

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ДИЗАЙНА И
ТЕХНОЛОГИИ

На правах рукописи
УДК 677.023.23.001.18 (043.3)

ПАНИН АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО–ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ФОРМИРОВАНИЯ МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ И
ВНЕДРЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специальность 05.19.02

«Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья»

ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант
доктор технических наук,
профессор Щербаков В.П.

Москва 2014

Работа выполнена на кафедре механической технологии волокнистых материалов ФГБОУВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии». Экспериментальные исследования проведены в лабораториях кафедры ткачества МГУДТ, текстильных предприятиях г. Москвы и г. Димитровграда Ульяновской области.

Автор выражает благодарность членам кафедр механическая технология волокнистых материалов и ткачества МГУДТ за помощь при выполнении работы.

АННОТАЦИЯ

Настоящая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены экспериментально-теоретические исследования процессов формирования мотальных паковок специального назначения для их внедрения в различные отрасли хозяйствования в виде конечных продуктов и перспективных текстильных материалов.

При исследовании структур намотки мотальных паковок, формируемых на мотальном оборудовании отечественного и зарубежного производства, определены основные причины возникновения пороков намотки, разработаны пути их устранения и повышения эффективности процессов формирования мотальных паковок оптимальной структуры, применяемых в текстильном производстве, в качестве питающих паковок. Исследованы причины образования дефектов намотки и показаны пути их устранения на машинах пневмомеханического способа прядения. Также исследованы процессы формирования бобин на мотальном оборудовании фрикционного типа, установлены причины образования жгутовых намоток, определены кинематические параметры мотальных механизмов, обеспечивающих формирование паковок увеличенных габаритов с сомкнутой структурой намотки нитей.

На базе проведённых теоретических исследований разработаны принципы формирования мотальных паковок различных структур, а именно сомкнутых, замкнутых, спиралевидных, дисковых, застилистых намоток и их конгломератов. Исследованы процессы сматывания нитей с мотальных паковок различной структуры и определены основные факторы, оказывающие решающее влияние на процессы схода нити с паковок, при максимальных скоростях процесса и минимальных отходах пряжи. С целью повышения производительности труда и технологического оборудования в текстильном производстве, где мотальные паковки используются как конечный продукт (в виде питающих паковок), разработаны оптимальные структуры намоток

бобин, трубчатых початков, сновальных валиков, навоев, а также создано специальное мотальное оборудование, обеспечивающее их формирование.

Рассматривая процесс намотки как инновационную технологию, получены мотальные паковки специального назначения, которые могут использоваться в виде конечных продуктов в различных отраслях хозяйствования, а именно в качестве трубчатых текстильных фильтров, диспергаторов жидкостей и газов, армирующих компонентов композиционных материалов формируемых на базе тел вращения, или плоских материалов на базе развёрток намотки.

Все основные положения диссертационной работы разработаны автором лично. Внедрение результатов исследований выполнено как автором лично, так и под его руководством и при непосредственном участии.

Основные результаты работы отражены в 58 публикациях, из них одна монография, 2 патента на изобретение, 2 авторских свидетельства на полезную модель, 17 статей в журналах рекомендованных ВАК РФ. Условные обозначения технологических величин приведены в Приложении 1.

Работа состоит из восьми разделов, общих выводов и рекомендаций, библиографического списка и приложений. Основное содержание изложено на 309 страницах машинописного текста, содержит 66 рисунков и 21 таблицу. Библиографический список включает 115 источников. Приложения составляют 14 страниц.

Содержание

| | | |
|-----------|---|----|
| Аннотация | | 3 |
| Введение | | 10 |
| Раздел 1 | Анализ современного состояния технологического процесса перематывания текстильных нитей в мотальные паковки и направления его совершенствования | 16 |
| | 1.1. Литературный обзор работ по изучению процесса перематывания нитей и формированию мотальных паковок текстильного производства | 17 |
| | 1.2. Пути повышения эффективности процесса перематывания нитей в текстильном производстве | 39 |
| | 1.3. Намотка как инновационная технология текстильного производства | 47 |
| | Выводы по разделу 1 | 54 |
| Раздел 2 | Исследование процессов формирования мотальных паковок используемых в прядильном производстве и оптимизация их структур намотки | 57 |
| | 2.1. Дефекты намотки мотальных паковок, причины их возникновения и способы устранения | 58 |
| | 2.2. Исследование равновесности витков на поверхности намотки прядильных початков и уточных шпуль | 68 |
| | 2.3. Исследование наматывающего механизма пневмомеханических прядильных машин ППМ и его | |

| | | |
|----------|---|-----|
| | влияния на структуру намотки мотальных паковок | 71 |
| 2.4. | Разработка мероприятий по улучшению качества намотки бобин, формируемых на пневмомеханических прядильных машинах | 77 |
| | Выводы по разделу 2 | 83 |
| Раздел 3 | Исследование процессов формирования мотальных паковок используемых в ткацком производстве при подготовке основы оптимизации их структур намотки | 85 |
| 3.1. | Анализ причин жгутообразования при формировании мотальных паковок на машинах фрикционного типа | 86 |
| 3.2. | Исследование влияния конструктивных и кинематических параметров мотальных механизмов на структуру намотки мотальных паковок | 90 |
| 3.3. | Назначение мотальных паковок увеличенных габаритов и способы их формирования | 99 |
| | Выводы по разделу 3 | 106 |
| Раздел 4 | Разработка и исследование структур намотки мотальных паковок, обеспечивающих оптимальные условия сматывания с них нити | 108 |
| 4.1. | Принцип формирования бобин сомкнутой и замкнутой структур намотки | 109 |
| 4.2. | Определение требований, предъявляемых к мотальным механизмам, для формирования паковок сомкнутой структуры намотки | 118 |

| | | |
|----------|---|-----|
| | 4.3. Методика расчёта величины передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя при формировании на паковках сомкнутых намоток | 126 |
| | 4.4. Расчёт объёмной плотности намотки паковок сомкнутой структуры | 133 |
| | Выводы по разделу 4 | 140 |
| Раздел 5 | Исследование процесса сматывания нитей основы с мотальных паковок различной структуры и формы намотки | 143 |
| | 5.1. О влиянии некоторых факторов на процесс сматывания нити с бобин различной структуры намотки | 144 |
| | 5.2. К вопросу о скорости сматывания нити с мотальных паковок | 152 |
| | 5.3. О линейной скорости перематывания пряжи | 162 |
| | 5.4. Исследование процесса сматывания нити с бобин застиистой структуры намотки на малых скоростях | 168 |
| | 5.5. Оптимизация способов питания бесчелночных ткацких станков утком с помощью бобин ракетной формы | 173 |
| | 5.6. Экспериментальные исследования процесса сматывания нитей с уточных паковок | 179 |
| | Выводы по разделу 5 | 187 |

| | | |
|----------|--|-----|
| Раздел 6 | Исследование особенностей процесса формирования и сматывания групп нитей с мотальных паковок текстильного производства | 190 |
| | 6.1. Исследование процесса сматывания групп нитей с мотальных паковок ткацкого производства | 190 |
| | 6.2. Разнодлинность нитей основы в намотке сновального валика и её влияние на вытяжку их в процессе снования | 197 |
| | 6.3. Расчёт оптимальной ставки бобин при формировании сновальных валиков, обеспечивающей формирование их оптимальной структуры | 203 |
| | Выводы по разделу 6 | 213 |
| Раздел 7 | Исследование процесса формирования трубчатых початков увеличенных габаритов для челночных ткацких станков | 215 |
| | 7.1. Разработка метода формирования трубчатых початков сомкнутой структуры намотки на уточно-мотальных автоматах АТП-290 | 216 |
| | 7.2. Исследование причин вибрации трубчатых початков при их наматывании | 224 |
| | 7.3. Определение перемещения точки раскладки нити на автомате АТП-290 | 229 |
| | 7.4. Исследование причин закаливания трубчатых початков при формировании их на автоматах АТП-290 | 236 |

| | | |
|----------|---|-----|
| | Выводы по разделу 7 | 241 |
| Раздел 8 | Разработка и исследование мотальных паковок специального назначения | 244 |
| | 8.1. Особенности промышленного применения мотальных паковок специального назначения | 245 |
| | 8.2. Текстильные паковки специального назначения, применяемые при решении экологических задач | 254 |
| | 8.3. Намотка как рациональная технология формирования армирующих компонентов композиционных материалов заданной формы | 260 |
| | 8.4. Расчёт нагрузок композиционных материалов формируемых намоткой | 266 |
| | 8.5. Анализ работы мотальных механизмов применяемых при формировании паковок специального назначения | 270 |
| | Выводы по разделу 8 | 275 |
| | Общие выводы по работе | 278 |
| | Список использованной литературы | 285 |
| | Приложения 1 | 296 |
| | Приложения 2 | 298 |
| | Приложения 3 | 305 |
| | Акты о внедрении НИР | 310 |

Введение

Одной из главных задач ученых-текстильщиков в настоящее время является разработка новых текстильных материалов и технологий, отвечающих современным требованиям потребителей, обладающих необходимыми свойствами и качественными показателями. То есть, необходимо развивать инновационные технологии, которые позволяют получать выходные продукты с новыми полезными свойствами. Именно к таким технологиям следует отнести намотку, как процесс формирования мотальных паковок специального назначения.

В последние годы в этом направлении развития текстильной науки достигнуты большие успехи. Следует отметить, что к мотальным паковкам специального назначения необходимо относить все виды намоток нитей, нитевидных материалов, лент, жгутов, проволок, тканей, нетканых материалов, трикотажных материалов (полотен) на тела вращения (патроны, оправки, шпули, катушки, дорны и т.д.).

Перспективными продуктами таких текстильных материалов, в первую очередь, являются мотальные паковки оптимальной структуры намотки, подлежащие сматыванию с них нитей непосредственно в текстильном производстве (бобины и трубчатые початки сомкнутой намотки), обеспечивающие резкое снижение отходов дорогостоящего сырья, повышение производительности труда и оборудования. Во-вторых, мотальные паковки, не подлежащие разматыванию нити, это трубчатые текстильные фильтры, сформированные слоисто-каркасной намоткой на перфорированные патроны, или намотки различных текстильных полотен на сетчатые каркасы (жгутовые ниточные, ткано-ниточные, комбинированные и т.д.).

В третьих, аэраторы и диспергаторы воздуха и газов, которые являются отдельными элементами, сформированными из текстильных материалов различной природы, применяемыми в химических процессах и выполняющие

главную задачу – обеспечение дозированного межфазного взаимодействия газожидкостных сред;

В четвертых, создаваемые намоткой различные текстильные материалы:

- намотанные на оправки и дорны армирующие компоненты композиционных материалов (армирование углеродными, базальтовыми, стеклонитями тел имеющих ось вращения) для аэрокосмической и военной отраслей;

- сформированные намоткой текстильных нитей различной природы, на тела имеющие ось вращения и развёрнутые на плоскость («Развёртки намоток»).

Такое большое многообразие перспективных, конечных продуктов, формируемых намоткой, обусловлено последними достижениями текстильной науки, позволяющими обеспечивать возможность формирования их однопроцессным способом (самой «короткой технологией»), за счет использования большого многообразия разработанных структур (сомкнутых, замкнутых, спиралевидных, сотовых, дисковых, застилистных) намоток.

Вполне очевидно, что сам процесс формирования мотальных паковок, являющихся конечным продуктом, требует проведения не только теоретических и экспериментальных исследований, но и создания принципиально нового мотального оборудования, которого в настоящее время отечественные, да и зарубежные машиностроительные заводы не выпускают. Современное мотальное оборудование ориентировано главным образом на обеспечение задач и потребностей текстильных предприятий, здесь машиностроителями достигнуты большие успехи. Так, в настоящее время зарубежными компаниями выпускаются высокоскоростные мотальные машины и автоматы, позволяющие формировать паковки массой до $6 \div 8$ кг, при скоростях перематывания нитей более 1000 м/мин и более. Сделаны первые шаги в сторону совершенствования структур намотки мотальных паковок с учетом особенностей технологических процессов, в которых паковка будет

использована в дальнейшем. Это механизмы «мягкой» намотки нитей на бобины, которые используются при крашении пряжи в паковках, механизмы «дифференцированной» намотки уточных шпуль, позволяющие избежать образования «жгутовой» намотки, приводящей к большим отходам сырья и т.д.

Технически это сводится к расчету основных параметров структуры намотки паковок, а именно:

- определению угла скрещивания витков намотки нитей;
- величины угла конусности паковок;
- величины допустимого натяжения нити и степени прессования намотки укатывающими валиками;
- выбору скоростных режимов процесса перематывания и т.д.

Каждый из вышперечисленных параметров важен и их изучению посвящали свои работы известные ученые-текстильщики: А.П. Минаков, А.Ф. Прошков, В.А. Гордеев, В.П. Щербаков, С.Д. Николаев, В.П. Зайцев, С.С.Юхин и др.

Именно благодаря этим ученым, теория наматывания и сматывания нитей получила свое развитие и стала основой для создания и внедрения перспективных текстильных материалов. В настоящее время намотка из отдельной технологической операции подготовки нитей, при всей своей кажущейся простоте, превратилась в самостоятельный технологический процесс получения конечного продукта, а именно разнообразных текстильных материалов и изделий.

Целью данной работы является исследование процесса перематывания нитей различной природы для формирования мотальных паковок специального назначения, которые являются конечным – выходным продуктом или новым текстильным материалом.

Для этого в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- проводятся экспериментально-теоретические исследования структур намотки мотальных паковок, применяемых в текстильном производстве;

-проводится сравнительная оценка качественных показателей, формируемых мотальных паковок с «эталонными» с определением причин возникновения дефектов;

-разрабатываются методы формирования мотальных паковок оптимальной структуры прядильного и ткацкого производств;

-разрабатываются методы формирования бобин и трубчатых початков, применяемых в качестве уточных паковок в ткачестве;

-разрабатываются методы формирования и конструкции оборудования для получения мотальных паковок увеличенных габаритов (паковок «ракетной» формы);

-проводятся исследования процессов сматывания нитей с мотальных паковок различной формы, габаритов и структуры намотки;

-разрабатываются методы формирования паковок заданной структуры, применяемых в качестве текстильных фильтров, аэраторов и диспергаторов;

-разрабатываются способы формирования мотальных паковок заданной формы намотки и требуемых типоразмеров и их развёрток;

-разрабатываются методы формирования и технологическое оборудование для создания армирующих компонентов композиционных материалов;

-разрабатываются рекомендации по совершенствованию мотального оборудования, применяемого при создании и внедрении перспективных текстильных материалов, с целью повышения их качества.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

-проведены экспериментально-теоретические исследования процессов формирования мотальных паковок специального назначения;

-определены новые области использования мотальных паковок специального назначения и их развёрток, как конечных продуктов;

-разработаны теоретические основы процесса формирования мотальных паковок заданной структуры намотки, используемых в текстильном производстве;

-разработаны технология и методы формирования мотальных паковок оптимальной структуры на машинах пневмомеханического способа прядения;

-разработаны технология и методы формирования уточных мотальных паковок оптимальных структур для челночных и бесчелночных ткацких станков;

-разработаны технология и методика формирования мотальных паковок заданной формы намотки и требуемых габаритов;

-разработаны методы формирования мотальных паковок с заданной пористостью и проницаемостью, используемых в качестве текстильных фильтров;

-разработаны методы формирования намоткой нитей и нитевидных материалов на оправки армирующих компонентов композиционных материалов.

Практическая ценность работы заключается в том, что:

-разработанные экспериментально-теоретические основы формирования мотальных паковок специального назначения позволяют модернизировать существующее и создавать новое мотальное оборудование, которое способно обеспечивать получение и внедрение в различные отрасли хозяйствования паковок, являющихся конечным продуктом, или новым текстильным материалом;

-разработаны и внедрены в производство методы формирования мотальных паковок сомкнутой структуры на машинах пневмомеханического способа прядения;

-разработаны и внедрены в производство методы формирования уточных паковок оптимальной структуры для челночных и бесчелночных ткацких станков;

-разработаны и внедрены в производство методы формирования мотальных паковок с заданной пористостью и проницаемостью, применяемые для получения трубчатых текстильных фильтров;

-разработаны и внедрены в производство методы формирования слоисто - каркасных и спиралевидных структур намотки мотальных паковок, применяемых в химической промышленности в качестве диспергаторов газа при межфазном разделении газожидкостных систем;

-разработаны и внедрены в производство мотальные паковки спиралевидной структуры, применяемые при производстве аэраторов, используемых в процессах биологической очистки сточных вод;

-разработаны и внедрены в производство методы формирования новых армирующих компонентов композиционных материалов, на базе мотальных паковок специального назначения и их развёрток, используемых в аэрокосмической и военной отраслях.

Раздел I. Анализ современного состояния технологического процесса перематывания текстильных нитей в мотальные паковки и направления его совершенствования

Одним из первых технологических процессов любого текстильного производства. Он неизбежно связан с операциями наматывания и сматывания нитей. В общем случае процесс перемотки предполагает использование двух паковок – питающей (с которой осуществляется процесс сматывания нити) и выпускной (на которую происходит наматывание нити). Данные процессы наматывания и сматывания текстильных нитей могут существовать и отдельно друг от друга.

Так, например, на пневмомеханических прядильных машинах существует лишь процесс наматывания выпрядаемой нити на выпускную паковку.

Однако, в любом случае, к мотальным паковкам предъявляются особые, специфичные их дальнейшему направлению использования, требования. Питающие мотальные паковки должны обеспечивать легкость схода с них нити, без обрывов и слетов витков на высокой скорости. Кроме того, структура намотки и форма питающей паковки должны обеспечивать длительную, бесперебойную работу технологического оборудования, на котором они будут использоваться, а также высокую его производительность при минимальном количестве отходов (угаров) сырья.

Выпускная паковка, также должна отвечать специфичным требованиям производства, предъявляемым к ним на последующих этапах переработки нитей (при разматывании нити с паковки), или удовлетворять по своей структуре и форме сформированное намоткой конечное изделие (например, фильтр).

В текстильном производстве используются мотальные паковки подлежащие сматыванию с них нити, поэтому они должны обладать максимально плотноёмкой структурой, т.е. в объеме паковки должна

помещаться максимальная длина нити, а сматывание её должно происходить без рывков и обрывов, которые приводят к образованию отходов пряжи. Выпускные мотальные паковки, формируемые с целью получения конечного продукта (фильтра, диспергатора), также должны иметь заданную структуру (требуемую пористость и проницаемость), обладать заранее заданными свойствами, формой и размерами. Поэтому процессу перематывания нитей пристальное внимание уделялось с давних времен, а первые теоретические работы по изучению процесса перематывания нитей были сделаны и опубликованы в конце 18 – начале 20 веков.

1.1. Литературный обзор работ по изучению процесса перематывания нитей и формированию мотальных паковок текстильного производства

Стремительное развитие текстиля в середине 18 и начале 19 веков потребовало научного подхода к изучению всех технологических операций текстильного производства, в первую очередь процесса выпуска и перемотки пряжи. Тогда это было связано с тем, что на ровничных прядильных машинах требовалось обеспечить постоянство скоростей выпуска и наматывания пряжи при ее выходе из вытяжного прибора. Значительный вклад в развитие теории процессов перемотки нитей в прядильные паковки внесли такие ученые как: Н.А. Васильев [1,2], Н.А. Насекин [3], И.И. Бабарыков [4,5], С.С.Ковнер [6], В.А. Ворошилов [7], Е.И. Кржижановский [8] и Ю.И. Виноградов [9].

Именно эти ученые заложили основы процесса формирования мотальных паковок заданной формы (например, куличей со скошенными торцами, формирование катушек в ниточном производстве на шпули с торцами «дьяболо» и т.д.) ими были сделаны первые шаги в изучении взаимного расположения витков на паковках, то есть в исследовании их структуры.

Основной недостаток перечисленных выше работ заключался в отождествлении движения точек раскладки (нитераскладчиков) и точек входа

нити в паковку, что не учитывало влияние «свободного отрезка нити» между этими точками и изменение высоты формируемых паковок относительно размаха нитеводителя. Впервые это несоответствие отметил в своих работах И.С. Мясников [11]. Изучая работу прядильной машины периодического действия (сельфактор), он определил, что размах нитераскладчика не соответствует высоте конуса намотки. Им также было отмечено, что несоответствие движения точек наматывания и точек раскладки нити ведет к искажению формы торцов выпускных паковок, а, следовательно, не только их размеров, но и структуры намотки.

Решения данной задачи удалось добиться в 1947 году профессору В.А. Блюеру в работе [12], где проведены исследования о влиянии свободного отрезка нити (расстояние между нитераскладчиком и точкой входа нити в паковку) на форму и ее размеры, в том числе влияние этого фактора на форму витка и удельную плотность намотки мотальной паковки.

Г.К. Моисеев в работе [13] развил теорию В.А. Блюера. Им было выведено уравнение переходной части витка, а также зависимость между высотой формируемой паковки - H и величиной размаха нитеводителя - H_n :

$$H = H_n - 1,38tq \frac{\beta}{2} C, \quad (1.1)$$

где C - величина сводного отрезка нити, или расстояние между точкой раскладки и точкой наматывания;

$$tq \frac{\beta}{2} = \frac{v_n}{v_o} \text{ тангенс половины угла скрещивания витков на паковке;}$$

v_n – скорость перемещения нити в осевом направлении паковки;

v_o – окружная скорость наматывания нити.

Влияние свободного отрезка нити на структуру намотки мотальных паковок учел в своих работах по проектированию мотальных механизмов ровничных, прядильных и крутильных машин, [14] А.Ф. Прошков. Эти исследования позволили повысить качество работы мотальных механизмов, на

которых осуществлялось формирование мотальных паковок, но на структуру намотки и условия сматывания с них нити, а также на прочностные характеристики паковок (при условии использования их в качестве конечного выходного продукта), существенного влияния они не оказали. Это обусловлено тем, что на структуру намотки мотальных паковок влияние оказывают и другие параметры, а именно:

- угол конусности паковок α ;

- угол геодезического отклонения витков, лежащих на поверхности паковки θ ;

- угол сдвига между витками различных пар слоев намотки ψ .

Следует отметить, что показатель качества выпускаемой продукции (к которой относятся и мотальные паковки, предназначенные для использования в различных областях хозяйствования в виде конечного продукта) – это количественная характеристика свойств самой продукции, входящей в состав ее качества, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

К показателям качества намотки мотальных паковок относятся:

- габариты и форма намотки паковок;

- структура намотки нитей на паковку, то есть взаимное расположение витков намотки относительно друг друга (во всем объеме паковки);

- удельная плотность намотки нитей и равномерность распределения ее в осевом и радиальном направлениях паковки;

- равновесность намотки (устойчивость положения витков нити на поверхности паковки или патрона);

- способность противостоять механическому воздействию на паковку внешних сил и рассыпанию витков намотки;

- пористость, проницаемость и способность пропускать через свою структуру газы, жидкости, растворы красителей, дымы, пыль и т.д.

Для текстильного производства качественными считаются мотальные паковки, с которых нити сходят легко, без слетов и обрывов, причем на высокой скорости.

Объем пряжи на паковке, а, следовательно, и ее длина, должны быть максимально возможными. Паковки увеличенных габаритов позволяют разместить в них большую длину нити, увеличить время сматывания, а также производительность оборудования, сократить объемы отходов пряжи (угары в перемотке), и, как результат снизить себестоимость выпускаемой продукции при повышении ее качества.

Исследованию показателей качества намотки мотальных паковок было посвящено много научных трудов учеными текстильщиками, работающими в 20 веке и до настоящего времени этому вопросу уделяется пристальное внимание.

Так над определением оптимальной формы намотки и увеличением габаритов мотальных паковок работали многие отечественные и зарубежные исследователи. В работе [15] автор предлагал, для лучшего удержания витков на конической поверхности паковок, снизить угол конусов патронов до $5^{\circ}57'$ и $3^{\circ}40'$, однако при этом, не обосновывая свой выбор.

В работе [16] описаны преимущества использования в текстильном производстве мотальных паковок увеличенных габаритов. Автор отмечает, что в настоящее время ведутся работы по внедрению в производство бобин ракетной формы намотки, масса пряжи на которых достигает $5\div 7$ кг, однако до настоящего времени процесс формирования таких паковок, а также процесс схода с них нити изучены не достаточно.

В настоящее время текстильные предприятия во всем мире широко применяют конические бобины крестовой намотки. Мотальное оборудование, на котором формируются данные мотальные паковки широко описано в работах [17], [18]. Несмотря на большое многообразие данного оборудования,

структура намотки мотальных паковок формируемых на нем далека от совершенства.

Коническая форма бобин позволяет сократить количество «слетов» витков на малый торец паковки при разматывании нити, так как витки, расположенные у большого торца паковки не задевают при сходе нити за витки, лежащие, у малого торца и не захватывают их с собой, образуя «слет». Однако, для снижения вероятности образования слётов витков на больший торец бобин, пришлось в конструкцию машин вводить механизмы сферообразования. Действительно, угол конусности паковки оказывает существенное влияние на процесс схода нити с бобин. Особенно при формировании паковки на машинах фрикционного типа (оснащенных мотальными барабанчиками) от угла конусности зависит величина контактного радиуса намотки, а, следовательно, и степень истирания намотки мотальным барабанчиком. А это, в свою очередь, существенно влияет на прочность и обрывность нити при разматывании, количество отходов и качество выпускаемой продукции. Именно эти вопросы достаточно подробно освещены в работах [19,20,21].

Но еще одно важное значение имеет угол конусности паковки для мотальных паковок, используемых в сновании (в ставке бобин) и ткачестве (в виде уточных бобин), причем еще при их транспортировке, где витки намотки нити могут самопроизвольно спадать с конической поверхности паковок, образуя слеты. Конусность намотки мотальных паковок влияет на угол геодезического отклонения, а, следовательно, и на равновесность намотки – устойчивость витков нити на поверхности паковки.

На современных мотальных машинах и автоматах отечественного и зарубежного производства угол конусности патронов изменяется в широких пределах. Так на отечественных мотальных машинах М-2 он равен $11^{\circ}30'$, а на американских машинах «Foster» он составляет 16° . Мотальные автоматы «Аутосук» (Чехия) оснащены механизмом смены угла конусности паковок от

0° до 20° , что позволяет формировать на них цилиндрические и конические паковки, причем автомат позволяет формировать паковки «мягкой» намотки (используемые при крашении нитей в паковках).

Из выше изложенного очевидно, что определение оптимальных углов конусности патронов для формирования паковок из различных по свойствам нитей остается актуальной задачей, требующей для решения проведения дополнительных исследований.

Основой для этих исследований являются труды профессоров А.П. Минакова [22] и В.П. Щербакова [23]. Для того чтобы витки прочно удерживались на поверхности паковки (находились в устойчивом равновесии), необходимо выполнение двух условий:

- первое «условие формы», когда должно выполняться неравенство:

$$tq\theta \leq \mu, \quad (1.2)$$

где θ - угол геодезического отклонения витков, лежащих на поверхности намотки паковки,

μ - коэффициент трения нити о поверхность намотки или патрона (в начале формирования паковки).

Угол геодезического отклонения главным образом зависит от угла скрещивания витков и по расчетам профессора В.П. Щербакова он равен:

$$tq\theta = \frac{R \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{\cos^2 \frac{\beta}{2}}, \quad (1.3)$$

где R – радиус намотки паковки (переменная величина в направлении от паковки);

β - угол скрещивания витков в точке схода нити.

Значение коэффициента трения витка нити о намотку будет зависеть от угла конусности паковки и структуры намотки, т.е. от взаимного расположения

витков (от числа витков в нижележащем слое намотки, на котором расположен верхний виток).

При постоянной скорости движения нитеводителя вдоль образующей паковки и постоянной угловой скорости вращения паковки (за цикл движения нити слева направо и обратно).

Тангенс угла геодезического отклонения можно определить по формуле:

$$tq\theta = tq\alpha \left(\frac{1 + \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\cos^2 \frac{\beta}{2}} \right), \quad (1.4)$$

где α - угол конусности намотки.

Очевидно, что условие равновесного положения витков на поверхности намотки мотальных паковок будет всегда соблюдаться для витков расположенных по геодезическим линиям, когда $tq\theta = 0$.

Второе условие равновесного положения витка нити на паковке, выведенное профессором А.П. Минаковым носит название – условия натяжение, когда:

$$k_2 = k_1 \exp\left(\int_0^{\pi} \cos\theta \sqrt{\mu^2 + tq^2 \theta \alpha \lambda} \right), \quad (1.5)$$

где k_1 и k_2 – натяжение нити в сбегающей и набегающей ветвях витка намотки;

λ - угол охвата нитью намотки.

Таким образом, только выполнение обоих условий гарантирует равновесное положение витков нити на поверхности намотки и устойчивость намотки к рассыпанию (в данном случае паковка может формироваться на патронах без фланцев).

Кроме того, прочность намотки (стойкость к рассыпанию) определяется и углом скрещивания витков β .

Мотальные паковки, формируемые на машинах фрикционного типа (оснащенные прорезными мотальными барабанчиками), имеют более или менее постоянный угол скрещивания витков за все время наматывания паковки. Он может быть определен по формуле:

$$tg \frac{\beta}{2} = \frac{v_H}{v_O} = \frac{h_{\sigma}}{\pi d_{\sigma}}, \quad (1.6)$$

где h_{σ} - шаг канавки мотального барабанчика;

d_{σ} – диаметр мотального барабанчика.

Для мотальных машин с отдельным действием механизмов намотки и раскладки нити угол скрещивания витков намотки определяется по формуле:

$$tg \frac{\beta}{2} = \frac{h_k}{\pi D \cdot i_o}, \quad (1.7)$$

где $f = R + (Z - z) \cdot R'$ – шаг канавки кулачка нитераскладчика, ($h_k = const$);

$$z = \frac{(\omega \pm \dot{\gamma}) R (Z - z)}{\sqrt{F^2 - f^2}} - \text{текущий диаметр намотки мотальной паковки, } (D \neq$$

$const$);

i_o – общее передаточное отношение от нитеводителя к оси паковки (веретену), обычно оно не изменяется за время наматывания бобины.

Из выражения 1.7 видно, что на прецизионных мотальных машинах угол скрещивания витков β постепенно уменьшается по мере роста диаметра намотки паковки, поэтому необходимо правильно выбирать его начальные значения при формировании мотальных паковок большого диаметра намотки исходя из условия равновесного положения витков на поверхности паковки. Особенно важно учитывать это обстоятельство при проектировании мотального оборудования для формирования больших по размерам оправок армирующих компонентов композиционных материалов (тел вращения, ракет, фюзеляжей и

т.д.). На этой основе строятся физические модели формирования стеклопластиков описанные в работе [24]. В работе [25], описывающей теоретические основы изготовления стеклопластиковых труб, армированных намоткой, влиянию угла скрещивания витков намотки уделено особое внимание, так как именно от его значений зависит величина нагрузки приходящейся на трубы в их осевом и радиальном направлениях.

Прецизионные намотки часто используются в настоящее время в качестве мотальных паковок специального назначения (в виде трубчатых текстильных фильтров, аэраторов, диспергаторов и т.д.). В этом случае они должны обладать заданной пористостью и проницаемостью (для жидкостей, воздуха и газов). Данные свойства определяются структурами намотки мотальных паковок, которых достаточно много (сомкнутые, замкнутые, застильные, спиралевидные, дисковые и т.д.). Методы их получения описаны в работе [26]. Автором данной работы отмечено, что для сохранения свойств в процессе транспортировки и дальнейшей эксплуатации, мотальные паковки специального назначения необходимо исследовать на надежность (равновесность) намотки по условиям профессоров А.П. Минакова и В.П. Щербакова.

Вообще «надежность» – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации [27]. Из анализа работы следует, что чем больше запас надежности, тем при более благоприятных условиях протекает процесс намотки, меньше изменяются свойства нити, снижается вероятность ее частичного или полного разрушения (разрыва), в более щадящем режиме работает технологическое оборудование, без снижения качества выпускаемой продукции. Знание значений функции или критерия, который отображает надежность процесса, позволяет обосновано подходить к анализу и управлению технологической надежностью процесса.

В своей работе [28] профессор И.Г. Цитович ввёл понятие-критерий надёжности процесса вязания, который может быть определен по формуле:

$$U = \frac{(k - k_p)}{\sqrt{G_k^2 + G_p^2}}, \quad (1.8)$$

где k – среднее натяжение нити при вывязывании;

k_p – среднее значение разрывной нагрузки нити;

G_k^2 – дисперсия натяжения нити при вязании;

G_p^2 – дисперсия разрывной нагрузки.

Данная разработка позволяет сделать вывод о том, что чем больше значение критерия надёжности U , тем более эффективно будет происходить процесс вязания (или перематывания нитей), тем меньше вероятность обрыва нити.

Исходя из данного положения, для повышения надёжности процесса вязания (перематывания) необходимо уменьшать натяжение нити на входе в машину (в паковку). В условиях дозированной подачи нити, по рекомендации Дж. Нептона [29] входное натяжение нити k следует определять как 10% от разрывной нагрузки нити, из расчета 0,1 сн / текс. В условиях активной подачи натяжение нити K принимают равным 0,2÷0,4 сн/текс. А наиболее тяжелые условия испытывают нити на плосковязальных машинах, где этот показатель достигает 1 сн/текс. Для решения данного вопроса нами в работе [30] разработана модель саморегулирующегося автоматического нитенатяжителя, которая внедрена в производство ОАО «Ковротекс» г.Димитровграда.

Известно также, [30], что большое значение на надёжность технологических процессов оказывает гладкость нити, или ее фрикционные свойства. Гладкость нитей специально повышают путем их парафинирования, эмульсирования или шлихтования. Чем ниже коэффициент трения нити о направляющие органы машин, тем она легче перерабатывается в изделие на

станке, но возрастает вероятность образования слетов витков с паковки, особенно при работе на повышенных скоростях сматывания нити.

В целом, нить, намотанная на паковку находится в напряженно-деформированном состоянии и прогнозирование ее дальнейшего поведения (изменение плотности, потерю упругого удлинения, крутки, изменение жесткости и т.д.) представляет большой теоретический интерес и имеет важное практическое значение.

Впервые изучением напряженно-деформированного состояния нитей на трикотажных машинах начал заниматься профессор В.П. Щербаков [31]. Им была установлена интегральная зависимость между деформацией и напряжением в текстильных нитях. Используя слабосингулярное ядро А.Р. Ржаницина и его резольвенту при решении интегрального уравнения, профессор В.П. Щербаков сумел описать реальную картину поведения нити при перематывании в любой отрезок времени.

Все основные положения механики текстильной нити изложены в учебном пособии, подготовленном В.П. Щербаковым [32] для решения инженерных задач. Механика нити рассматривается как раздел механики деформированного твердого тела.

Несмотря на то, что вопросам механики гибкой нити было посвящено много научных трудов В.С. Щедрова [33]; Я.И. Коритыцкого [34]; Д.Р. Меркина, В.М. Кагана [35], именно теоретические выкладки профессора В.П. Щербакова, изложенные в работе [32], отвечают всем концепциям отечественной школы механики нити, всегда находившейся на мировом уровне. Основное содержание этой работы охватывает четыре части:

-первая часть освещает вопросы теории абсолютно гибкой нити и позволяет решать инженерные задачи на основе дифференциальных уравнений равновесия или движения нити;

-вторая часть учебного пособия посвящена механике упругой нити в нелинейной постановке;

-третья часть работы посвящена изучению элементов наследственной механики с реологическими моделями, а также методы приложения теории к задачам текстильной технологии;

-четвертая часть работы посвящена разработке теории и критериям прочности, которые могут эффективно использоваться в механике нитей.

Теоретические положения накопленных повреждений при действии нагрузок в условиях переработки нитей на текстильных машинах позволяют прогнозировать протекание сложных технологических процессов, в том числе и при формировании мотальных паковок специального назначения, заданной формы, размеров и структуры.

Используя теоретические разработки Г.К. Моисеева и А.П. Манакова профессор А.Ф. Прошков, решил ряд вопросов по проектированию мотальных механизмов для получения мотальных паковок заданной формы (паковок с торцами заданной формы и обладающей устойчивой равновесностью) [14]. Однако при выводе основного уравнения наматывания нити он допустил неточность, предположив, что точка наматывания все время движется по образующей паковки. Эту неточность заметил Е.Д. Ефремов и с целью устранения неточности в работе [37] вывел так называемые кинематические уравнения наматывания, которые имеют следующий вид:

$$\gamma = \cup \pm \arccos \frac{f}{F}$$

$$\dot{z} = \frac{(\omega \pm \dot{\gamma})R(Z - z)}{\sqrt{F^2 - f^2}}, \quad (1.9)$$

где γ - угол между перпендикуляром, опущенным из точки наматывания на ось oz , и плоскость xoy ;

$f = \sqrt{x^2} + \sqrt{y^2}$ - длина перпендикуляра опущенного из точки раскладки на ось вращения паковки oz ;

x и y текущие координаты точки раскладки нити;

U – угол между перпендикуляром, опущенным из точки раскладки на ось m , и плоскость xoy ;

$f = R + (Z - z) \cdot R'$ - вспомогательная функция;

R – текущий радиус намотки паковки, зависящий от z ;

Z – текущая аппликата точки раскладки;

$\gamma = const$ – текущая аппликата точки наматывания;

ω - угловая частота вращения паковки.

Таким образом, в отличие от А.Ф. Прошкова, Е.Д. Ефремов за ось вращения паковки принял не ось oy , а ось oz и своим первым уравнением практически ввел понятие линии наматывания, по которой и движется точка входа нити в намотку. Очевидно, что если угол $\gamma = const$ (за весь ход движения нитеводителя), то линия наматывания совпадает с образующей паковки.

Кинематические уравнения наматывания связали координаты точек раскладки и наматывания с углом скрещивания витков, что позволило повысить точность расчетов на 2 – 3 % по отношению к результатам, получаемым по формулам А.Ф. Прошкова.

Однако, ни А.Ф. Прошкову, ни Е.Д. Ефремову не удалось определить основные параметры намотки мотальных паковок, определяющих их структуру. Это было обусловлено тем, что их работы были направлены на изыскание путей стабилизации скорости наматывания, а также получение оптимальных (разуплотненных) торцов мотальных паковок. О структуре намотки мотальных паковок и параметрах, определяющих ее, впервые заговорили при исследовании высокоскоростных крестомотальных машин. Исследуя удельную плотность намотки бобин [38] профессор В.А. Гордеев определил, что на данный показатель качества намотки мотальных паковок существенное влияние оказывают: натяжение нити и степень прессования намотки укатывающим валиком или барабанчиком. Однако, ни путем увеличения натяжения наматываемой нити, ни путем увеличения степени прессования бобин не

удалось выровнять удельную плотность намотки в осевом и радиальном направлениях паковки. Тогда пристальное внимание обратили на влияние угла скрещивания витков β , а также впервые на угол сдвига витков на торце мотальной паковки [30]. Профессор В.А. Гордеев получил следующие зависимости:

-удельная плотность элемента крестовой намотки определялась по формуле:

$$\gamma = \frac{T}{250\delta \cdot \ell \cdot \sin \beta}, \quad (1.10)$$

где T – линейная плотность наматываемой пряжи;

ℓ - длина каждого из двух перекрещивающихся витков;

δ - высота параллелепипеда, в котором помещены перекрещивающиеся элементы нити;

β – угол скрещивания витков намотки.

Однако данная формула не учитывала взаимного расположения витков в разных слоях намотки, а ошибочно считалось, что элемент перекрещивающихся нитей отождествляет всю структуру намотки. В этой формуле не хватило одного элемента, для определения удельной плотности намотки любой структуры, а именно конкретного числа витков нити, помещенных в выделенный при работе объем параллелепипеда – m .

Однако эта зависимость явилась отправной точкой изучения различных структур намоток мотальных паковок.

Понятие – угол сдвига витков намотки Ψ было введено профессором В.А. Гордеевым в работе [38], а для его определения при сомкнутой намотке нитей на бобину (когда витки намотки ложатся вплотную друг к другу и заполняют весь объемный слой намотки), была выведена формула:

$$\psi = \frac{2d}{D \cdot \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (1.11)$$

где d – диаметр (условный) перематываемой нити;

D – текущий диаметр намотки мотальной паковки;

β - угол скрещивания витков.

Угол сдвига витков показывает величину смещения последующих витков относительно предыдущих, которое хорошо видно на торцах мотальной паковки.

До сих пор [36] в теории наматывания считается, что при движении нитеводителя в одну сторону (вправо или влево) на паковку наматывается один слой витков, а за цикл движения нитеводителя (за один двойной ход нитеводителя вдоль образующей паковки) на паковку наматывается одна пара слоев намотки. При этом характер дальнейшего расположения витков намотки просто не рассматривался, а считалось, что всё повторяется в течение всего времени формирования паковки.

Однако, на самом деле, характер расположения витков на поверхности паковки может повториться только после очень большого целого числа ее оборотов (у замкнутых намоток), либо после малого, но также целого числа оборотов паковки (при жгутовой намотке).

В этом легко убедиться, изучая развертки намоток мотальных паковок, если мысленно разрезать паковку по образующей и развернуть ее на плоскости (тогда витки намотки нити превращаются в прямые линии). На рис. 1.1 и 1.2 показаны развертки однозамкнутой и двухзамкнутой намоток. Нить выходя из точки A_1 , (при однозамкнутой намотке), переместиться в точку A_2 после двух оборотов паковки вокруг своей оси, а вернётся в точку A_1 только после четырех оборотов паковки. У двухзамкнутой намотки нить выходя из точки A_1 за цикл движения нитеводителя не вернется в неё, а переместиться к левому торцу паковки в точку A'_1 только после четырех с половиной оборотов паковки, (т.е. только после двух с лишним циклов, и не в положение A_1).

Угол сдвига витков на торце паковок в первом и втором случае может быть определен по формуле:

$$\Psi_{1,2} = 2\pi (n - n_1), \quad (1.12)$$

где n - полное число оборотов паковки за цикл движения нитеводителя (нити);

n_1 - целая часть числа n .

