от разрывных. Данные о составных частях деформации растяжения ПТН позволяют судить о свойствах изделий: их формоустойчивости, несминаемости, драпируемости, усадочности и др.

Испытания ПТН проводятся в соответствии с ОСТ 17-534-75.

Величина остаточной деформации представляет наибольший интерес для ПТН, перерабатываемых под большим натяжением в ткацкие изделия в качестве основы. Доля остаточной деформации нитей составляет:

$$\Delta_{ост} = \frac{L_{ост}}{L_{общ}}, \quad (16.2)$$

где $L_{ост}$ – величина остаточной деформации нити (мм),

$L_{общ}$ – величина общей деформации нити (мм).

Соотношение составных частей полной деформации исходной комплексной нити зависит от ее упруго-эластичных свойств, а для ПТН главным образом от структуры, приобретенной в процессе текстурирования.

6. Количество петель ПТН.

В процессе пневмотекстурирования воздушный поток разъединяет комплексную нить на отдельные составляющие, которые образуют на поверхности нити многочисленные петли. Количество петель ПТН является наиболее важной характеристикой, характеризующей структуру ПТН. От него зависит внешний вид нити, потребительские свойства ПТН (мягкость, застилость, гигроскопичность, пряжеподобность). По данному показателю можно оценить, насколько оптимально подобраны параметры процесса пневмотекстурирования для данных нитей. Чем больше количество петель на поверхности ПТН, тем качественнее проведен процесс пневмотекстурирования.

Для подсчета количества петель ПТН параллельного способа формирования разработана следующая методика:

Отбор образцов осуществляется в соответствии с ГОСТ 6611.0-73. Измеряется разрывная нагрузка каждого из исследуемых вариантов ПТН по ГОСТ 6611.2-73.

Показатели разрывной нагрузки определяются на разрывной машине РМ-3. Величина предварительной нагрузки устанавливается в зависимости от линейной плотности из расчета 0.5 сН/текс. Скорость опускания нижнего зажима должна быть такой, чтобы средняя продолжительность процесса растяжения была равна 20 ± 2 с.

Рассчитывается 80 % от разрывной нагрузки ПТН;

Подвергаем опытный образец ПТН 80 % от разрывной нагрузки. После того, как стрелка индикатора дойдет до требуемого значения разрывной нагрузки,

разрывная машина останавливается. Зажимная длина устанавливается равной 500 мм по ГОСТ 6611.2-73.

Нижний зажим машины возвращается в верхнее положение для снятия напряжения ПТН.

Вырезается 30-сантиметровый отрезок ПТН.

На контрастной (черной) бумаге с помощью иглы подсчитывается количество петель на 30-сантиметровых отрезках. Количество испытаний для каждого исследуемого образца – 50.

Экспериментальным путем установлено, что для получения ПТН высокого качества линейной плотности 80-180 текс количество петель должно быть не менее 40, для ПТН линейной плотности 180-300 текс не менее 30.

7. Органолептическая оценка образцов ПТН по качеству формирования в баллах.

В ряде случаев инструментальная оценка ПТН по какому-либо свойству является недоступной или вовсе отсутствует.

Для оценки качества формирования ПТН в баллах применяется следующая методика.

Все полученные образцы одинаковых размеров развешиваются в произвольном порядке и рассматриваются на просвет при естественном освещении. По мере просмотра образцы меняют местами таким образом, чтобы они расположились на стенде в порядке, соответствующем улучшению их качества. После того, как по мнению эксперта, такое расположение достигнуто, каждому образцу выставляется оценка в баллах по 10-балльной шкале. Затем аналогичную оценку проводит следующий эксперт. В качестве образца, по которому проводилось сравнение с исследуемыми вариантами ПТН, экспертам был представлен образец пневмотекстурированной нити высокого качества. Количество экспертов должно быть не менее 5.

Эксперты составляют анкету, где выставляют оценки в баллах по каждому из вариантов. Полученные результаты обрабатываются статистически. Чем выше среднее значение экспертных оценок, тем выше качество данного образца ПТН.

Лекция 17. Перспективы развития технологических процессов получения комбинированных нитей и пряжи аэродинамическим способом формирования

Производство текстурированных нитей продолжает быстро увеличиваться. Текстурированные нити вытесняют пряжу в ряде текстильных изделий, в частности в производстве ковровых изделий. В трикотажном производстве синтетические нити используют в основном в текстурированном виде. Большая потребность в текстурированных нитях заставляет создавать новые и усовершенствовать существующие способы текстурирования. Способы текстурирования все больше специализируются в зависимости от вида и свойств исходных и назначения текстурированных нитей. В дальнейшем техника и технология тек-

стурирования будут развиваться как в направлении усовершенствования существующих, так и создания принципиально новых способов текстурирования и оборудования для их осуществления.

Усовершенствование существующих способов проводится с целью повышения производительности оборудования и снижения затрат на выработку текстурированных нитей.

При разработке новых способов текстурирования используются достижения науки и техники различных областей знаний: физико-химии полимеров, механики, теплотехники, электроники и автоматики.

Дальнейшее развитие техники и технологии текстурирования неразрывно связано с техническим прогрессом в производстве химических нитей, который направлен на внедрение непрерывных, высокоскоростных способов формования синтетических нитей. В производстве текстурированных нитей в последние годы наблюдается ярко выраженная тенденция к совмещению основных процессов, связанных с получением нитей из расплава, вытягиванием их, текстурированием и наматыванием готовых нитей на паковки. Технический прогресс в области производства текстурированных нитей развивается в следующих основных направлениях:

- совмещение технологических процессов;
- повышение скоростных параметров технологических процессов;
- увеличение массы нитей на паковках;
- комплексная механизация и автоматизация технологических процессов.

Все эти направления тесно связаны между собой и осуществляются одновременно.

В последнем десятилетии наибольшие успехи были достигнуты в области текстурирования нитей способами ложного кручения и гофрирования путем прессования нитей. Наблюдаются также увеличение выработки текстурированных нитей аэродинамическим и трикотажным способами. Работы по совершенствованию всех способов текстурирования продолжаются и в настоящее время.

Усовершенствование технологии и оборудования для текстурирования химических нитей способом ложного кручения направлено на использование более эффективных способов и механизмов ложного кручения, интенсификацию процесса термофиксации, совмещение вытягивания и текстурирования, механизацию и автоматизацию операций на однопроцессных машинах.

Повышение частоты вращения вьюрков механизмов ложного кручения достигло, вероятно, предела (около 1 млн. мин⁻¹), выше которого ее увеличение нецелесообразно, так как усложнится конструкция механизмов, а изготовление их потребует дорогостоящих материалов и высокого класса точности. Срок службы механизмов при сверхвысоких скоростях будет сокращаться. Все это может увеличить затраты на изготовление и эксплуатацию механизмов ложного кручения в значительно большей степени, чем возрастет производительность машин за счет повышения скоростного режима.

Механизмы ложного кручения фрикционного типа имеют значительные преимущества по сравнению с механизмами ложного кручения роторного типа.

Их конструкция проще, а число кручений, сообщаемое нити в единицу времени, достигает около 5 млн. в минуту. В этих механизмах отсутствуют сложные и дорогостоящие подшипники. Удалось создать механизмы ложного кручения фрикционного типа, обеспечивающие получение текстурированных нитей практически такого же качества, как и на машинах, оборудованных механизмами ложного кручения роторного типа. Следует ожидать, что в дальнейшем однопроцессные машины будут все больше оснащаться механизмами ложного кручения фрикционного типа.

Из механизмов ложного кручения фрикционного типа наиболее удачными оказались трехшпиндельные дисковые механизмы, выпускаемые фирмами РАО, «Бармаг» и др. Однако некоторые фирмы продолжают выпускать однопроцессные машины с механизмами ложного кручения в виде втулок с кольцами. Фирма «Хеберлейн» выпускает механизм, состоящий из врачающейся сферы, взаимодействующей с диском.

В механизмах ложного кручения с внутренней поверхностью трения в виде втулок использовались полиуретановые кольца. Диски механизмов ложного кручения с наружной поверхностью трения, выпускаемые фирмой «Бармаг», имеют керамические покрытия, наносимые напылением. Некоторые фирмы рекомендуют алмазные покрытия.

Текстурирование тонких нитей можно производить способом разделения совместно скручиваемых нитей. Машины, работающие по этому принципу, выпускают фирмы «Турбо» (США) и «Хеберлейн» (Швейцария).

Текстурирование на современных однопроцессных машинах происходит при очень больших скоростях (до 600 м/мин и более). Однако термофиксация нитей при высоких скоростях осложняется, так как трудно обеспечить быстрый и надежный прогрев нити и затем быстрое охлаждение ее за те доли секунды, в течение которых нить проходит через термокамеру и зону охлаждения. Чтобы обеспечить надежный прогрев нити, необходимо или интенсифицировать процесс термостабилизации, или увеличивать время пребывания нити в термокамере.

Интенсификация процесса термостабилизации может быть достигнута усовершенствованием нагревателей и выбором наиболее эффективных теплоносителей (электронагрев, газ, масло, вода, токи высокой частоты и др.).