Поскольку за один оборот паковки на нее наматывается только один виток, то n - это число витков, намотанных на паковку за полный цикл движения нитеводителя (нити), тогда для однозамкнутой намотки (рис 1.1) угол сдвига между витками первой и второй пар слоев намотки составит:

$$\Psi_{1,2} = 2\pi (n - n_1) = \Psi_{1,2} = 2\pi (2 - 2) = 0, \quad (1.13)$$

Такие намотки носят название «жгутовых». Для намотки изображенной на рис. 1.2 угол сдвига между витками первой и второй пар слоев составит:

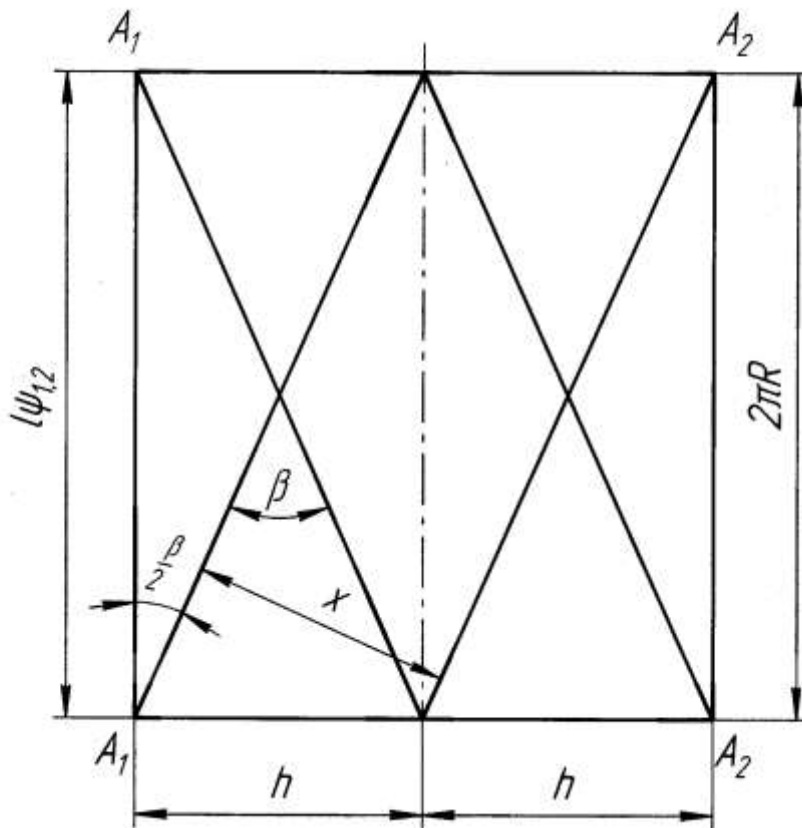


Рис.1.1 Развёртка однозамкнутой намотки

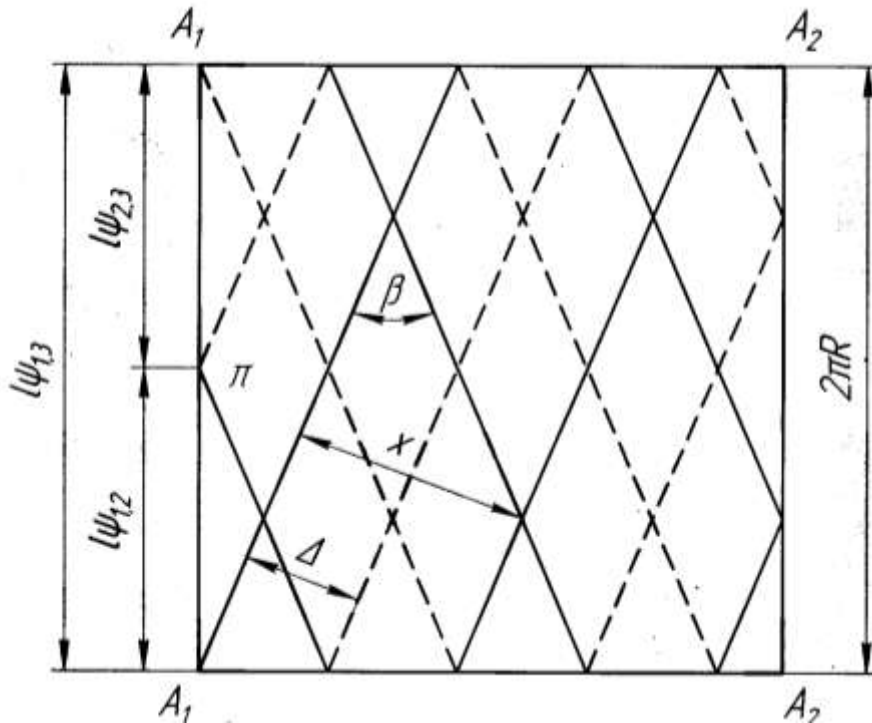


Рис.1.2 Развёртка двухзамкнутой намотки

$$\psi_{1,2} = 2\pi(4l/2 - 4) = \pi, \quad (1.14)$$

За следующий цикл движения нитеводителя паковка повернется еще раз на $4 \frac{1}{2}$ оборота и угол сдвига между витками второй и третьей парами слоев намотки составит:

$$\psi_{2,3} = 2\pi\left(4\frac{1}{2} - 4\right) = \pi, \quad (1.15)$$

Угол сдвига между витками первой и третьей парами слоев намотки составит:

$$\psi_{1,3} = \psi_{1,2} + \psi_{2,3} = \pi + \pi = 2\pi, \quad (1.16)$$

Таким образом, витки третьей пары слоев намотки пойдут по виткам первой пары слоев и намотка «замкнется».

В общем случае у p - замкнутых намоток угол сдвига витков определяется по формуле:

$$\Psi_{l,p+1} = 2 \pi p(n - nl) = 0, \quad (1.17)$$

где p – степень замыкания намотки, или число двойных ходов нитеводителя вдоль образующей паковки, после которого витки $p + 1$ -ой пары слоев намотки пойдут по виткам первой пары слоев. Замкнутые намотки и паковки сформированные из их основе, при $p \leq 24$ [20], имеют сотовую структуру и представляют собой большой интерес, с точки зрения использования их в качестве конечного продукта (фильтров, паковок для крашения нитей в бобинах), т.е. структур с заданной пористостью и проницаемостью. На рис. 1.3 показана фотография 23-х замкнутой намотки.



Рис. 1.3 Двадцатитрёх замкнутая структура намотки

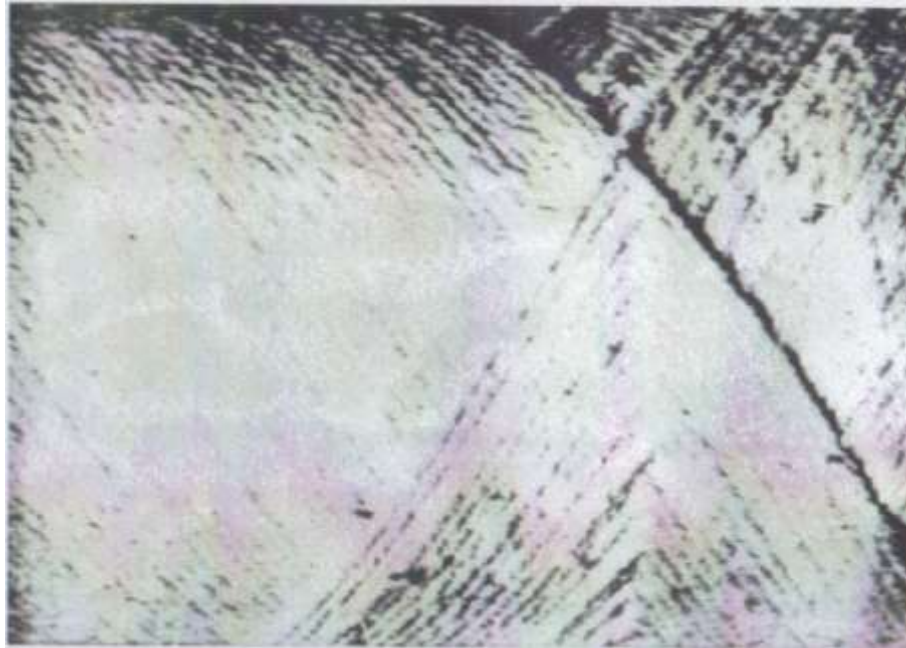


Рис. 1.4 Трёхсомкнутая структура намотки

Если же угол сдвига витков будет удовлетворять условию:

$$\psi_{1,3+1} = 2\pi p(n - n_1) = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (1.18)$$

то на паковке будет формироваться p – сомкнутая намотка нитей. На рисунке 1.4 показана фотография трёхсомкнутой намотки.

У сомкнутых намоток витки нити ложатся вплотную друг к другу (без промежутков), поэтому они обладают повышенной удельной плотностью намотки, причём равномерной в осевом и радиальном направлениях паковки.

Данные параметры представляют большой интерес в плане использования паковок сомкнутой структуры, прежде всего:

- в качестве питающих паковок в текстильном производстве, т.к. они обеспечивают максимально возможную длину нити в единице объема паковки, минимальное и равномерное натяжение нити при разматывании, и минимальное количество отходов пряжи;

-в качестве фильтровальных перегородок трубчатых текстильных фильтров, т.к. они имеют минимальные размеры пор в своей структуре и способны, за счет многослойной намотки, обеспечивать заданную проницаемость фильтров;

-в качестве армирующих компонентов композиционных материалов, где они могут обеспечивать формирование композитов с максимальным коэффициентом заполнения их армирующим компонентом (самых лёгких материалов, что очень важно для авиастроителей).

Однако для формирования мотальных паковок сомкнутой структуры необходимо специальное мотальное оборудование, которое способно создавать между паковкой и нитераскладчиком заданное передаточное отношение (и сохранять его за все время формирования паковки), определяемое по формуле:

$$i_{oc} = \frac{1}{k} \cdot \frac{(n_I P + Z)}{\left(p \pm \frac{d}{2H}\right)}, \quad (1.19)$$

где k – полное число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нити (один двойной ход нитеводителя);

H – размах нитеводителя;

$Z = 0; 1; 2$ – кратность замыкания намотки;

d – условный диаметр перематываемой нити.

Из данной формулы видно, что для каждого вида перематываемых нитей (условного диаметра d) и заданного угла скрещивания витков β в начале наматывания (который регламентируется значениями k и n_I) существует бесконечное множество передаточных отношений i_{oc} (а следовательно и бесконечное множество сомкнутых намоток), определяемых отношением z/p .

Именно это многообразие, только сомкнутых намоток, дает возможность формирования на их основе различных видов мотальных паковок специального назначения, которые представляют интерес как конечный выходной продукт

для различных отраслей хозяйствования. Но, следует отметить, что теория формирования таких мотальных паковок и намоток изучена не до конца.

Такое же большое многообразие видов намоток представляют и замкнутые структуры (различной степени замыкания намотки - p), которые представляют большой интерес для армирования композиционных материалов, а также создания аэраторов [39] и диспергаторов газа, применяемых при биологической очистке сточных вод и в вихревых аппаратах (для межфазного взаимодействия газожидкостных сред) [40].

В настоящее время перед учеными текстильщиками остро встает вопрос о создании мотальных паковок заданной формы намотки увеличенных габаритов. Это обусловлено необходимостью обеспечения аэрокосмической и военной отраслей новыми (легкими и прочными) летательными аппаратами, причем технология их изготовления должна быть проста и малозатратна. Именно к таким «коротким» технологиям относится процесс наматывания углеродных или стеклонитей, а также нитей из иных термостойких материалов (базальтовые и кремнеземные волокна) на оправки заданной формы и размеров. Данному направлению исследований посвящены работы [41; 42; 43], где сформулированы основные требования, предъявляемые к текстильным армирующим компонентам композиционных материалов конструкторами летательных аппаратов. Главный из них, это необходимость сохранения структуры при сложной форме оправок больших размеров [44]. Формирование из углеродных волокон намоткой тел вращения заданной формы (фюзеляжей, конусов ракет, крыльев летательных аппаратов и т.д.), практикуется во всем мире уже давно, однако теоретической базы этих процессов до настоящего времени разработано не было. Формирование армирующих структур композиционных материалов на базе тел вращения сложной формы, до сих пор производят на полуавтоматах ленточными жгутами нитей (осуществляя органолептический контроль процесса), или с использованием копиров, а в некоторых случаях даже вручную [45,46].

Вопросы связанные с прочностью формируемых мотальных паковок, а, следовательно, и конечных продуктов и изделий, формируемых на их основе, нельзя изучать без учета работ, связанных с напряженно – деформированным состоянием нитей, участвующих в производстве текстильных полотен (тканей, трикотажа, намоток и т.д.) с учетом фактора времени. В работе [47] профессор С.Д. Николаев выявил особенности поведения текстильных материалов в ткачестве, используя теорию вязко-упругости Больцмана, он дал математическое описание напряженно – деформированного состояния нитей основы и утка на ткацком станке. Автор, проанализировав метод логарифмических совмещений для определения вязкоупругих параметров при растяжении, разработанный М.А. Колтуновым [48], указал на его недостатки и предложил более простой метод, основанный на экспериментальных данных при исследовании релаксации напряжений, возникающих в нити.

Используя теорию профессоров С.Д. Николаева и В.П. Щербакова, доцент М.В. Назарова в диссертационной работе [49] провела эксперимент на универсальной разрывной машине ФП-10 и получила величины вязко-упругих параметров для нитей различной природы. По полученным данным был проведен расчет их натяжения по упругой и вязкоупругой модели с учетом фактора времени. Результаты расчетов натяжения нитей по упругой и вязко-упругой моделям отличаются на значительную величину (до 50%). Следовательно, для точности расчетов натяжения нитей при перематывании их в паковки, необходимо учитывать и их вязко-упругие свойства.

Таким образом, несмотря на большое многообразие научных подходов к изучению процесса перематывания нитей, данная задача требует дальнейшего изучения и развития. В первую очередь в связи с появлением новых структур намоток мотальных паковок, а также с необходимостью расширения областей их использования как «коротких» (однопроцессных) технологий, в том числе и при производстве композиционных материалов на базе тел вращения.

В связи с этим исследование и разработка структур намотки мотальных паковок, обеспечивающих оптимальный процесс сматывания с них нити в технологических процессах текстильного производства, а также создание на их базе новых высокоэффективных материалов для различных отраслей хозяйствования, является актуальной задачей.

1.2. Пути повышения эффективности процесса перематывания нитей в текстильном производстве

Эффективность протекания любого технологического процесса характеризуется качеством выпускаемой продукции (полуфабриката), затратами труда на производство единицы этой продукции и количеством отходов сырья, используемого в данном процессе. Затраты труда на перематку единицы массы нити уменьшаются с возрастанием его производительности. Производительность труда при перематывании может быть определена по формуле:

$$P_{m=} = \frac{P_{\phi}}{y}, \quad (1.20)$$

P_{ϕ} - фактическая производительность одного веретена, кг/час;

y - удельный расход рабочей силы в перематке пряжи, человек/веретено.

Фактическая производительность одного веретена:

$$P_{\phi} = 60v T \text{ кпв} \cdot 10^{-6} y \frac{\text{кг}}{\text{час}}, \quad (1.21)$$

где v скорость перематывания пряжи, м/мин.;

T - линейная плотность перематываемой пряжи, текс;

кпв - коэффициент полезного времени работы машины.

Удельный расход рабочей силы:

$$y = \frac{ч}{B ч}, \quad (1.22)$$

где $ч$ - отработанные за истекший промежуток времени всеми работающими (включая ремонтников и наладчиков) в мотальном цехе человеко/часы;

$B ч$ - отработанные за тот же промежуток времени веретено/часы.

Вполне понятно, что увеличить производительность труда в перемотке можно за счет повышения фактической производительности веретена и за счет снижения удельного расхода рабочей силы. Казалось бы, что производительность труда в перемотке необходимо повышать за счет увеличения скорости перемотки. Однако при повышении скорости перемотки снижается КПВ веретена из-за уменьшения машинного времени срабатывания прядильного початка.

$$кпв = \frac{t_M}{t_M + t_a + t_c} \left(\frac{t - t_б}{t} \right), \quad (1.23)$$

где $t_M = \frac{L}{v}$ - машинное время срабатывания прядильной паковки;

t_a - время, учитывающее технологические простои по группе «а» (простои, пропорциональные количеству перемотанной пряжи);

t_c - время простоев из-за совпадений операций при остановках различных веретен;

t - промежуток времени, за который определяется фактическая производительность веретена;

$t_б$ - время, учитывающее технологические простои по группе "б" (простои, связанные с уходом за оборудованием и самообслуживанием работницы). Кроме того, с увеличением скорости перемотки нитей снижается

норма обслуживания мотальщицы, а, следовательно, повышается удельный расход

рабочей силы и уменьшается производительность труда в мотальном цехе.

Норма обслуживания мотальщицы:

$$H_o = \frac{t_m + t_a}{t_{зр}}, \quad (1.24)$$

где $t_{зр}$ - время, затрачиваемое мотальщицей на выполнение рабочих приемов при срабатывании початка.

Фактически при повышении скорости перематывания нитей производительность труда в перемотке вначале возрастает, затем рост ее замедляется, а потом наступает период уменьшения производительности из-за снижения КПВ и нормы обслуживания [50].

При существующем уровне обрывности нитей и габаритах прядильных паковок скорость перематывания нитей на текстильных предприятиях нашей страны никогда не превышала 800 м/мин, хотя мотальное оборудование рассчитано на скорость перемотки до 1250 м/мин. Это обстоятельство обусловлено снижением производительности труда в перемотке при повышении скоростного режима работы машин.

В настоящее время общепризнано, что дальнейшее снижение трудозатрат и повышение производительности труда в перемотке возможно лишь за счет замены ручного труда мотальщиц автоматически действующими устройствами, то есть за счет внедрения в производство мотальных автоматов. На уточно-мотальных автоматах автоматизирована лишь одна ручная операция: смена наработанного початка или шпули (в последнем случае с заменой ее новой шпулей). На основомотальных автоматах автоматизированы следующие ручные операции: - смена сработанных прядильных паковок и замена их новыми; - розыск конца оборвавшейся нити на бобине; - связывание

(соединение) концов нити, идущих с мотальной и прядильной паковок; - пуск веретена в работу после процесса связывания нитей; - зарядка устройства новыми прядильными паковками. Применение вместо обычных мотальных машин основомотальных автоматов позволило поднять (при средних размерах прядильных паковок, средних линейных плотностях перематываемой пряжи и средней ее обрывности) производительность труда мотальщиц в 1,5 - 2 раза.

Наибольшую экономическую эффективность при применении основомотальных автоматов получают при перематывании пряжи большой линейной плотности.

При увеличенных паковках, малой линейной плотности нитей и средней обрывности применение основомотальных автоматов не даст существенного экономического эффекта по сравнению с применением обычных быстроходных мотальных машин.

Таким образом, вопрос о создании новых быстроходных мотальных машин, позволяющих формировать мотальные паковки высокого качества и специального назначения, не может быть снят с повестки дня.

Немаловажным показателем, характеризующим эффективность процесса перематывания пряжи в текстильном производстве, является процент выхода отходов (угаров) при этом процессе, так как доля сырья в себестоимости выпускаемых тканей и трикотажных изделиях составляет 70 – 80 %.

При перематывании нитей для текстильного производства из них необходимо удалить пороки прядения - слишком толстые и слишком тонкие места, в результате чего возникают обрывы и неизбежные потери концов нитей расходуемых на связывание. Однако при этом могут возникать и неоправданные потери, в виде концов нитей идущих на оправку прядильного початка перед заправкой, концов, расходуемых на завязывание узлов, некоторой длины нитей, остающейся на не до конца размотанных початках («оклёвыши») и т.д.

Процент отходов нитей в перематывании:

$$y_M = \frac{\sum l}{l} \cdot 100\%, \quad (1.25)$$

где $\sum l$ - длина теряемых при разматывании прядильной паковки концов;

l - длина нити на прядильной паковке.

Таким образом, процент отходов (угаров) нитей при перематывании зависит, прежде всего, от качества намотки питающих паковок. Чем крупнее питающая паковка, тем меньше процент отходов нитей.

Для снижения отходов дорогостоящего сырья при перематке на текстильных предприятиях, в настоящее время не целесообразно перематывать пряжу только в бобины и трубчатые початки обычных размеров. В этом случае используют специализированное мотальное оборудование, позволяющее формировать паковки увеличенных габаритов.

Мотальные паковки, в которых осуществляется крашение и отбеливание пряжи, также должны формироваться на специализированном мотальном оборудовании. Это оборудование позволяло бы получать рыхлую структуру намотки, с равномерным распределением удельной плотности в осевом и радиальном направлениях паковки. Паковки подобного вида также относятся к паковкам «специального назначения». К ним можно отнести:

- мотальные паковки увеличенных габаритов и паковки с повышенной удельной плотностью намотки («Укрупнённые мотальные паковки»);

- мотальные паковки, в которых осуществляется крашение и отбеливание нитей («Паковки мягкой намотки»);

- мотальные паковки, используемые в качестве текстильных фильтров («Трубчатые текстильные фильтры»);

- мотальные паковки заданной формы и типоразмеров («Паковки специального назначения»).

Структура намотки таких паковок должна соответствовать технологии их последующей переработки или требованиям дальнейшего использования в качестве конечного продукта.

Так мотальные паковки увеличенных габаритов (трубчатые початки, бобины ракетной формы и т.д.) используют при переработке нитей значительной линейной плотности (комбинаты технических сукон, предприятия перерабатывающие жгутовые нити и т.д.). В этом случае мотальной паковке (или раскладчику нити) при ее формировании кроме вращательного и возвратно-поступательного движений сообщается перемещение в осевом направлении паковки. Такое перемещение вызывает появление дополнительного угла сдвига между витками различных пар слоев намотки, и он оказывает значительное влияние на ее структуру. Вполне понятно, что для формирования таких паковок должно применяться специализированное мотальное оборудование, обладающее вполне определенными конструктивными параметрами. В отечественной промышленности для этой цели используют мотальные машины иностранных фирм, конструкция и технологические возможности которых слабо освещены в нашей и зарубежной научной литературе.

Для еще большего увеличения длины нитей, размещаемых на таких «Укрупнённых паковках» необходимо, чтобы они обладали достаточно высокой плотностью намотки. Последнее может быть достигнуто за счёт увеличения натяжения наматываемых нитей, повышения степени прессования намотки укатывающим валиком или за счет более упорядоченного расположения витков нитей на паковке, то есть формирования на ней сомкнутой структуры намотки. Наиболее эффективен последний способ увеличения удельной плотности намотки мотальных паковок, так как он позволяет не только сохранить физико-механические свойства перематываемых нитей, но и существенно повысить равновесность витков на поверхности наматывания, что значительно уменьшает количество их слетов при

разматывании нити с паковки и, следовательно, делает этот процесс более эффективным.

Мотальные паковки, в которых осуществляется крашение и отбеливание пряжи «Паковки мягкой намотки», представляют собой своеобразные радиальные фильтры [51] структура намотки и форма которых существенно влияют на гидравлическое сопротивление паковок, а, следовательно, на глубину и равномерность окрашивания пряжи. Основой технологического процесса крашения пряжи в паковках является равномерная циркуляция красильного раствора через толщину тела намотки. Продолжительность крашения можно сократить, а качество окраски пряжи улучшить за счет использования паковок специального назначения, структура которых обеспечит условия создания для более интенсивной равномерной циркуляции раствора через окрашиваемые нити, равномерное распределение которых на паковке не будет нарушаться фильтрационным потоком красителя.

Большинство исследователей [52], [53] считает, что процесс крашения должен осуществляться при небольших перепадах давления ΔP и при малых гидравлических сопротивлениях тела намотки R_{cp} ., так как в этом случае не нарушается расположение витков нити на паковке и сохраняется довольно высокая скорость движения красильного или отбеливающего раствора через толщину намотки.

Исследования, проведенные кандидатом технических наук В.М. Ивановым [52], [53], показали, что на величину сопротивления намотки, прохождению через нее красильного раствора наибольшее влияние оказывают следующие факторы:

- натяжение нити при наматывании паковки;
- усиление прижима бобины к мотальному барабанчику;
- угол подъема витков нити на бобине $\frac{\beta}{2}$;
- диаметр патрона, на который наматывается нить.

В.М. Ивановым установлено, что при существующих структурах намотки паковок, сопротивление намотки прохождению красителя распределено крайне неравномерно, даже в радиальном направлении бобины. Наибольшее сопротивление оказывает слой толщиной 20 - 25 мм, прилежащий непосредственно к патрону. Разуплотнение этого слоя путем увеличения угла подъема витков в начале наматывания бобины до 22° позволило ему уменьшить сопротивление намотки в 2-2,5 раза. Данные положения могут быть успешно применены и к процессам фильтрации жидкостей через трубчатые текстильные фильтры. В этой же работе В.М. Иванов делает справедливое замечание о том, что мотальное оборудование для мягкой намотки хлопчатобумажной и льняной пряжи, которым располагают фабрики, не позволяет создавать паковки требуемой структуры и предлагает создавать новые мотальные механизмы, позволяющие выровнять сопротивление бобины прохождению красителя от центра к периферии паковки и наоборот. Мотальные паковки специального назначения могут также быть использованы в качестве фильтрующих элементов различного вида фильтровальных установок, разделяющих суспензии, то есть неоднородные смеси, состоящие из твердых частиц и жидкости (топливные фильтры, трубчатые текстильные фильтры для очистки различных технологических растворов при производстве лекарственных препаратов). Тонкость очистки таких суспензий зависит от структуры намотки фильтрующих элементов. Достоинство этих фильтров состоит в том, что путем подбора соответствующей структуры намотки фильтрующего элемента, или сочетания нескольких структур в разных слоях намотки, можно обеспечить любую степень очистки фильтруемой суспензии и легко освободиться от осадка, путем сматывания небольшого загрязнённого наружного слоя намотки.

Кандидат технических наук А.Я. Коломиец, одним из первых изучавший структуру намотки трубчатых текстильных фильтров (ТТФ) для производства кинескопов цветных телевизоров [54] отмечал, что до последнего времени ТТФ закупались в США. Причиной этого является не только недостаточный уровень

развития теории перематывания нитей, но и отсутствие соответствующей конструкции мотального оборудования, способного формировать паковки заданной структуры намотки. Мотальные паковки специального назначения, сформированные из термостойких материалов (углеродных, базальтовых стеклонитей и т.д.) нитей, имеющие заданную структуру и форму, пропитанные синтетическими смолами, могут быть использованы в качестве композиционных материалов (элементов ракет, самолётов, различного вида оправок, вкладышей, предметов домашнего обихода и т.д.).

Вопрос о формировании паковки специального назначения заданной формы, при наматывании нити на цилиндрический или конический патрон, связан с определением числа двойных ходов нитеводителя, после которого намотка получит заданную форму. Кроме указанного обстоятельства, немаловажное значение имеет закономерность перемещения нитеводителя в направлении образующей паковки. Однако необходимо учитывать, что при различном числе двойных ходов нитеводителя эта закономерность обеспечивает различные формы намотки (различные уравнения линии наматывания). Если не учитывать этого обстоятельства, то все математические выкладки превращаются в самоцель и становятся просто некорректными. Для решения указанной проблемы необходимо знать зависимость длины нити, наматываемой на паковку, от общего угла её поворота вокруг своей оси. Подводя итог всему сказанному, необходимо отметить, что в нашей промышленности и вообще в народном хозяйстве паковки специального назначения могут найти самое широкое применение. Вопрос, связанный с развитием теории получения таких паковок является актуальным и должен быть поставлен в повестку дня.

1.3. Намотка как инновационная технология текстильного производства

Как отмечалось ранее, намотка нитей на паковки различного вида (початки, шпули, катушки, мотки, куличи, бобины и т.д.) использовалась человеком с древних времён, вместе с появлением необходимости создания одежды из текстильных волокон и нитей. Как технологический процесс намотка развивалась вместе с развитием технологии и оборудованием прядильного и ткацкого производства. На первых стадиях намотка применялась для укрупнения паковок питающих последующие технологические операции, текстильного производства (снования, ткачества, вязания), а также с целью удаления из нитей пороков прядения (слишком тонких и толстых мест, сорных примесей). Это определило место намотки как основной подготовительной операции всех технологических процессов текстильного производства.

В середине 18 века (в связи с вышедшим в Англии законом, запрещающим вывоз за границу текстильного оборудования), в России начался подъём производства собственного текстильного оборудования. Это привело к созданию отечественных, более совершенных на тот период времени прядильных машин (многоверетённых машин с водяным приводом) и механических ткацких станков. В тот же период времени появились перемоточные машины с ручным приводом.

Все трудоёмкие операции при перематывании осуществлялись вручную (очистки нитей от сорных примесей, ликвидация обрывов нити), что требовало совершенствования мотального оборудования. Несмотря на кажущуюся простоту перематывания только в начале 20-х годов 20 века в России появились первые мотальные машины.

Это были машины фрикционного типа с прорезными мотальными барабанчиками, их принято было называть быстроходными, так как наматывание нити производилось со скоростью 220+300 м/мин. В настоящее время, благодаря развитию теории наматывания нитей на паковку и усовершенствованию конструкций мотальных механизмов, скорость перематывания пряжи возросла до 1200 м/мин и более. Несмотря на то, что

мотальные машины фрикционного типа (когда вращение питающая паковка получает за счёт трения о мотальный барабанчик с канавкой) более просты по устройству, чем прецизионные (с отдельным действием механизмов намотки и раскладки нити) и получили очень широкое распространение во всём мире, они имеют и много недостатков. Главным недостатком этих машин является хаотичная структура намотки бобин, затрудняющая процесс сматывания с них нити. Разноплотная (рыхлая) намотка приводила к нестабильному натяжению нити и значительным отходам пряжи на дальнейших переходах производства. В связи с этим дальнейшее развитие процесса перематывания нитей было связано с оптимизацией мотального оборудования, а именно:

- изысканием оптимальных конструкций мотальных барабанчиков, их диаметра и числа витков прорезной канавки, их формы (цилиндрическая, коническая);

- автоматизацией процессов очистки нити с помощью электронных нитеочистителей;

- оптимизацией механизмов натяжения нити с целью стабилизации его в течение всего процесса перемотки пряжи;

- обеспечением автоматического отыскания концов оборванной нити и их связывания;

- автоматического питания початками, и т.д. все эти работы были направлены на минимизацию ручного труда мотальщиц.

В реализацию данных работ большой вклад внесли российские учёные текстильщики. Первые научные работы Озёрского, Герасимова, профессоров Н.П.Лангового и Н.А. Васильева описанные в работе [55], касающиеся теории процессов прядения и перематывания, были опубликованы в конце 18, начале 19 века. В начале 20 века данное направление получило развитие в работах профессора И.И. Бабарыкова., Ю.С. Виноградова, И.С. Мясникова, В.А. Блюера. Основы современной теории наматывания и сматывания нити были заложены профессорами Минаковым А.П., Щербаковым В.П. и Гордеевым В.А.

Работы данных учёных позволили выделить процесс намотки нитей на паковки в самостоятельный технологический процесс, требующий глубокого изучения. Следует отметить, что почти все работы по изучению процесса перемотки были направлены на совершенствование процесса сматывания нити с паковки, на это же направлялись и усилия машиностроителей. В 60-х годах прошлого столетия за рубежом появились мотальные автоматы, позволяющие резко повысить производительность оборудования, но они сохранили все дефекты структуры намотки, присущие и бобинам, формируемым на фрикционных мотальных машинах. Печальная участь постигла и последнюю модель отечественного мотального автомата «Совконер», создаваемого в НПО «Вымпел» г.Москва в 80-х годах прошлого столетия. Из-за громоздкости конструкции, сложности в управлении и обслуживании, а главное, вследствие сохранения всех дефектов структуры намотки формируемых бобин (низкой и неравномерной, как в осевом, так и в радиальном направлениях паковок, удельной плотностью намотки нитей, склонность к образованию слётов витков при разматывании нити, жгутообразованию и т.д.), присущих бобинам формируемым на мотальных машинах фрикционного типа, он не нашёл применения в производстве.

На этом развитие мотальных машин фрикционного типа завершилось, но не завершилось развитие теории процесса перемотки пряжи.

В настоящее время процесс перематывания нитей в мотальные паковки получил новый импульс своего развития. Он основан на достижениях в теории наматывания и создании мотального оборудования прецизионного типа - высокоскоростных машин с раздельным действием механизмов намотки и раскладки нитей. Данные машины позволяют наряду с высокой скоростью процесса перематывания (более 1000 м/мин – машины фирмы Georpg SAHM Германия), формировать укрупненные паковки массой до 8 кг, а главное с упорядоченной структурой расположения нитей в намотке.

В основу современной теории наматывания заложен главный критерий, определяющий структуру взаимного расположения витков нити в различных слоях намотки, которым является угол сдвига витков $\psi_{1,p+1}$ [56].

Этот подход позволил проклассифицировать все виды структур намоток мотальных паковок [58], среди которых следует особо выделить сомкнутую намотку, имеющую упорядоченное расположение витков, а, следовательно, обладающую максимально возможной плотностью.

Данная классификация позволяет сделать вывод о том, что намотка из вспомогательной технологической операции переходит в разряд технологий формирования конечного продукта (с наперед заданными свойствами). В настоящее время разработана методика определения величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену (оси паковки), необходимого для получения сомкнутых намоток нити на любых мотальных паковках, в том числе и совершающих при наматывании вращательного и осевого перемещение. Последнее обстоятельство очень важно, так как открывает возможность проектирование мотальных машин, позволяющих формировать сомкнутую намотку на трубчатых початках и бобинах ракетной формы.

Исследования процесса сматывания нитей с мотальных паковок сомкнутой структуры намотки, позволили сделать вывод о том, что они имеют оптимальную структуру для технологических процессов текстильного производства. Паковки данной структуры, отвечают всем требованиям процесса переработки нити в любом из технологических переходов текстильного производства (сновании, ткачестве, трикотажном производстве), а именно они обеспечивают:

- равномерное натяжение сматываемой нити в течении всего времени схода нити с паковки (без образования «начинков» и «оклёвышей»);
- минимальную обрывность нитей и количество угаров пряжи (отходов) и т.д.

Теперь слово за машиностроителями, которые должны создавать такие мотальные машины, которые смогут формировать различные паковки сомкнутой структуры намотки нитей, однако отечественных мотальных машин с такими параметрами пока нет.

Теория процессов перематывания пряжи успешно развивается в настоящее время учеными Московского государственного университета дизайна и технологии под руководством профессора В.П. Щербакова. В основу данных исследований положены работы касающиеся теории гибкой нити, а в работах профессоров С.Д. Николаева, В.П. Зайцева, С.С. Юхина, И.Н. Панина, намотка уже рассматривается как самостоятельный инновационный технологический процесс получения конечных высокоэффективных продуктов. Назначение, структура и качество этих продуктов определяются видом и структурой намоток.

Например, если в формуле 1.19 положить $d=0$, то определим величину передаточного отношения, при котором на паковке образуется ρ - замкнутая намотка:

$$i_{oc} = \frac{1}{k} \left(n_I + \frac{z}{\rho} \right), \quad (1.26)$$

При замкнутой намотке витки $\rho + 1$ пары слоев пойдут по виткам первой пары слоев и цикл намотки Π будет равен ρ . При $\rho + 1$, замкнутая намотка будет жгутовой, а при $3 < \rho < 24$ замкнутые намотки (для обычных толщин нитей), как отмечалось ранее, имеют сотовую структуру, обладающую заданной пористостью и проницаемостью, что определяет их назначение.

Если на мотальной паковке создать угол сдвигов витков в пределах:

$$360z + y_c > y_{1,p+1} > 360z, \quad (1.27)$$

то на ней будет формироваться спиралевидная опережающая намотка, а при условии:

$$360z > \psi_{1,p+1} > 360z - \psi_c \quad (1.28)$$

формируется спиралевидная отстающая намотка.

Данная структура намотки характерна тем, что поры в ней смещаются в каждом последующем слое по спиральям Архимеда, то есть по часовой стрелке у опережающей и против часовой у отстающей намоток. Это свойство также имеет большое значение для создания паковок специального назначения (композиционных материалов) с требуемыми характеристиками. На рис 1.5 показана фотография спиралевидной намотки.

Мотальные паковки, формируемые на базе данных структур, относятся к паковкам специального назначения, которые не предполагают сматывание с них нити, а намотка является технологическим процессом получения требуемого конечного изделия, к которым относятся:

- трубчатые текстильные фильтры (для очистки и обеззараживания воды, воздуха, отходящих газов).
- аэраторы (применяемые при биологической очистке сточных вод);
- диспергаторы (применяемые в вихревых аппаратах при очистке газов);
- технологические емкости из стеклопластика на базе намотки лент из стеклонитей на оправки (дорны);
- оплетка шнуров и кабелей и т.д.;
- композиционные материалы (формируемые из углеродных волокон) и т.д.



Рис. 1.5 Спиралевидная структура намотки

В отличие от известных технологических процессов создания аналогичных продуктов (ткачества, трикотажа, нетканого производства) намотка является новым, самым простым, «коротким» и дешевым процессом, формирования мотальных паковок в виде конечного продукта.

Изделия, формируемые намоткой, в настоящее время широко применяются во многих отраслях хозяйствования, таких как: экология, авиа и машиностроение, нефтехимическая и медицинская отрасли, приборостроение. Каждая из данных отраслей требует создания новых, специальных изделий, а, следовательно и специального мотального оборудования, чем и должен быть определен путь дальнейшего развития текстильного машиностроения, процессов и теории наматывания.

Выводы по разделу I.

1. Процесс перематывания нитей в мотальные паковки различной структуры, несмотря на кажущуюся простоту, является сложным технологическим процессом, на который оказывают влияние многие факторы.

2. Мотальные паковки, благодаря своим разнообразным качественным показателям, могут использоваться в качестве выходного конечного продукта или в виде перспективных текстильных материалов.

3. Показателями качества намотки мотальных паковок являются: форма и геометрические параметры намотки нити; внешний вид и взаимное расположение витков на поверхности намотки; удельная плотность намотки; равновесность намотки; прочность и способность противостоять механическим воздействиям; пористость и проницаемость; размеры и форма (объёмная) пор, габариты пакови.

4. Главным критерием, определяющим возможность использования мотальных паковок в качестве того, или иного конечного выходного продукта, является структура намотки мотальных паковок (удельная плотность намотки, пористость, прочность, форма намотки).

5. Структурные параметры намотки мотальных паковок определяются конструктивными параметрами мотального механизма, к которым относятся:

- профиль кулачкового механизма раскладки нити,
- система привода мотальной паковки во вращение (фрикционного типа, раздельного типа),
- наличие и величина свободного отрезка нити между точкой раскладки и точкой наматывания (её изменение в процессе формирования паковки),
- угол конусности паковки, величина передаточного отношения от нитеводителя к веретену,
- скорость перематывания нити, величина натяжения нити и т. д.

6. Нужная структура намотки формируемых мотальных паковок должна определяться технологией их дальнейшей переработки или областью применения в качестве выпускного конечного продукта. Например, мотальные паковки для текстильного производства должны обладать максимальной плотностью, иметь большую длину нити в единице объема паковки и равновесное расположение витков, что обеспечит постоянство их натяжения

при сматывании без обрывов (при высокой производительности труда). Паковки, используемые в качестве трубчатых текстильных фильтров или аэраторов, должны обладать заданной пористостью и проницаемостью и т.д.

7. Формирование мотальных паковок специального назначения, заданной структуры и формы намотки, возможно только на специальном мотальном оборудовании, которое обеспечивает заданные параметры намотки (угол сдвига витков, угол скрещивания, габариты и форму паковки).

Раздел 2. Исследование процессов формирования мотальных паковок используемых в прядильном производстве и оптимизация их структур намотки

Прядильное производство любого текстильного предприятия является основой всего производственного процесса выпуска конечной продукции. Именно в прядильном производстве закладываются основы качественных характеристик вырабатываемых тканей, трикотажа, трубчатых текстильных фильтров и даже композиционных материалов. Качество пряжи и структура формируемых из неё мотальных паковок определяют успешную работу всех последующих этапов производства, а именно:

- производительность труда и оборудования (в сновке, ткачестве, трикотажном производстве);
- количество отходов дорогостоящего сырья (угаров пряжи);
- качество выпускаемых тканей и трикотажных изделий, а также конечных продуктов выпускаемых на базе мотальных паковок специального назначения.

Поэтому необходимо правильно определять дефекты намотки мотальных паковок, причины их возникновения и способы устранения.

Основными дефектами намотки мотальных паковок прядильного производства являются пороки, возникновение которых обусловлено либо не совершенством раскладочных и мотальных механизмов, на которых они формируются, либо разладкой этих механизмов в процессе эксплуатации машин. В большей степени это образование хорд на торцах паковок, которые ведут к образованию слётов витков и, как следствие, обрывам нити при её сходе с паковки. Отметим, что под слётом следует понимать осевой срыв не одного, а целой группы витков намотки, лежащих на поверхности паковки, а, следовательно, на процесс образования слётов существенное влияние оказывает структура намотки мотальных паковок.

2.1 Дефекты намотки мотальных паковок, причины их возникновения и способы устранения

Качество намотки мотальных паковок, всех существующих видов, определяется совокупностью потребительских свойств, предъявляемых к ним на последующих стадиях их использования или процессах переработки нити. В соответствии с назначениями мотальных паковок и требованиями технологических процессов, при их дальнейшем использовании, следует выделить те качественные показатели, которые должны определять пригодность или дефектность паковки.

Для оценки качественных показателей намотки по степени их дефектности, прежде всего, следует разделить все мотальные паковки по назначению и области применения:

а) мотальные паковки, применяемые в технологических процессах прядения, подготовки нитей основы и утка к ткачеству, снованию, шлихтованию, вязанию, шитью, т.е. паковки, применяемые в текстильном производстве и подлежащие разматыванию с них нити;

б) мотальные паковки «мягкой намотки», используемые при крашении, отбеливании, запаривании пряжи, (бобины мягкой намотки, сновальные валики и т.д.). Данные паковки также подлежат разматыванию с них нити;

в) мотальные паковки специального назначения, используемые в качестве композиционных материалов, фильтры-патронные, трубчатые аэраторы, обмотки полых тел вращения (трубопроводов, электрокабелей, дорнов и т.д.).

Структура намотки таких паковок должна отвечать заданным параметрам (пористости, проницаемости, плотности, направлению смещения пор и их геометрическим характеристикам), но они не подлежат разматыванию с них нити при эксплуатации.

Все мотальные паковки, формируемые для дальнейшего их использования в текстильном производстве с целью повышения производительности труда

рабочих и снижения объема угаров (отходов) пряжи, а это бобины, сновальные валики, ткацкие навои, уточные шпули, трубчатые початки, прядильные початки, шпули, катушки, должны иметь максимально возможную длину нити при заданных размерах паковки и обеспечивать высокоскоростное сматывание с них нити при минимальной обрывности и стабильном ее натяжении.

Так, например, мотальные паковки, предназначенные для использования их в качестве уточных бобин для бесчелночного ткачества, должны иметь:

- 1) максимальную длину нити при заданном объеме;
- 2) структуру намотки, обеспечивающую равномерное расположение витков нити в намотке (без уплотнений на отдельных участках), а, следовательно, постоянное натяжение нити при разматывании;
- 3) форма паковки должна обеспечивать равновесное расположение витков нитей на поверхности намотки, исключать образование слетов витков при высоких скоростях сматывания нити.

Уточные мотальные паковки для челночных ткацких станков (трубчатые початки, уточные шпули), также должны также иметь максимальную длину нити, но при условиях ограничения их размеров и формы, лимитированных внутренними размерами челнока и его формой. Структура намотки (внутреннее расположение витков нитей), также должна обеспечивать постоянство и стабильность натяжения в течение всего процесса сматывания нити.

Идеально подходящими всем выше указанным требованиям для уточных паковок, отвечают бобины и трубчатые початки сомкнутой структуры намотки. Следовательно, их и следует брать за «эталон», или «базу» для сравнения качественных показателей уточных паковок всех видов, формируемых на уточно-мотальном оборудовании различного вида. Отклонения фактических характеристик данных паковок от «эталонных показателей» следует считать дефектами (пороками) намотки. Естественно, намотка не должна ухудшать физико-механические свойства перематываемых нитей и изменять их линейную плотность, внешний вид, крутку и т.д.

Способность к высокоскоростному разматыванию нити с паковки, без высокой обрывности, должна являться определяющим показателем качества намотки мотальных паковок.

Дефекты структуры намотки данных паковок, чаще всего, связаны с проблемами, возникающими при разматывании нити приводящими к ее обрыву, это:

-дефекты структуры намотки мотальных паковок в виде «жгутов» - наложения отдельных витков намотки друг на друга без смещения, что приводит к врезанию верхних витков в толщу намотки, их заклиниванию и обрыву при разматывании;

-образование рыхлой, не устойчивой к механическим воздействиям структуры, вследствие слабого натяжения нити и степени прессования намотки;

-образование «слетов витков», под которым следует понимать групповой срыв одного или нескольких слоев намотки с поверхности сматывания (наружной или внутренней) паковки;

-образование «хорд» - сброс одиночных витков на торцы паковки крестовой намотки;

-самопроизвольное осыпание витков с поверхности намотки вследствие неравновесного расположения их на поверхности намотки и слабом сцеплении друг с другом;

-образование уплотненных участков на торцах паковки, приводящих к врезанию верхних витков в толщу паковки и, следовательно, неравномерному распределению плотности намотки в осевом и радиальном ее направлениях;

-большие узлы, образующиеся при ликвидации обрыва нити из-за низкой квалификации работниц (или несовершенства узковязальных механизмов);

-истирание перематываемой нити (мотальным барабанчиком), приводящее к снижению ее прочностных характеристик или «наведению глянца» (на синтетических нитях), ухудшающих внешний вид изделий вырабатываемых из данных нитей.

Причины, вызывающие образование дефектов намотки в основном обусловлены:

-несовершенством конструкций мотальных механизмов или их разладкой в процессе работы;

-нарушением технологических режимов процесса перематывания пряжи и ошибками мотальщиц.

Дефекты структуры намотки паковок, формируемых на мотальных машинах фрикционного типа, где вращательное движение паковке и раскладка нити вдоль ее образующей осуществляется одним мотальным барабанчиком с прорезной канавкой, образуются из-за того, что конструктивные особенности всех этих машин (М-2, «АУТОСУК», «ШЛЯФГОРСТ» и т.д.) не позволяют создавать постоянный угол сдвига между витками различных пар слоев намотки, что способствует формированию хаотичной (застилистой) намотки без упорядоченного расположения нити. Работа электропрерывателей и других механизмов, предназначенных для рассеивания витков и исключения образования «жгутовой намотки», приводит к дополнительному хаотичному расположению витков и, как следствие, снижает качество и приводит к образованию дефектов намотки (снижает длину нити на паковках, приводит к образованию «хорд» и т.д.). В этом случае на паковке могут периодически формироваться все виды структур намотки, описанные в их классификации [20].

Формирование уплотненных участков на торцах паковки в этих машинах обусловлено замедлением переносного движения нити на участках реверсного перемещения. Образование этого дефекта является неизбежным, так как увеличение скорости раскладки нити на торцевых участках паковки может привести к выбросу нити из канавки мотального барабанчика. Ввиду длительного выстоя нити (длительного времени реверса) у торцов паковки, уменьшается угол скрещивания витков, что приводит в свою очередь или к

врезанию нити в толщу намотки, или к сбросу ее на торец и образованию «хорд».

Большое влияние на расположение нити на этих участках паковки оказывает величина «свободного отрезка нити» - расстояние от точки отрыва нити от мотального барабанчика до точки входа нити в паковку. Чем больше этот отрезок нити, тем меньше угол скрещивания витков и выше вероятность образования хорд. Величина «свободного отрезка нити» влияет и на размеры мотальной паковки, чем больше данный отрезок нити, тем меньше величина раскладки нити, а следовательно и полезный объем паковки. Для устранения данного недостатка следует максимально приближать точку наматывания к точке раскладки нити.

К дефектам намотки этого же вида приводит и работа механизма сокращения хода нитеводителя на машинах с раздельным действием механизмов намотки и раскладки нити (БП-340-О, «Поликон» и т.д.). Они изначально нацелены на постепенное сокращение размаха нитеводителя, во избежание слетов витков (при перематывании синтетических нитей и шелка) и улучшение условий разматывания нити. Однако при этом полезный объем паковки, а следовательно и длина нити на ней, снижается до 8-12%.

Фрикционный привод паковки от мотального барабанчика приводит к истиранию нити, а, следовательно, снижению ее качественных показателей (прочностных характеристик и наведению глянца).

Дефекты намотки мотальных паковок специального назначения (не подлежащих разматыванию с них нити), обусловлены главным образом нарушением структуры намотки, возникающие из-за разладки, неправильной настройки или обслуживания мотальных механизмов. Данные паковки формируются, как правило, на прецизионных мотальных механизмах с раздельным действием механизмов намотки и разладки нити. Конструкция мотального оборудования данного вида должна обеспечивать создание на паковке строго определенного угла сдвига витков, который обеспечивал бы

формирование требуемых размеров пор, их расположения в намотке или исключения (при сомкнутой структуре намотки), взаимного хаотичного расположения нитей (лент) на поверхности намотки.

В таблице 2.1 приведены основные виды дефектов намотки мотальных паковок и указаны причины их возникновения.

Условия формирования мотальных паковок заданной структуры подробно описаны в работе [20], однако кроме обеспечения технических условий исключения дефектов намотки, путем создания новых конструкций мотального оборудования, не следует исключать и человеческий фактор (т.е. для снижения дефектности намотки необходимо повышать квалификацию мотальщиц и помощников мастеров, обслуживающих мотальное оборудование).

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Дефектами намотки мотальных паковок следует считать отклонения их качественных показателей от эталонных (максимально отвечающих требованиям их использования на последующих технологических переходах), при разматывании с них нити.

2. Дефекты намотки мотальных паковок применяемых в текстильном производстве возникают, чаще всего, вследствие несовершенства существующих конструкций мотального оборудования.

Таблица 2.1

| № п/п | Назначение мотальных паковок | Вид паковки и структура ее намотки | Дефекты намотки мотальных паковок | Причины возникновения дефектов намотки | Эталон структуры намотки и его характеристики |
|-------|--|--|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Паковки подлежащие разматыванию с них нити | Прядильные початки с кольцепрядильных машин | 1)слеты нити и обрывы при сматывании с гнезда початка; 2)низкая удельная плотность намотки, малая длина нити на початке. | а) слабая намотка нити на початок (рыхлая намотка); б) неверно подобрана масса бегунка и скорость вращения веретена; в) крутой конус початка; г) одноволновый баллон и неверная настройка машины (выбор скоростного режима) | Початки с максимально возможной плотностью намотки, при соотношении длины образующей намотки к диаметру початка 1,2:1 |
| | | Цилиндрические и конические бобины крестовой намотки, формируемые на | 1)низкая и неравномерная как в осевом, так и в радиальном направлении удельная плотность намотки нити; 2)переуплотненные торцы, | а) несовершенная структура намотки вследствие конструктивных недостатков мотального механизма; б) неравновесная намотка | Сомкнутая структура намотки при максимально возможных габаритах паковки |

| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| | мотальных машинах и автоматах фрикционного типа | рыхлая средняя часть бобин; 3) малая длина нити на паковке; 4) жгуты и слеты витков, хорды; 5) трехконусная форма намотки бобин, снижающая длину нити на паковке. | нити на паковку вследствие большой конусности и низкого натяжения ее при формировании паковки; в) нарушена работа электропрерывателя или механизмов рассеивания витков | |
| | Сновальные валики и ткацкие навои | 1) бугристая намотка паковок и, как следствие, разнотяннутость нитей при их дальнейшей переработке; 2) рыхлая намотка и малая длина нити на паковке; | а) несовершенство натяжных приборов используемых в сновальных рамках; б) слабая степень прессования намотки укатывающим валиком. | Паковки увеличенных габаритов строго цилиндрической формы при наличии угла скрещивания витков от 2 до 8° |
| | Трубчатые початки для челночных ткацких станков | 1) малая длина нити на паковке; 2) рыхлая намотка початков при малой удельной плотности; 3) слеты витков; | а) несовершенство конструкции мотального механизма; б) слабая степень | Трубчатые початки сомкнутой структуры намотки |

| | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
| | | | 4) несоответствие размеров початка внутренним размерам челнока | прессования намотки; в) разладка мотального механизма. | |
| 2 | Мотальные паковки «мягкой намотки» применяемые при крашении, отбеливании и запаривании пряжи в, паковках подлежащие разматыванию нити | Бобины цилиндрические, сновальные валики и ткацкие навои. | 1) малая длина нити на паковке; 2) неупорядоченная структура намотки с уплотнениями на торцах и различной удельной плотностью в осевом и радиальном направлениях паковки. 3) врезание крайних витков в толщу намотки и образование слетов витков при разматывании нитей. | а) несовершенство механизмов намотки и раскладки нити приводящее к хаотичному расположению витков в структуре намотке; б) неверно выбранные технологические параметры намотки паковок (натяжение нити и скорость наматывания). | Замкнутая структура намотки паковок с требуемыми размерами пор и их послойным расположением в радиальном расположении паковки. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3 | Мотальные паковки | Патронные фильтры, | 1) нарушенная структура взаимного расположения витков | а) разладка прецизионных мотальных механизмов; | Заданная структура сомкнутой, слоисто- |

| | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|
| | <p>специального назначения, не подлежащие разматыванию с них нитевидного материала.</p> | <p>аэраторы, электроизоляторы, оправки и т.д.</p> | <p>намотки в различных слоях (сбой «рисунка» намотки); 2) бугристая намотка; 3) рыхлая намотка.</p> | <p>б) неверно рассчитана и установлена величина передаточного отношения от нитераскладчика к приводу паковки; в) большое расстояние от нитераскладчика до точки входа нити в паковку; г) ошибка мотальщицы</p> | <p>каркасной (переменной по плотности намотки), или замкнутой намотки с расчетной степенью замыкания; Спиралевидные намотки с заданными размерами пор.</p> |
|--|---|---|---|--|--|

2.2. Исследование равновесности витков на поверхности намотки прядельных початков и уточных шпуль

Качество намотки прядельных початков и уточных шпуль определяют не только производительность ткацких станков, но так же качество выпускаемых тканей и объёмы отходов дорогостоящего сырья, поэтому изучение вопроса строения данных паковок имеет важное значение для текстильщиков.

Особенность формирования уточных шпуль заключается в том, что тело намотки формируется при перемещении раскладчика (или самой шпули) вдоль оси паковки, а раскладка нити осуществляется на коническом участке. Как показывают исследования А.П. Минакова [22], равновесность витков на поверхности конуса намотки зависит от угла конусности паковки и от коэффициента трения витка о поверхность намотки.

Однако практические исследования, проводимые при сматывании синтетических монопнитей, лески, показали, что возможны групповые слеты витков при разматывании, которые приводят к обрывам утка и увеличению угаров пряжи. Поэтому создание устойчивых к рассыпанию и разрушению структур уточных паковок челночных станков является актуальной задачей.

На практике считают [14], что оптимальные условия формирования шпули получаются при отношении:

$$\frac{H}{D} = 1,2 \div 1,3, \quad (2.1)$$

где H – высота конической части уточной шпули;

D – диаметр намотки шпули.

Однако конкретного соотношения не приводится для решения поставленной задачи.

Исследуем зависимость угла конусности от габаритных размеров шпули (рис. 2.1):

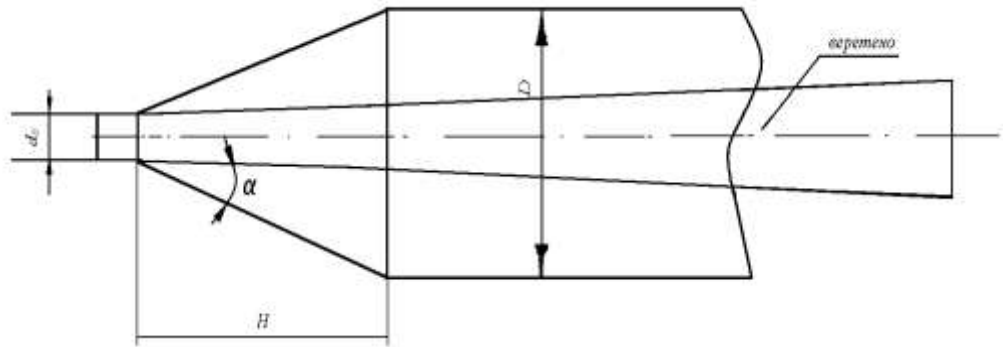


Рис. 2.1. Схема формирования шпули

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d_0}{2H}, \quad (2.2)$$

$$H = \frac{D - d_0}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2.3)$$

где d_0 – малый диаметр намотки веретена.

Далее получим:

$$\frac{H}{D} = \frac{\frac{D - d_0}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}}{D} = \frac{D - d_0}{2 \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha};$$

$$\frac{D - d_0}{2 \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 1,2 \div 1,3;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d_0}{2 \cdot (1,2 \div 1,3) \cdot D} = \frac{D - d_0}{(2,4 \div 2,6) \cdot D};$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{D - d_0}{(2,4 \div 2,6) \cdot D}. \quad (2.4)$$

Отсюда следует, что желательно выбирать значения угла конусности из отрезка:

$$\alpha = \left[\operatorname{arctg} \frac{D - d_0}{2,6 \cdot D}; \operatorname{arctg} \frac{D - d_0}{2,4 \cdot D} \right], \quad (2.5)$$

С другой стороны, главным условием получения равновесной намотки является условие формы витка на поверхности наматывания, сформулированное профессором А.П. Минаковым [22] и имеющее вид:

$$\operatorname{tg}\theta \leq f^I, \quad (2.6)$$

где θ угол геодезического отклонения;

f^I – коэффициент трения витков о поверхность намотки.

Мы считаем, что угол геодезического отклонения зависит главным образом от угла скрещивания витков β и угла конусности паковки α , тогда:

$$\operatorname{tg}\theta = \operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{1 + \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\cos \frac{\beta}{2}}; \quad (2.7)$$

$$\operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{1 + \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\cos \frac{\beta}{2}} \leq f^I;$$

$$\operatorname{tg}\alpha \leq \frac{f^I \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{1 + \sin^2 \frac{\beta}{2}}.$$

В итоге получим:

$$\alpha \leq \operatorname{arctg} \frac{f^I \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{1 + \sin^2 \frac{\beta}{2}}, \quad (2.8)$$

Анализ формулы (2.8) показывает, что чем больше α и β , тем больше вероятность сползания витков с конуса наматывания.

Анализируя полученные результаты исследования, приходим к выводу, что для исключения групповых слетов витков с поверхности намотки прядильных початков и уточных шпудль при их формировании, необходимо точно рассчитать угол конусности паковки, зависящий от коэффициента

трения витков о поверхность намотки, от угла скрещивания витков β . Выбор угла конусности основан на выполнении следующих условий:

$$\arctg \frac{D-d_0}{2,6 \cdot D} \leq \alpha \leq \arctg \frac{D-d_0}{2,4 \cdot D},$$

$$\alpha \leq \arctg \frac{f^1 \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{1 + \sin^2 \frac{\beta}{2}}. \quad (2.9)$$

Результаты проведенных исследований, что:

-равновесность витков на поверхности намотки уточных шпуль зависит от угла конусности намотки, коэффициента трения витков о поверхность намотки и угла скрещивания витков;

-в каждом конкретном случае (виде пряжи) условие равновесности намотки должно определяться условиями (2.9).

2.3. Исследование наматывающего механизма пневмомеханических прядельных машин ППМ и его влияния на структуру намотки мотальных паковок

Наматывающий механизм пневмопрядельных машин относится к механизмам фрикционного типа, так как формируемые цилиндрические бобины получают вращение за счет трения их о мотальный вал диаметром d_v . Из рис. 2.2. видно, что на пневмомеханических прядельных машинах ППМ тяга I нитеводителей получает возрастно-поступательное перемещение от пазового кулачка 2, приводимого во вращательное движение через зубчатую муфту 3, вал 4 и зубчатые колеса Z_2 и Z_1 . На рис. 2.3. приведена развертка намотки бобины при некотором диаметре D . На рисунке 2.3 видно, что шаг витка намотки

$$h = \pi D \operatorname{tg} \beta / 2, \quad (2.10)$$

где β - угол скрещения витков,

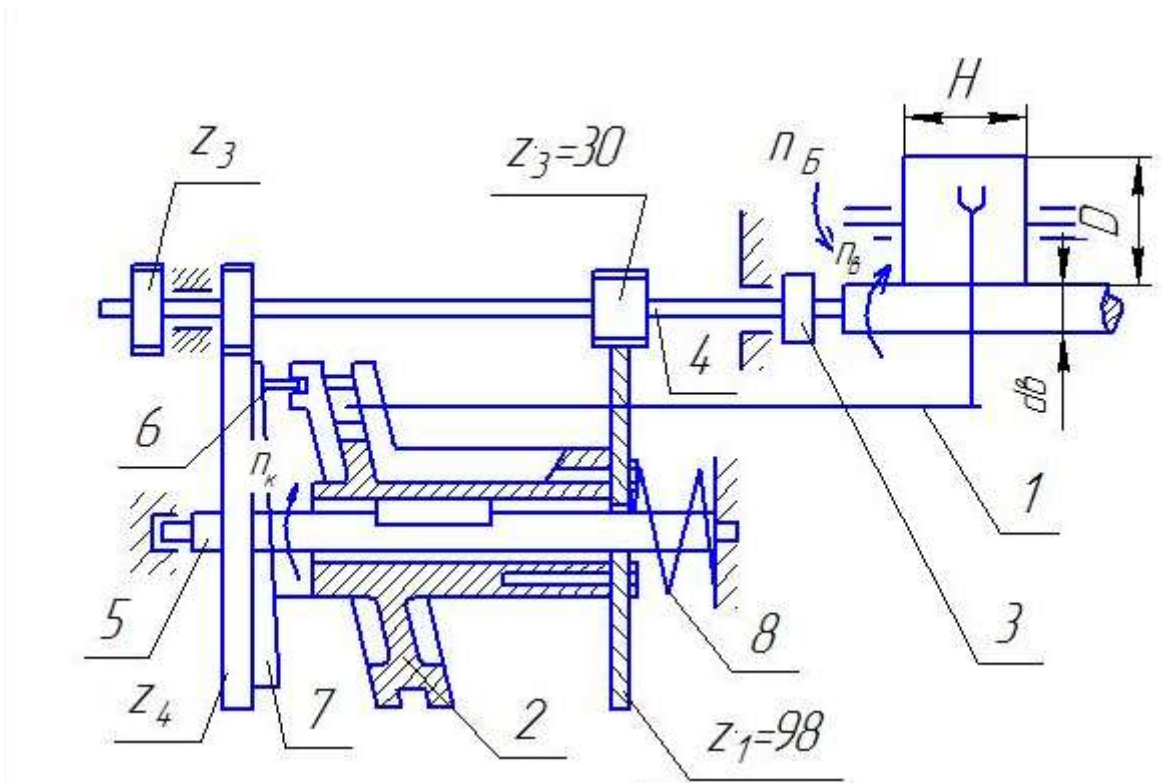


Рис. 2.2 Кинематическая схема мотального механизма машины ППМ

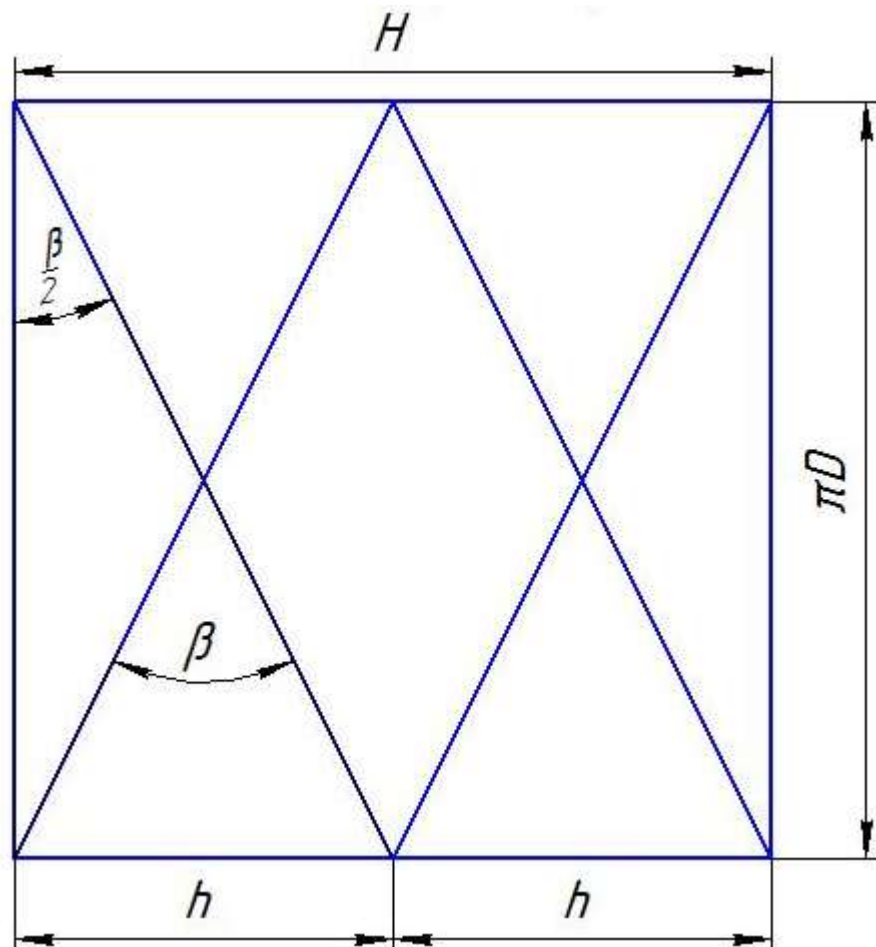


Рис. 2.3. Развёртка намотки бобины при некотором диаметре D

$$\operatorname{tg} \beta / 2 = v_H / v_O = h k n_k / \pi D n_g = h k / \pi D i_O, \quad (2.11)$$

где

v_H - скорость нитеводителя, мм/мин;

v_O - окружная скорость бобины, мм/мин;

$h_k = 2H/k$ - шаг канавки пазового кулачка, мм;

$k = 1$ - число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения (один двойной ход нитеводителя);

n_k - частота вращения кулачка нитеводителя, мин^{-1} ;

n_g - частота вращения бобины, мин^{-1} ;

$i_O = n_g / n_k$ - общее передаточное отношение от бобины к кулачку

нитеводителя.

$$h = \pi D h_k / \pi D i_O = h_k / i_O = 2H / k i_O, \quad (2.12)$$

W - число витков в слое намотки (число витков, намотанных на бобину при ходе нитеводителя в одну сторону)

$$W = H / h = H k i_O / 2H = k i_O / 2, \quad (2.13)$$

Для машины ППМ имеем:

$$i_O = z_1 d_g \dot{\eta} / z_2 D = 98 \times 65 \times \dot{\eta} / 30 D = 212,3 \dot{\eta} / D, \quad (2.14)$$

где

$d_g = 65$ мм-диаметр мотального вала;

$\dot{\eta}$ - коэффициент, учитывающий проскальзывание бобины по

поверхности мотального вала.

По данным авторов работы величина $\dot{\eta} = 0,984$.

В этом случае:

$$W = k i_O / 2 = 1 \times 212,34 \times 0,984 / 2 D = 104,47 / D;$$

Таким образом, при $D > 104,47$ мм число витков в слое $W < I$, на рис. 2.4 показаны развертки бобин, сформированных на машине ППМ, при $D = 150, 200$ и 250 мм. Из рисунка видно, что витки плохо закреплены на поверхности бобины (мало перекрещивания витков за цикл движения нитеводителя) и могут быть легко смещены в осевом направлении паковки. На машине $M - 150 - 2$ при намотке полной бобины контактный диаметр:

$$D_k = D_{cp} + 10 \text{ мм} = 230 + 190 / 2 + 10 \text{ мм} = 220 \text{ мм};$$

$$i = d_{\text{г}} / D_k = 90 / 220$$

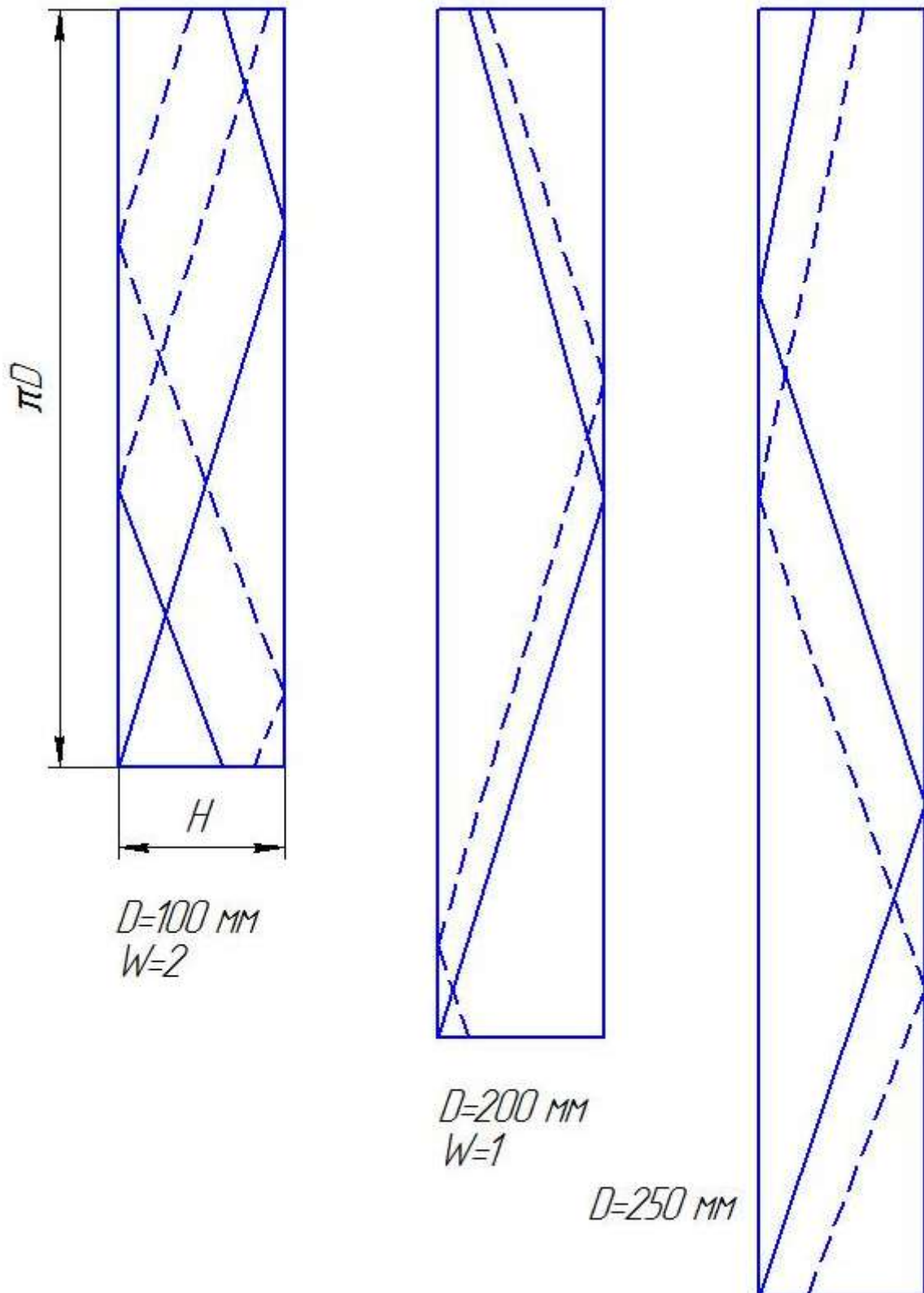


Рис. 2.4. Развёртки намоток бобин, сформированных на машине ППМ, при различных диаметрах намотки паковок ($D = 150; 200; 250$)

Поскольку $k = 5$, то возникает

$$W = ki_o / 2 = 5 \times 90 / 2 \times 220 = 1,023 \text{ витка, то есть } W > 1;$$

Таким образом, процесс формирования и сматывания бобин при $W < I$ является новым малоизученным процессом. Очевидно, конструкторы мотального механизма машины ППМ стремились сохранить постоянным (оптимальным) угол скрещивания витков β при наматывании бобины и, по нашему мнению, выбрали в этом отношении не совсем удачное направление $\operatorname{tg} \beta / 2 = h_k / \pi D i_o = h_k z_2 D / \pi D z_1 d_g \dot{\eta} = 2 H z_2 / \pi D z_1 d_g \dot{\eta} = 2 \times 90 \times 30 / \pi \times 98 \times 65 \times 0,984 = 0,274$ где

$$\beta / 2 = 15,34^\circ; \beta = 30,7^\circ.$$

Угол сдвига между витками первой и $P+I$ -ой пар слов намотки на машине ППМ

$$\psi_{1,p+1} = 360 p (ki_o - n_I) = 360 p (208,94 / D - n_I); \quad (2.15)$$

В тех случаях, когда отношение $208,94 / D$ равно целому числу, на бобине возникают жгутовые намотки. А в тех случаях, когда это отношение равно неправильной дроби со знаменателем – 2, 3, 4, 5, 6, 7 – образуются замкнутые намотки с малой степенью замыкания p .

Для предупреждения образования таких намоток конструкторы предусмотрели осевое перемещение кулачка нитеводителя 2 на валу 5. При осевом вращении вместе с шестерней Z кулачок 2 нажимает роликом 6 на осевой кулачок 7 и смещается вправо, в результате чего штанга I и нитеводители также получают дополнительное перемещение вправо. Благодаря этому, создается дополнительный угол сдвига между витками различных пар слоев и происходит некоторое их рассеивание по поверхности паковки. Образование жгутовых намоток и намоток с низкой степенью замыкания, как показано в работе [20.], в этом случае неизбежно, так как суммарный угол сдвига витков, обусловленный переменным передаточным отношением i_o и осевым перемещением кулачка 2, может стать в данный момент времени как раз кратным 2π . Для уменьшения вероятности

указанного явления осевой кулачок 7 снабжен зубчатым венцом, который получает вращение от шестерни Z_3 . Однако в этом случае, если кулачок 7 подействует своим большим радиусом на ролик 6, когда штанга I и нитеводители занимают крайнее правое положение, то происходит слет витка на правый торец бобины и образуется хорда. Наоборот, если кулачок 7 подействует малым радиусом на ролик 6, когда нитеводители находятся в крайнем левом положении, то кулачок 2 пружиной 8 переместится влево и возникает хорда на левом торце бобины. Образование хорд облегчается тем, что витки слабо закреплены на поверхности паковки, о чем было сказано выше.

Для улучшения качества намотки бобин на предприятиях часто устраняют осевое перемещение кулачка. При этом на бобине начинают формироваться все виды намоток (замкнутые, сомкнутые, жгутовые, ленточные). Поскольку бобины на машине ППМ приводятся во вращение от гадкого мотального вала, но формирование жгутовых намоток не носит здесь такого устойчивого характера как на машине М-150-2, снабженной мотальным барабанчиком с канавками. Процесс сматывания таких бобин в сновании и ткачестве происходит нормально при малой обрывности до конца.

В результате можно сделать вывод, что основными причинами образования хорд на бобинах, формируемых на машинах ППМ, являются недостаточная величина передаточного отношения между мотальным валом и кулачком нитеводителя, а также осевое перемещение кулачка нитеводителя при наматывании бобины.

2.4 Разработка мероприятий по улучшению качества намотки бобин формируемых на пневмомеханических прядильных машинах

Формируемая на пневмомеханической прядильной машине ППМ бобина получает вращение за счет трения о поверхность вращающегося с

постоянной угловой скоростью мотального вала, а наматываемая нить перемещается в осевом направлении бобины нитеводителем, получающим движение от кулачка, связанного с мотальным валом через пару зубчатых колес. Поскольку мотальный вал вращается с постоянной угловой скоростью, то частота вращения n_k кулачка нитеводителя остается постоянной за все время наматывания бобины. Частота же вращения бобины n_g уменьшается по мере роста диаметра ее намотки D .

$$n_g = \frac{n_g d_g}{D} \eta, \quad (2.16)$$

где n_g – частота вращения мотального вала, об/мин;

d_g - 0,065 – диаметр мотального вала, м;

η - коэффициент, характеризующий скольжение бобины по мотальному валу.

В результате этого величина передаточного отношения i_o от паковки к кулачку нитеводителя непрерывно уменьшается при наматывании бобины, а угол сдвига между витками различных пар слоев намотки непрерывно изменяется.

$$\psi_{1,p+1} = 360 p (k i_o - n_l) = 360 p (i_o - n_l), \quad (2.17)$$

где p – степень замыкания намотки [38, с.41];

$k = 1$ – число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нитеводителя;

$i_o = \frac{n_g}{n_k}$ - величина передаточного отношения от паковки к кулачку нитеводителя;

$n_l = [k i_o]$ – целая часть числа $k i_o$.

Вследствие изменения угла сдвига $\psi_{1,p+1}$ на бобине по мере ее наматывания попеременно формируются замкнутые, жгутовые, сомкнутые и застильные намотки и, следовательно, непрерывно изменяется удельная

плотность намотки. Кроме того в те моменты времени, когда на паковке формируются замкнутые намотки с низкой степенью замыкания ($p = 1 \dots 7$), возникают «хорды» на торцах бобины. Применение прерывистого вращения мотальных валов для предупреждения образования на паковке жгутов и замкнутых намоток с малой степенью замыкания p на машинах ППМ невозможно, так как скорость наматывания пряжи на бобину V в этом случае должна быть постоянной, равной скорости ее выпуска из прядильной камеры. Единственным путем повышения качества намотки бобин на машинах ППМ является разработка мотального механизма, позволяющего получить на бобине сомкнутую структуру намотки. На рис. 2.5 показан один из вариантов такого механизма, в котором кулачок нитеводителя получает непосредственное вращение через систему цепных передач и вариатор от цапф бобины.

Величину передаточного отношения от паковки к кулачку нитеводителя, необходимую для получения на бобине сомкнутой структуры, можно определить по формуле:

$$i_o = \frac{p^2 n_1 + p}{\left(p^2 - \frac{d^2}{h_k^2} \right)} \pm \sqrt{\frac{(p^2 n_1 + p)^2}{\left(p^2 - \frac{d^2}{h_k^2} \right)^2} - \frac{(p^2 n_1 + 2pn_1 + 1)}{\left(p^2 - \frac{d^2}{h_k^2} \right)}}, \quad (2.18)$$

где d – диаметр наматываемой пряжи, мм;

$$h_k = \frac{2H}{k} = 180 \text{ мм} - \text{ шаг канавки кулачка нитеводителя.}$$

При принятом на рисунке 2.5 числе зубьев звездочек цепных передач $n_1 = 4$ и $p = 3$.

Рассчитанная по этой формуле величина передаточного отношения i_o устанавливается на машине с помощью коноидного вариатора. Для того чтобы требуемая для получения на бобине сомкнутой структуры величина передаточного отношения i_o была установлена достаточно точно, а сам

процесс формирования бобины сомкнутой намотки был устойчивым, диапазон изменения передаточного отношения i коноидного вариатора должен быть очень малым при значительном перемещении ремешка в осевом направлении коноидов вариатора.

Например, $0,995 \leq i \leq 1,005$.

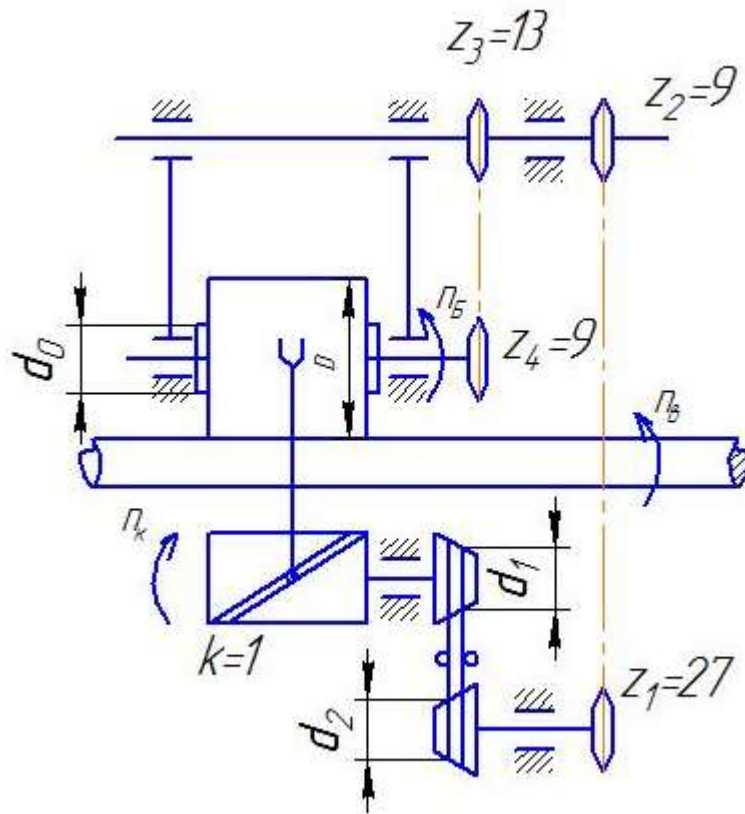


Рис. 2.5. Кинематическая схема мотальной головки машины ППМ, приспособленная для получения сомкнутой намотки

В этом случае

$$i_o = \frac{z_1 z_3 d_1}{z_2 z_4 d_2} = \frac{27 \cdot 13 i}{9 \cdot 9} = \frac{13 i}{3}.$$

$$\text{При } i = 0,995, \quad i_o = \frac{13 \cdot 0,995}{3} = 4,311667.$$

$$\text{При } i = 0,005, \quad i_o = \frac{13 \cdot 1,005}{3} = 4,355.$$

Углы сдвига между витками первой и $p + l$ -ой пар слоев намотки в первом и во втором случаях будут

$$\psi'_{1,p+1} = \psi'_{1,4} = 360 \cdot 3(4,311667 - 4) = 336,6^{\circ}(-23,4^{\circ}), \quad (2.19)$$

$$\psi''_{1,p+1} = \psi''_{1,4} = 360 \cdot 3(4,355 - 4) = 383,4^{\circ}(-23,4^{\circ}). \quad (2.20)$$

Незначительное изменение передаточного отношения i коноидного вариатора вызывает значительное изменение угла сдвига $\psi'_{1,p+1}$.

Окружная скорость наматывания нити:

$$V_O = \pi D n_B = \frac{\pi D n_g d_g \eta}{D} = \pi d_g n_g \eta. \quad (2.21)$$

Скорость нитеводителя:

$$V_H = h_K n_K = \frac{h_K n_B}{i_O} = \frac{h_K n_g d_g \eta}{i_O D}. \quad (2.22)$$

Скорость наматывания нити на бобину:

$$V = \sqrt{V_O^2 + V_H^2} = \pi d_g n_g \eta \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{\pi^2 i_O^2 D^2}}. \quad (2.23)$$

При увеличении диаметра бобины D скорость наматывания будет уменьшаться, что крайне нежелательно.

Приняв $d_g = 0,065$ м, $n_g = 130$ об/мин, $\eta = 0,98$, $h_K = 0,18$ м, $i_O = \frac{13}{3}$,

Получим:

$$V = 0,65 \cdot 130 \cdot 0,98 \sqrt{1 + \frac{0,18^2 \cdot 3^2}{\pi^2 13^2 D^2}} = 26,00234 \sqrt{1 + \frac{0,0001749}{D^2}}.$$

Результаты расчета скорости наматывания по этой формуле приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2.

| | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| D, м | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,18 | 0,21 | 0,23 |
| V, м/мин | 26,743 | 26,626 | 26,355 | 26,229 | 26,16 | 26,072 | 26,055 | 26,0453 |

На рис. 2.6 показана кривая, характеризующая изменение скорости наматывания в процессе формирования бобины.

Изменение скорости наматывания при возрастании диаметра намотки бобины с 0,055 м до 0,23 м будет:

$$\xi = \frac{26,743 - 26,0453}{26,0453} 100 = 2,7\%, \quad (2.24)$$

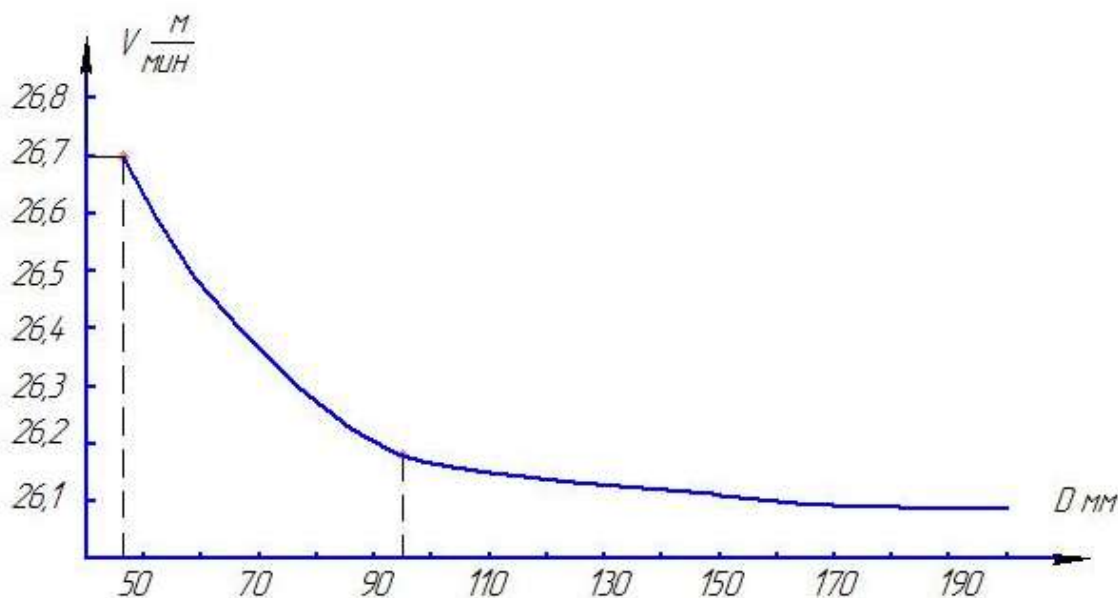


Рис.2.6. График зависимости угла скрещивания витков β от диаметра намотки бобин

Для снижения ξ необходимо увеличить диаметр патрона, на который наматывается пряжа до 0,1 м. В этом случае

$$\xi = \frac{26,229 - 26,0453}{26,0453} 100 = 0,7\%$$

Практически скорость наматывания пряжи в процессе формирования бобины остается постоянной, так как увеличение массы бобины приводит к уменьшению проскальзывания ее по поверхности мотального вала и к возрастанию коэффициента η . При этом если на бобине будет формироваться сомкнутая намотка, то масса пряжи на ней не уменьшится, но и возрастет на 34 %.

Первоначальный (при несомкнутой намотке) и новый (при сомкнутой намотке) объем пряжи на бобине:

$$V_1 = \frac{\pi H}{4} (D_1^2 - d_0^2) = \frac{\pi \cdot 0,09}{4} (0,23^2 - 0,055^2) = 0,0035236 \text{ м}^3, \quad (2.25)$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 0,09}{4} (0,23^2 - 0,1^2) = 0,0030308 \text{ м}^3, \quad (2.26)$$

Первоначальная и новая масса пряжи на бобине

$$G_1 = \gamma_1 V_1 = 400 \cdot 0,0035236 = 1,41 \text{ кг}, \quad (2.27)$$

При сомкнутой намотке масса пряжи на бобине:

$$G_2 = \gamma_2 V_2 = 620 \cdot 0,0030308 = 1,88 \text{ кг}.$$

По результатам проведенного анализа, можно сделать выводы о том, что улучшение качества намотки бобин, формируемых на машинах ППМ, может быть достигнуто за счет формирования на них сомкнутой структуры. Ну а масса пряжи на паковке увеличится на 25 % только за счет структуры намотки, увеличение диаметра патронов, на которых формируются бобины, позволит снизить разность скоростей выпуска и намотки пряжи на бобину в начале и в конце формирования паковки.

Выводы по разделу 2

1. Несмотря на совершенство конструктивного исполнения современного высокоскоростного мотального оборудования, выходные паковки формируемые на нем имеют значительные дефекты.

2. Дефектами намотки мотальных паковок следует считать отклонения их качественных показателей от эталонных, то есть максимально отвечающих требованиям использования на последующих технологических переходах, при сматывании с них нити.

3. Образование дефектов намотки мотальных паковок применяемых в текстильном производстве, чаще всего, является следствием несовершенства конструкции мотального оборудования, что обусловлено отсутствием теоретических основ формирования мотальных паковок оптимальной структуры на момент создания машин.

4. Таблицы дефектов намотки отражают причины их возникновения по сравнению с эталонными требованиями текстильного производства.

5. При формировании прядильных початков и уточных шпуль их качество, а именно – равновесность витков на поверхности намотки, зависит от угла конусности (зоны раскладки нити) паковки, коэффициента трения витков о поверхность намотки и угла скрещивания витков.

6. В каждом конкретном случае формирования прядильных початков и уточных шпуль, можно оперативно вносить изменения в их структуру намотки (повышать равновесность намотки и т.д.), путём изменения кинематических параметров мотального механизма в соответствии с разработанной методикой выбора нужного угла конуса паковок.