В настоящее время однопроцессные машины оборудуются термокамерами, нагреваемыми электрическим током. При этом большинство фирм рекомендует контактный способ нагрева при выработке высокорастяжимых нитей, а для дополнительной тепловой обработки при выработке малорастяжимых нитей применяют бесконтактные нагреватели. Фирма «Сотекс» рекомендует комбинированный нагреватель, представляющий собой трубку с внутренним винтовым выступом. В этом случае контакт нити с нагретой поверхностью осуществляется только при ее соприкосновении с винтовым выступом. Нагреватель с винтовым выступом исключает случаи оплавления нити.

В последнее время для нагревания термокамер все больше применяется конденсационный способ, позволяющий получить равномерное температурное

поле по всей длине термокамеры. В качестве теплоносителя используется специальное масло.

Для терморелаксации нитей необходим не только нагрев, но и быстрое охлаждение после выхода их из термокамеры. Для ускорения охлаждения нитей используются контактные охлаждающие устройства с одной пластиной и вентилятором или без него и трубчатое устройство с циркуляцией охлажденной воды.

Увеличить время нахождения нити в термокамере можно за счет увеличения ее длины или за счет повторного прохождения нити через одну и ту же термокамеру. В первом случае приходится увеличить габаритные размеры машины, а во втором случае затрудняется переход витков крутки от механизма ложного кручения к питающему устройству, так как направляющие ролики, изменяющие направление движения нити в термокамере, препятствуют распространению крутки по всей длине нити.

В настоящее время фирмы, выпускающие высокоскоростные однопроцессные машины, при выработке малорастяжимых нитей применяют контактные термокамеры длиной до 2,5 м для первого нагрева и бесконтактные камеры длиной до 1,4 м для дополнительного нагрева. Направление движения нити применяется снизу вверх или сверху вниз. Единой точки зрения на этот счет нет. На однопроцессных машинах устанавливают по две термокамеры, чтобы можно было вырабатывать как высокорастяжимые, так и малорастяжимые нити.

Заправка нитей в термокамеры производится пневматическим устройством. На большинстве машин используются универсальные приемо-наматывающие устройства, позволяющие наматывать нить на двухконусные бобины с различной конусностью или на цилиндрические бобины с параллельной намоткой. Намотка может быть плотной или мягкой (рыхлой) для крашения. Все приемо-наматывающие устройства имеют самоостановы, срабатывающие при обрыве нити или сходе ее с питающей паковки. Выходные паковки, получаемые на однопроцессных машинах, можно непосредственно использовать в трикотажном или ткацком производствах.

Увеличение размера паковок усложняет расположение приемных устройств на машинах. Приемо-наматывающие устройства располагают в два, три и даже четыре яруса.

Почти на всех машинах для текстурирования применяют паковки с большой массой нитей (до 6 кг и более). Как входные, так и выходные паковки на ряде машин устанавливают на выносные рамы. Это несколько увеличивает габаритные размеры машин, но облегчает их обслуживание.

Чтобы облегчить обслуживание машин, применяют автоматические устройства: пневматическую заправку, автоматические остановы при обрыве нити, обрезающие приспособления (автоматические ножницы), электрическую сигнализацию и др.

В ряде случаев на машинах предусматривается механизированная установка входных и съем выходных паковок. Почти на всех новых однопроцессных ма-

шинах устанавливают устройства для отсоса продуктов сгорания в термокамерах и вентиляторы для отвода тепла, выделяемого двигателями и термокамерами.

На всех машинах для замера и контроля температуры в термокамерах используются следящие системы различных типов. Программирующие устройства регулируют не только температуру в термокамерах, но на некоторых машинах и частоту вращения главного вала, крутильных элементов, а также натяжение нитей. На однопроцессных машинах с механизмами ложного кручения фрикционного типа пока ещё невозможно замерять величину крутки, поэтому на этих машинах используются устройства для замера и регулирования натяжения нити у фрикционного крутильного элемента. Необходимо поддерживать постоянным установленное натяжение, чтобы исключить проскальзывание нити относительно фрикционной поверхности и тем самым обеспечить равномерность крутки по всей длине нити.

Текстурированные полиамидные и полиэфирные нити от 1,7 до 22 текс вырабатывают в основном способом ложного кручения. Доля полиэфирных текстурированных нитей непрерывно увеличивается, и в некоторых странах их выработка уже превысила выработку полиамидных текстурированных нитей. Вырабатываются как высокорастяжимые, так и малорастяжимые текстурированные нити. Для их выработки все шире используют машины, на которых совмещают вытягивание и текстурирование.

Полиамидные текстурированные нити, полученные на машинах, совмещающих вытягивание и текстурирование, используют для изготовления чулочно-носочных изделий, верхнего трикотажа и тканей. Полиэфирные текстурированные нити применяют в основном в ткачестве и для выработки верхнего трикотажа.