7. Основными недостатками структуры намотки мотальных паковок, формируемых на машинах пневмомеханического способа прядения, является образование хорд на торцах паковки и слабое закрепление витков нити на их поверхности.

8. Главной причиной образования хорд на машинах ППМ является несовершенство кинематического привода паковки и раскладчика нити, которые заложены ещё на стадии их проектирования.

9. Для устранения конструкционных недостатков машин пневмомеханического способа прядения и повышения качества намотки мотальных паковок предложено разделить механизмы намотки и раскладки нити на каждом веретене и ввести в него коноидный вариатор, что позволит формировать паковки сомкнутой структуры из пряжи любой линейной плотности.

10. Модернизация мотальных механизмов машин пневмомеханического способа прядения позволяет увеличить массу выпускаемых паковок (только за счёт упорядочения структуры намотки) на 25% без увеличения объёма паковок, что очень важно для повышения производительности оборудования на последующих технологических переходах текстильного производства.

Раздел 3. Исследование процессов формирования мотальных паковок, используемых в ткацком производстве при подготовке основы и оптимизация их структур намотки

Приготовительное производство любого текстильного предприятия является базовым производственным процессом подготовки выпуска тканей. Именно ткацкое производство, при создании основного продукта (тканей) использует мотальные паковки прядильного и подготовительного производства. Качество пряжи и структура входящих мотальных паковок определяют успешную работу всех последующих этапов производства. От качества намотки мотальных паковок напрямую зависят и все последующие процессы, а именно: производительность труда и оборудования, количество отходов сырья, качество выпускаемых тканей. Поэтому, качеству намотки мотальных паковок, используемых при подготовке основы, уделяется особое внимание. Для устранения пороков прядения, а также для создания мотальных паковок заданной формы и размеров (для увеличения длины нити на питающих паковках) в подготовительных отделах текстильных предприятий используется специальное мотальное оборудование. Чаще всего это мотальные машины и автоматы фрикционного типа. Это мотальные машины и автоматы фрикционного типа, на которых формируются конические бобины застилистой крестовой намотки. Данные мотальные паковки имеют ряд существенных недостатков, а именно неравномерную в осевом и радиальном направлениях паковки удельную плотность намотки нитей, склонность к жгутообразованию (пороку намотки, приводящему к значительному увеличению отходов пряжи), и т.д. К мотальным паковкам ткацкого производства относятся также сновальные валики и ткацкие навои. Особенность их формирования и сматывания с них нитей заключается в том, что в процессе одновременно участвуют не одна, а большие группы нитей. Это обстоятельство накладывает на процесс их создания ряд

дополнительных, особых условий и требований, связанных с обеспечением равномерности натяжения всех нитей и одновременного их схода с паковки.

3.1. Анализ причин жгутообразования при формировании бобин на мотальных машинах фрикционного типа

На мотальных машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити – машинах фрикционного типа (М-2, АМК-150-1, «АУТОСУК» и др.) передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя (мотальному барабанчику) уменьшается по мере наматывания бобины и может быть определено по формуле:

$$i = d_b / D_k, \quad (3.1)$$

где d_b - диаметр мотального барабанчика;

D_k - контактный диаметр намотки.

Угол сдвига между витками $\rho+1$ и первой парой слоев намотки:

$$\Psi_{1, \rho+1} = 2\pi\rho \left(\frac{kd_b}{D_k} - n_1 \right), \quad (3.2)$$

где k - общее число оборотов барабанчика за цикл (один двойной ход) движения нити;

n_1 - целая часть числа;

ρ - степень замыкания намотки.

По мере наматывания бобины D_k непрерывно возрастает.

В некоторый момент времени $\frac{kd_b}{D_k}$ становится равным целому числу, т.е.

$$\left(\frac{kd_b}{D_k} - n_1 \right) = 0, \quad (3.3)$$

В этом случае $\Psi_{1, \rho+1} = 0$ при любом ρ . Такие намотки называются жгутовыми или «однозамкнутыми» (поскольку намотка замыкается после

одного цикла движения нитеводителя, ибо витки второй пары слоев намотки пойдут по виткам первой пары слоев намотки).

Для машины М-2: $k=5$ и $d_b = 90$ мм, [56] поэтому:

$$\Psi_{1,\rho+1} = 2\pi\rho \left(\frac{450}{D_k} - n_1 \right), \quad (3.4)$$

Контактные диаметры бобины, при которых могут образовываться жгутовые намотки:

$$D_k = \frac{450}{n_1} \quad \text{или} \quad (3.5)$$

$$D_k = 1,09D_{cp} \quad (3.6)$$

Средний же диаметр бобины изменяется от 59 мм (средний диаметр патрона) до 210 мм (средний диаметр полной бобины). В этом случае:

$$64,31 \leq D_k \leq 228,9$$

$$D_{k1} = \frac{450}{6} = 75 \text{ мм}, W = \frac{5 \cdot 90}{75} = 6;$$

$$D_{k2} = \frac{450}{5} = 90 \text{ мм}, W = \frac{450}{90} = 5;$$

$$D_{k3} = \frac{45}{4} = 112,5 \text{ мм}, W = 4;$$

$$D_{k4} = \frac{450}{3} = 150 \text{ мм}, W = 3;$$

$$D_{k5} = \frac{450}{2} = 225 \text{ мм}, W = 2.$$

Из указанных пяти жгутовых намоток самой опасной будет та, у которой число витков в паре слоев точно равно числу витков мотальной канавки барабанчика, идущим в ту и другую сторону. В этом случае витки, наматываемые на бобину, входят в сцепление с витками канавки мотального барабанчика, образуется жесткая передача и устойчивая жгутовая намотка, которую не всегда в состоянии рассеять электропрерыватель.

Число витков в паре слоев намотки [54]:

$$W = ki_0 = \frac{kd_b}{D_k}, \quad (3.7)$$

Следовательно, на машине М-2 самая опасная намотка образуется при $D_k = 90 \text{ мм}$.

Очевидно, лучше всего мотальный механизм необходимо спроектировать так, чтобы опасная жгутовая намотка лежала за пределами диапазона изменения D_k . Для этого необходимо увеличить средний диаметр патрона и уменьшить произведение kd_b .

В последнем случае несколько возрастает угол скрещивания витков, т.к.:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{g_H}{g_0} = \frac{h_{cp} \cdot n_b}{\pi d_b \cdot n_b} = \frac{h_{cp}}{\pi d_b} = \frac{2H}{\pi kd_b}, \quad (3.8)$$

где h_{cp} - средний шаг канавки мотального барабанчика;

H - высота намотки бобины.

Например, при $d_b = 66 \text{ мм}$, $k = 5$ и $H = 150 \text{ мм}$ имеем:

$$D_k = \frac{66 \cdot 5}{5} = 66 \text{ мм},$$

Если принять средний диаметр патрона равным 66 мм, то опасная жгутовая намотка окажется за пределами диапазона изменения D_k , но в этом случае:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{2H}{\pi kd_b} = \frac{2 \cdot 150}{\pi \cdot 5 \cdot 66} = 0,29, \text{ а}$$

$$\beta = 32,2^\circ,$$

Если $\left(\frac{kd_b}{D_k} - n_I \right) = \frac{1}{2}$, то на бобине будут формироваться двухзамкнутые

намотки. Очевидно, они образуются в том случае, когда отношение $\frac{2kd_b}{D_k}$

становится равным целому числу n_I .

$$\frac{2kd_b}{D_k} = n_1 \quad \text{или} \quad D_k = \frac{2kd_b}{n_1} \quad (3.9)$$

В нашем случае: $D_{k1} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 90}{n_1} = 69,23 \text{ мм}$

$$D_{k2} = \frac{900}{12} = 75 \text{ мм} - \text{ жгутовая намотка}$$

$$D_{k3} = \frac{900}{11} = 81,82 \text{ мм}$$

$$D_{k4} = \frac{900}{10} = 90 \text{ мм} - \text{ жгутовая намотка}$$

$$D_{k5} = \frac{900}{8} = 112,5 \text{ мм}$$

$$D_{k6} = \frac{900}{9} = 100 \text{ мм} - \text{ жгутовая намотка}$$

$$D_{k7} = \frac{900}{7} = 128,57 \text{ мм}$$

$$D_{k8} = \frac{900}{5} = 180 \text{ мм} - \text{ жгутовая намотка}$$

Если $\left(\frac{kd_b}{D_k} - n_1 \right) = \frac{1}{3}$, то на бобине будут формироваться трехзамкнутые

намотки и

$$D_k = \frac{3 \cdot k \cdot d_b}{n_1}, \quad (3.10)$$

Вообще, если $\left(\frac{kd_b}{D_k} - n_1 \right) = \frac{1}{p}$, то на бобине сформируются p -замкнутые

намотки, для которых:

$$D_k = \frac{pkd_b}{n_1}, \quad (3.11)$$

где $p=1;2;3\dots$ - степень замыкания намотки.

Среди любых p - замкнутых намоток при $p > 1$ всегда будут встречаться жгутовые (однозамкнутые) намотки, для которых $p = 1$.

Намотки с малой степенью замыкания тоже обладают малой плотностью, большой неравновесностью витков на поверхности паковки, низкой сопротивляемостью к выдавливанию витков, и, следовательно, также как и жгутовые намотки должны быть рассеяны работой электропрерывателя.

Анализ вышеприведенных формул показывает, что наибольшее сгущение намоток с низкой степенью замыкания наблюдается в начале формирования бобины (при малых значениях D_k). Увеличение среднего радиуса патрона (конуса) способствует улучшению структуры намотки бобины, способствует ее более легкому сходу до конца.

Очевидно при некоторых значениях D_k на мотальной паковке могут формироваться и сомкнутые намотки, которые (к сожалению) тоже будут рассеяны электропрерывателем.

Следовательно, на бобинах, формируемых на машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити, могут образовываться замкнутые и сомкнутые намотки, которые должны рассеиваться электропрерывателем, при этом электропрерыватель должен работать непрерывно за все время формирования бобины, чтобы рассеивать жгутовые и замкнутые намотки с малой степенью замыкания.

3.2. Исследование влияния конструктивных и кинематических параметров мотальных механизмов на структуру намотки мотальных паковок

Многообразие мотальных механизмов применяемых для формирования текстильных паковок, предназначенных для высокоскоростного сматывания с них нитей, затрудняет их выбор при определении оптимальных структур намотки. Так мотальные машины БП-340-0 (Россия), Foster (США), Макпомат (Германия) и т.д. оснащены мотальной канавкой для раскладки

нити, совершенно разных форм. Конструктивные особенности механизмов нитераскладки существенно влияют на расположение нити на паковках, а, следовательно, и на структуру их намотки.

Из исследований, представленных в работе [56] известно, что кроме величины передаточного отношения между веретенем и кулачком нитеводителя на характер расположения витков нити на поверхности мотальных паковок оказывают существенное влияние и такие факторы, как:

- угол скрещивания витков β ;
- величина свободного отрезка нити «с» - расстояние от нитеводителя до точки входа нити в паковку (от точки раскладки до точки наматывания);
- профиль переходных участков паза кулачка нитеводителя.

Рассмотрим пример, где раскладка нити на современных крестомотальных машинах, оснащенных водковыми нитераскладчиками (БП – 340 -0, «Foster» - США и т.д.), осуществляется с помощью одновинтовых или многовинтовых кулачков – раскладчиков, профиль паза которых представляет собой винтовую линию с переходными участками, выполненными по радиусу – r . На рис. 3.1 показана развертка кулачка раскладчика нити мотальной машины «Foster».

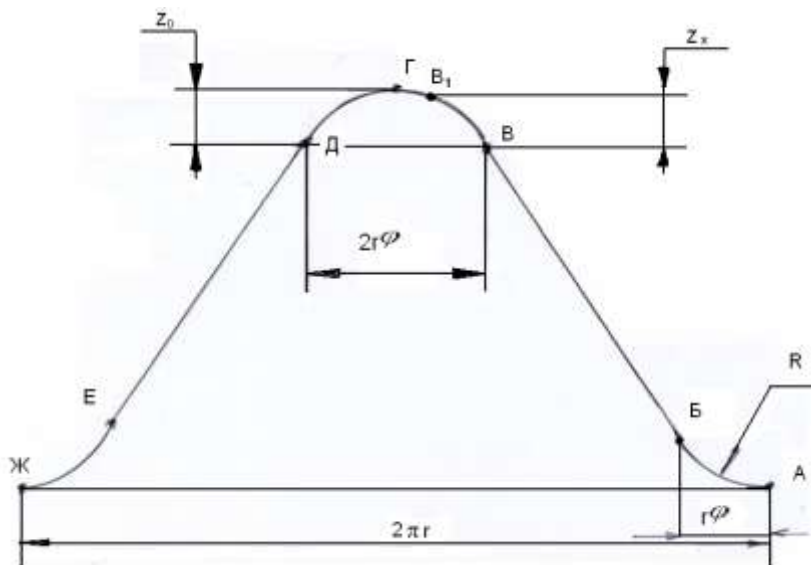


Рис.3.1. Развертка паза кулачка раскладчика нити машины «Foster».

Очевидно, что конструктивные особенности данных мотальных механизмов также существенно влияют на структуру намотки мотальных паковок.

Характер расположения нитей на паковках можно определить, в данном случае, следующим образом.

Развертывая поверхность паковки на плоскость и проводя ось ox через точку входа нити в паковку M по ее образующей, а ось oy – перпендикулярно оси ox через крайнее левое положение нитеводителя, исследуем процесс раскладки нити, показанный на рис.3. 2, где: H_H - размах нитеводителя; H – длина паковки;

$$A = C \times \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2}.$$

В данном случае нить участвует в движении по двум направлениям: вдоль оси ox с возвратно-поступательной скоростью раскладчика v_p , равной действительной скорости нитеводителя и вдоль оси oy , с окружной скоростью мотальной паковки (бобины) v_B , равной обратной по знаку окружной скорости паковки.

Для исследования характера расположения витков нити на паковке предположим, что при движении нитеводителя влево он приходит в точку «В» профиля паза кулачка раскладчика, а нить занимает положение точки M . После поворота паковки на угол φ , точка входа нити в паковку переместится в положение M_1 с абсциссой x и ординатой $y = r_{нак} \cdot \varphi$, где $r_{нак}$ - текущий радиус намотки мотальной паковки. B и B_1 – точки движения нитераскладчика по кулачку; M и M_1 – точки движения нити по паковке.

При этом нитеводитель, в своем относительном движении переместится в точку B_1 с ординатой $c + y$ и абсциссой z_x (рис. 3.2).

Предположим, что расстояние между точкой входа нити в паковку и глазком нитеводителя равно $(BM; B_1M_1)$, измеренное вдоль оси ou постоянно за время хода нитеводителя и равно «с», а прямая B_1M_1 является касательной к получаемой кривой (характеризующей положение витка нити на паковке).

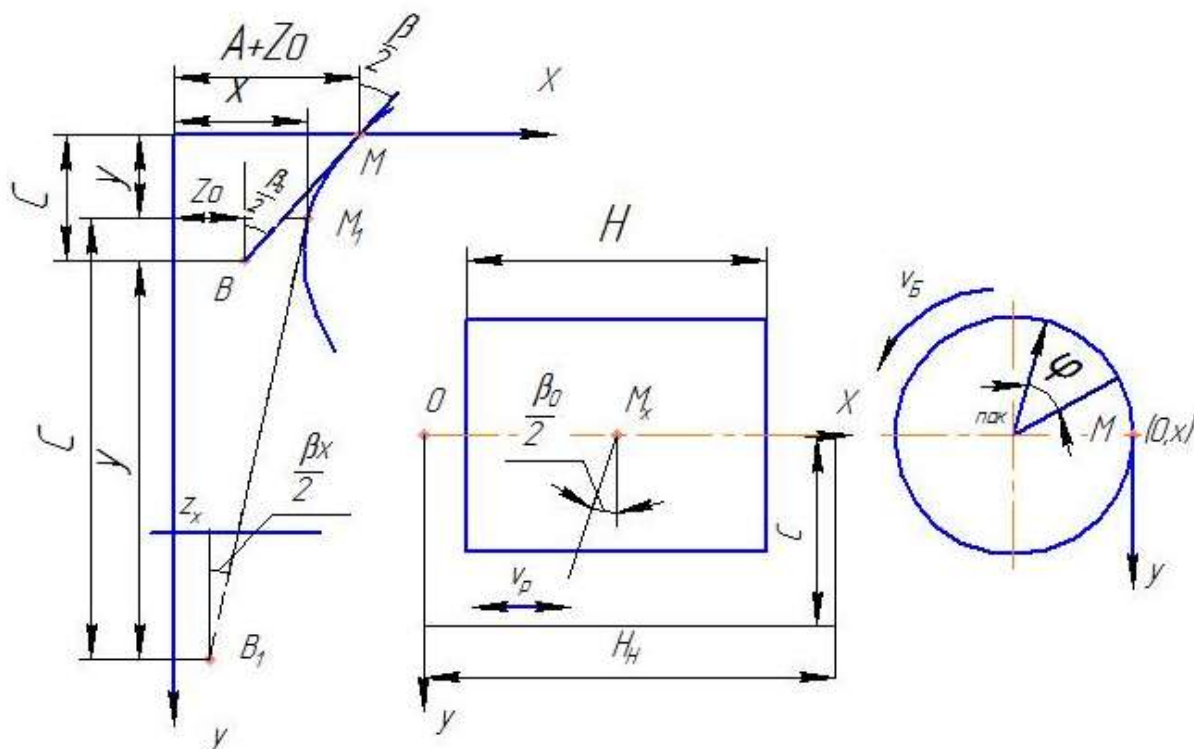


Рис. 3.2. Исследование процесса раскладки нити.

Тогда получим следующее дифференциальное уравнение движения нити (т.е. точки М из начального положения в положение M_1):

$$-\frac{dx}{dy} = -tg \frac{\beta_x}{2} = \frac{x - z_x}{c} \quad (3.12)$$

или

$$\frac{dx}{dy} + \frac{x}{c} - \frac{z_x}{c} = 0, \quad (3.13)$$

где z_x - закон перемещения нитеводителя по пазу кулачка (рис.3 .1).

Это линейное дифференциальное уравнение имеет следующее решение:

$$x = e^{-\frac{y}{c}} \left(\int \frac{z_x}{c} e^{\frac{y}{c}} dy + D \right), \quad (3.14)$$

где $D = \text{const}$ - постоянная интегрирования.

Таким образом, зная закон перемещения нитеводителя $z_x = \varphi(y)$ можно найти кривую расположения нити на паковке (траектория точки М на поверхности паковки).

Также установлено, что в случае применения кулачков – раскладчиков, имеющих переходные участки профиля – паза, очерченные по радиусам, расположение нити на паковках описываются тремя уравнениями, так как законы изменения Z_x различны для участков ВГ; ГД и ДЕ развертки паза кулачка раскладчика нити (рис.3.1):

$$X_{ВГ} = a \cdot r \cdot \text{tg} \theta_k \cdot c + \frac{R}{2} \text{tg} \theta_k \cdot \sin \theta_k - \left(a \cdot r \cdot \text{tg} \theta_k + \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c}{R \cdot \cos \theta_k} \right) y + \frac{a^2 \cdot r^2}{2R \cdot \cos \theta_k} - \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c^2}{R \cdot \cos \theta_k} \left(e^{-\frac{y}{c}} - 1 \right) \quad (3.15)$$

$$X_{ГД} = \frac{a^2 \cdot r^2}{2A \cdot \cos \theta_k} y^2 - \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c}{R \cdot \cos \theta_k} y + \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c^2}{R \cdot \cos \theta_k} \left(1 - e^{-\frac{R \cos \theta_k \cdot y}{a \cdot r \cdot c}} \right), \quad (3.16)$$

$$\text{При } 0 \leq y \leq \frac{R \cdot \sin \theta_k}{a \cdot r};$$

$$X_{ДЕ} = \frac{R}{2} \cdot \text{tg} \theta_k \cdot \sin \theta_k - a \cdot r \cdot \text{tg} \theta_k (c - y) + \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c^2}{R \cdot \cos \theta_k} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2R \cdot \sin \theta_k}{a \cdot r \cdot c}} \right) \times e^{-\frac{y}{c}}, \quad (3.17)$$

$$\text{При } 0 \leq y \leq \left(\frac{\pi}{a} + \frac{2R \cdot \sin \theta}{a \cdot r} \right),$$

где: $a = \frac{\omega_k}{\nu_B}$ - коэффициент, характеризующий номинальный угол

раскладки нити на паковке;

ω_k - приведенная угловая скорость кулачка нитеводителя.

В случае многовинтового кулачка:

$$\omega_k = \frac{\omega_{ii}}{i}, \quad (3.18)$$

где: ω_{ii} - угловая частота вращения многовинтового кулачка нитераскладчика;

i - число витков на поверхности кулачка нитераскладчика;

r - приведенный радиус средней линии профиля паза кулачка нитераскладчика;

θ_k - угол подъема профиля паза кулачка нитераскладчика;

R - радиус закругления винтовой линии профиля паза кулачка нитеводителя.

Первые производные по « y » от выведенных уравнений дают законы изменения углов раскладки нити на поверхности паковки при движении нитеводителя по переходным кривым паза кулачка – раскладчика:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_{B\Gamma}}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} + \frac{a^2 \cdot r^2}{R \cdot \cos \theta_k} \cdot y + \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c}{R \cdot \cos \theta_k} \left(e^{-\frac{y}{c}} - 1 \right); \quad (3.19)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_{\Gamma D}}{2} = \frac{a^2 \cdot r^2}{R \cdot \cos \theta_k} \cdot y + \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c}{R \cdot \cos \theta_k} \left(e^{-\frac{R \cos \theta_k - \frac{y}{c}}{a \cdot r \cdot c}} - 1 \right); \quad (3.20)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_{DE}}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} - \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c}{R \cdot \cos \theta_k} \left(1 - e^{-\frac{-2R \cdot \sin \theta_k}{a \cdot r \cdot c}} \right) \cdot e^{-\frac{y}{c}}; \quad (3.21)$$

$$\text{где } \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} = a \cdot r \cdot \operatorname{tg} \theta_k = \frac{v_{po}}{v_B}, \quad (3.22)$$

v_{po} - скорость нитеводителя на прямолинейных участках (БД и ДЕ) профиля паза кулачка нитеводителя.

Вторые производные позволяют проследить за изменением угла геодезического отклонения при наматывании нитей на паковку и тем самым

судить о равновесности витков и устойчивости катушки к рассыпанию паковки:

$$\operatorname{tg}\theta_{ВГ} = r_{нак} \cdot \cos \frac{\beta_{ВГ}}{2} \cdot \frac{d^2 \cdot x_{ВГ}}{dy^2}, \quad (3.23)$$

$$\operatorname{tg}\theta_{ГД} = r_{нак} \cdot \cos \frac{\beta_{ГД}}{2} \cdot \frac{d^2 \cdot x_{ГД}}{dy^2}, \quad (3.24)$$

$$\operatorname{tg}\theta_{ДЕ} = r_{нак} \cdot \cos \frac{\beta_{ДЕ}}{2} \cdot \frac{d^2 \cdot x_{ДЕ}}{dy^2}, \quad (3.25)$$

где $r_{нак}$ - текущий радиус катушки паковки.

На прямолинейных участках $\operatorname{tg} \frac{\beta_{ДЕ}}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2}$, а угол геодезического отклонения становится равным нулю, ($\operatorname{tg}\theta = 0$). Несложно убедиться, что это теоретически произойдет в том случае, когда $y_0 = \infty$.

Практически же с увеличением « y » угол $\frac{\beta}{2}$ быстро растет и приближается к $\frac{\beta_0}{2}$.

Считая, что это произойдет, когда $\operatorname{tg} \frac{\beta_{ДЕ}}{2}$ отличается от $\operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2}$ не более чем на 0,1% найдем:

$$0,999 \cdot a \cdot r \cdot \operatorname{tg}\theta_k = a \cdot r \cdot \operatorname{tg}\theta_k - \frac{a^2 \cdot r^2 \cdot c}{R \cdot \cos \theta_k} \left(1 - e^{\frac{-2R \cdot \sin \theta_k}{a \cdot r \cdot c}} \right) \times e^{-\frac{y}{c}}$$

$$0,001 = \frac{a \cdot r \cdot c}{R \cdot \sin \theta_k} \left(1 - e^{\frac{-2R \cdot \sin \theta_k}{a \cdot r \cdot c}} \right) \times e^{-\frac{y_0}{c}}$$

$$y_0 = 6,9 \cdot c + c \cdot \ln \frac{a \cdot r \cdot c}{R \cdot \sin \theta_k} \left(1 - e^{\frac{-2R \cdot \sin \theta_k}{a \cdot r \cdot c}} \right) \quad (3.26)$$

Рассмотрим расположение нити на паковке при различных значениях $\frac{\beta_0}{2}$; R и c , показанные соответственно на рис. 3.3 (а), (б) и (в), а также изменение угла раскладки нити β и угла геодезического отклонения нити θ во время реверса нитеводителя определяемого по выше изложенной методике.

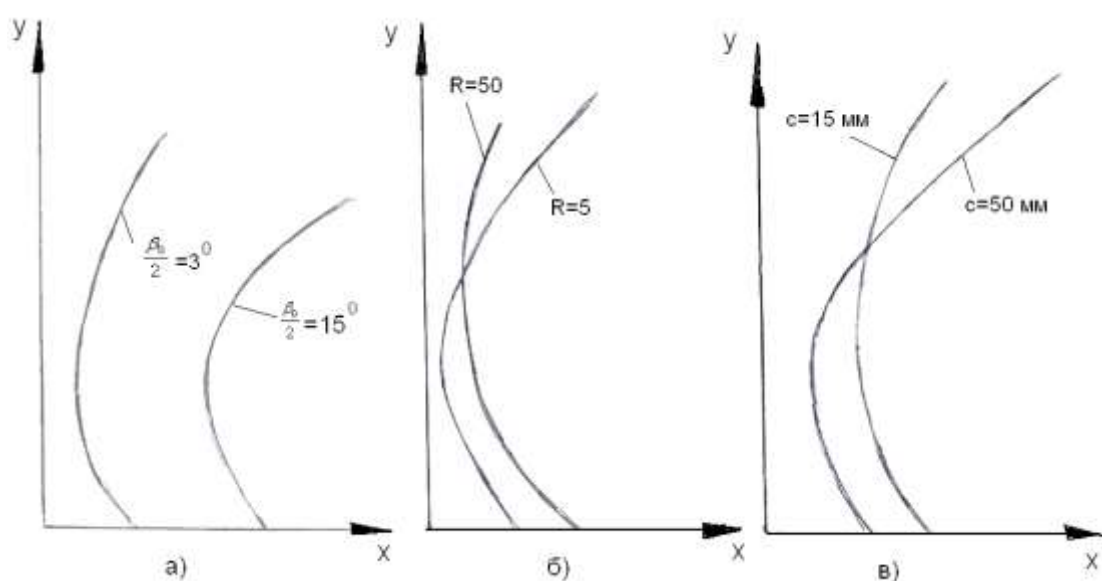


Рис. 3.3 Расположение нити на паковке при различных значениях $\frac{\beta_0}{2}$,

R и c .

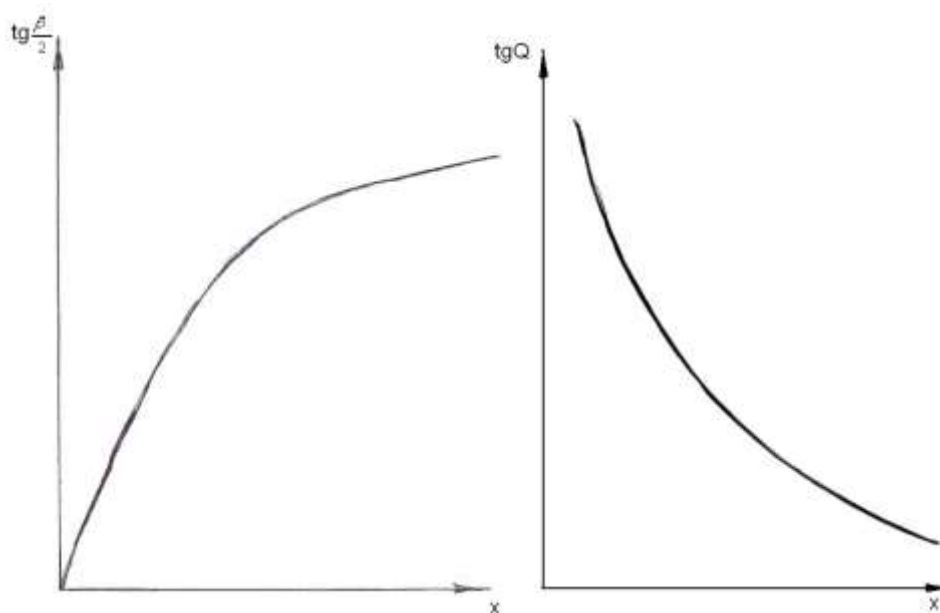


Рис. 3.4. Изменение $\frac{\beta}{2}$ и θ во время реверса нитеводителя.

Проведённый анализ работы мотальных машин с отдельным механизмом намотки и раскладки нити, позволяет сделать следующие выводы:

1. Расположение нитей на паковках при переходе нитеводителя к «мертвому» положению и удалению от него различно, поэтому форма переходного участка витка несимметрична относительно образующей паковки, проведенной через крайнюю торцевую точку витка.

2. Чем больше номинальный угол раскладки $\frac{\beta_0}{2}$ и чем больше «с», то при всех прочих равных условиях размеры получаемых паковок меньше по длине и больше абсциссы x_0 , то есть больше участок паковки, на котором наматывание ведется при углах геодезического отклонения не равных нулю.

3. Чем больше $\frac{\beta_0}{2}$, тем больше угол θ_{max} и тем равновеснее намотка мотальных паковок.

4. Чем меньше радиус закругления профиля кулачка нитеводителя R , тем больше угол геодезического отклонения θ_{max} достигаемы в процессе наматывания.

5. При различных значениях R абсцисса x_0 практически сохраняет постоянное значение. Это обстоятельство говорит о том, что конструируя наматывающие механизмы, не следует выбирать очень малые радиусы закругления винтовой линии паза кулачка нитеводителя (3;5;10 мм), что часто имеет место на практике, а можно ограничиваться размерами в 30÷40 мм. Последнее обстоятельство позволяет уменьшить динамические нагрузки на механизм раскладки нити и формировать равновесные паковки больших размеров.

3.3. Назначение мотальных паковок увеличенных габаритов и способы их формирования

Применение мотальных паковок больших размеров, как в прядении, так и в ткачестве дает большие преимущества, поэтому практически все специалисты-текстильщики [58] рекомендуют применять в ткацком производстве паковки максимально больших размеров.

В прядении применение паковок увеличенных габаритов позволяет уменьшить количество съемов и, следовательно, увеличить производительность труда и оборудования, а также потребность в таре. В ткачестве большие паковки способствуют не только повышению производительности труда и оборудования, но и позволяют значительно сократить отходы (угары) пряжи на различных переходах ткацкого производства, уменьшить количество узлов в основе и этим улучшить качество вырабатываемой ткани.

Однако применение больших паковок вызывает рост незавершенного производства и создает затруднения в транспортировке укрупненных паковок к месту последующей переработки из-за большого их веса.

По нашему мнению в настоящее время в ткацком производстве используются паковки рациональной формы и размеров, отвечающие требованиям технологического процесса, но в некоторых случаях возникает необходимость в использовании паковок увеличенных габаритов. Особенно остро этот вопрос касается мотальных паковок (трубчатых початков и бобин), применяемых в производстве технических тканей (сукон) и в производствах, связанных с крашением пряжи в бобинах.

При выработке некоторых видов технических тканей (сушильных и прессовых сукон для бумагоделательных машин, шиферных сукон, используемых при производстве шифера и т.д.) шириной 6...10 и более метров применяют основную и уточную пряжу с линейной плотностью 500÷1000 и более текс. В этом случае челноки (а, следовательно, и

заправляемые в них трубчатые початки) отличаются большими габаритами (рис.3.5).



Рис. 3.5 Челноки и трубчатые початки больших габаритов

Основные нити наматывают на крутильные катушки, которые помещают в шпулярник, который расположен сзади ткацкого станка. Вполне понятно, что для формирования укрупненных трубчатых початков должны использоваться специальные уточно-мотальные машины и автоматы. В настоящее время наматывание таких початков осуществляется на уточно-мотальных машинах фирмы «DELERUE» (Бельгия), кинематическая схема мотальной головки которых представлена на рис.3.6.

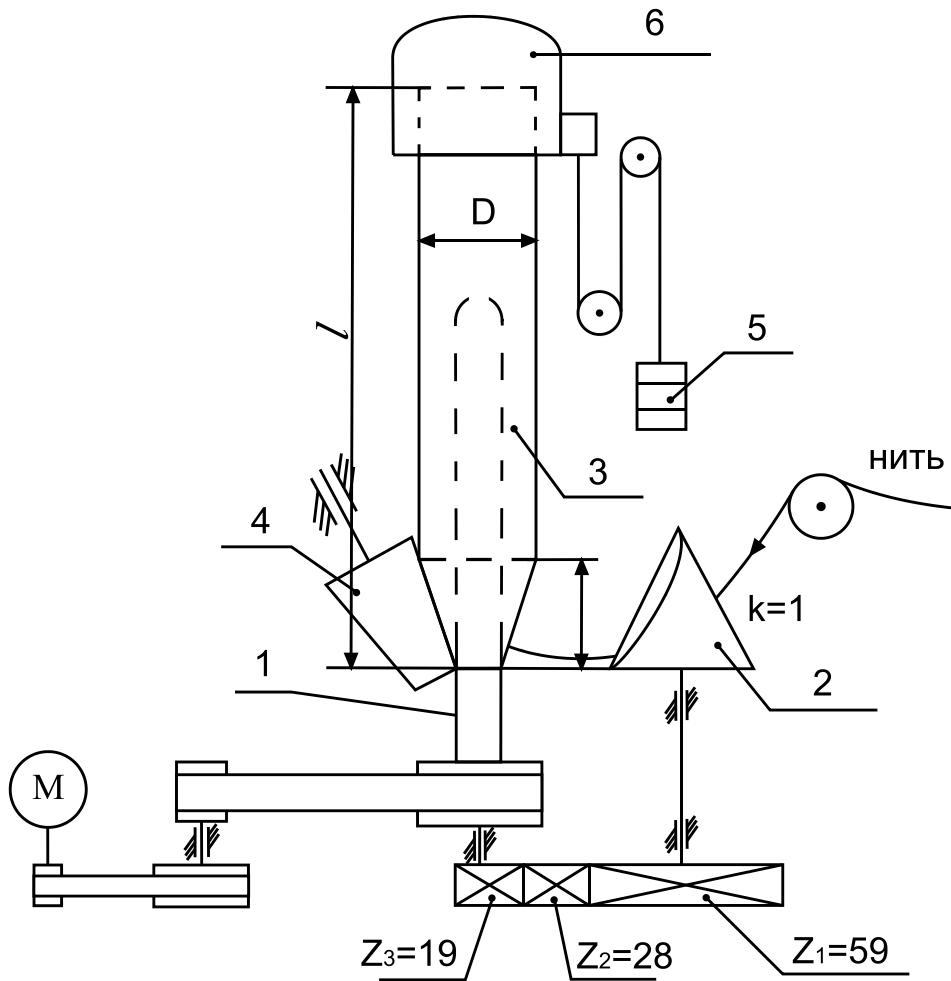


Рис. 3.6. Кинематическая схема мотальной головки уточно-мотальной машины «DELERUE» (Бельгия).

Вращение от мотора М через систему ременных передач сообщается непосредственно веретену 1, а через зубчатые колеса Z_3 , Z_2 и Z_1 крыльчатому нитеводителю 2, который производит раскладку нити на конусе початка 3. По мере наматывания початок вытесняется вверх коническим роликом 4, скользя вдоль голого веретена 1. Величина необходимой плотности намотки початка создается грузами 5, действующими на прессующую каретку 6. Таким образом, машина имеет вертикальное расположение веретен, что способствует уменьшению вибрации наматываемого початка из-за большой его длины и значительной массы, но затрудняет съем наработанных початков (работнице приходится приподнимать тяжёлую прессующую каретку и снимать початок с веретена).

Максимальная длина наработанных початков l_{max} может достигать 600мм, а максимальный диаметр намотки- 60мм (на автоматах АТП-290 максимальная длина початка $l_{max}=320$ мм, $D_{max}=45$ мм). Угол сдвига между витками различных слоев намотки, обусловленный дробным передаточным отношением между веретеном и нитеводителем:

$$\Psi_{m,m+p}^{i_0} = 360 p (k i_0 - n_1) = 360 p (k \frac{z_1}{z_3} - n_1) = 360 p (1 \frac{59}{19} - n_1), \quad (3.27)$$

$$\Psi_{m,m+p}^{i_0} = 360 p (3 \frac{2}{19} - 3) = \frac{720 p}{19}, \quad (3.28)$$

Следовательно, на перемещающемся в осевом направлении початке сформируется девятнадцатизамкнутая намотка. При значительной толщине наматываемой пряжи для формирования на паковке (перемещающейся в осевом направлении) сомкнутой намотки необходимо, чтобы степень замыкания p была равна единице [58]. В этом случае целесообразнее применять $Z_3 - 20$ и $Z_1 = 60$.

Тогда:

$$\Psi_{m,m+p}^{i_0} = 360 p (1 \frac{60}{20} - 3) = 0 \quad (3.29)$$

Необходимый для получения сомкнутой намотки угол сдвига витков будет создан за счет осевого перемещения початка. Пряжу большой линейной плотности рационально перематывать в бобины ракетной формы массой 5..7 кг, которые в дальнейшем выставлять в шпулярники сновальных машин. Однако бобины ракетной формы намотки могут быть с успехом использованы не только в производстве технических тканей, но и при крашении пряжи в паковках. Профессор Клёнов В.Б. в работе [59] отмечает, что наилучшие условия для равномерной циркуляции красильного раствора, а, следовательно, и равномерного окрашивания пряжи создают именно при крашении пряжи в паковках ракетной формы. Раскладка нити при формировании бобин ракетной формы может осуществляться с помощью

водкового нитеводителя (рис.3.7) или с помощью мотального барабанчика (рис.3.8).

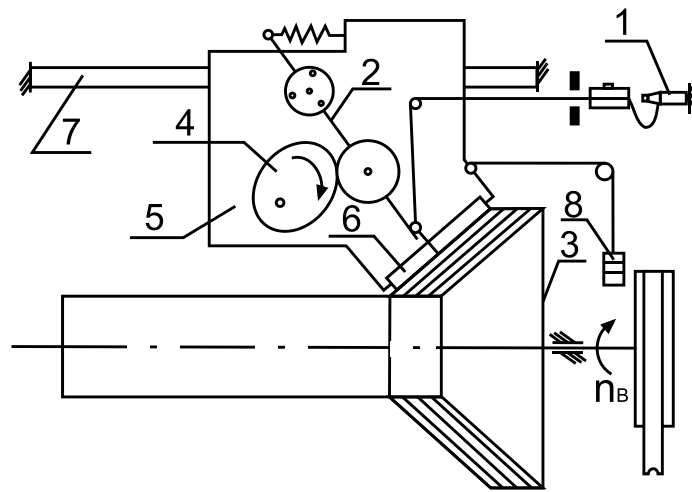


Рис. 3.7. Схема раскладки нити на бобине ракетной формы с помощью водкового нитеводителя.

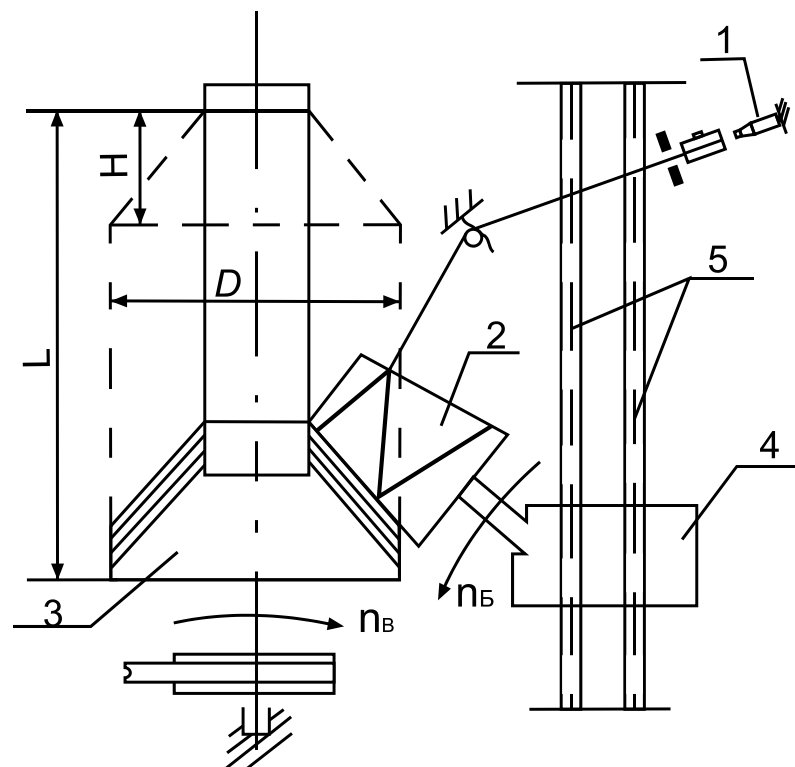


Рис. 3.8. Схема раскладки нити на бобине ракетной формы с помощью мотального барабанчика.

В первом случае нить сматывается с прядильной или крутильной паковки 1, пройдя натяжной и нитеочистительный приборы, раскладывается на конусе намотки патрона 3, который надет на веретено, получающее

вращение через ременную передачу от электродвигателя. Нитеводитель 2 получает вращательно-поступательное перемещение от кулачка 4, закрепленного на кронштейне 5. По мере наматывания паковки кронштейн 5 вытесняется влево укатывающим валиком 6, взаимодействующим с намоткой, скользя по двум направляющим 7. Необходимая степень прижатия укатывающего валика к намотке (а, следовательно, и требуемая плотность намотки обеспечивается за счет изменения массы грузов 8). Такой способ формирования бобины ракетной формы ничем не отличается от способа формирования трубчатого початка с той лишь разницей, что здесь осевое перемещение во время наматывания получает не наматываемая паковка, а кронштейн 5 нитеводителя. Вполне очевидно, что в этом случае для получения на паковке сомкнутой структуры необходимо обеспечить на ней формирование замкнутой намотки соответствующей степени замыкания, при отсутствии осевого перемещения кронштейна 5 с нитеводителем. Этот вопрос может быть решен путем соответствующего подбора передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя, определяемого толщиной наматываемой нити.

Веретено и кулачок нитеводителя могут быть связаны друг с другом механической передачей или получать вращение от отдельных электродвигателей. В первом случае требуемое передаточное отношение i_{03} (а, следовательно, и требуемая степень замыкания намотки) обеспечивается путем соответствующего подбора числа зубьев колес в передаче от веретена к кулачку нитеводителя. Во втором случае оно может быть обеспечено за счет применения автоматизированного электропривода, позволяющего сохранять отношение частот вращения электродвигателей веретена и кулачка нитеводителя.

В схеме, изображенной на рис. 3.8 нить, сматываемая с прядильной или крутильной паковки 1, раскладывается мотальным барабанчиком 2 на конусе бобины ракетной формы, наматываемой на патрон 3, закрепленный на веретене, которому сообщается вращательное движение через систему

передач от электродвигателя. Конический барабанчик 2, установленный на кронштейне 4, вытесняется вверх, кронштейн 4 скользит по направляющим и благодаря своей массе создает требуемую степень прессования плотности намотки пряжи на паковке. Подобная конструкция мотальных машин для формирования бобин ракетной формы выпускается фирмой «Plutte Kokke» (Германия). Вполне очевидно, что в этом случае сомкнутая структура намотки паковки может быть обеспечена лишь в том случае, когда соответствующие радиусы конуса патрона, а также углы конусности мотального барабанчика одинаковы.

В заключение отметим, что большое значение при конструировании мотальных машин для формирования паковок увеличенных габаритов приобретают вопросы, связанные с вытеснением наматываемого початка с коническими роликами (устранением заклинивания веретена), вибрацией наматываемой паковки или веретена в связи со значительной ее массой и длиной, времени пуска и останова веретена в связи с расходом электроэнергии на процесс наматывания и ряд других вопросов.

Фирма Brugger (Бельгия) выпускает новые мотальные машины для формирования бобин ракетной формы с массой паковок от 8 до 12 кг и диаметром намотки от 160 до 180 мм. Рис. 3.8 с вертикальным расположением веретен. Бобины ракетной формы имеют длину $l = 750$ мм.

Для сматывания пряжи с початка при минимальном количестве слетов необходимо выполнение условия $H / D = 0,75$. [60].

Таким образом, применение мотальных паковок увеличенных габаритов целесообразно при переработке пряжи с линейной плотностью более 300 текс, при выработке тяжелых тканей на широких ткацких станках.

Применение мотальных паковок в крашении, отбеливании и запаривании пряжи позволяет повысить качество и сократить отходы производства.

Для формирования мотальных паковок увеличенной массы (трубчатых початков сомкнутой намотки, бобин ракетной формы и т.д.) необходимо

специальное мотальное оборудование, которого в настоящее время в отечественной промышленности не выпускается.

Выводы по разделу 3

1. На бобинах, формируемых на машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити, могут образовываться замкнутые и сомкнутые намотки, которые должны рассеиваться электропрерывателем, при этом электропрерыватель должен работать непрерывно за все время формирования бобины, чтобы рассеивать жгутовые и замкнутые намотки с малой степенью замыкания.

2. Проведённый анализ работы мотальных машин с отдельным механизмом намотки и раскладки нити, оказывает существенное влияние на структуру и форму намотки создаваемых мотальных паковок.

3. Расположение нитей на паковках при переходе нитеводителя к «метровому» положению и удалению от него различно, поэтому форма переходного участка витка несимметрична относительно образующей паковки, проведенной через крайнюю торцевую точку витка.

4. Чем больше номинальный угол раскладки $\frac{\beta_0}{2}$ и чем больше «с», то при всех прочих равных условиях размеры получаемых паковок меньше по длине и больше абсцисса x_0 , то есть больше участок паковки, на котором наматывание ведется при углах геодезического отклонения не равных нулю.

5. Чем больше $\frac{\beta_0}{2}$, тем больше угол θ_{max} и тем более равновесна намотка мотальных паковок.

6. Чем меньше радиус закругления профиля кулачка нитеводителя R , тем больше угол геодезического отклонения θ_{max} достигаемы в процессе наматывания.

7. При различных значениях R абсцисса x_0 практически сохраняет постоянное значение. Это обстоятельство говорит о том, что конструируя

наматывающие механизмы, не следует выбирать очень малые радиусы закругления винтовой линии паза кулачка нитеводителя (3;5;10 мм), что часто имеет место на практике, а можно ограничиваться размерами в 30÷40 мм. Последнее обстоятельство позволяет уменьшить динамические нагрузки на механизм раскладки нити и формировать равновесные паковки больших размеров.

8. Таким образом, применение мотальных паковок увеличенных габаритов целесообразно при переработке пряжи с линейной плотностью более 300 текс, при выработке тяжелых тканей на широких ткацких станках.

9. Применение мотальных паковок в крашении, отбеливании и запаривании пряжи позволяет повысить качество и сократить отходы производства.

10. Для формирования мотальных паковок увеличенной массы (трубчатых початков сомкнутой намотки, бобин ракетной формы и т.д.) необходимо специальное мотальное оборудование, которого в настоящее время в отечественной промышленности не выпускается.

Раздел 4. Разработка и исследование структур намоток мотальных паковок, обеспечивающих оптимальные условия сматывания с них нитей

Как отмечалось в работах [60; 61; 62] к мотальным паковкам, предназначенным для сматывания с них нити, относятся все паковки текстильного производства, а это прядильные початки, бобины цилиндрической и конической формы, уточные шпули и трубчатые початки, сновальные валики и ткацкие навои. Структура намотки данных паковок во многом определяет эффективность всех последующих технологических процессов, где они применяются [63; 64; 65]. Изучению строения текстильных (питающих) паковок, а также факторов, оказывающих влияние на их структуру, посвящены многочисленные исследования известных учёных, таких как В.А.Гордеев, Г.И.Арефьев, П.В.Волков (66), В.П.Щербаков (67), С.Д.Николаев (68), К.Н.Ушакова (69), А.Г.Севостьянов (70). Работы этих учёных легли в основу современных учебников по текстильному производству. Именно ими определены основные критерии оценки качества намотки мотальных паковок и сформулированы принципы формирования паковок с заданными свойствами, обеспечивающими оптимальные условия разматывания с них нити.

Как показывают исследования учёных и практика текстильного производства, паковки, предназначенные для сматывания с них нити должны обладать повышенной удельной плотностью намотки, так как в этом случае (при всех прочих равных условиях) они будут обладать большей длиной нити, а, следовательно, обеспечат более высокую производительность труда и технологического оборудования, снижение отходов сырья. Повысить удельную плотность намотки мотальных паковок возможно путём увеличения натяжения перематываемых нитей, повышением степени прессования намотки укатывающими валиками, или путём совершенствования структуры намотки, за счёт более упорядоченного

расположения витков. Однако, повышение плотности намотки мотальных паковок за счет увеличения натяжения наматываемой нити и степени прессования намотки укатывающим валиком исчерпало свои возможности. Натяжение наматываемой нити не должно превышать 10...15% от ее разрывной нагрузки, в противном случае она теряет свои упругие свойства и прочность. Дальнейшее повышение прессующего воздействия на намотку также нежелательно, т.к. это приводит к выдавливанию намотанных витков на торцы паковки, к нарушению их правильного расположения в структуре паковки.

4.1. Принцип формирования мотальных паковок сомкнутой и замкнутой структур намоток

Наиболее целесообразным и перспективным путем, ведущим к увеличению плотности намотки, является формирование мотальных паковок сомкнутой структуры (рис. 4.1), у которой витки каждой последующей пары слоев намотки ложатся вплотную к виткам предыдущей пары слоёв намотки. В этом случае просветы между витками отсутствуют, значительно повышается коэффициент заполнения продольного сечения паковки волокнистым материалом и плотность ее намотки. На рис.4.1. изображена развертка односомкнутой опережающей намотки нити на цилиндрическую паковку. В этом случае после одного двойного хода нитеводителя точка наматывания возвращается не в точку A_1 , а в некоторую точку 1, в результате чего возникает смещение витков по поверхности намотки $l_{\psi_{1,2}}$. Определим эту величину для случая сомкнутой намотки, пользуясь рисунком 4.2.

$$l_{\psi_{1,2}} = \frac{d}{\frac{\cos \beta / 2}{\operatorname{tg} \beta / 2}} = \frac{d}{\sin \beta / 2} \quad (4.1)$$

Тогда угол сдвига витков при сомкнутой намотке:

$$\psi_C = \frac{l\psi_{1,2}}{R} = \frac{d}{R \sin \beta / 2}, \quad (4.2)$$

где d – диаметр наматываемой нити, см;

R – радиус намотки мотальной паковки, см.

Дальнейшие исследования показали, что односомкнутых намоток не одна, а две (опережающая и отстающая). На рис.4.3 показана развертка односомкнутой отстающей намотки. У опережающей намотки витки $\rho + m$ -ой пары слоев лежат на развертке выше витков m -ой пары, а у отстающей – ниже витков m -ой пары слоев.

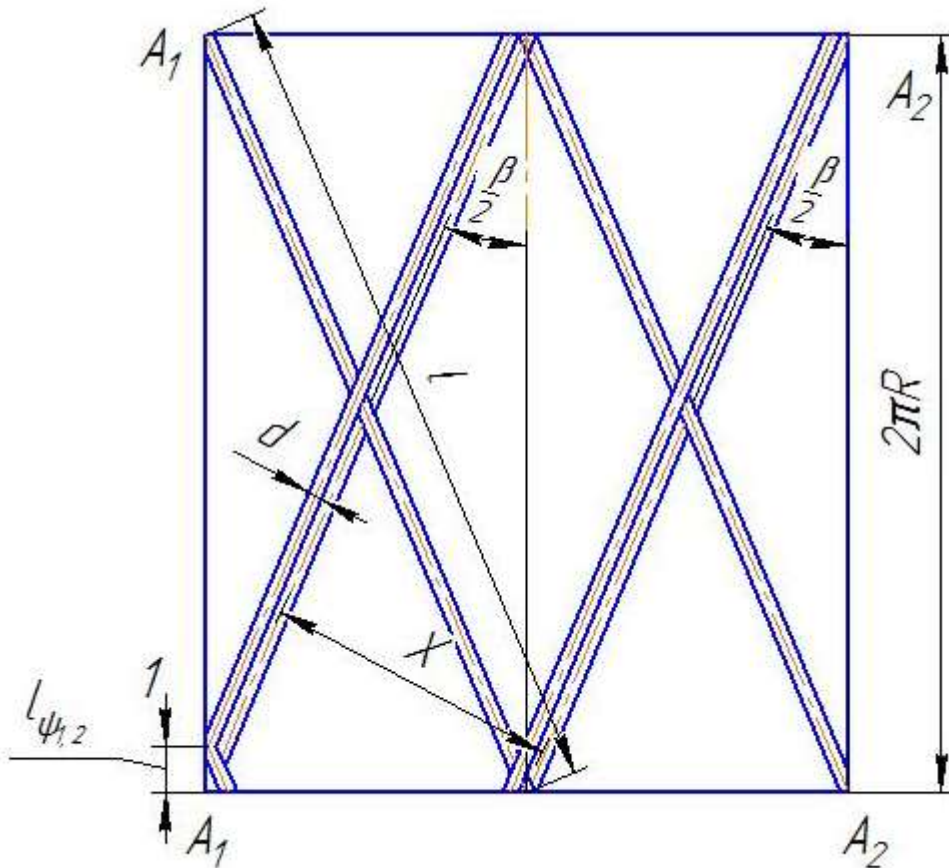


Рис. 4.1. Развертка односомкнутой опережающей намотки

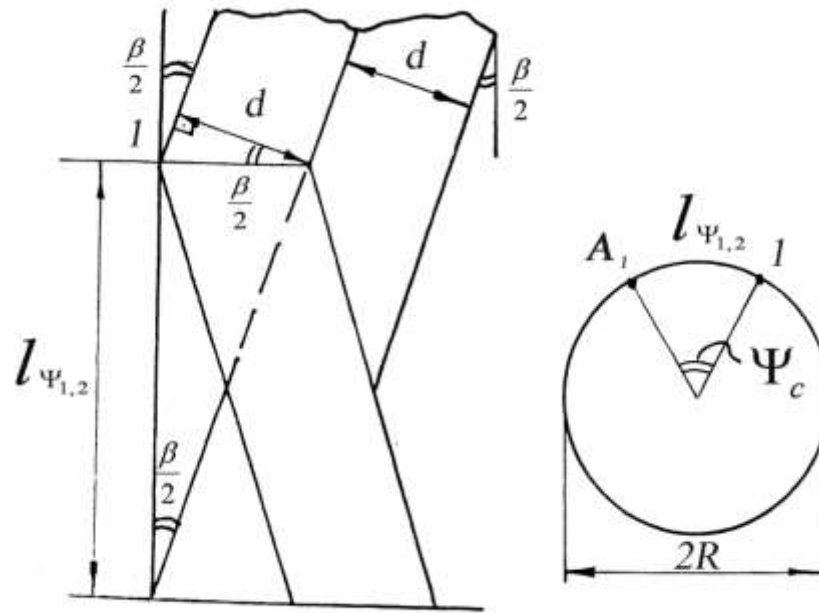


Рис. 4.2. Схема расположения витков на торце катушки мотальной паковки сомкнутой катушки

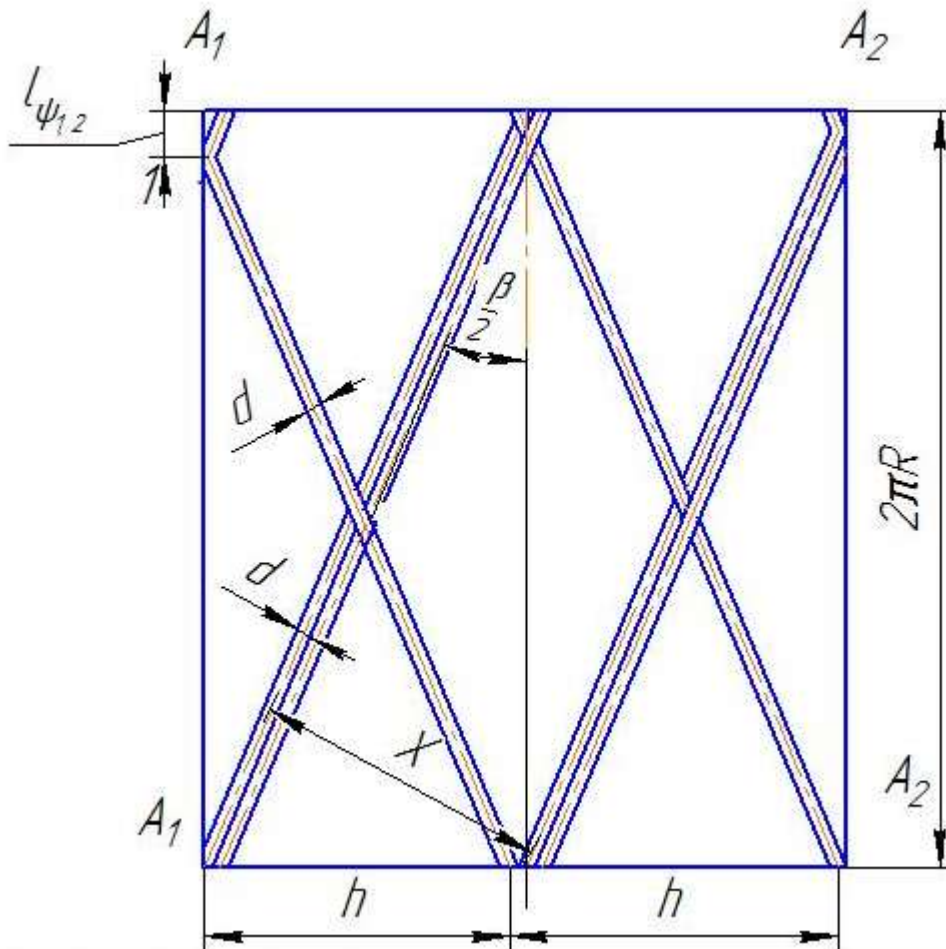


Рис. 4.3. Развертка односомкнутой отстающей катушки

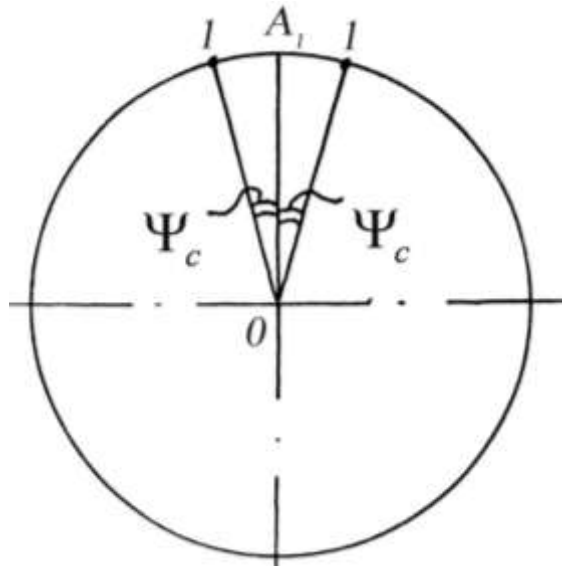


Рис. 4.4. Круговая диаграмма односомкнутой катушки

Кроме того у опережающей сомкнутой катушки угол сдвига между витками первой и второй пар слоев катушки (рис.4.4) откладывается по часовой стрелке от точки A_1 , характеризующей угол поворота на торце паковки витков первой (предыдущей) пары слоев катушки. У отстающей катушки указанный угол откладывается в противоположном направлении.

Угол сдвига ψ_c , вычисляемый по формуле (4.2), для существующих толщин наматываемых нитей обычно не превышает $0,05 \dots 0,1$ радиан ($3 \dots 5^\circ$). Однако это не означает, что для получения сомкнутой катушки должен быть обеспечен именно такой угол сдвига витков. Очевидно, что угол сдвига в 365° или 355° тоже может обеспечить получение на паковке сомкнутой катушки.

На рис.4.5, 4.6, 4.7, 4.8 показаны развертки двухсомкнутых и трехсомкнутых катушек (соответственно опережающих и отстающих), а на рис 4.9и 4.10 их круговые диаграммы. Анализ развёрток катушек и их круговых диаграмм показывает, что все сомкнутые катушки получены на базе соответствующих им замкнутых катушек, которые в этом отношении можно считать фундаментальными. Действительно, если на круговых диаграммах принять $\psi_c = 0$, то получим круговые диаграммы

соответствующих замкнутых намоток. Однако между сомкнутыми и замкнутыми намотками нет непроходимой границы, так как у любой сомкнутой намотки витки какой-то пары слоев, обязательно пойдут по виткам первой пары слоев, то есть произойдет ее замыкание.

Действительно, при наматывании паковки сомкнутой структуры происходит последовательное заполнение витками промежутка x . После того, как весь промежуток x заполнится витками, произойдет замыкание намотки и начнется формирование нового объемного слоя. Очевидно, это двойное число ходов нитеводителя будет равно рабочему циклу намотки:

$$Ц_{\rho} = \frac{x}{d} = \frac{2\pi R \sin \frac{\beta}{2}}{d} = m, \quad (4.3)$$

где m -число витков намотки, укладываемое на отрезке x .

Получается замкнутая намотка со степенью замыкания, равной ρ

Во много раз превышающей степень замыкания той замкнутой намотки, на базе которой построена рассматриваемая сомкнутая намотка. Если наматывать замкнутые намотки со все большей степенью замыкания ρ , то расстояние между витками различных пар слоев намотки будет непрерывно уменьшаться, а при некотором значении ρ промежуток Δ станет равным диаметру наматываемой нити и замкнутая намотка станет сомкнутой. После этого начнется формирование нового объемного слоя, и диаметр намотки сразу возрастает на толщину 2δ , пропорциональную диаметру нити.

Таким образом, у сомкнутой намотки число витков в объемном слое является максимально возможным. У замкнутых намоток число витков в объемном слое уменьшается с уменьшением степени замыкания намотки ρ .

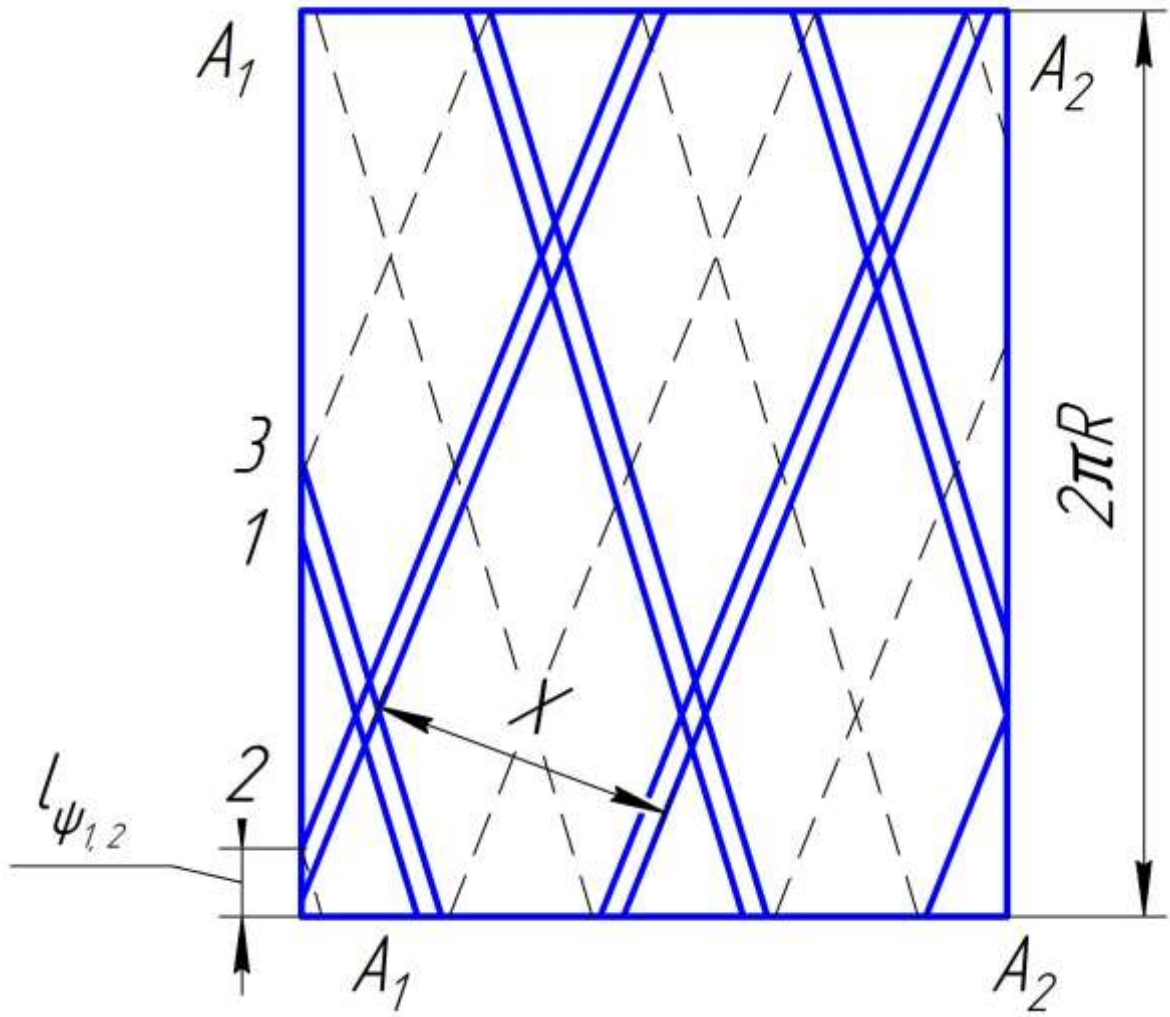


Рис. 4.5. Развертка двухсомкнутой обмотки опережающей

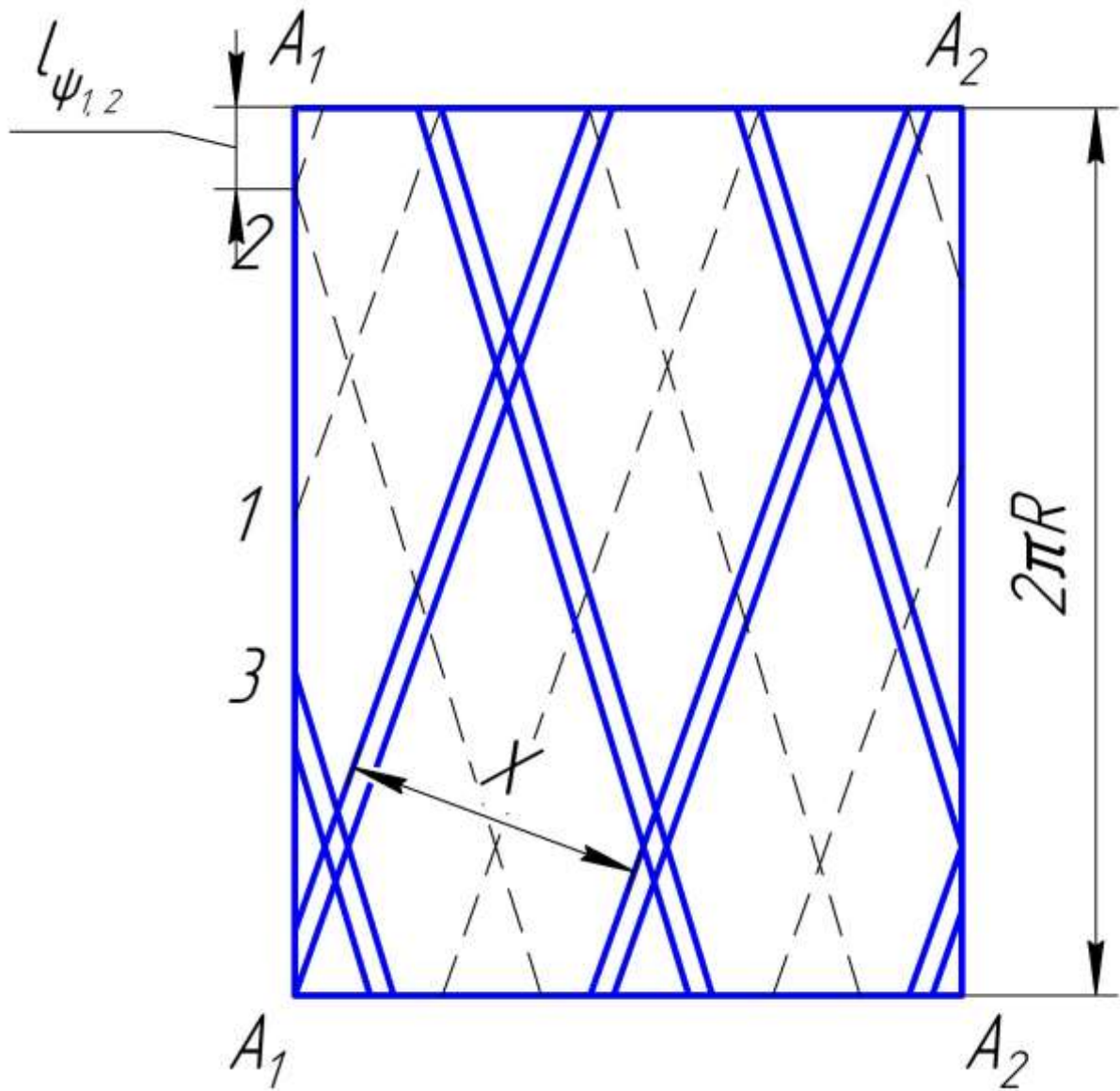


Рис. 4.6 Развертка двухсомкнутой отстающей намотки

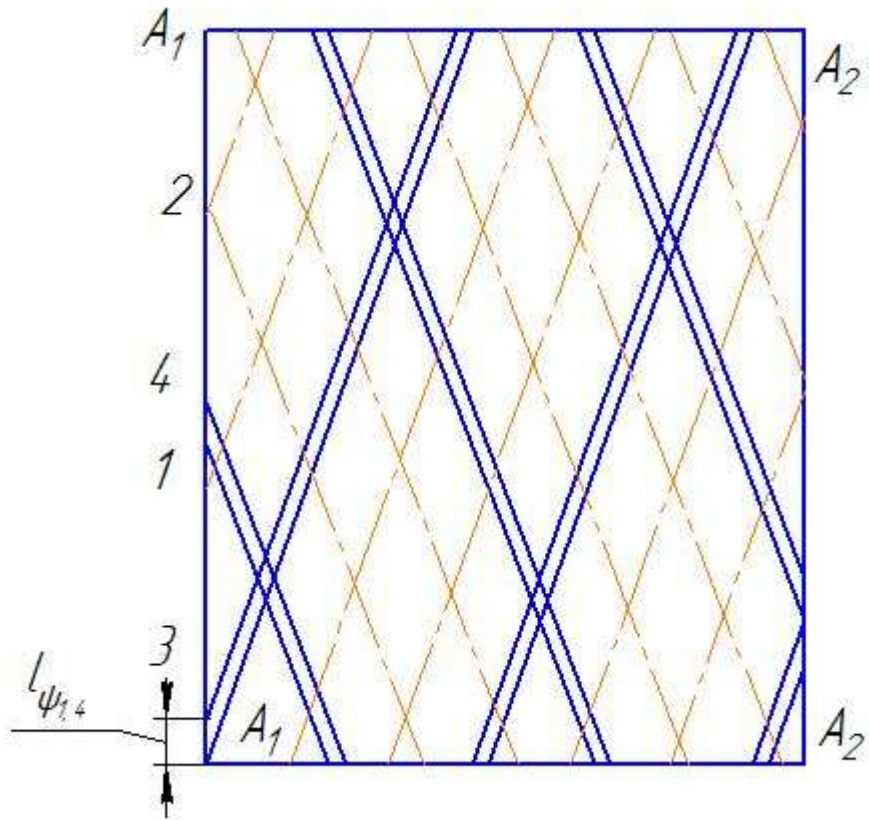


Рис. 4.7. Развертка трёхсомкнутой опережающей обмотки

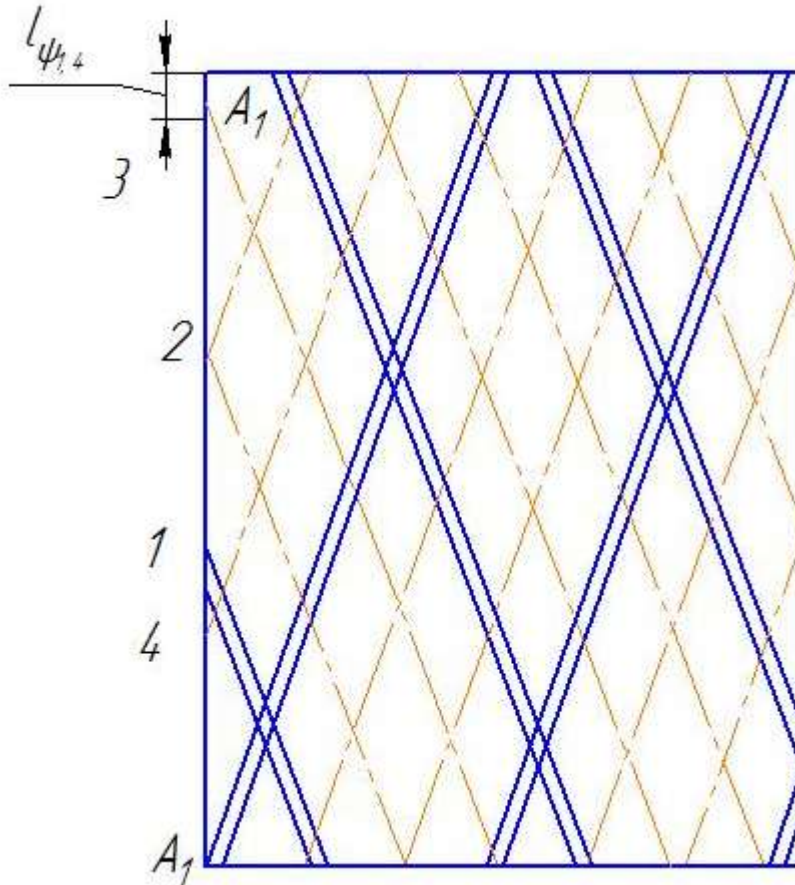


Рис. 4.8. Развертка трёхсомкнутой отстающей обмотки

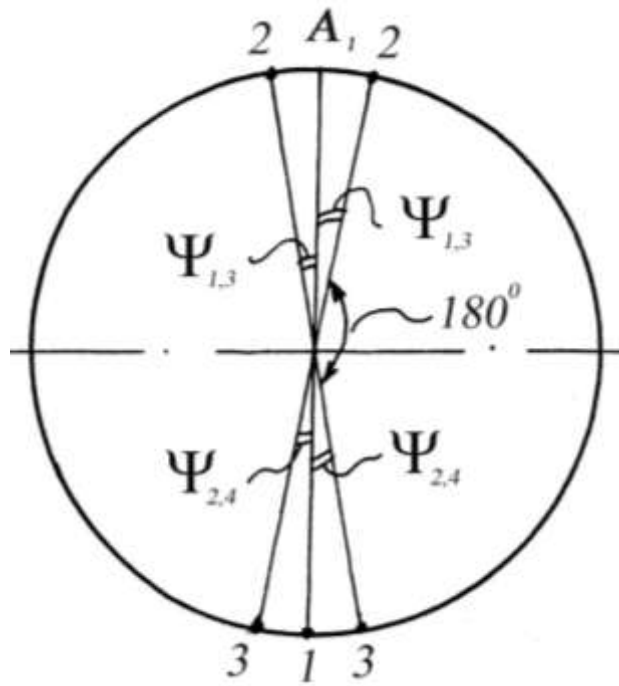


Рис. 4.9. Круговая диаграмма двухсомкнутой обмотки

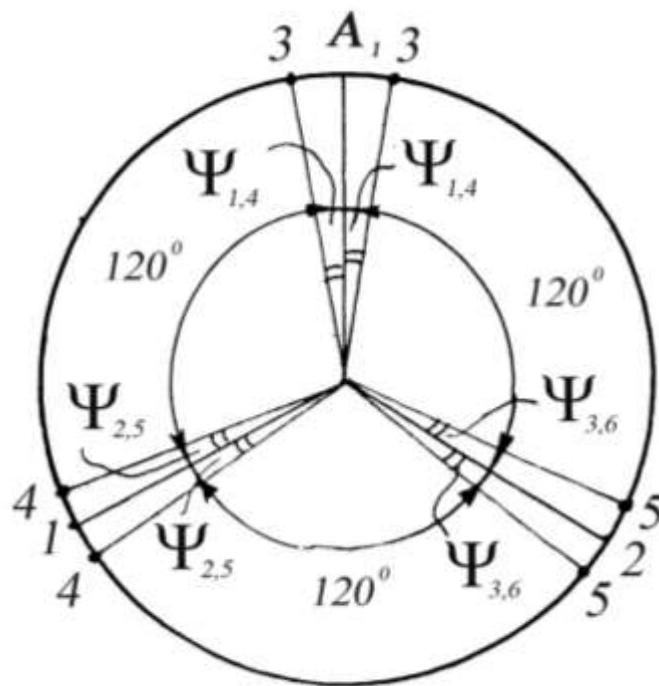


Рис. 4.10. Круговая диаграмма трёхсомкнутой обмотки.

Следует отметить, что для формирования мотальных паковок сомкнутой и замкнутой структуры требуется специальное мотальное оборудование, конструктивные особенности которого позволяют, в зависимости от диаметра перематываемых нитей, изменять и получать требуемое значение угла сдвига витков формируемой катушки.

4.2. Определение требований, предъявляемых к мотальным механизмам, для формирования паковок сомкнутой катушки

Как отмечалось в работе [71], для того, чтобы на мотальной машине сформировалась сомкнутая катушка, необходимо обеспечить строго определенный угол сдвига между витками m -ой и $m + p$ -ой парой слоев катушки. Величина этого угла в общем случае может быть определена по формуле:

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi z \pm \psi_C, \quad (4.4)$$

где $z = 0, 1 \dots$ - кратность замыкания катушки.

Согласно формуле (4.4) угол сдвига витков, соответствующий сомкнутой катушке

$$\psi_C = \frac{d}{R \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (4.5)$$

где D – диаметр катушки цилиндрической бобины мотальной паковки.

При наматывании паковки на машинах с раздельным действием механизмов катушки и раскладки нити произведение $D \sin \frac{\beta}{2}$ остается за все время наматывания паковки более или менее постоянным, что обуславливает и постоянство величины угла ψ_C . Действительно,

$$g = \frac{v_H}{v_O} = \frac{h_K n_K}{\pi D n_B} \frac{h}{\pi D i_O} \frac{2H}{k \pi D i_O} \quad (4.6)$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}} = \frac{2H}{\pi D k i_O \sqrt{1 + \frac{4H}{k^2 D^2 \pi^2 i_O^2}}}, \quad (4.7)$$

Величина квадратного корня мало отличается от единицы, достигая даже в самом начале наматывания паковки 1,05...1,08. поэтому:

$$\sin \frac{\beta}{2} \approx \frac{2H}{\pi D k i_O}, \quad (4.8)$$

где H – высота намотки паковки.

Тогда:

$$\psi_C \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{2d\pi D k i_O}{D 2H} = \frac{d\pi k i_O}{H}. \quad (4.9)$$

Поскольку на прецизионных машинах $i_O = \text{const}$, то и $\psi_C = \text{const}$.

На машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити передаточное отношение от веретена к нитеводителю (мотальному барабанчику) является переменной величиной.

$$i_O = \frac{d_B}{D_K}, \quad (4.10)$$

где d_B – диаметр мотального барабанчика,

D_K – контактный радиус намотки паковки.

$$\psi_C = \frac{d\pi k d_B}{H B_K} \neq \text{const} \quad (4.11)$$

В то же время угол сдвига между витками m -ой и $m+p$ -ой парой слоев намотки:

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi p(ki_O - n_1) \quad (4.12)$$

Тогда условие получения сомкнутой намотки на паковке может быть выражено равенством:

$$2\pi p(k \frac{d_B}{D_K} - n_1) = 2\pi z \pm \psi_C \quad (4.13)$$

Для машин с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити

$$2\pi p(k \frac{d_B}{D_K} - n_1) = 2\pi z \pm \frac{\pi d_B \cdot k}{HD_K} \quad (4.14)$$

Решая это уравнение относительно произведения kd_B , которое назовём характеристикой барабанчика, получим:

$$kd_B = \frac{(z + pn_1)D_K}{p \pm \frac{d}{2H}} \quad (4.15)$$

Для получения на паковке, формируемой на машине с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити, сомкнутой структуры необходимо, чтобы характеристика барабанчика возрастала пропорционально контактному диаметру намотки. Последнее требование практически невозможно выполнить и, вследствие этого, паковки сомкнутой структуры в настоящее время формируют лишь на машинах с отдельным действием механизмов намотки и раскладки нити (на прецизионных мотальных машинах).

На рис. 4.11 приведена кинематическая схема мотальной головки машины «Бандомат» фирмы Georg SAHM (Германия), формирующей цилиндрические мотальные паковки.

Для получения требуемого угла сдвига витков $\psi_{m,m+p}$, определяемого формулой (4.12), необходимо подобрать соответствующую величину передаточного отношения i_0 (4.10). Для этого на мотальной машине «Бандомат» в кинематическую цепь между веретеном и кулачком нитеводителя включен вариатор с очень малым диапазоном изменения передаточного отношения i ($0,995 \leq i \leq 1,005$).

Вращательное движение через зубчатые колеса Z_4 , Z_2 передаётся веретену 2, а через зубчато-ременную передачу Z_3 , Z_4 вал 3 и вариатор кулачку нитеводителя 4. общее передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя:

$$i_O = \frac{n_B}{n_K} = \frac{d_1 z_4}{d_2 z_3} = i \frac{z_4}{z_3} = i \frac{26}{48} = i \frac{13}{24} \quad (4.16)$$

При $i = 1$ на мотальной паковке формируется трёхзамкнутая намотка, т.к. $i_{O3} = 13/24$, а

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi p \left(8 \frac{13}{24} - n_1 \right) = \frac{2\pi p}{3}. \quad (4.17)$$

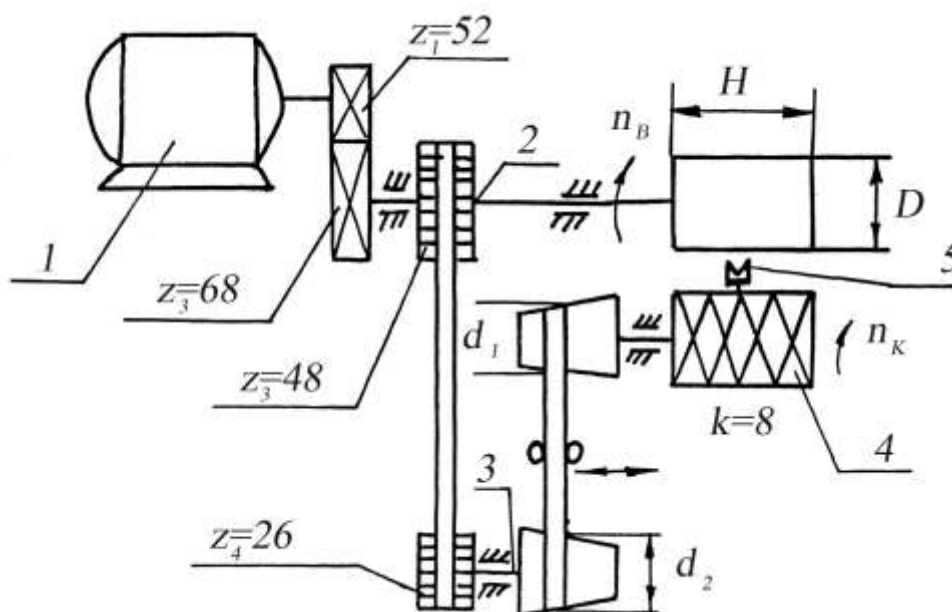


Рис. 4.11. Кинематическая схема мотальной головки машины «Бандомат»

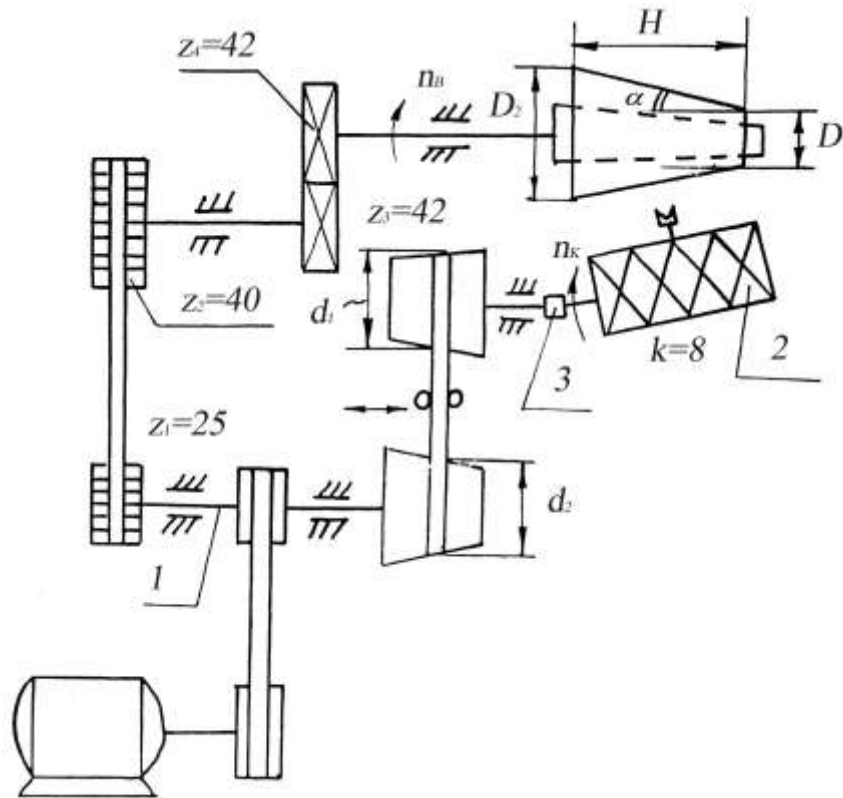


Рис. 4.12. Кинематическая схема мотальной головки машины «Макромат»

Несмотря на малый диапазон изменения передаточного отношения i на машине, возможно, создать довольно значительный угол сдвига витков.

Действительно при $i = 0,995$;

$$\psi_{m,m+p} = 360 \cdot 3 \left(8 \frac{13}{24} 0,995 - 4 \right) = 336,6^{\circ}; \quad (-23,4^{\circ}) \quad (4.18)$$

При $i = 1,005$

$$\psi_{m,m+p} = 360 \cdot 3 \left(8 \frac{13}{24} 1,005 - 4 \right) = 383,4^{\circ}; \quad (+23,4^{\circ}) \quad (4.19)$$

Достоинством таких мотальных машин является то, что на них можно получать сомкнутую намотку при любом диаметре перематываемой пряжи.