Современные однопроцессные машины работают практически без обрывности. Высокая автоматизация, применение больших входных и выходных пакетов и наличие надежных автоматических устройств для регулирования технологических параметров (температуры, крутки и натяжения нитей) делают вполне реальной возможность работы этих машин без обслуживающего персонала в течение длительного времени, что еще более повысит технико-экономические показатели производства текстурированных нитей.

Очень быстро развивается производство извитых текстурированных нитей, получаемых способом гофрирования путем прессования. Этим способом текстурированные нити вырабатывают в большом диапазоне линейных плотностей. Особенно эффективным оказался способ гофрирования прессованием для производства сравнительно толстых текстурированных нитей, используемых для изготовления ковров. На современных гофрировочных машинах, как правило, вытягивание и текстурирование совмещены.

Наряду с усовершенствованием техники и технологии текстурирования способами ложного кручения и гофрирования не прекращаются работы по усовершенствованию других способов.

В последние годы расширилось производство текстурированных нитей аэродинамическим способом, который обеспечивает получение текстурированных нитей петлистой структуры с большой объемностью при обычной растяжимости. Аэродинамическим способом можно текстурировать любые комплексные нити, при этом для фиксации петлистой структуры не требуется тепловая обработка. Сначала аэродинамические устройства (форсунки) устанавливали на бобинажно-перемоточных машинах. В настоящее время некоторые фирмы («Хеберлейн», «Бармаг», ARCT и др.) приступили к выпуску специализированных машин для текстурирования химических комплексных нитей аэродинамическим способом. Эти машины работают со скоростью выпуска текстурированных нитей от 500 до 800 м/мин.

Продолжаются работы по усовершенствованию и других способов текстурирования: трикотажного, воздействием острой гранью и др. Каждый из этих способов представляет интерес, так как не требует сложного оборудования.

Перспективны физико-химические способы текстурирования, так как их осуществление не требует сложных машин для текстурирования, хотя в данном случае осложняется процесс формования, что является основным препятствием широкого внедрения этих способов.

Профилированные нити и волокна по внешнему виду и частично по свойствам имитируют натуральные волокна и нити. Некоторым препятствием для увеличения выпуска профилированных нитей является затруднение в изготовлении фильтр с нужными профилями отверстия.

Продолжаются исследования в области разработки технологии и оборудования для производства бикомпонентных нитей. Производство бикомпонентных нитей представляет большой практический интерес потому, что в этом случае процесс формования совмещается с текстурированием при очень больших скоростях.

Ассортимент текстурированных нитей расширяется не только за счет применения различных способов текстурирования, но и использования разных по происхождению исходных нитей. Кроме полиамидных и полиэфирных нитей, текстурированию подвергают ацетатные, полипропиленовые, полиформальдегидные и другие нити. Хорошие результаты получаются при текстурировании профилированных синтетических нитей. Ассортимент текстурированных нитей будет расширяться и за счет выработки комбинированных нитей различных видов.

Текстурирование химических нитей является сравнительно новым, но быстроразвивающимся производством. Необходимость придания синтетическим нитям полезных эксплуатационных свойств с целью расширить область применения этих нитей заставляет форсировать усовершенствование существующих и разработку новых способов текстурирования. Можно ожидать, что уже в ближайшее время появятся более эффективные способы и оборудование для текстурирования химических нитей.

Литература

1. Усенко, В. А. Производство текстурированных нитей и высокообъемной пряжи / В. А. Усенко, Г. Б. Дамянов, П. В. Адыров. – Москва : Легкая индустрия, 1980. – 160 с.
2. Смирнов, Л. С. Текстурированные нити / Л. С. Смирнов, В. Н. Шавлюк. – Москва : Легкая индустрия, 1979. – 232 с.
3. Садыкова, Ф. Х. Текстурированные нити, основные их свойства и методы определения / Ф. Х. Садыкова. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 160 с.
4. Ушакова, К. Н. Основы производства и подготовки к текстильной переработке химических нитей : учебник для вузов / К. Н. Ушакова – Москва : Легпромбытиздан, 1991. – 352 с.
5. Новое в технике прядильного производства : учеб. пособие / А. Г. Коган, Д. Б. Рыклин, С. С. Медвецкий. – Витебск, 2005. – 195 с.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ

Конспект лекций

Составитель:

Москалев Геннадий Иванович

Редактор *В.В. Дрюков*

Технический редактор *И.А. Данилова*

Корректор *Т.А. Осипова*

Подписано к печати _____. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. листов _____ Уч.-изд. листов _____
Тираж _____ экз. Заказ № _____.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический
университет». 210035, г. Витебск, Московский проспект, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государствен-
ный технологический университет».
Лицензия № 02330 / 0494384 от 16.03.2009.