Однако в каждом случае требуется соответствующая настройка вариатора, которая осуществляется чисто органолептически.

Для усовершенствования процесса наматывания паковок сомкнутой структуры желательно знать величину необходимого передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя, т.к. в этом случае

вместо вариаторов возможно использование сменных шестерен, исключающих явление проскальзывания ремня по коноидам вариатора.

На рис.4.12 представлена кинематическая схема мотальной головки машины «Макромат» фирмы Georg SAHM (Германия), служащая для формирования конических паковок. В этом случае передача вращения от конического вариатора к кулачку нитеводителя осуществляется через зубчатую муфту 3.

Вполне очевидно, что для получения на конической паковке сомкнутой намотки должны быть равны между собой необходимые углы сдвига витков ψ_{01} и ψ_{02} на малом и большом торцах паковки (рис.4.13). Последнее согласно формулы (4.5) может быть обеспечено лишь при выполнении равенства:

$$D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} = D_2 \sin \frac{\beta_2}{2} \quad (4.20)$$

при малых углах β_1 , имеем:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} \approx \sin \frac{\beta_1}{2} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} \approx \sin \frac{\beta_2}{2}, \quad (4.21)$$

но

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{v_H}{v_{01}} = \frac{h_K \cdot n_K}{\pi D_1 \cdot n_B} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{v_{H2}}{v_{02}} = \frac{h_K \cdot n_K}{\pi D_2 \cdot n_B} \quad (4.22)$$

поэтому:

$$D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} \approx D_1 \frac{h_K n_K}{\pi D_1 n_B} = \frac{h_K}{\pi i_0} \quad \text{и} \quad D_2 \sin \frac{\beta_2}{2} \approx \frac{h_K}{\pi i_0} \quad (4.23)$$

Таким образом, равенство 4.23 в этом случае выполняется и на паковке может быть сформирована сомкнутая намотка. При больших углах β :

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2}} = \frac{h_K}{D_1 \pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{D_1^2 \pi^2 i_0^2}}} \quad (4.24)$$

$$\sin \frac{\beta_2}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_2}{2}}} = \frac{h_K}{D_2 \pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{D_2^2 \pi^2 i_0^2}}} \quad (4.25)$$

тогда

$$D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{h_K}{\pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{\pi^2 D_1^2 i_0^2}}} \quad (4.26)$$

$$D_2 \sin \frac{\beta_2}{2} = \frac{h_K}{\pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{\pi^2 D_2^2 i_0^2}}} \quad (4.27)$$

поскольку $D_1 < D_2$, то $D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} < D_2 \sin \frac{\beta_2}{2}$; $\psi_{C1} > \psi_{C2}$.

При проектировании мотального механизма необходимо принять $\psi_{m,m+p} = 2\pi \pm \psi_{C1}$. При этом на большом торце паковки будет наблюдаться не совсем полная сомкнутость намотки (между витками возникнут некоторые промежутки). Поскольку радикалы в выражениях 4.26 и 4.27 мало отличаются от единицы $\psi_{C1} \approx \psi_{C2}$ и указанные промежутки весьма незначительны.

Витки на развертке конической паковки располагаются не по прямой линии, а по архимедовой спирали даже при равномерном движении нитеводителя вдоль образующей паковки. Действительно, шаг канавки пазового кулачка:

$$h_K = \frac{2H}{k \cos \alpha}, \quad (4.28)$$

где H - высота бобины,

α - угол конусности паковки.

Скорость движения нитеводителя:

$$v_H = h_K n_K = \frac{h_K \omega_K}{2\pi}, \quad (4.29)$$

где n_K - частота вращения кулачка нитеводителя,

ω_K - угловая скорость вращения кулачка нитеводителя.

Перемещение нитеводителя:

$$S = \int_0^t v_H dt = \int_0^t \frac{h_K}{2\pi} \omega_K dt = \frac{h}{2\pi} \varphi_K, \quad (4.30),$$

но

$$i_O = \frac{\omega_B}{\omega_K} = \frac{\varphi}{\varphi_K}, \quad (4.31)$$

где φ - угол поворота веретена.

$$\varphi_K = \frac{\varphi}{i_O}. \quad (4.32)$$

Тогда

$$S = \frac{h_K \varphi}{2\pi \cdot i_O} = a\varphi, \quad (4.33)$$

где

$$a = \frac{h_K}{2\pi \cdot i_O}, \quad (4.34)$$

для машины «Макромат»

$$a = \frac{z_2 z_4 \eta h_K}{2\pi z_1 z_3}, \quad (4.35)$$

где η - коэффициент скольжения ремня по коноидам вариатора,

i - передаточное отношение коноидного вариатора.

Шаг витка намотки на конической бобине:

$$h = \frac{h_K}{i_O} = 2\pi a, \quad (4.36)$$

Вполне очевидно, что в течение одного шага намотки:

$$2\pi\xi \leq \phi \leq \theta_p(1 + \xi), \quad (4.37)$$

где $\xi = 0; 1; 2; \dots m$, а

$\theta = 2\pi \sin \alpha$ - угол развертки конуса намотки.

Проведённый анализ показывает, что для формирования мотальных паковок сомкнутой структуры, необходимы мотальные механизмы, конструкция которых позволяет изменять передаточное отношение от нитеводителя к веретену (для перематывания нитей различной линейной плотности), но сохранять его неизменным в течение всего процесса формирования паковки.

Мотальное оборудование фрикционного типа данных требований обеспечить, без разделения бобины и мотального барабанчика, не может. Наличие в кинематической цепи веретено - кулачѐк нитеводителя на прецизионных мотальных машинах, также не гарантирует сохранения постоянной величины передаточного отношения в процессе формирования паковки из-за возможности проскальзывания ремня по коноидам вариатора.

Для создания мотального оборудования, конструкция которого гарантировала бы формирование сомкнутых намоток на мотальных паковках, необходимо знать точное значение величины передаточного отношения между нитеводителем и веретеном, для каждого вида пряжи, которое обеспечит требуемый для получения сомкнутой намотки угол сдвига витков.

4.3. Методика расчѐта величины передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя при формировании на паковках сомкнутых намоток

Наличие вариатора в кинематической цепи мотальной головки значительно усложняет её эксплуатацию и снижает надёжность работы мотального механизма. Знание величины передаточного отношения, при котором на паковке формируется сомкнутая намотка, позволяет избежать применения вариаторов, заменив их сменными зубчатыми колѐсами, значительно облегчить условия эксплуатации мотальных машин и повысить надёжность их работы [71].

При формировании цилиндрических паковках сомкнутой структуры
угол сдвига витков:

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi z \pm \psi_C, \quad (4.38)$$

где

$$\psi_C = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}}$$

а

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{2H}{ki_{OC}\pi D \sqrt{1 + \frac{4H^2}{k^2 i_0^2 \pi^2 D^2}}};$$

тогда

$$\psi_C = \frac{i_{OC} k \pi d}{H} \sqrt{1 + \frac{4H^2}{k^2 \pi^2 D^2 i_0^2}} \quad (4.39)$$

или

$$\psi_C = \sqrt{\frac{i_{OC}^2 k^2 \pi^2 d^2}{H^2} + \frac{4d^2}{D^2}} \quad (4.40)$$

$$\psi_{m_1 m+p} = 2\pi z \pm \sqrt{\frac{i_{OC}^2 k^2 \pi^2 d^2}{H^2} + \frac{4d^2}{D^2}} \quad (4.41)$$

но

$$\psi_{m_1 m+p} = 2\pi p (ki_{OC} - n_1) \quad (4.42)$$

тогда

$$2\pi p (ki_{OC} - n_1) = 2\pi z \pm \sqrt{\frac{i_{OC}^2 k^2 \pi^2 d^2}{H^2} + \frac{4d^2}{D^2}}, \quad (4.43)$$

$$2\pi p (ki_{OC} - 2\pi p n_1) = 2\pi z \pm \sqrt{\frac{i_{OC}^2 k^2 d^2}{4H^2} + \frac{d^2}{\pi^2 D^2}},$$

$$pki_{OC} - pn_1 = z \pm \sqrt{\frac{i_{OC}^2 k^2 d^2}{4H^2} + \frac{d^2}{\pi^2 D^2}}$$

$$[pki_{OC} - (pn_1 + z)]^2 = \frac{i_{OC}^2 k^2 d}{4H^2} + \frac{d^2}{\pi^2 D^2}, \quad (4.44)$$

Решая это квадратное уравнение, получим:

$$i_{OC} = \frac{p^2 kn_1 + pkz}{p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H^2}} \pm \sqrt{\frac{(p^2 kn_1 + pkz)^2}{(p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H^2})} - \frac{p^2 n_1^2 + 2pn_1 z + z^2 + \frac{d^2}{\pi^2 D^2}}{(p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H^2})}} \quad (4.45)$$

Из этой формулы следует, что при заданных параметрах P, k, n_1, H , и H и d существует две величины передаточного отношения от веретена к кулачку нитеводителя, при которых на паковке возникает сомкнутая намотка. Первое из этих отношений соответствует опережающей, а второе отстающей намотке.

Величина указанных передаточных отношений выражаются иррациональными числами, которые на практике можно лишь приблизить подходящими цепными дробями. В этом случае на паковках будут формироваться приближенно-сомкнутые (квазисомкнутые) намотки.

В формуле (4.45) отношение $\frac{d^2}{\pi^2 D^2}$ чрезвычайно мало по сравнению с другими и им можно пренебречь. Тогда передаточное отношение i_{OC} должно сохраняться постоянным в течение всего времени формирования паковки сомкнутой структуры, что легко осуществимо на машинах с раздельным действием механизмов намотки и раскладки нити.

При малых углах скрещивания витков ($\beta \leq 24^\circ$) формула (4.45) может быть значительно упрощена, т.к. в этом случае:

$$\sin \frac{\beta}{2} \approx \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{v_H}{v_O} = \frac{h_K n_K}{\pi D n_B} = \frac{h_K}{\pi D i_{OC}} \quad (4.46)$$

тогда:

$$\psi_C = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{2d\pi Di_{OC}}{Dh_K} = \frac{2di_{OC}}{h_K} = \frac{\pi dki_{OC}}{H} \quad (4.47)$$

$$2\pi\rho(ki_{OC} - n_1) = 2\pi z \pm \frac{\pi dki_{OC}}{H} \quad (4.48)$$

Решая это уравнение первой степени относительно i_{OC} получим:

$$i_{OC} = \frac{(z + n_1 p)}{k(p \pm \frac{d}{2H})} \quad (4.49)$$

Пример 1. Подобрать передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя на прецизионной машине при формировании на ней паковки сомкнутой намотки из капроновой монопнити диаметром $d = 0,04$ мм, если $n_1 = 4, p = 3, z = 1, H = 15$ см.

По формуле (4.45) имеем:

$$i_{OC} = \frac{3^2 \cdot 1 \cdot 4 + 3 \cdot 1 \cdot 1}{3^2 \cdot 1^2 - \frac{0,004^2 \cdot 1^2}{4 \cdot 15^2}} \mp \sqrt{\frac{(3^2 \cdot 1 \cdot 4 + 3 \cdot 1 \cdot 1)^2}{(3^2 \cdot 1 - \frac{0,004^2 \cdot 1^2}{4 \cdot 15^2})^2} - \frac{(3^2 \cdot 4^2 + 2 \cdot 3 \cdot 4 + 1^2)}{(3^2 \cdot 1^2 - \frac{0,004^2 \cdot 1^2}{4 \cdot 15^2})}} =$$

$$i_{OC_1} = 4,3335381 = 4 \frac{3335381}{10^7} = \frac{43335381}{10^7};$$

$$i_{OC_2} = 4,3331228 = 4 \frac{3331228}{10^7} = \frac{10832307}{10^7}.$$

По формуле (4.49) имеем:

$$i_{OC} = \frac{1 + 4 \cdot 3}{1(3 \pm \frac{0,004}{2 \cdot 15})}$$

$$i_{OC_1} = 4,3335832;$$

$$i_{OC_2} = 4,3331412;$$

Пользуясь алгоритмом Евклида [72] подберем подходящую дробь для

$$i_{OC_1} = 4,3335381;$$

$$\begin{array}{r}
 10832807 \mid 2500000 \\
 \hline
 10000000 \mid 4 \\
 \hline
 2500000 \mid 832807 \\
 \hline
 2498421 \mid \textcircled{3} \\
 \hline
 832807 \mid 1579 \\
 \hline
 832133 \mid \textcircled{527} \\
 \hline
 1579 \mid 674 \\
 \hline
 1348 \mid \textcircled{2} \\
 \hline
 674 \mid 231 \\
 \hline
 462 \mid \textcircled{2} \\
 \hline
 231 \mid 212 \\
 \hline
 212 \mid \textcircled{1} \\
 \hline
 212 \mid 19 \\
 \hline
 209 \mid \textcircled{11} \\
 \hline
 19 \mid 3 \\
 \hline
 18 \mid \textcircled{6} \\
 \hline
 3 \mid 1 \\
 \hline
 3 \mid \textcircled{3} \\
 \hline
 0
 \end{array}$$

Таким образом, $10832807/2500000=[4, 3, 527, 2, 2, 1, 11, 6, 3]$.

Найдем подходящие дроби указанного числа.

$$P_0 = g_0 = 4; \quad Q_0 = 1; \quad P_0 / Q_0 = 4 / 1 = 4; \quad (4.50)$$

$$P_1 = q_0 q_1 + 1 = 4 \cdot 3 + 1 = 13; \quad Q_1 = q_1 = 3; \quad P_1 / Q_1 = 13 / 3; \quad (4.51)$$

$$P_2 = P_2 P_1 + P = 527 \cdot 13 + 4 = 6855; \quad (4.52)$$

$$Q_2 = q_2 \cdot Q_0 = 527 \cdot 3 + 1 = 1582; \quad P_2 / Q_2 = 6855 / 1582; \quad (4.53)$$

Продолжая этот процесс найдём:

$$\frac{P_3}{Q_3} = \frac{13723}{3167}; \quad \frac{P_4}{Q_4} = \frac{34301}{7916}; \quad \frac{P_8}{Q_8} = \frac{10832807}{2500000} \quad (4.54)$$

Ту из подходящих дробей, при которой угол сдвига между витками $m^{OЙ}$ и $m + p^{OЙ}$ парами слоев катушки будет отличаться от требуемого угла сдвига Ψ_C не более, чем на 0,5 % и следует принять за искомую

величину передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя. Нетрудно заметить, что такой дробью в рассматриваемом примере будет дробь:

$$\frac{P_2}{Q_2} = \frac{6855}{1582} = \frac{457 \cdot 15}{113 \cdot 14} = 4,3331226.$$

Действительно:

$$\Psi_C = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{dk\pi i_{OC2}}{H} \sqrt{1 + \frac{4H^2}{\pi^2 k^2 D^2 i_O^2}} \quad (4.55)$$

$$\Psi_C = \frac{0,004\pi \cdot 4,3331228}{15} \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 15^2}{\pi^2 1^2 \cdot 5^2 \cdot 4,3331228}} = 0,0039652 \text{ рад};$$

$$\Psi_{m,m+p} = 2\pi P(k \frac{P_2}{Q_2} - n_1) = 2\pi 3(1 \frac{6855}{1582} - 4) = 6,27603; (-0,00397) \text{ рад.}$$

Отклонение угла сдвига витков от требуемого значения:

$$\frac{0,00397 - 0,0039652}{0,0039652} \cdot 100\% = 0,12\% < 0,5\%.$$

Таким образом, для получения на паковке сомкнутой намотки необходимо использовать двухступенчатую зубчатую передачу с $Z_1 = 457$; $Z_1 = 113$; $Z_1 = 30$; $Z_1 = 28$.

Для предупреждения использования в передаче большого числа ступеней и зубчатых колес с большим числом зубьев целесообразнее принять $Z_1 = 78$; $Z_2 = 18$, а вместо шестерен Z_3 и Z_4 поставить коноидный вариатор с малым изменением передаточного отношения i (например, $0,995 \leq i \leq 1,005$), тогда

$$i_o = \frac{78}{18} i = \frac{13}{3} i \quad (4.56)$$

Следует отметить, что такие параметры мотального механизма, как k , n_1 , p выбираются из условия получения допустимого угла скрещивания

витков в начале наматывания паковки и лучшего закрепления витков на ее поверхности. Действительно:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{h_k n_k}{\pi D n_g} = \frac{h_k}{\pi D i_o} = \frac{2H}{\pi D k i_o}, \quad (4.57)$$

где $n_l = [k i_o]$ - целая часть числа $k i_o$.

Чем больше величина n_l , тем меньше угол скрещивания витков в начале наматывания паковки при одной и той же высоте паковки и диаметре патрона D . Малый угол скрещивания витков уменьшает прочность паковки к рассыпанию, то есть к ударным воздействиям при ее транспортировке. Слишком большие углы скрещивания способствуют срывам витков с поверхности паковки. В связи с этим подбор величины n_l следует производить исходя из условия равновесия витков на поверхности намотки, установленного профессором А.П.Минаковым:

$$\operatorname{tg} \theta \leq \mu \quad (4.58)$$

где θ - угол геодезического отклонения витков намотки [22];

μ - коэффициент трения витков наматываемой нити о поверхность намотки.

У современных конструкций прецизионных мотальных машин величина n_l колеблется в довольно значительном диапазоне. Например, у машины БП-340-0 она равна 9, у машины «Поликон» - 7, у машины «Бандомат» - 4, у машины «Макромат» - 5. Угол скрещивания витков в начале наматывания бобин также изменяется в широком диапазоне.

На машине БП-340-0 он составляет $\beta_{max} = 32,74^\circ$, на машине «Макромат» $\beta_{max} = 55^\circ$, на машине «Бандомат» $\beta_{max} = 40^\circ$, на машине «Поликон» $\beta_{max} = 25^\circ$.

Число «елочек» на рисунке сомкнутой намотки (в направлении образующей паковки) равно:

$$E = \frac{ki_o p}{2}, \quad (4.59)$$

Разработанная методика расчёта величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену позволяет, для каждого вида пряжи, создавать индивидуальный мотальный механизм, который гарантированно обеспечит формирование сомкнутой структуры намотки на паковке, а выполнен он может быть в виде ступенчатой коробки передач.

4.4. Расчёт объёмной плотности намотки паковок сомкнутой структуры

При формировании сомкнутых намоток на цилиндрических мотальных паковках (рис. 4.5-4.8) число витков в объёмном слое

$$W_{OC} = ki_{OC} \frac{x}{2b}, \quad (4.60)$$

где $2b$ - большая ось эллипса (рис.4.13).

расстояние между витками одного и того же слоя:

$$x = h \cos \frac{\beta}{2}, \quad (4.61)$$

где $h = \frac{h_K}{i_O}$ - шаг витков намотки;

$h_K \frac{2H}{k}$ - шаг канавки пазового кулачка

нитеводителя;

H – высота намотки паковки.

$$W_{OC} = \frac{ki_O 2H / k \cos \frac{\beta}{2}}{i \cdot 2b} = \frac{H \cos \frac{\beta}{2}}{b}, \quad (4.62)$$

Суммарная длина всех витков в объёмном слое (рис.4.5)

$$L = l W_{OC} = \frac{\pi D}{\cos \frac{\beta}{2}} W_{OC} \frac{\pi D H \cos \frac{\beta}{2}}{\cos \frac{\beta}{2} b} = \frac{\pi D H}{b}, \quad (4.63)$$

Где l – длина одного витка намотки

Масса объемного слоя намотки:

$$G = \frac{L}{N} = \frac{\pi DH}{bN},$$

где N – номер перематываемой пряжи.

Объем, занимаемый намотки (рис.4.13)

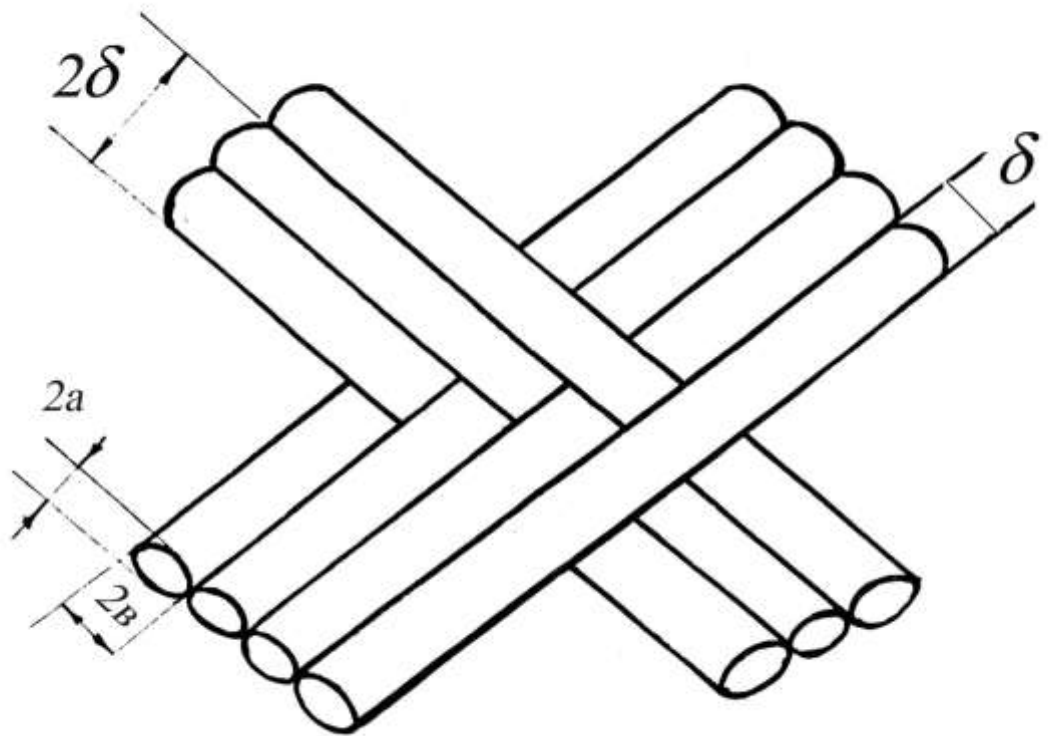


Рис. 4.13. Взаимное расположение перекрещивающихся витков в сомкнутой намотке

$$V = \pi DH \delta, \quad (4.64)$$

где $\delta = 4a$, где a – малая ось эллипса.

$$V = \pi DH a \quad (4.65)$$

Тогда удельная плотность сомкнутой намотки нити на цилиндрическую паковку может быть определена по формуле:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{\pi DH}{bN\pi DH 4a} = \frac{1}{4abN} \quad (4.66)$$

Предположим, что при наматывании не произошло уплотнение нити. То есть площади поперечного сечения круглой и эллиптической нити одинаковы, тогда:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \pi ab \quad \text{или} \quad ab = \frac{d^2}{4},$$

$$\gamma = \frac{1}{4abN} = \frac{1}{Nd^2}, \quad (4.67)$$

где $d = \frac{C}{\sqrt{N}}$ - диаметр наматываемой нити [66];

$\sqrt{\frac{4}{\pi\gamma H}} = C$ - коэффициент, характеризующий рыхлость пряжи;

γ_H - плотность наматываемой нити.

В этом случае:

$$\gamma = \frac{1}{Nd^2} = \frac{1}{C^2}. \quad (4.68)$$

Например, для х/б пряжи $C = 1,25$ и $\gamma = 1 / 1,25^2 = 0,64 \text{ г/см}^3$.

Подставив значение коэффициента в формулу (4.67), получим:

$$\gamma = \frac{\pi\gamma_H}{4}. \quad (4.69)$$

Следовательно, в случае формирования на цилиндрической паковке сомкнутой намотки коэффициент заполнения объёма паковки волокнистым материалом

$$k_3 = \pi / 4 = 0,785. \quad (4.70)$$

Определим плотность сомкнутой намотки нити на конической паковке, в этом случае скорость перемотки:

$$\nu = \sqrt{\nu_o^2 + \nu_H^2}, \quad (4.71)$$

где $v_O = \frac{P}{2} \omega_b (D_1 + 2S \sin \alpha)$ - окружная скорость перематывания нити;

$D = D_1 + 2S \sin \alpha$ - текущий диаметр намотки паковки;

$S = a\varphi$ - текущее перемещение глазка нитеводителя вдоль образующей паковки;

ω_b - угловая частота вращения веретена.

Скорость перемещения глазка нитеводителя:

$$v_H \frac{h_k \omega_k}{2\pi} = \frac{h_k \omega_k}{2\pi i_O} = a\omega_B, \quad (4.72)$$

где ω_b - угловая частота вращения кулачка нитеводителя.

Тогда:

$$v = \frac{\omega_2}{2} \sqrt{(D_1 + 2a\varphi \sin \alpha)^2 + 4a^2}, \quad (4.73)$$

но $\omega_b = a\varphi / dt$ поэтому:

$$v_{dt} = \frac{1}{2} \sqrt{(D_1 + 2a\varphi \sin \alpha)^2 + 4a^2} \cdot d\varphi, \quad (4.74)$$

Время, в течение которого наматывается один слой витков, обозначим через t_c . Тогда длина витков в слое может быть определена по формуле:

$$L_c = \int_0^{t_c} v dt = \frac{1}{2} \int_0^{\varphi_c} \sqrt{(D_1 + 2a\varphi \sin \alpha)^2 + 4a^2} \cdot d\varphi, \quad (4.75)$$

где φ_c - угол поворота веретена за время намотки на паковке одного слоя витков.

$$\varphi_c = i_O \varphi_{kc} = 2\pi \frac{k}{2} i_O = \pi k i_O, \quad (4.76)$$

где φ_{kc} - угол поворота кулачка нитеводителя за время намотки на паковке одного слоя витков.

Например, на машине «Макромат»

$$\varphi_c = 2\pi \frac{8}{2} = \frac{5 \cdot i}{8\eta} \approx 5\pi, \quad (4.77)$$

Вычислив приведенные выше интегралы, получим:

$$L_c = \frac{1}{4a \sin \alpha} \left[\frac{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)}{2} \sqrt{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2 + 4a^2} - \frac{D_1}{2} \sqrt{D_1^2 + 4a^2} + \right. \\ \left. + 2a^2 \ln \frac{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha) + \sqrt{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2 + 4a^2}}{D_1 + \sqrt{D_1^2 + 4a^2}} \right]$$

Обозначим:

$$B = \frac{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha) + \sqrt{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2 + 4a^2}}{D_1 + \sqrt{D_1^2 + 4a^2}} \quad (4.78)$$

Тогда

$$L_c = \frac{1}{4a} \left[\frac{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2}{2} \cdot \sqrt{\frac{4a^2}{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2}} - \frac{D_1^2}{2} \sqrt{1 + \frac{4a^2}{D_1^2}} + 2a^2 \ln B \right] \quad (4.79)$$

Поскольку даже в начале наматывания паковки отношения

$$1 > \frac{4a^2}{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2} \quad \text{и} \quad \frac{4a^2}{D_1^2} < 1 \quad (\text{а при возрастании диаметра}$$

намотки D_1 они монотонно уменьшаются), то

$$L_c \approx \frac{1}{4a \sin \alpha} \left\{ \frac{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2}{2} \left[1 + \frac{2a^2}{(D_1 + 2a\pi k i_o \sin \alpha)^2} \right] - \frac{D_1^2}{2} \left(1 + \frac{2a^2}{D_1^2} \right) + 2a^2 \ln B \right\} \quad (4.80)$$

Раскрыв скобки и приведя подобные члены, получим окончательно:

$$L_c \approx \frac{\pi k i_o}{2} (D_1 + a\pi k i_o \sin \alpha) + \frac{a}{2 \sin \alpha} \ln B \quad (4.81)$$

Общая длина витков в одной паре слоев намотки:

Общая длина витков в одной паре слоев намотки:

$$L_c \approx 2L_c \pi k i_o (D_1 + a\pi k i_o \sin \alpha) + \frac{a}{2 \sin \alpha} \ln B \quad [\text{см}] \quad (4.82)$$

Масса витков, лежащих в одной паре намотки:

$$G = \frac{L_o}{100N} = \frac{\pi k i_o (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)}{100N} + \frac{a}{100N \sin \alpha} \ln B \quad [\Gamma] \quad (4.83)$$

$$\text{Объём, занимаемый указанными витками: } V = FS, \quad (4.84)$$

где F – площадь развертки конуса;

δ - толщина намотки двух слоев.

$$F = \pi (l + a \pi k i_o)^2 \frac{\theta_P}{2\pi} - \frac{\pi l^2}{2\pi} \theta_P = \frac{a \pi k i_o}{2} (2l + a \pi k i_o \sin \alpha). \quad (4.85)$$

Тогда

$$V = F \delta = \pi^2 k i_o a \delta (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha) \quad (4.86)$$

Удельная плотность намотки пары слоев:

$$\begin{aligned} \gamma_c &= \frac{\pi k i_o (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)}{100N \pi^2 k i_o a \delta (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)} + \frac{a \ln B}{100N \pi^2 k i_o a \delta (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)} \\ \gamma_c &= \frac{1}{100Na \delta} + \frac{a \ln B}{100N \pi^2 k i_o \delta \sin \alpha (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)} \end{aligned} \quad (4.87)$$

При сомкнутой намотке в указанном объеме будет вмещаться не одна, а m_c пар слоев. При условии полной сомкнутой намотки у малого торца имеем:

$$m_c = \frac{2\pi}{\psi_c} \quad (4.88)$$

где

$$\psi_c = \frac{2d}{D_1 \sin \frac{\beta_1}{2}}; \quad \sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2}}} = \frac{2a}{D_1 \sqrt{1 + \frac{4a^2}{D_1^2}}}$$

$$\text{так как} \quad \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{v_h}{v_o} = \frac{2a \omega_B}{\omega_b D_1} = \frac{2a}{D_1} \quad (4.89)$$

тогда

$$m_c = \frac{2\pi a}{d \sqrt{1 + 4a^2 / D_1^2}}. \quad (4.90)$$

Удельная плотность намотки m двойных слоев (m пар слоев), то есть плотность намотки нитей на конической паковке сомкнутой структуры будет:

$$\gamma = \gamma_c \cdot m = \frac{2}{100N\delta d \sqrt{1 + 4a^2 / D_1^2}} + \frac{2a \ln B}{100N\delta d \pi k i_o \sin \alpha \sqrt{1 + 4a^2 / D_1^2} (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)}.$$

Приняв в этой формуле $d = \frac{c}{10\sqrt{N}}$ [см], получим

$$\gamma_c = \frac{1}{c^2 \sqrt{1 + 4a^2 / D_1^2}} \left[1 + \frac{a \ln \beta}{\pi k i_o \sin \alpha (D_1 + a \pi k i_o \sin \alpha)} \right] \quad (4.91)$$

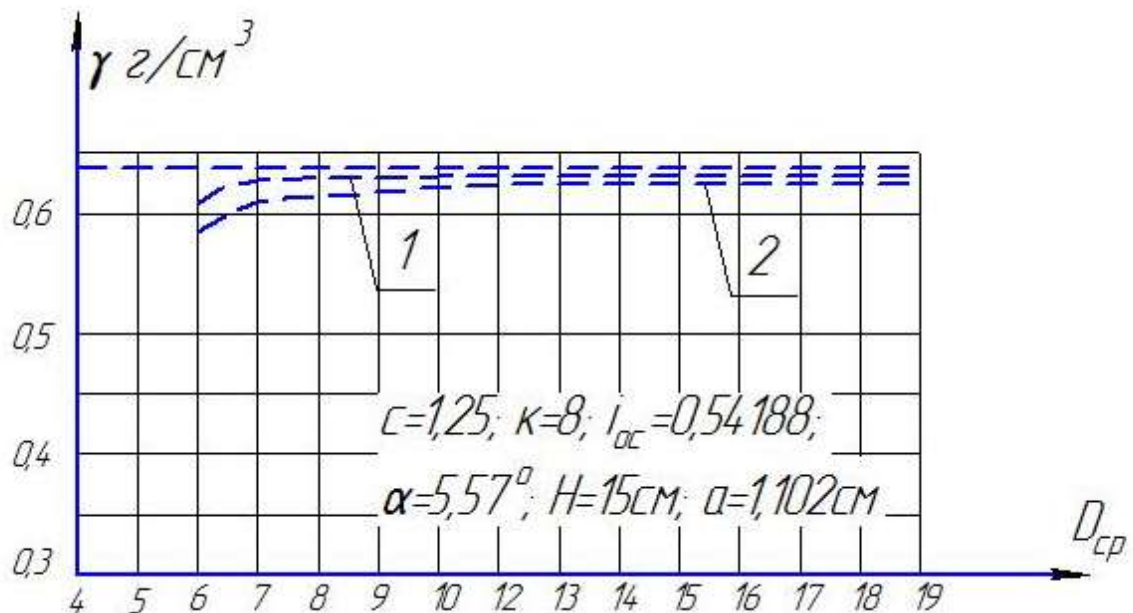


Рис. 4.14. Зависимость плотности конической бобины сомкнутой намотки от среднего диаметра её намотки.

На рис. 4.14 показана кривая I , характеризующая изменение удельной плотности намотки по мере формирования конической паковки, построенная по формуле (4.91). При наматывании конической паковки намотка становится все более сомкнутой, а удельная плотность возрастает, стремясь к своему предельному значению, равному $1/c^2$. с целью проверки теоретических выводов. Нами на машине «Бандомат» были получены конические паковки трехсомкнутой намотки из хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 84 текс, которые наматывались слоями, отделяемыми друг от друга полосками тонкой бумаги. После съема каждый слой паковки разрезался на отдельные кольца. Для каждого кольца и слоя в целом определялись объем, масса и удельная плотность намотки [73]. На рис. 4.14 экспериментальная кривая 2 характеризует зависимость фактической плотности конической паковки от среднего диаметра ее намотки.

При формировании паковок сомкнутой структуры не наблюдается образования кольцевых уплотнений на торцах паковок, так как плотность намотки в средней части паковки доведена за счет упорядоченного расположения витков до плотности торцов.

Выводы по разделу 4

1. Мотальные паковки, применяемые в текстильном производстве, должны иметь максимально возможную плотность намотки, а также обладать равномерной структурой, как в осевом, так и в радиальном направлениях паковки. Это позволит увеличить длину нити на паковке и выровнять натяжение её при сматывании.

2. Основным путём повышения объёмной плотности намотки нитей на паковки является совершенствование структуры их намотки, так как увеличение натяжения нити при перематывании и степени прессования намотки укатывающим валиком исчерпали свои возможности.

3. Всеми, выше перечисленными качествами, обладают мотальные паковки сомкнутой структуры намотки нитей. Удельная плотность намотки паковок сомкнутой структуры имеет максимально возможное значение, и она равномерна как в осевом, так и в радиальном направлениях паковки.

4. У всех сомкнутых намоток, которых может быть большое количество, витки последующих пар слоёв намотки, через определённое число циклов движения нитеводителя, обязательно ложатся рядом с витками предыдущей пары слоёв без промежутков, что обуславливает упорядоченное строение намотки и высокую удельную плотность намотки нитей, которые отличаются друг от друга тем, с какой стороны слева или справа, будут ложиться последующие витки намотки относительно предыдущих.

5. Различают «опережающие» и «отстающие» сомкнутые намотки нитей на паковку, которые отличаются друг от друга тем, с какой стороны, слева или справа, будут ложиться последующие витки намотки относительно предыдущих. У «опережающих» намоток последующие витки намотки ложатся справа от предыдущих, а у «отстающих» слева.

6. Вид намотки – «опережающая» или «отстающая» влияет на процесс сматывания нити с паковки, это следует учитывать при установке питающей паковки сомкнутой структуры на бобинодержатель (например, в шпулярнике), когда направление отделения витков от поверхности намотки должно быть обратным направлению её наматывания.

7. Сомкнутые намотки различают также по степени замыкания намотки, на одно, двух, трёх и вообще p сомкнутые. Степенью замыкания сомкнутых намоток называется целое число двойных ходов нитеводителя, по истечении которого витки $p + I^{ой}$ пары слоёв намотки лягут рядом с витками первой пары слоёв.

8. Для формирования мотальных паковок сомкнутой структуры необходимо, чтобы мотальный механизм создавал определённый и постоянные за всё время формирования паковки, угол сдвига витков, что

возможно только при определённом значении величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену.

9. Мотальные машины фрикционного типа не могут обеспечить требования для формирования на них, без отделения мотального барабанчика от бобины, мотальных паковок сомкнутой структуры, в виду постоянно изменяющегося диаметра намотки паковок, а, следовательно, и величины передаточного отношения между бобиной и мотальным барабанчиком.

10. Объёмная плотность конических бобин сомкнутой структуры намотки нитей не значительно зависит от угла конуса паковки, она незначительно снижается по мере приближения к большему торцу бобины, что обусловлено несоответствием углов сдвига витков у малого и большего торцов паковки.

Раздел 5. Исследование процесса сматывания нитей с мотальных паковок различной структуры и формы намотки

Производительность технологического оборудования и качество выпускаемой продукции во многом определяются скоростью сматывания нити с питающих паковок. Оптимизация данного параметра требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Кроме этого, на процесс сматывания нитей с мотальных паковок оказывает существенное влияние структура намотки нитей, а именно взаимное расположение нитей, как в наружном, так и во внутренних слоях намотки мотальной паковки. Структура намотки мотальных паковок определяет и количество отходов пряжи, как при разматывании нитей на высоких и малых скоростях, также при групповом сматывании нитей со сновальных валиков и ткацких навоев.

Особый интерес вызывает процесс сматывания нити в внутренней поверхности паковок, когда процесс схода нити с паковки идёт в том же направлении, что и при её наматывании на паковку, путём отделения предыдущих витков намотки от последующих, без сопротивления последних (исключая трение о их поверхность). К таким паковкам следует отнести трубчатые початки, применяемые в челночном ткачестве и бобины «ракетной» формы.

Процесс схода групп нитей с одной мотальной паковки (сновального валика, ткацкого навоя), так же требует пристального внимания исследователей, так как не все «узкие» места его изучены достаточно подробно. Так, например, слабо изучен вопрос схода нитей с одного сновального валика на стойках шлихтовальных машин, где образуется большая масса отходов в виде «клеёных концов» и влияние на этот процесс структуры намотки сновальных валиков.

5.1. О влиянии некоторых факторов на процесс сматывания нити с бобин различной структуры

Известно [74], что на процесс сматывания нити, обладающей вполне определенными свойствами (определенной линейной плотностью, волокнистым составом, жесткостью, формой поперечного сечения и т.д.) с бобин обычной (застилистой) структуры намотки наиболее существенное влияние оказывают:

линейная скорость сматывания нити \mathcal{V} ;

средний радиус намотки бобины R_{cp} ;

структурные параметры намотки бобины (угол конусности бобин, угол скрещивания витков, плотность намотки и т.д.);

расстояние между кольцом нитеприемника (или баллоноразбивателя) и точкой схода нити с бобины (высота баллона).

Линейная скорость сматывания влияет на угловую скорость ω вращения баллона, образуемого нитью, а, следовательно, на центробежную и кориолисову составляющие ее натяжения [75]. От скорости сматывания зависит также сила сопротивления воздуха вращающейся нити (аэродинамическая сила [76]).

Исследования показали, что с увеличением угловой скорости вращения баллона все указанные составляющие натяжения нити возрастают.

Средний радиус намотки также влияет на угловую скорость ω вращения нити в баллоне. По мере сматывания бобины средний радиус намотки R_{cp} уменьшается, а угловая скорость ω вращения увеличивается, что приводит к возрастанию натяжения.

Угловая скорость вращения баллонизирующей нити может быть определена по формуле профессора А.П. Минакова [77]:

$$\omega = \frac{\mathcal{V}}{R} \cdot \frac{\cos \beta / 2}{1 \pm \cos \alpha \sin \beta / 2} \quad (5.1)$$

где \mathcal{G} – линейная скорость сматывания нити с бобины;

α – угол конусности бобины;

β – угол скрещивания витков.

На рисунке 1а представлена схема сматывания нити с бобины, а на рисунке 1б – картина направления скоростей в точке сматывания М.

Скорость сматывания $\vec{\mathcal{G}}$ направлена по касательной к витку в точке М и может быть разложена на осевую $\vec{\mathcal{G}}_H = \mathcal{G} \cdot \cos \nu$ (направленную вдоль оси паковки), окружную $\vec{\mathcal{G}}_O$ и центральную $\vec{\mathcal{G}}_C$ скорость, обусловленную отрывом нити от намотки.

Если $\vec{\mathcal{G}}_C = 0$, то нить при сматывании будет скользить по наружной поверхности бобины и баллона не возникнет. Очевидно:

$$\vec{\mathcal{G}}_H = \mathcal{G} \cdot \cos \nu \quad (5.2)$$

где ν – угол схода нити с бобины (угол сматывания).

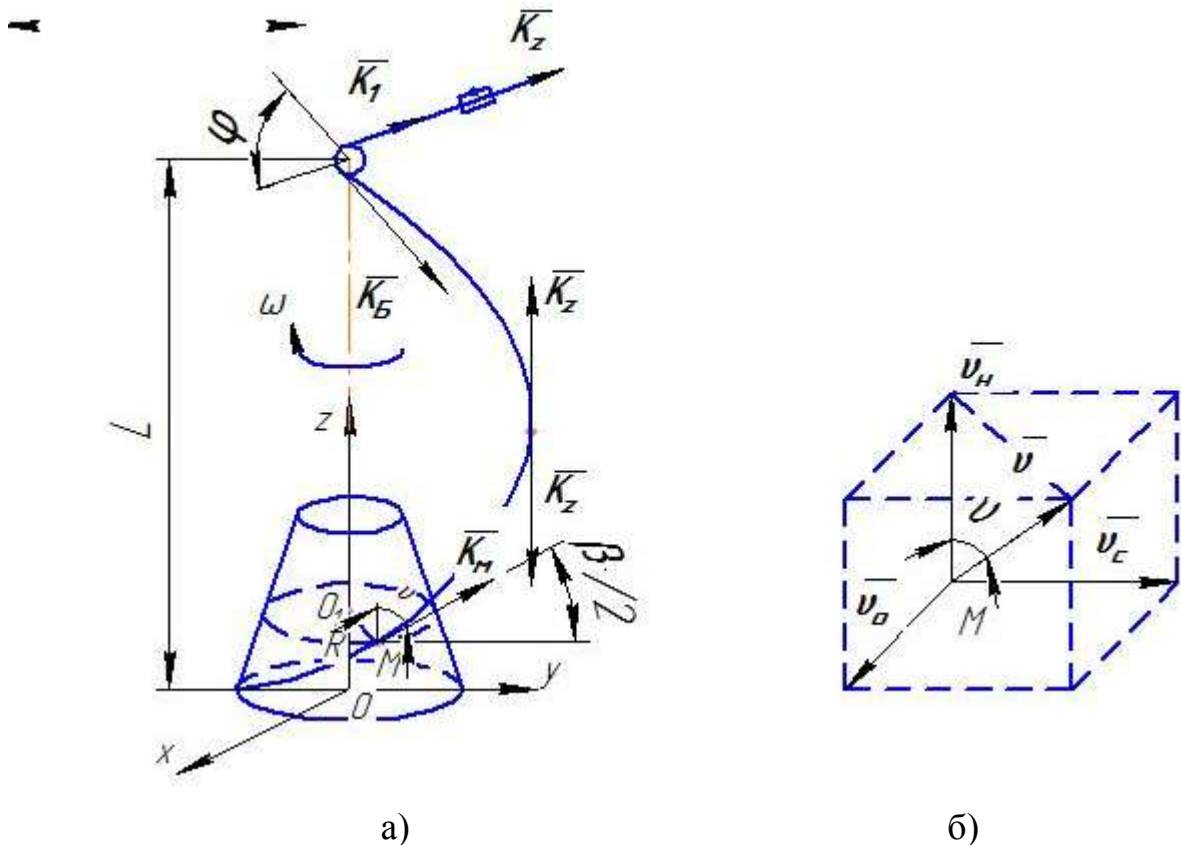


Рис. 5.1. Схема сматывания нити с бобины

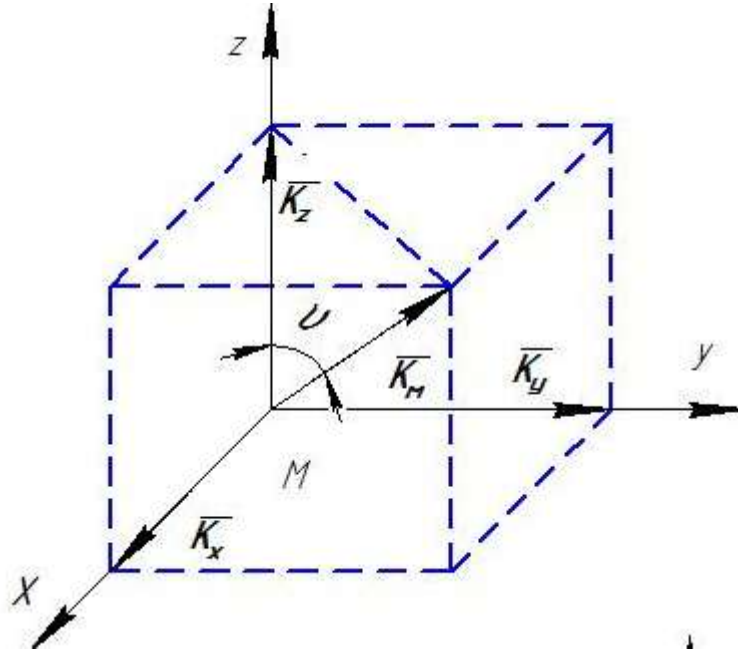


Рис. 5.2. Направление составляющих натяжения нити в точке сматывания

Поскольку натяжение нити в точке М так же, как и скорость \vec{g} , направлено по касательной к витку в этой точке, то оно может быть разложено на составляющие $\overrightarrow{K_{MX}}$, $\overrightarrow{K_{MY}}$, $\overrightarrow{K_{MZ}}$ (рис. 5.2). Составляющая $\overrightarrow{K_{MZ}}$ стремится сорвать витки с поверхности намотки и вызвать слет.

$$\overrightarrow{K_{MZ}} = K_M \cos \nu. \quad (5.3)$$

Для уменьшения K_{MZ} необходимо уменьшать величину натяжения K_M в точке отрыва нити от паковки и увеличивать угол сматывания ν .

Натяжение нити K_M в нижней граничной точке баллона:

$$K_M = k_0 e^{f\varphi} + m \cdot g_c^2, \quad (5.4)$$

где k_0 – первоначальное натяжение нити на паковке, полученное при ее формировании;

f – коэффициент трения при скольжении отрезка нити по поверхности намотки или шпули;

φ – угол охвата витком, натяжение которого отлично от нуля, поверхности намотки бобины;

m - масса единицы длины нити;

\mathcal{G}_c – скорость отделения нити от бобины.

Очевидно, вектор $\vec{\mathcal{G}}_c$ перпендикулярен образующей бобины, проведенной через точку М (меридиану), и зависит от угловой скорости вращения баллонизирующей нити.

На величину угла сматывания ν влияет не только угловая скорость ω , но и форма баллона, которая, в свою очередь, зависит от натяжения нити. При уменьшенном натяжении баллон получается более выпуклым. В этом случае увеличивается угол ν и улучшаются условия сматывания. При увеличенном натяжении баллон получается более пологим. Условия сматывания нити при этом хуже – увеличивается угол φ обхвата нитью поверхности бобины и возникает большое трение нити о намотку.

Увеличению угла сматывания ν способствует образование многоволновых баллонов. Возможность образования многоволновых баллонов может быть обеспечена за счет увеличения расстояния между бобиной и нитеприёмником. Однако это приводит к увеличению габаритов машин (станков) и применяется лишь при перемотке нитей с одних бобин на другие (например, после крашения пряжи в бобинах).

При оптимизации процесса сматывания нити с бобины весьма желательно добиться решения трех основных задач:

максимально повысить скорость сматывания нити с бобины;

обеспечить условия сматывания, при которых наблюдается наименьшее количество слетов витков с поверхности намотки;

выровнять натяжение сматываемой нити как за цикл сматывания (за время перемещения точки сматывания снизу вверх и сверху вниз), так и за весь период срабатывания бобины.

Увеличение скорости сматывания повышает эффективность процессов снования, перемотки уточной пряжи и ткачества на бесчелночных ткацких станках.

Наименьшее количество слетов наблюдается не только в случае малого натяжения сматываемой нити и большой величины угла сматывания ν , но и при таком виде намотки, когда число витков в объемном слое достигает максимальной величины.

Наши исследования показали, что слет представляет собой срыв с поверхности бобины группы витков, находящихся в объемном слое, то есть в слое, который сформирован за такое число двойных ходов нитеводителя (нити), после которого происходит замыкание намотки [78].

Чем больше витков в объемном слое, тем труднее его сорвать с поверхности бобины вследствие значительной силы трения витков о нижележащие слои.

Намотка с наибольшим числом витков в объемном слое называется сомкнутой.

Выравнивание натяжения сматываемой с бобины нити связано с ее поведением в баллоне сматывания, ибо все существующие конструкции натяжных приборов в дальнейшем практически лишь увеличивают указанную неравномерность.

Точное определение величины натяжения нити в баллоне сматывания дано в работе [23], где представлено основное уравнение контурного движения гибкой нерастяжимой нити в векторной форме:

$$\frac{d}{dS} \left(K^* \vec{\tau} \right) + \vec{f} - m \frac{d\vartheta_r}{dt} \vec{\tau} - m \vec{\omega}_e + m \vec{\omega}_k, \quad (5.5)$$

где $K^* = K - m\vartheta_r^2$ – кажущееся натяжение нити;

K – натяжение нити в любой точке баллона;

m – масса единицы длины нити;

\mathcal{G}_r – контурная (относительная) скорость точки;

S – дуговая координата;

\vec{f} – равнодействующая всех распределенных сил, отнесенная;

$\vec{\tau}$ – орт касательной естественного канонического репера к единице длины нити, которая приложена в точке сматывания M ;

$\vec{m\omega_e}$ – переносное ускорение точки;

$\vec{m\omega_k}$ – кориолисово ускорение точки.

Указанное уравнение целесообразнее решать (находить проекции) в цилиндрической системе координат.

Используя соответствующие уравнения связи и пользуясь уравнением (5.5), можно найти натяжение в любой точке баллона.

Наибольший интерес представляет натяжение нити в вершине баллона сматывания K_b (рис. 5.1a). Существует достаточно много формул для определения K_b , но все они дают не достаточно точные результаты, вследствие сделанных при их выводе довольно не адекватных допущений (плоская форма баллона, не учет высоты баллона и т.д.). Поэтому на практике при проектировании текстильных машин для определения натяжения нити в вершине баллона сматывания пользуются формулой Центрального конструкторского бюро текстильного машиностроения (ЦКБТМ):

$$K_b = K_z \sqrt{1 + 1,5(A^2 + B^2)R^2}, \quad (5.6)$$

где K_z – натяжение нити в точке баллона, наиболее удаленной от оси вращения;

$$A^2 = \frac{m\omega^2}{K_z - m\vartheta^2}; \quad B^2 = \left(\frac{m\omega\vartheta}{K_z - m\vartheta^2} \right)^2,$$

Тогда:

$$K_z = \frac{2T}{10^8} \left(1 + K \left(\cos \frac{\beta}{2} \right)^2 \frac{L^2}{R^2} \right) \vartheta^2. \quad (5.7)$$

ПРИМЕР: Рассчитать натяжение нити на уточно-мотальном автомате при следующих данных:

- скорость нити при перематывании – $\vartheta = 1000 \frac{\text{см}}{\text{с}}$;
- высота баллона – $L = 20$;
- угол скрещивания витков – $\beta = 24^\circ$;
- радиус бобины в точке сматывания – $R = 5 \text{ см}$;
- коэффициент – $K = 0,1$;
- линейная плотность пряжи – $T = 42 \text{ Текс}$;
- угол охвата нитью направляющей – $\varphi = 90^\circ$;
- коэффициент трения нити о направляющую – $f = 0,2$;
- давление пружины в натяжном приборе – $F = 30 \text{ сн}$.

РЕШЕНИЕ: Пользуясь уравнением (5.7), имеем:

$$K_z = \frac{2T}{10^8} \left(1 + K \left(\cos \frac{\beta}{2} \right)^2 \frac{L^2}{R^2} \right) \vartheta^2 = \frac{2 * 42}{10^8} \left(1 + 0,1 \left(\cos \frac{24}{2} \right)^2 \frac{20^2}{5^2} \right) 1000^2 = 2,12 \text{ сн}.$$

$$m = \frac{T}{10^6} \frac{\text{кг}}{\text{м}} = 42 * 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{м}};$$

$$\omega = \frac{g}{R} * \frac{\cos \beta/2}{1 \pm \cos \alpha \sin \beta/2} \approx \frac{g \cos \beta/2}{R} = \frac{1000 * \cos 24/2}{5} = 195,6 \frac{1}{c};$$

$$A^2 = \frac{m\omega^2}{K_z - m g^2} = \frac{42 * 10^{-6} * 195,6^2}{0,0212 - 42 * 10^{-6} * 10^2} = 94,5 \frac{1}{m^2};$$

$$B^2 = \left(\frac{m \omega g}{K_z - m g^2} \right)^2 = \left(\frac{42 * 10^{-6} * 195,6 * 10}{0,0212 - 42 * 10^{-6} * 10^2} \right)^2 = 23,63 \frac{1}{m^2}.$$

$$K_b = K_z \sqrt{1 + 1,5(A^2 + B^2)} R^2 = 2,12 \sqrt{1 + 1,5(94,5^2 + 23,63^2)} 0,05^2 = 2,41 \text{ сн.}$$

$$K_1 = K_b e^{F\varphi} = 2,41 e^{(0,2 * \pi/2)} = 3,3 \text{ сн.};$$

$$K_2 = K_1 + 2Ff = 3,3 + 2 * 30 * 0,2 = 15,3 \text{ сн.}$$

Однако наиболее неблагоприятные условия наблюдаются при сматывании нитей утка с бобин на бесчелночных ткацких станках СТБ. Здесь сматывание уточной пряжи происходит рывками при высокой скорости ($g = 1440 \frac{м}{мин}$) Угловая скорость вращения и натяжение баллонизирующей нити достигают большой величины.

Указанные обстоятельства могут вызвать не только потерю нити прокладчиком утка, но и его недолеты в приемную коробку, что приведет к остановкам станка.

По мере срабатывания бобины угловая скорость и натяжение баллонизирующей нити возрастают, и, следовательно, ухудшаются условия прокладывания уточной нити в зеве вследствие указанных выше причин.

Неравномерность натяжения уточной нити на станке СТБ довольно велика, а кривая изменения натяжения характеризуется наличием шести специфических участков [79], каждый из которых связан с движением прокладчика утка и работой механизмов ткацкого станка.

Пики натяжения уточной нити приводят к увеличению обрывности утка, потере нити прокладчиком, сматыванию излишней длины нити с бобины и появлению других нежелательных факторов.

На основании проведенного анализа необходимо отметить, что:

Весьма актуальной является задача создания бобин такой структуры, которая при высокой и неравномерной скорости сматывания с них нити обеспечила бы более или менее постоянное и равномерное ее натяжение по мере срабатывания.

Расчет заправочного натяжения нити, сматываемой с питающей паковки, необходимо с использованием уравнения профессора В.П. Щербакова, которое позволяет определить величину натяжения в любой точке баллона и сравнить ее с допустимым для данной нити значением разрывной нагрузки.

5.2. К вопросу о скорости сматывания нити с мотальных паковок

Как отмечалось ранее [80] правильно выбранная скорость сматывания нити с мотальной паковки во многом обеспечивает стабильность технологических процессов выработки текстильных изделий или полуфабрикатов. Постоянство скорости и величины натяжения нити при сматывании являются одними из главных требований предъявляемых мотальным паковкам, так как эти параметры определяются структурой намотки мотальных паковок их формой и направлением сматывания (с наружной или внутренней поверхности паковки).

Особенно важно обеспечить постоянство скорости сматывания нити с паковки и ее натяжения при работе на малых скоростях. Например, в вязании, швейном производстве, при формировании намоткой композитных материалов и т.д., где технологический процесс выработки текстильных изделий связан с дозированным расходом нити (для обеспечения постоянной длины нити в петле, стабильной длине стежка и т.д.)

В качестве питающих мотальных паковок в текстильном производстве применяются как цилиндрические, так и конические бобины крестовой намотки, а также цилиндрические катушки (шпули), которые могут быть неподвижными во время схода с них нити, или вращаются вокруг своей оси под действием силы натяжения нити. Причем, угол скрещивания витков – β , обеспечивающий надежное закрепление витков в смежных слоях намотки, может быть постоянным или переменным, в зависимости от типа мотального оборудования, на котором формируется паковка.

На рис. 5.3 показана схема формирования цилиндрической паковки (бобины).

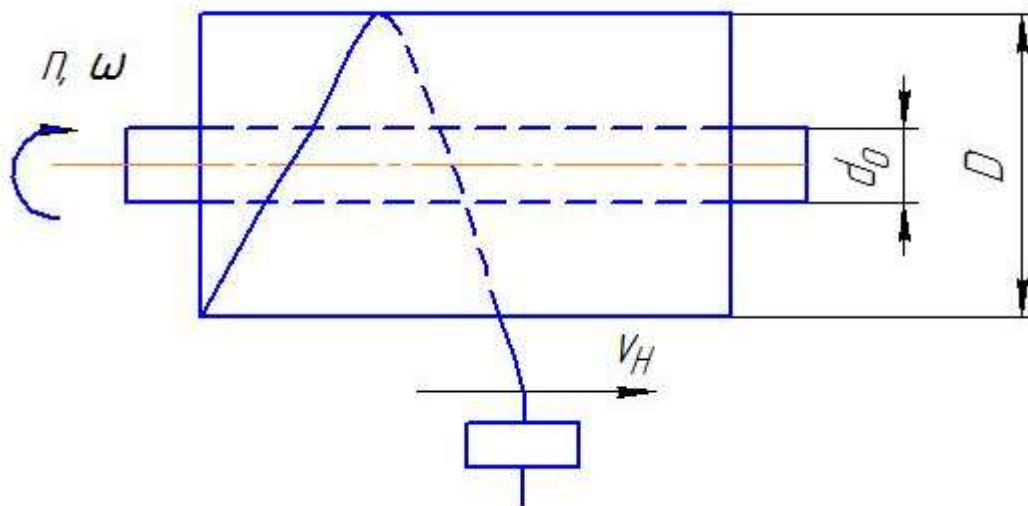


Рис. 5.3. Схема формирования цилиндрической паковки

Окружная скорость намотки нити определяется по формуле:

$$g = \pi D n \quad (5.8)$$

где D – текущий диаметр намотки мотальной паковки (бобины);

n – частота вращения паковки.

Переносная скорость движения нити вдоль образующей паковки (скорость нитеводителя) определяется по формуле:

$$\vartheta_H = nh, \quad (5.9)$$

где $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\vartheta_H}{\vartheta_o} = \frac{nh}{\pi D n} = \frac{h}{\pi D} = \frac{h_k}{\pi D i_o}$ - шаг намотки;

i_o – общее передаточное отношение от нитеводителя к веретену, создаваемое мотальным механизмом;

$h_H = \frac{2H}{k}$ – шаг намотки, или шаг пазового кулачка нитераскладчика;

H – высота намотки паковки;

k – число оборотов кулачка нитераскладчика за цикл движения нити.

Угол скрещивания витков β может быть определен из выражения:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\vartheta_H}{\vartheta_o} = \frac{nh}{\pi D n} = \frac{h}{\pi D} = \frac{h_k}{\pi D i_o}, \quad (5.10)$$

Для машин фрикционного типа $i_o = \frac{d_b}{D} = \operatorname{const}$,

где d_b – диаметр мотального барабанчика;

D – текущий диаметр намотки бобины.

Тогда $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{h_k D}{\pi D d_b} = \frac{h_k}{\pi d_b} = \operatorname{const}$;

У прецизионных мотальных механизмов [80], $i_o = \operatorname{const}$, и поскольку $h_k = \frac{2H}{k} = \operatorname{const}$, то $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$ гиперболически уменьшается с увеличением D – диаметра намотки паковки.

Пусть теперь мы будем сматывать нить с цилиндрической бобины с некоторой скоростью ϑ . Схема сматывания нити с цилиндрической паковки показана на рис.5.4. Очевидно, что при отсутствии рывков и срывов витков с поверхности паковки, скорость сматывания нити можно определить из выражения:

$$\mathcal{G} = \sqrt{\mathcal{G}_O^2 + \mathcal{G}_H^2}, \quad (5.11)$$

Рассмотрим действие сил возникающих при осевом сматывании нити, показанных на рисунке 5.4, где показана цилиндрическая бобина в осях xoy , причем ось x проходит по основанию паковки, а ось y совпадает с осью бобины. В точке М отрыва нити от паковки вектор скорости $\bar{\mathcal{G}}$ направлен по касательной к баллону сматываемой нити, совершающему вращение с угловой скоростью ω относительно оси паковки.

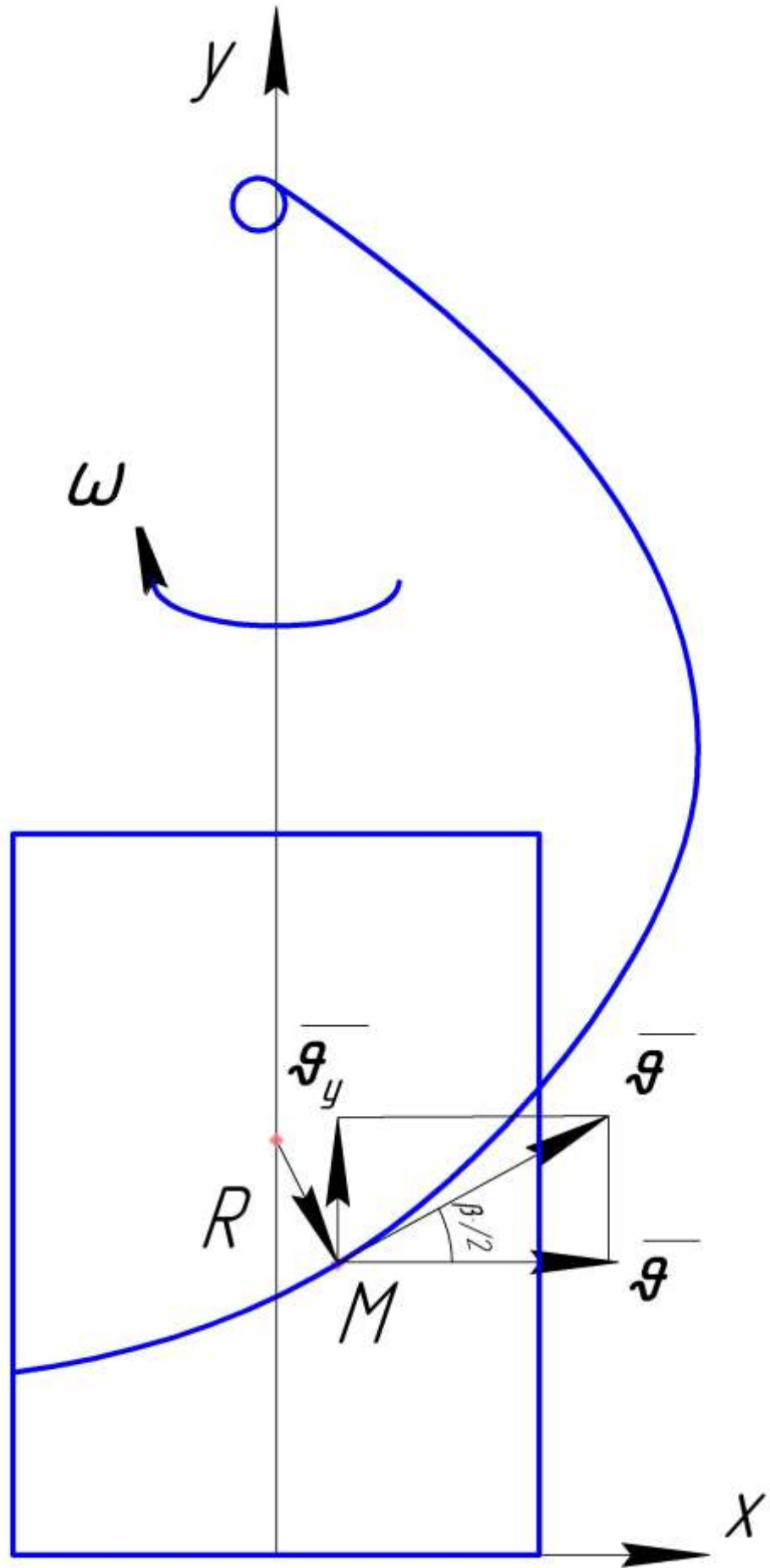


Рис. 5.4. Схема сматывания нити с цилиндрической паковки

Вектор скорости \bar{g} можно разложить на два составляющих \bar{g}_x и \bar{g}_y спроектировав их на плоскость xoy .

Угол наклона касательной \bar{g} совпадает с углом подъема витков $\frac{\beta}{2}$.

R – текущий радиус намотки паковки.

Поскольку вектор $\bar{g}_x = -a\bar{g}_o$, и $\bar{g}_y = -a\bar{g}_H$, где $a \geq 0$, то скорость сматывания нити [81] с учетом выражения $tg \frac{\beta}{2} = \frac{g_y}{g_x} = \frac{g_H}{g_o}$, откуда

$g_y = g_x tg \frac{\beta}{2}$, можно представить в виде:

$$g^2 = g_x^2 + g_y^2 = g_x^2 + g_x^2 tg^2 \frac{\beta}{2} = g_x^2 (1 + tg^2 \frac{\beta}{2}) \quad (5.12)$$

Так как

$$\sin^2 \frac{\beta}{2} + \cos^2 \frac{\beta}{2} = 1,$$

то,

$$tg^2 \frac{\beta}{2} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \frac{\beta}{2}},$$

а

$$tg \frac{\beta}{2} = \frac{hn}{\pi D n} = \frac{h}{\pi D} = \frac{h_k}{i_o \pi D},$$

то можно записать, что:

$$\mathcal{G}_x = \frac{\mathcal{G}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}} = \mathcal{G} \cos^2 \frac{\beta}{2}, \quad (5.13)$$

а

$$\omega = \frac{\mathcal{G}_x}{R} \quad (5.14)$$

Если $\frac{\beta}{2} = 0, \mathcal{G}_x = \mathcal{G}$ что соответствует сматыванию нити с вращающейся паковки, при этом угловая скорость вращения будет:

$$\omega = \frac{\mathcal{G}}{R \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}} = \frac{\mathcal{G} \cos^2 \frac{\beta}{2}}{R} \quad (5.15)$$

Если же $\frac{\beta}{2} = 24\epsilon$, то $\mathcal{G}_x = 0$ и $\omega = 0$.

То есть, осевое сматывание нити с неподвижной паковки наиболее эффективно при большом значении угла скрещивания витков β .

Рассмотрим процесс сматывания нити с бобины конической формы, схема которой показана на рис. 5.5.

На рис.5.5 видно, что в точке М, лежащей на поверхности паковки $R_x = R_I + x \operatorname{tg} \alpha$, в этом случае окружная скорость наматывания нити может быть определена по формуле:

$$\mathcal{G}_o = \omega R_x = \omega (R_I + x \operatorname{tg} \alpha), \quad (5.16)$$

где ω – угловая частота вращения бобины;

R_x – текущий радиус намотки;

R_I – радиус малого торца бобины;

α – угол конуса намотки (патрона).

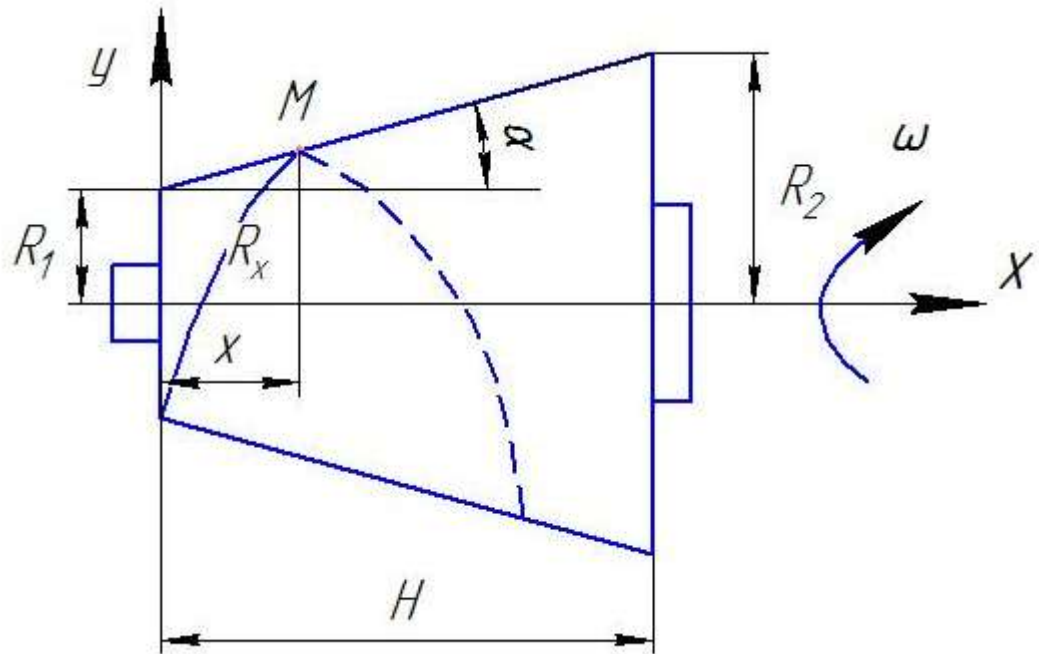


Рис. 5.5. Схема канонической бобины

Скорость нитеводителя определяется по формуле:

$$\vartheta_H = hn = \frac{\omega}{2\pi} h, \quad (5.17)$$

где h – шаг намотки.

Угол подъема витков можно найти из выражения:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\vartheta_H}{\vartheta_o} = \frac{h\omega}{2\pi\omega(R_1 + xt\operatorname{tg}\alpha)} = \frac{h}{2\pi\omega(R_1 + xt\operatorname{tg}\alpha)}, \quad (5.18)$$

так как $h = \frac{h_k}{i_o}$, то

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{h_k}{2\pi i_o (R_1 + xt\operatorname{tg}\alpha)}, \quad (5.19)$$

а

$$g_x = g \cos \frac{\beta}{2}. \quad (5.20)$$

На прецизионных мотальных машинах $h_k = const$ и $i_o = const$, поэтому угол скрещивания витков β уменьшается по мере приближения к большому торцу бобины, а, следовательно, скорость при разматывании нити будет уменьшаться в этом же направлении.

$$\omega = \frac{g_x}{R_x} = \frac{g \cos \frac{\beta}{2}}{(R_1 + tg \alpha)}. \quad (5.21)$$

Если $\alpha = 0$, и $\beta = 0$, то $R_1 = R_2 = R$, тогда

$$\omega = \frac{g \cos 0}{(R + 0)} = \frac{g}{R}, \quad (5.22)$$

что соответствует сматыванию нити с цилиндрической бобины.

Если $\frac{\beta}{2} = 90$, то $\omega = 0$, но

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{1}{R \sqrt{1 + tg^2 \frac{\beta}{2}}},$$

а

$$tg \frac{\beta}{2} = \frac{h_k}{2\pi i_o (R_1 + x tg \alpha)} \quad (5.23)$$

У прецизионных машин $h_k = \frac{2H}{k} = const$.

У машин фрикционного типа h_k – переменная величина. Например, для мотальных машин М-2 график изменения h_k от радиуса намотки паковки R_x показан на рис. 5.6.

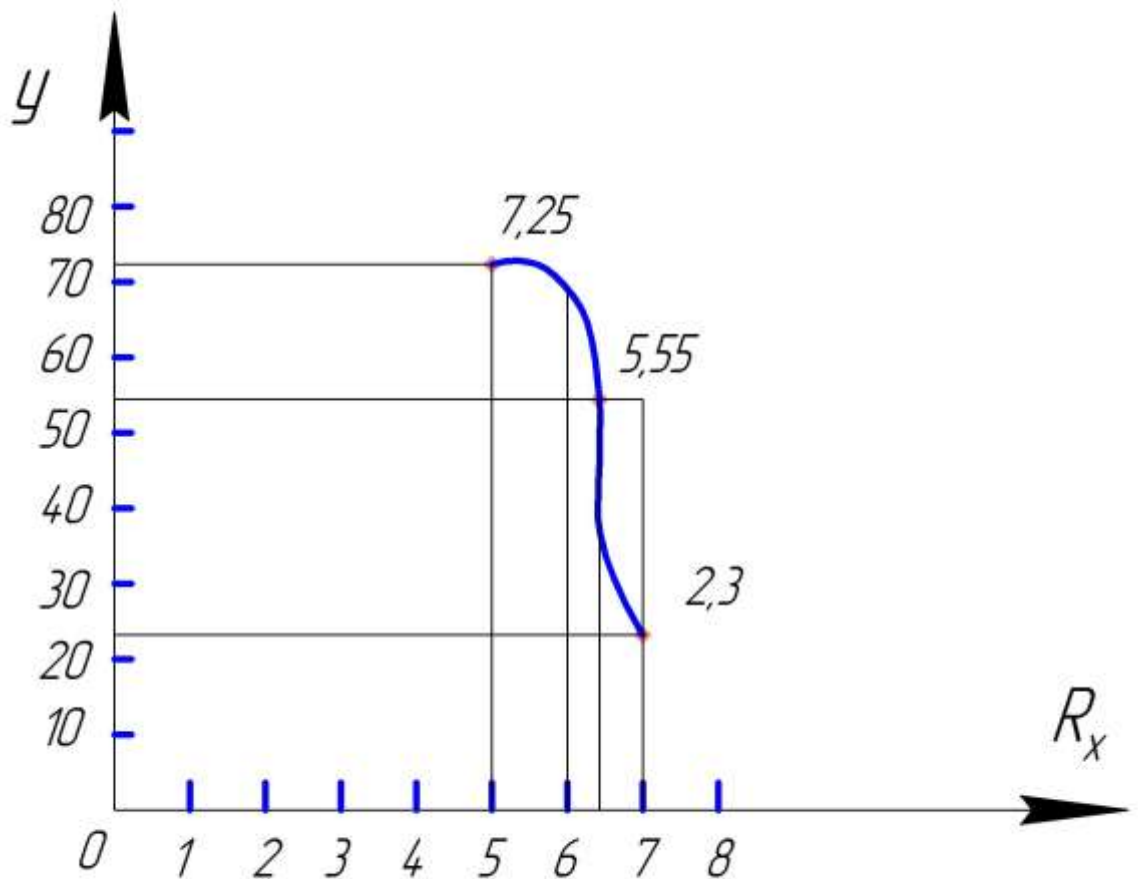


Рис. 5.6. График изменения h_k от R_x для машин фрикционного типа

Переменный характер изменения h_k приводит к хаотичному расположению нити в одном слое намотки, переменному значению угла подъема витков и, следовательно, колебанию скорости сматывания нити при сходе слоя намотки.

Таким образом, на скорость сматывания нити с мотальных паковок влияние оказывают как форма намотки, так и структура – расположения нитей; так цилиндрические бобины сомкнутой структуры намотки нитей, обеспечивают постоянство скорости сматывания нити с вращающихся паковок даже при малых значениях угла скрещивания витков.

При сматывании нити с конических бобин, формируемых на машинах фрикционного типа, угол скрещивания витков β уменьшается по мере приближения к большему торцу бобины, в том же направлении уменьшается и скорость сматывания нити в слое намотки.

При сматывании нити с конических бобин, формируемых на машинах фрикционного типа, хаотичность структуры намотки обуславливает и колебания скорости и натяжения сматываемой нити даже в одном слое ее намотки.

5.3. О линейной скорости перематывания пряжи

Вопрос об определении оптимальной скорости сматывания пряжи с мотальных паковок является актуальным для всех отраслей текстильного производства, где они используются. Выбор скоростного режима подачи нити (ее сматывания с мотальной паковки) в рабочую зону машин зависит от многих факторов, и правильное его определение позволяет, в каждом конкретном случае, обеспечить высокую экономическую эффективность процесса, высокую производительность труда и оборудования, а также высокое качество выпускаемой продукции.

Выбор скоростного режима сматывания нитей с паковок зависит [82] от:

- требуемой линейной скорости подачи нити в рабочую зону машин, для обеспечения нормального протекания технологического процесса, то есть соразмерно с ее потреблением (шитья, вязания, снования, прокладки в зеве на ткацких станках, прядения, перемотки и т.д.);

- прочностных характеристик пряжи (разрывной нагрузки одиночной нити, вида волокнистого материала и т.д.);

- структуры намотки нитей на питающей паковке (взаимного расположения витков в слоях намотки, удельной плотности намотки, формы и размеров паковки и т.д.);

-состояния технологического оборудования, уровня его автоматизации, объема затрат электроэнергии на переработку 1 кг пряжи и т.д.

Результирующим показателем эффективности выбранного скоростного режима перематывания пряжи можно было бы считать затраты (в стоимостном выражении), на переработку одного килограмма пряжи, однако и данный показатель очень трудно определить в полном объеме, так как он зависит от многих факторов.

По опыту работы ведущих предприятий, использующих мотальное оборудование и процессы сматывания нитей с бобин известно, что повышение линейной скорости сматывания пряжи позволяет повышать производительность труда и оборудования только до определенного уровня. После этого происходит либо повышение обрывности пряжи и снижение производительности труда мотальщиц, из-за повышения обрывности (из-за снижения КПВ-коэффициента полезного времени работы машины), либо снижение производительности оборудования (из-за увеличения времени его простоев на профилактическом обслуживании, из-за быстрого перегрева подшипников, износа деталей и т.д.).

Повышение скоростного режима сматывания пряжи выше определенного уровня, для каждого ее вида, приводит к резкому повышению выхода угаров (отходов) дорогостоящего сырья, что, в свою очередь, приводит к удорожанию выпускаемой продукции.

Учитывая вышеизложенное, за основные критерии, по которым следует определять «оптимальную» линейную скорость сматывания нити с паковок, по нашему мнению, следует принимать:

максимальную производительность труда рабочих обслуживающих оборудование, потребляющее нити с паковок;

минимальное количество отходов пряжи образующихся в процессе работы машин (минимальная обрывность);

максимальную производительность оборудования при минимальных энергозатратах на переработку одного килограмма нити;

качество выпускаемого продукта (свойства пряжи до и после перематывания).

Так в работе [83] отмечается, что: «при постоянной обрывности пряжи производительность веретена возрастает пропорционально скорости, а производительность труда мотальщицы почти не изменяется. С увеличением прядильной паковки, производительность мотального веретена (оборудования) повышается незначительно, а производительность труда при перематывании возрастает почти пропорционально длине нити на початке. Увеличение прядильной паковки способствует также уменьшению числа узлов в пряже после перематывания», (т.е. снижению отходов пряжи и улучшению качества выпускаемой продукции).

Здесь же отмечено, что автоматизация процесса перематывания пряжи приводит к повышению производительности труда при перематывании в 1,5÷2 раза. Однако при этом делается оговорка о том, что это данное повышение возможно только при условии малой обрывности пряжи.

По нашему мнению, главное, на что следует обратить внимание при изучении процесса схода нити с питающих паковок, это импульсное ее движение и дискретный характер процесса. Чаще всего скорость сматывания нити с паковки и ее длина, подаваемая в рабочую зону машин, определяется длительностью рабочего цикла оборудования (время прокладывания уточной нити в зеве, время образования петельного ряда, стежка и т.д.), т.е. сматывание нити осуществляется рывком. Среднюю скорость движения нити V_{cp} при этом можно вычислить путем определения массы пряжи расходуемой за один рабочий цикл [84]

$$V_{cp} = \frac{100 \cdot M}{t}, \quad (5.24)$$

где M – масса нити, сматываемая с питающей паковки за время t ;

t – время одного цикла работы оборудования (один рывок при сматывании нити).

$$M = m \cdot l, \quad (5.25)$$

где m – масса единицы длины нити, г;

l – длина нити сматываемой с паковки за один рабочий цикл процесса.

Для более подробного изучения и экспериментального подтверждения теоретических выводов была создана установка для исследования процесса сматывания нити с паковок различного вида, схема которой показана на рисунке 5.7. На рисунке 5.8 показано фото установки.

Установка состоит из бобинодержателя 1, глазка нитеприемника 2 тензометрической установки, позволяющей замерять натяжение сматываемой нити и включающей усилитель 3 и осциллограф 4. Далее нить направляется в механизм подачи нити, состоящий из приводного барабана 5 и прижимного ролика 6. Данный механизм связан со спидометром 7 и позволяет определять мгновенное значение числа оборотов барабана и линейной скорости сматывания нити с паковки, изменение которой осуществляется с помощью электродвигателя постоянного тока 8. Сматываемая с паковок нить собиралась в приемном бункере 9. Приводной барабан снабжен электромагнитным тормозным механизмом, связанным с приводом.

Диаметр приводного барабана $5 - D_{\sigma}$ был выбран таким, что за один его оборот с питающей паковки сматывалась нить длиной:

$L = \pi D_{\sigma} = 0,832 \text{ м}$, т.е. $D_{\sigma} = 0,26 \text{ м}$, при этом показания спидометра соответствовали:

При одном обороте барабана в секунду скорость сматывания нити составляет:

$$V = \pi D_{\sigma} \cdot n_{\sigma} = 0,832 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 50 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 3000 \frac{\text{м}}{\text{час}};$$

При $n_{\sigma} = 20 \text{ об / с}$.

Скорость сматывания нити составляет:

$$V = \pi \cdot 0,256 \cdot 20 = 16,64 \frac{M}{c} \approx 1000 \frac{M}{мин}$$

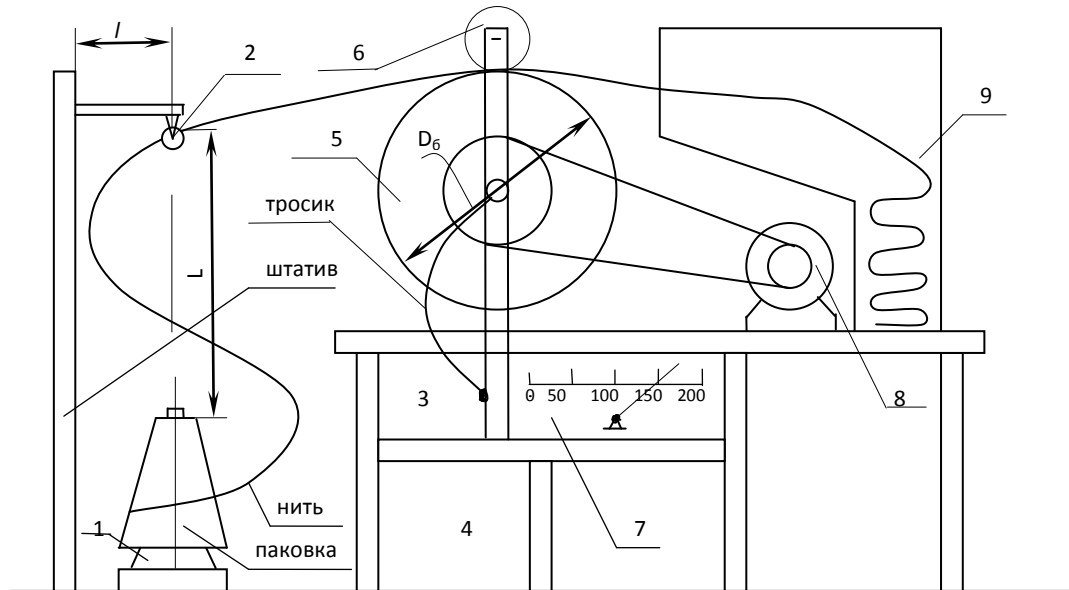


Рис. 5.7. Схема установки для исследования процесса смачивания нити с паковок различного вида.



Рис. 5.8. Фото установки для исследования процесса сматывания нити с паковок различного вида.

Экспериментальная установка позволяет проводить комплексные исследования изменения величины натяжения нити в зависимости от различных факторов:

а) вида питающей паковки (бобина, початок, ракета-бобина, катушка и т.д.);

б) скорости сматывания нити (частоты вращения приводного барабана);

в) формы паковки и направления сматывания нити (с наружной или внутренней поверхности паковки);

г) влияния размеров и формы баллона (путем изменения положения питающей паковки относительно глазка нитеприемника тензометрической установки и т.д.

Одной из задач, решаемой в ходе эксперимента, была задача определения натяжения сматываемой рывком нити, с учетом изменения массы сматываемой нити и возникновения реактивной составляющей натяжения.

Реактивная составляющая натяжения нити:

$$R = (U - V) \frac{dM}{dt}, \quad (5.26)$$

где U - скорость частиц нити до присоединения к общей массе движущейся нити с момента отрыва ее от паковки.

Поскольку $U = 0$, то имеем

$$R = R = -V \frac{dM}{dt} = -Vm \frac{dl}{dt} = -mV^2. \quad (5.27)$$

Знак минус в уравнении 5.7 показывает, что реактивная составляющая натяжения нити направлена против скорости движения нити, то есть в ту же

сторону, что и сила трения нити о направляющие оборудования. В результате этого возникают дополнительные растягивающие нить усилия, которые могут привести к ее обрыву и снижению линейной скорости движения нити (снижению скорости полета челнока или прокладчика в зеве на ткацких станках).

5.4. Исследование процесса сматывания нити с бобин застилистой структуры намотки на малых скоростях

При производстве на кругловязальных машинах полурегулярного трикотажа, особенно при вязании верхнего трикотажа, предусматривающего заработку начала изделия с прокладыванием разделительного ряда, качество изделий зависит во многом от стабильности натяжения нити. При переходе от вязания одного участка изделия к другому может происходить существенное изменение потребления нити в одной и той же системе, поэтому применение принудительной нитеподачи на этих машинах затруднено. Поэтому актуальным является вопрос о стабилизации натяжения нити в условиях пассивной ее подачи на кругловязальных машинах.

Известно [85], что существенное влияние на процесс вязания и стабильность размеров выпускаемых изделий оказывает входное натяжение нитей, сматываемых с бобин, которые могут отличаться различной структурой намотки. Несмотря на большое разнообразие структур намоток мотальных паковок, разработанных текстильщиками, это бобины сомкнутой, замкнутой, сотовой, параллельной и т.д. намотки, в качестве питающих паковок на кругловязальных трикотажных машинах используются бобины застилистой структуры намотки, формируемые на мотальных машинах и автоматах фрикционного типа. Данные паковки характеризуются нестабильной структурой намотки и хаотичным расположением витков нити как в осевом, так и в радиальном направлениях бобины.

При низких скоростях сматывания нити с бобин застилистой структуры (от 1 до 2,5 м/с), которое имеет место на трикотажных машинах силы начального натяжения нити, зависят главным образом от статического положения витка нити на поверхности намотки бобины, а также от давления вышележащих на нижележащие слои. Размеры, форма и кратность баллона

не оказывают в данном случае существенного влияния на характер изменения входного натяжения. Однако, величина силы нормального давления нити, а, следовательно, и врезание верхних витков в толщу намотки (врезание и заклинивание витков, затрудняющих сматывание нити), зависит в первую очередь от ее натяжения в намотке.

Поэтому, актуальными являются исследования зависимости изменения натяжения нити внутри бобины от структуры их намотки.

Для исследования данного вопроса рассмотрим фрагмент разреза торца бобины застилистой структуры, сформированной на мотальной машине М-2, и показанный на Рис.5.9.

Координата x , определяющая глубину намотки может быть рассчитана по формуле:

$$x = R - \rho, \quad (5.28)$$

где R - внешний радиус намотки мотальной паковки;

ρ - Текущий радиус намотки мотальной паковки.

Рассмотрим элемент витка и определим силу нормального давления элемента нити на намотку [1]:

$$dN = t \cos^2 \frac{\beta}{2} d\alpha. \quad (5.29)$$

Найдем число полных витков нити в одном объемном слое намотки, из рисунка 5.10.

$$\Delta V = 2\pi\rho H \cdot \Delta\rho, \quad (5.30)$$

где H -высота намотки паковки;

$\Delta\rho$ -толщина объемного слоя катушки.

Масса нитей в объемном слое катушки может быть найдена из формулы:

$$\Delta G = \gamma \cdot V = 2\pi r \gamma \cdot H \cdot \Delta\rho. \quad (5.31)$$

Длина нити в рассматриваемом объемном слое из рисунка 5.10:

$$l = \frac{2\pi\rho}{\cos\frac{\beta}{2}}. \quad (5.32)$$

Следовательно, масса одного витка катушки будет равна:

$$g = \frac{l \cdot T}{1000} = \frac{2\pi\rho T}{1000 \cos\frac{\beta}{2}}. \quad (5.33)$$

Число витков в объемном слое катушки будет равно:

$$i = \frac{\Delta G}{g} = \frac{2\pi\rho \cdot \gamma \cdot H \Delta\rho}{2\pi\rho T} 1000 \cos\frac{\beta}{2} = \frac{1000\gamma \cdot H \cdot \Delta\rho}{T} \cos\frac{\beta}{2}. \quad (5.34)$$

Следовательно, суммарное натяжение всех витков в одном объемном слое катушки:

$$K = t \cdot i = \frac{1000\gamma \cdot H \cdot \Delta\rho \cdot t}{T} \cos\frac{\beta}{2}. \quad (5.35)$$

Соответственно суммарная нормальная сила давления витков на катушку будет равна:

$$\Delta N = i \cdot dN = \frac{1000g \cdot H \Delta\rho}{T} t \cos^3\frac{\beta}{2} d\alpha. \quad (5.36)$$

Площадь под витками элементарного объемного слоя катушки:

$$S = \rho \cdot H \cdot d\alpha. \quad (5.37)$$

Тогда величина удельного давления слоя намотки толщиной $\Delta\rho$ составит:

$$\begin{aligned}\Delta g &= \frac{\Delta N}{S} = \frac{1000g \cdot H \cdot \Delta\rho \cdot t d\alpha}{T \rho H d\alpha} \cos^3 \frac{\beta}{2} = \\ \Delta g &= \frac{1000t \cdot \gamma \cdot \Delta\rho}{T \cdot \rho} \cos^3 \frac{\beta}{2}\end{aligned}\quad (5.38)$$

Следовательно, удельное давление вышележащего слоя на нижний слой может быть определено по формуле:

$$g = \int_r^R \frac{1000t \cdot \gamma \cdot \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T \cdot \rho} d\rho = \frac{1000t \cdot \gamma \cdot \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \int_r^R \frac{d\rho}{\rho};$$

$$g = \frac{1000t \cdot \gamma \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \ln \frac{R}{r}$$

Очевидно, что удельное давление вышележащих витков намотки на нижние будет возрастать с ростом диаметра намотки мотальных паковок, а, следовательно, «врезанию» в толщу намотки подвержены в большей степени

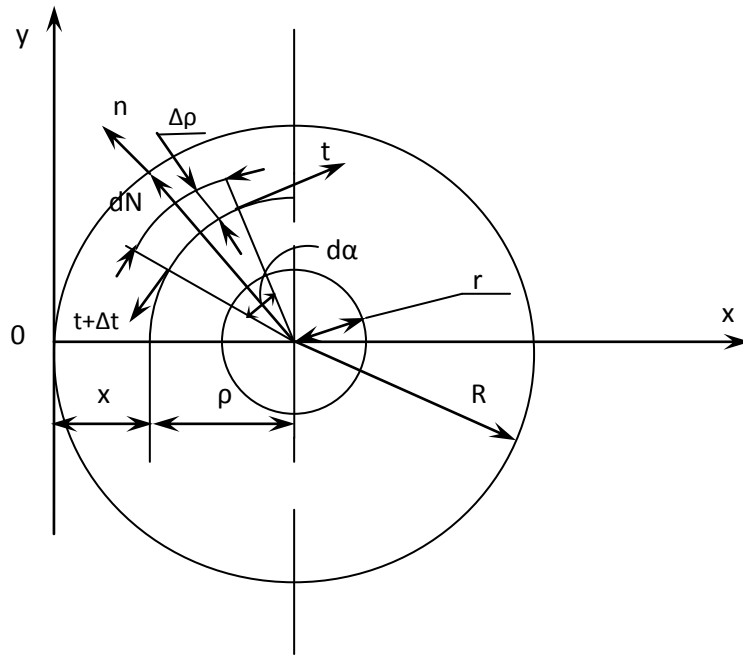


Рис.5.9 Торце бобины застиистой структуры.

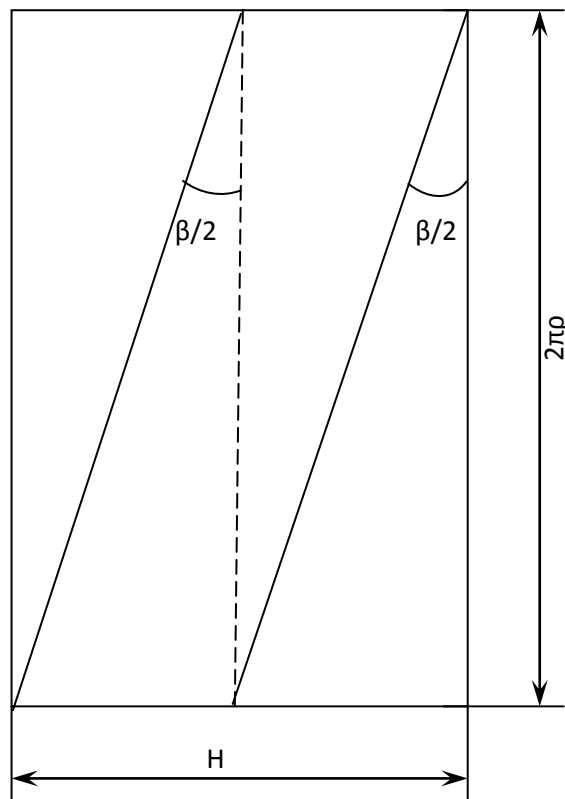


Рис. 5.10 Развертка объемного слоя

нижние слои намотки бобин, прилегающие к патрону, что и обуславливает повышение обрывности нити при сматывании последних слоев с бобин застилистой структуры намотки. Это обстоятельство приводит к образованию так называемых «начинков», которые образуются вследствие недоработки бобин и образованию повышенного выхода отходов (угаров) пряжи даже при малых скоростях сматывания нити.

Таким образом, можно отметить, что структура намотки мотальных паковок и распределение натяжения витков внутри намотки бобин оказывают существенное влияние на процесс схода нити даже при низких скоростях сматывания нити, а суммарное натяжение нитей в намотке будет зависеть от ее структуры намотки, угла скрещивания витков и линейной плотности нитей.

При этом удельное давление верхних витков на нижележащие слои намотки является логарифмической функцией радиусов паковки.

5.5. Оптимизация способов питания станков бесчелночных ткацких станков утком с помощью бобин ракетной формы

В настоящее время на текстильных предприятиях используются различные способы питания утком станков СТБ и различные виды мотальных паковок. Чаще всего питание утком производится с конических бобин застилистой структуры намотки, сформированных на мотальных машинах фрикционного типа, реже используются нитенакопители утка и крайне редко в качестве уточных питающих паковок используются бобины увеличенных габаритов сомкнутой структуры намотки – типа «ракета». Данные различия в способах питания станков типа СТБ утком объясняются наличием или отсутствием на предприятиях нитенакопителей, а также наличием того мотального оборудования, на котором формируются уточные паковки. Главной целью использования того, или иного способа питания утком является снижение неравномерности натяжения нити утка при ее

прокладывании через зев (снижение рывков), а, следовательно, отказов работы станка из-за обрыва уточной нити, или потери ее прокладчиком (снижение отходов дорогостоящего сырья и повышение качества выпускаемой продукции).

Изучение данного вопроса проводилось в работе [86], где отмечается, что в результате измерения величины натяжения уточных нитей сматываемых с уточных паковках и различных способах питания утком станков СТБ, при всех прочих равных условиях, определяющим фактором является вид паковки, структура намотки нитей и направление сматывания (с внешней или внутренней поверхности паковки). Минимальное значение натяжения уточной нити, по мнению авторов, обеспечивают трубчатые паковки типа «ракета» формируемые на мотальных машинах фирмы «Сажем» Франция.

В настоящее время таких машин уже не выпускается, а отечественных мотальных машин формирующих бобины ракетной формы нет.

С целью изыскания оптимальных мотальных паковок, которые обеспечивали бы наилучшие условия схода с них нити при высокоскоростном сматывании, нами были сформированы мотальные паковки ракетной формы на специально созданной для этой цели машине, схема и фото которой показана на рисунке 5.11а и 5.11б соответственно.

Нить с прядильного початка 1 раскладывается на специальный конусообразный патрон 3 с помощью прорезного мотального барабанчика 2, закрепленного на каретке 4, перемещающейся по направляющим 5.

Диаметр паковки ракетной формы составляет 200 мм; диаметр патрона $d_0 = 110$ мм, а высота паковки $L = 500$ мм. Сомкнутая структура намотки позволила обеспечить удельную плотность намотки п/ш пряжи линейной плотности 150 текс 0,63 г/см³. Масса пряжи на бобине ракетной формы составила 6 кг.

Для получения достоверных данных о величинах натяжения при различных способах питания утком нами был проведен эксперимент с

помощью тензометрической установки. Экспериментальные исследования проводились на станке СТБ-2-220 при выработке ткани «Москвичка» артикул 49133. При этом техническое состояние станка, наладка механизмов, условия обслуживания были одинаковыми. Линейная плотность уточной пряжи оставалась постоянной, и менялся лишь вид паковки и способ питания утком ткацкого станка. Питание утком осуществляли:

- с обычной бобины застилой структуры намотки сформированной на машине фрикционного типа, массой 2,3 кг;
- с нитенакопителя барабанного типа;
- с бобины ракетной формы.

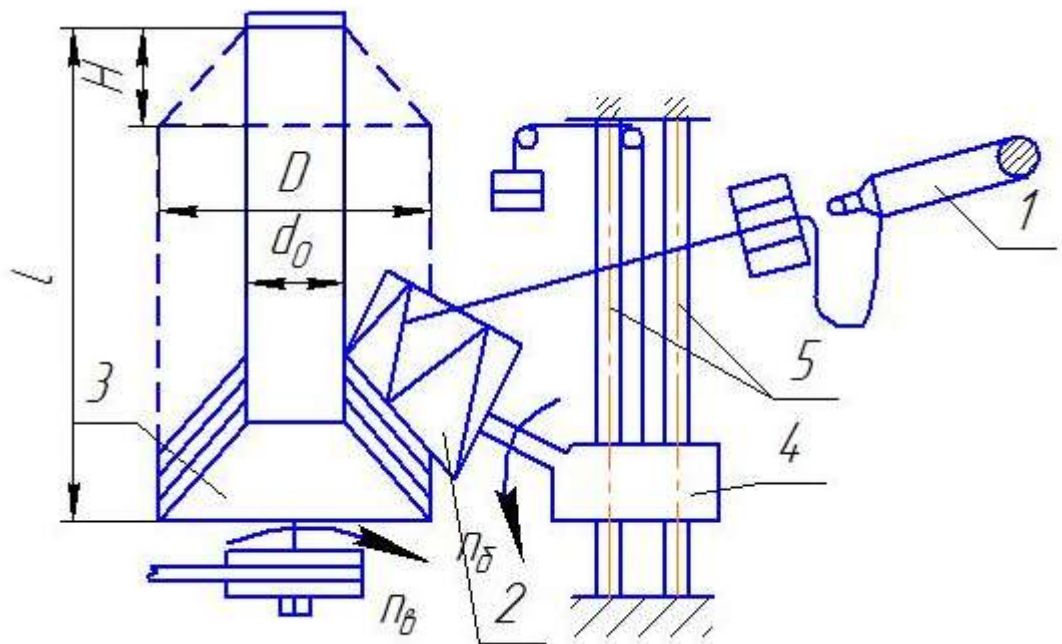


Рис. 5.11а. Схема механизма раскладки нити на бобине ракетной формы с помощью мотального барабанчика



Рис. 5.116. Фотография машины

Замер натяжения уточных нитей с помощью тензометрической установки проводился на запланированных диаметрах бобин, при этом схема заправки уточной нити при работе с бобины ракетной формы показана на рисунке 5.12.

Замеры натяжения производились при трех значениях угла закручивания торсионного вала – 26° ; 29° ; 32° .

Полученные в ходе эксперимента данные сведены в таблицу 5.1. Как видно из таблицы 5.1, в которой приведены данные эксперимента, минимальное значение натяжения сматываемой нити утка из трех анализируемых способов обеспечивается в третьем случае, при работе с бобины ракетной формы.

При этом средние значения натяжения утка было примерно в 2 раза ниже по сравнению с натяжением уточной нити при питании станка с

бобины крестовой намотки и в 1,5 раза ниже, чем при работе с нитенакопителя.

Таблица 5.1

| № п/п | Вид питания утком | Максимальное среднее значение натяжения (сН) при различных φ^0 | | | Среднеинтегральное значение натяжения (сН) при различных углах закручивания торсионного вала станка СТБ | | |
|----------|--|---|--------|----------|---|--------|--------|
| | | 26^0 | 29^0 | 32^0 | 26^0 | 29^0 | 32^0 |
| 1. | Бобина крестовой намотки - диаметр, мм 95 160 200 | 81 | 79 | 86 | 79,3 | 78,4 | 80,2 |
| | | 26 | 25 | 28 | 25,8 | 29,3 | 30,3 |
| | | 37 | 40 | 41 | 36,7 | 35,2 | 38,3 |
| | | | | | | | |
| 2. | Накопитель барабанного типа | 53 | 49 | 51, 3 | 52,1 | 34,6 | 48,7 |
| | | | | | 53,0 | 35,2 | 50,1 |
| | | | | | 52,7 | 33,3 | 49,2 |
| 3. | Бобины ракетной формы | 39 | 41 | 42 | 39,7 | 39,7 | 38,3 |
| | | | | | 37,3 | 40,1 | 39,7 |
| | | | | | 36,5 | 37,8 | 38,4 |

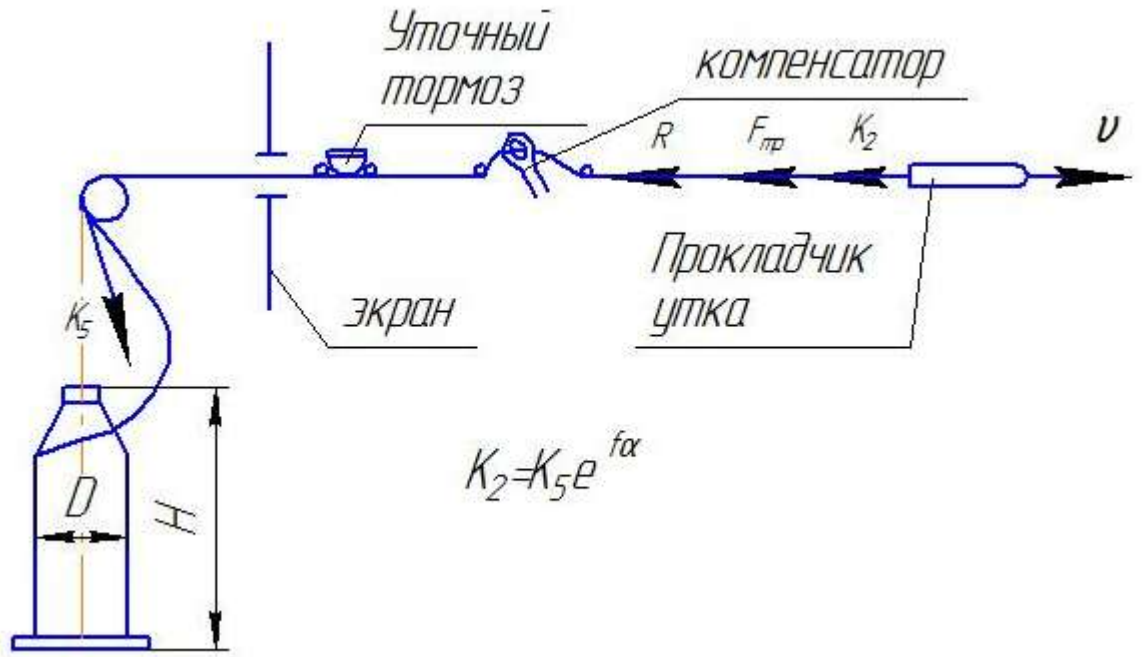


Рис. 5.12. Схема заправки уточной нити на станке СТБ

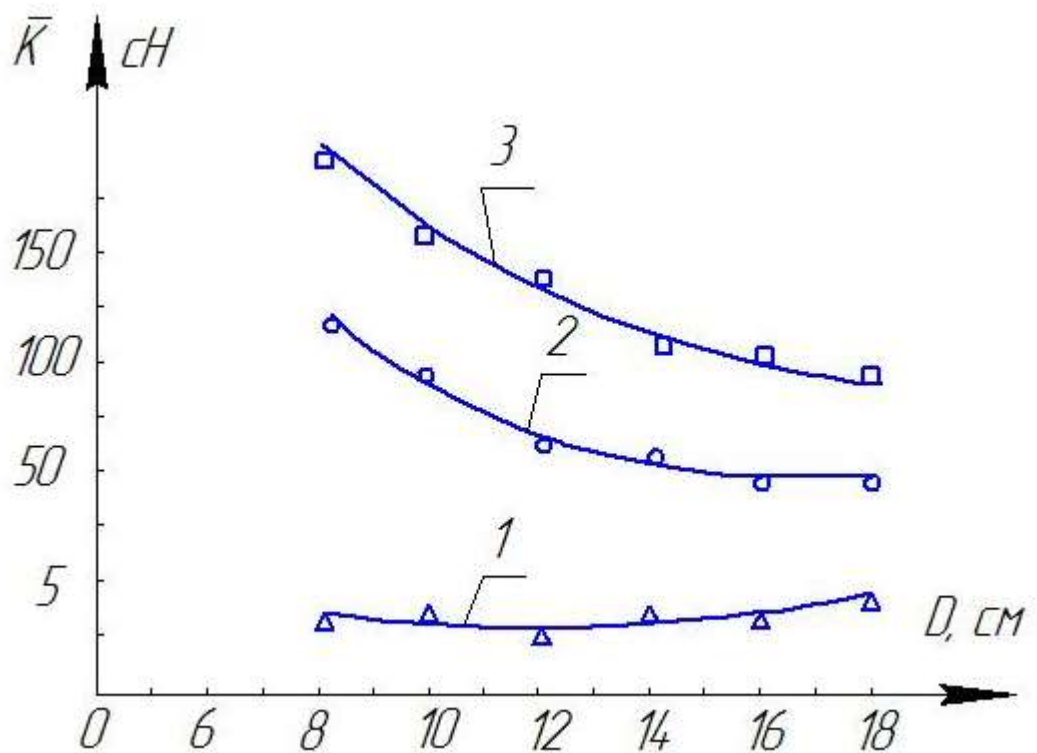


Рис. 5.13. Зависимость изменения натяжения нити от диаметра намотки бобин при сматывании бобин различной структуры

На рисунке 5.13 показаны графики изменения натяжения уточных нитей в зависимости от диаметра намотки бобин застилистой структуры; кривая 3 при работе с нитенакопителем, кривая 2, и при работе с бобин ракетной формы – кривая 1.

Из анализа данных таблицы 5.1 и графиков 5.13 можно сделать вывод о том, что максимальное снижение неравномерности натяжения нити утка и его величины будет наблюдаться при работе с бобин ракетной формы.

5.6. Экспериментальные исследования процесса сматывания нитей с уточных паковок

В целях экономии сырьевых ресурсов, особенно из натуральных волокон, предприятия текстильной промышленности и ученые текстильных вузов систематически занимаются изучением причин обрывности уточной пряжи при выработке тканей технического назначения на механических ткацких станках и разрабатывают мероприятия по устранению этих причин. Разработанные мероприятия позволяют не только значительно сократить обрывность уточной пряжи, а, следовательно, и объемы отходов дорогостоящего сырья, но и существенно повысить производительность труда и оборудования, а также качество выпускаемой продукции [87].

В условиях ОАО «Ковротекс» г. Димитровград при выработке технических сукон наблюдается высокая обрывность уточной пряжи, в результате чего назрела острая необходимость выявления причин ее возникновения и разработки мероприятий по снижению объемов отходов утка в ткачестве.

Как показывает более чем 30-летний опыт работы предприятия, причинами повышенной обрывности уточной пряжи и повышенного выхода отходов (угаров) дорогостоящего сырья могут быть:

низкое качество пряжи поступающей из прядильного производства;

не удовлетворительная наладка оборудования, приводящая к повышенному натяжению нитей утка в процессе перемотки и ткачества (в процессе схода нити с паковки);

неравновесность пряжи вследствие пересыхания нитей или высокой их электризуемости;

низкое качество структуры намотки уточных паковок (рыхлая намотка и малая длина нити на паковке) и т.д., что приведет к неравномерному натяжению нити.

Несмотря на большой опыт работы предприятия и проводимые мероприятия, уровень обрывности уточной пряжи остается очень высоким, это говорит о том, что причины обрывности уточной пряжи изучены мало, и нет удовлетворительных решений и рекомендаций по снижению этого показателя.

В данной работе проведен анализ влияния на величину натяжения нитей утка и их обрывность таких факторов как: вид питающей паковки, зоны сматывания нити и ее длины на паковке. Косвенно определялось влияние структуры намотки нити утка на паковку. Так, при «слабой» намотке початков, образуются так называемые «оклёвыши» (остатки уточной нити на паковке не подлежащие разматыванию без обрывов), которые ткачиха, боясь потерять «раз» заранее удаляет из челнока и они идут в отходы. Исследования проводились при выработке технической ткани арт.88, на механических ткацких станках «FPS» (Бельгия), где потери уточной пряжи достигают 4% от общего объема перерабатываемого сырья. В качестве уточных нитей используются нити из п/ш пряжи линейной плотности $T_y = 250 \times 2$ (текс).

А в качестве уточных паковок помещаемых в челнок в ходе эксперимента, попеременно использовались уточные шпули формируемые на уточно-мотальном автомате «Хакоба», модернизированном уточно-мотальном автомате УА, трубчатые початки формируемые на бельгийских

уточно-мотальных машинах с вертикальным расположением веретен типа «DELERUE» модели С0, трубчатые початки с обычного и модернизированного отечественного уточно-мотального автомата с горизонтальным расположением веретен АТП-290. Формируемые при этом уточные паковки имели равные геометрические размеры: длину $H=400$ мм и диаметр 50 мм. Незначительные конструктивные изменения крепления уточных паковок в челноке позволили провести эксперимент при следующих различиях в уточных паковках:

разных условиях разматывания нити:

- а) с наружной их поверхности (при работе со шпуль);
- б) с внутренней поверхности (при работе с трубчатых початков);

разных массах уточных паковок (из-за различий в структуре намотки нитей сомкнутые, разомкнутые), а, следовательно, разной длине нити в паковке;

при различном натяжении нитей по какой-либо причине;

различной массы челнока в каждом конкретном случае и, следовательно, различных реактивных составляющих натяжения уточной нити при полете через зев;

различной частоте смен уточных паковок из-за различной длины нити намотанной на них.

Следует учесть, что при формировании уточных паковок различного вида затрачивается различное время (трудозатраты) работницами preparatory отдела. И чем крупнее формируемая уточная паковка (чем больше на ней длина уточной нити), тем выше не только производительность труда мотальщиц и оборудования мотального цеха, но и тем выше коэффициент использования внутреннего объема челнока, а, следовательно, и производительность ткачих (из-за снижения числа смен уточных паковок), сокращения времени на обслуживание оборудования.

Полученные в ходе эксперимента данные фиксировались и сводились в таблицу 5.2.

Для проведения эксперимента по определению влияния вида уточной паковки (уточная шпуля или трубчатый початок) на величину натяжения нити, а также влияния направления сматывания нити (с наружной или внутренней поверхности паковки), с помощью тензометрической установки определялось среднее значение величины натяжения уточных нитей в четырех зонах паковки по ее высоте (от 0 до 400 мм, через 100мм), то есть в начале, средней части и в конце намотки паковки.

Таблица 5.2

| № п/п | Наименование уточной паковки | Средние показатели на 10 штук | | | | |
|----------|--|-------------------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------------|---|
| | | Объем паковки | Масса нити | Удельная плотность намотки | Длина нити на паковке | Обрыв ность нити утка |
| | Ед. измерения | см ³ | г | г/см ³ | м | число обрывов на 10 ⁶ м |
| 1 | Уточная шпуля «Хакоба» | 320 | 131,2 | 0,41 | 295,2 | 0,0075 |
| 2 | Уточная шпуля с модернизир. «УА» | 180 | 46,44 | 0,43 | 104,45 | 0,007 |
| 3 | Трубчатый початок с немодернизирован ного АТП-290 | 418 | 225 | 0,574 | 506,25 | 0,006 |
| 4 | Трубчатый початок с машины DELERUE (C0) | 498 | 275,76 | 0,55 | 620,48 | 0,0113 |
| 5 | Трубчатый початок сомкнутой структуры с АТП- 290 | 517,32 | 299,8 | 0,58 | 674,77 | 0,01 |

Замеры изменения величины натяжения уточных нитей в процессе сматывания и определение зоны обрывов нити на паковке проводилось по мере сматывания ее из челнока со скоростью 12 м/сек, (при всех видах уточных паковок). Результаты эксперимента обрабатывались с помощью статистических методов, в ходе которых были получены средние значения величины натяжения уточных нитей и распределение обрывов нити утка по четырем исследуемым зонам паковок. По результатам обсчета экспериментальных данных были построены графики (Рис.5.14) зависимости средней величины натяжения утка от вида уточной паковки и зоны сматывания.

На рисунке 5.14 кривая соответствует изменению средней величины натяжения уточной нити сматываемой со шпуль, формируемых на модернизированных уточно-мотальных автоматах УА.

Кривая 2 – соответствует изменению среднего натяжения по зонам паковок формируемых на уточно-мотальных автоматах «Хакоба».

Как видно из графиков сматывание уточной нити с наружной поверхности уточных шпуль приводит к резкому возрастанию величины натяжения уточных нитей в четвертой зоне паковки (в конце шпули), что соответствует и увеличению обрывности нитей при разматывании «гнезда» намотки. Это объясняется и увеличением силы трения уточной нити о шпулю и стенки челнока.

Кривая 3 на графике соответствует процессу сматывания уточной нити с обычного трубчатого початка, формируемого на уточно-мотальном автомате АТП -290. Данная кривая характеризует неравномерную структуру намотки початка, но величина натяжения в начале и в конце сматывания нити (изнутри початка) изменяется незначительно, что более предпочтительно, чем при работе со шпуль.

Кривые 4 и 5 соответственно построены по данным, полученным при использовании трубчатых початков с уточно-мотальных машин «DELERUE» и модернизированного автомата АТП-290, позволяющего формировать

трубчатые початки сомкнутой структуры намотки. В данном случае длина нити на паковке имеет максимальные значения, а колебания натяжения уточной нити при сматывании из любой зоны початка минимальны, что характеризуется постоянством структуры початков сомкнутой намотки, их стабильной удельной плотностью, высокой стойкостью паковки к механическим воздействиям, что и обеспечивает низкую обрывность утка.

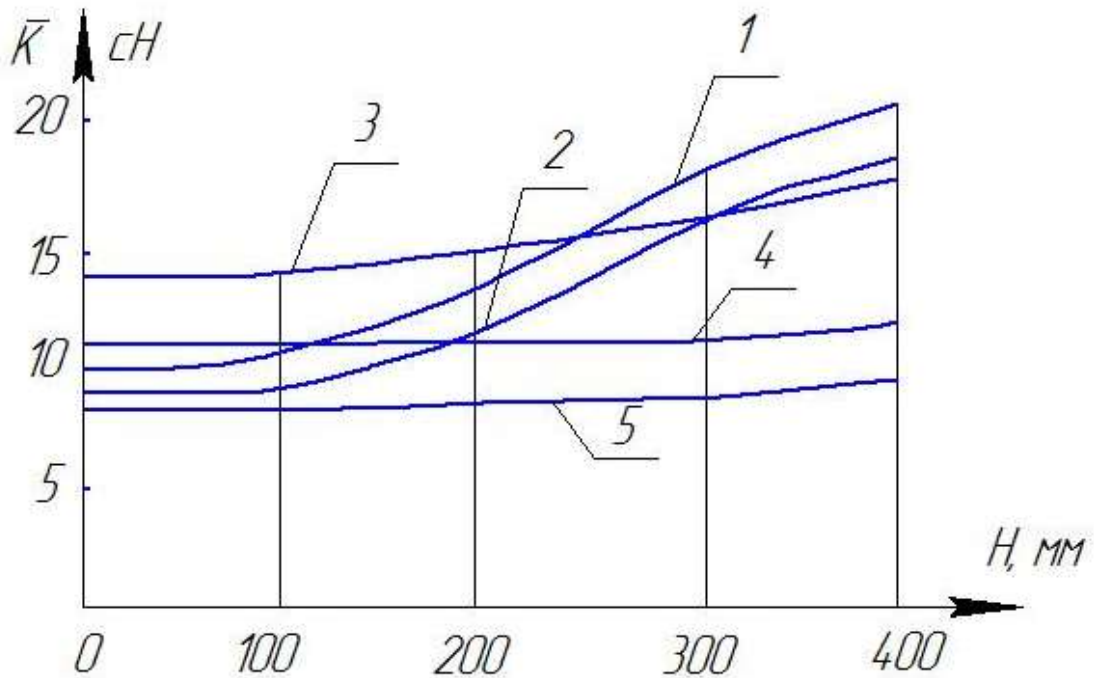


Рис. 5.14. График изменения средней величины натяжения уточной нити от зоны паковки.

В ходе эксперимента проводился расчет количества отходов уточной пряжи в ткачестве по методике, изложенной в работе [88], с учетом длины нити на каждой уточной паковке и количеством отходов приходящихся на каждую из них (с учетом числа обрывов уточной нити).

По итогам статистической обработки экспериментальных данных были построены графики изменения обрывности утка от длины нити на питающей паковке (Рис.5.15). Скоростные режимы движения челнока (сила боя) не изменялась ($V \approx 12 \text{ м/с}$).

Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением длины нити на паковке и при более упорядоченной структуре взаимного расположения нитей в намотке (у паковок сомкнутой структуры) величина обрывов нитей утка снижается, что обеспечивает повышение эффективности процесса ткачества и снижение отходов уточной пряжи.

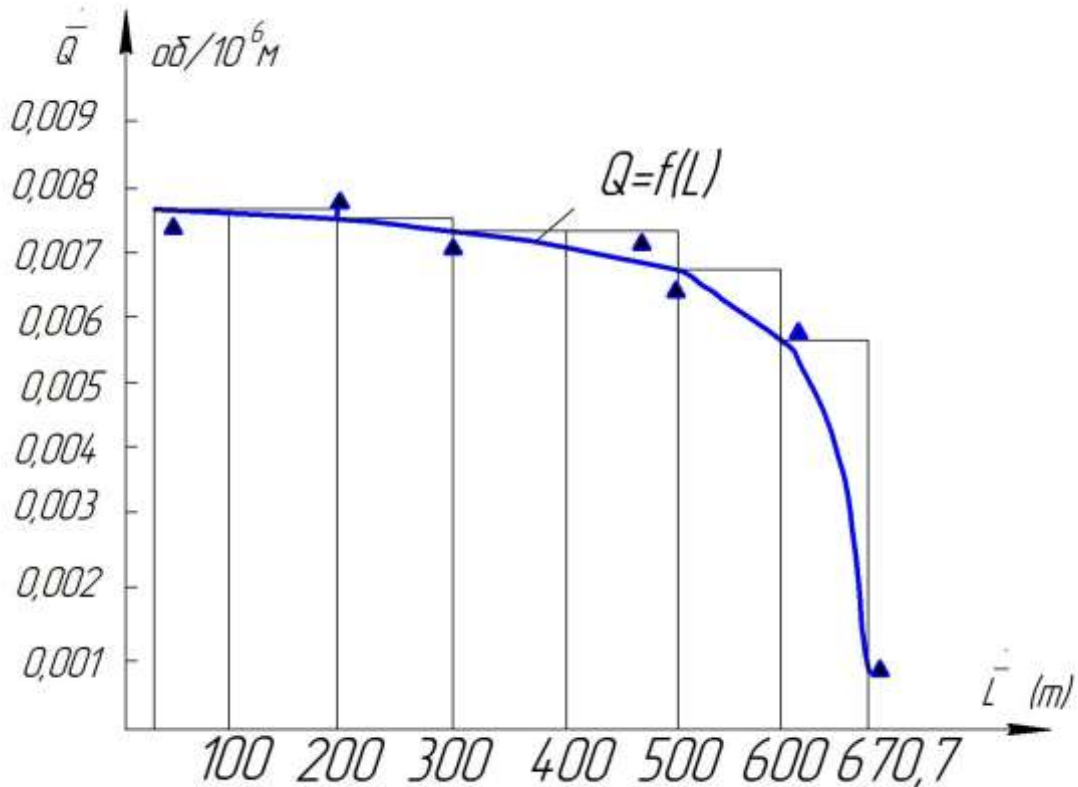


Рис. 5.15. Зависимость обрывности нити утка от длины ее на питающей паковке.

Экспериментальные исследования процесса сматывания нитей с уточных мотальных паковок различной формы и структуры, проведенные в условиях ОАО «Ковротекс» г. Димитровград при выработке технических сукон на механических ткацких станках позволяют выбрать пути его оптимизации и снижения отходов уточной пряжи, и сделать следующие выводы.

Выводы по разделу 5

1. Задача создания бобин такой структуры, которая при высокой и неравномерной скорости сматывания с них нити обеспечила бы более или менее постоянное и равномерное ее натяжение по мере срабатывания является актуальной.

2. Расчет заправочного натяжения нити, сматываемой с питающей паковки, необходимо с использованием уравнения профессора В.П. Щербакова, которое позволяет определить величину натяжения нити в любой точке баллона и сравнить ее с допустимым для данной нити значением разрывной нагрузки.

3. На скорость сматывания нити с мотальных паковок влияние оказывают как форма намотки, так и структура – расположения нитей; так цилиндрические бобины сомкнутой структуры намотки, обеспечивают постоянство скорости сматывания нити с вращающихся паковок даже при малых значениях угла скрещивания витков.

4. При сматывании нити с конических бобин, формируемых на машинах фрикционного типа, угол скрещивания витков β уменьшается по мере приближения к большему торцу бобины, в том же направлении уменьшается и скорость сматывания нити в слое намотки.

5. При сматывании нити с конических бобин, формируемых на машинах фрикционного типа, хаотичность структуры намотки обуславливает и колебания скорости сматывания нити даже в одном слое ее намотки.

6. На скорость сматывания нити с мотальных паковок влияние оказывают как форма намотки, так и структура расположения нитей; так цилиндрические бобины обеспечивают постоянство скорости сматывания нити с вращающихся паковок даже при малых значениях угла скрещивания витков.

7. При сматывании нити с конических бобин, формируемых на машинах фрикционного типа, угол скрещивания витков β уменьшается по

мере приближения к большому торцу бобины, в том же направлении уменьшается и скорость сматывания нити в слое намотки.

8. При сматывании нити с конических бобин, формируемых на машинах фрикционного типа, хаотичность структуры намотки обуславливает и колебания скорости сматывания нити даже в одном слое ее намотки.

9. Линейная скорость сматывания нити с паковок зависит от многих факторов, главным из которых следует считать требуемую скорость подачи нити в рабочую зону оборудования, где она потребуется.

10. Оптимальной скоростью сматывания нити с питающей паковки следует считать ту, при которой будет обеспечена максимальная производительность труда при минимальном количестве отходов (угаров) пряжи.

11. Поскольку во многих технологических процессах сматывание нити с паковок осуществляется дискретно (рывком), то необходимо учитывать возникновение реактивной составляющей натяжения нити, которая при высоких скоростях схода нити за короткие промежутки времени может стать причиной ее обрывов.

12. Линейная скорость сматывания нити с паковок зависит от многих факторов, главным из которых следует считать требуемую скорость подачи нити в рабочую зону оборудования, где она потребуется.

13. Сравнением рассматриваемых вариантов производственных испытаний на станке СТБ установлено, что максимальное снижение неравномерности натяжения нити утка и его величины будет наблюдаться при работе с бобин ракетной формы.

14. Оптимальной структурой намотки питающей уточной паковки для высокоскоростного сматывания уточной нити (рывком) является сомкнутая намотка на бобинах ракетной формы.

15. Бобины ракетной формы сомкнутой структуры обеспечивают более стабильное натяжение уточной нити в процессе всего времени ее схода с паковки, при минимальном значении пиковых отклонений натяжения нити

утка и минимальных отходах уточной пряжи, что обусловлено упорядоченной структурой сомкнутой намотки нитей на паковку.

16. При выработке технических сукон на механических ткацких станках сматывание уточных нитей зависит от многих факторов, основными среди которых следует считать форму, размеры уточной паковки, структуру намотки нитей на паковку и направление сматывания нити с паковки.

17. Сматывание нити с внутренней поверхности паковки (с трубчатых початков) позволяет существенно снизить величину и неравномерность натяжения уточных нитей, а, следовательно, и их обрывность в процессе ткачества.

18. Количество отходов уточной пряжи при выработке технических сукон во многом определяется длиной нити утка на питающей паковке, т.е. коэффициентом использования внутреннего объема челнока.

19. Результаты исследования показали, что внедрение в производство укрупненных трубчатых початков сомкнутой структуры на 30% снижает отходы уточной пряжи при прочих равных условиях.

Раздел 6. Исследование особенностей процесса формирования и сматывания групп нитей с мотальных паковок текстильного производства

Групповое сматывание нитей широко используется в различных технологических процессах текстильного производства, в сновании, шлихтовании основ, перегонке нитей с навоя на навой, ткачестве и вязании.

Оно, наряду с высокой производительностью труда, должно обеспечивать и требуемое качество выпускаемого продукта, поэтому требует дополнительного изучения и совершенствования. Основными задачами исследований процессов формирования и сматывания с мотальных паковок групп нитей являются: вопросы снижения количества отходов пряжи, образующихся из-за неоднородности нитей на одной паковке (сновальном валике, ткацком навое) и неравномерность натяжения нитей при сматывании во время ткачества или вязания. Изучение данных вопросов отражено подробно в работах [89], [90], [91] и многих исследованиях не только в нашей стране, но и за рубежом. Однако до конца эти вопросы до сих пор не решены, о чём свидетельствует практика работы промышленных текстильных предприятий. Поэтому, исследования, приводимые в этом направлении, следует считать актуальными.

6.1. Исследование процесса сматывания групп нитей с мотальных паковок ткацкого производства

Групповое сматывание нитей с одной мотальной паковки широко применяется в ткацком и трикотажном производстве. Это сматывание нитей основы с ткацких навоев, сход лент с барабана ленточных сновальных машин (как конусных, так и штифтных) при перевивке их с барабана на навой, сматывание нитей основы с партии сновальных валиков при шлихтовании и т.д.

Очевидно, что данный процесс существенно отличается от процесса схода одиночной нити с мотальных паковок различного вида, поэтому он требует отдельного изучения.

Так рассмотрению процесса сматывания нитей с навоя посвящены работы многих исследователей, как в нашей стране, так и за рубежом, а главными задачами их научных изысканий являлись вопросы:

- обеспечения одинакового и постоянного натяжения всех сматываемых нитей;

- одновременности схода всех нитей с мотальной питающей паковки, т.е. исключения разновидности нитей.

Следует отметить, что групповое сматывание нитей в основном осуществляется с паковок цилиндрической формы (навоя сновальных валиков), однако в ленточном сновании перевивка основы с барабана на ткацкий навой осуществляется с конической поверхности, но с осевым смещением всех нитей в ленте с помощью суппорта. Это необходимое условие ленточного снования, исключающее образование слетов витков намотки на торцы лент и врезание верхних витков в толщу намотки затрудняющих ее сход нитей с паковки.

Решение первой задачи – обеспечение постоянного натяжения всех сматываемых с паковки нитей, по нашему мнению, возможно только при идеальной цилиндричности намотки, без бугров и впадин. В противном случае нити находящиеся на буграх намотки будут натянуты больше, чем нити, расположенные во впадинах, которые будут провисать относительно первых, и иметь меньшее натяжение.

Выравнивание натяжения нитей в группе (идущих с навоя или сновального барабана) обычно добиваются за счет подвижной системы скал или тормозных (компенсирующих) валиков, а по сути, за счет вытяжки наиболее натянутых нитей до длины провисающих, что отрицательно сказывается на физико-механических свойствах данных нитей, а в конечном итоге и на качестве готовых изделий.

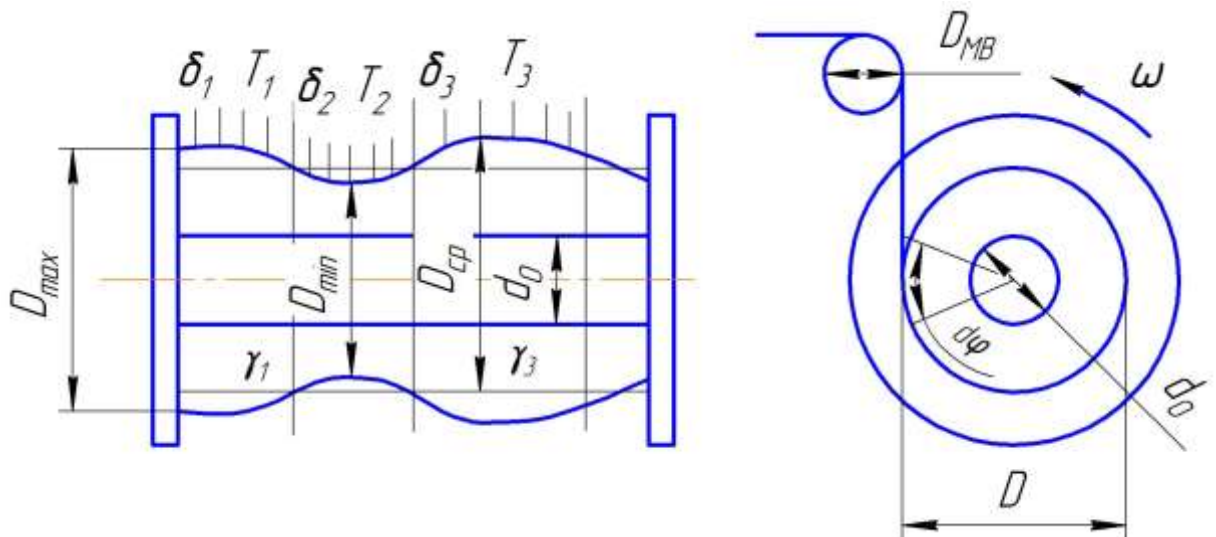


Рис. 6.1. Схема намотки нитей на сновальный валик

В работе [89] приведено условие, при выполнении которого устраняется бугристость намотки навоев и сновальных валиков. Это условие имеет вид:

$$\frac{\delta_1 T_1}{\gamma_1} = \frac{\delta_2 T_2}{\gamma_2} = \frac{\delta_3 T_3}{\gamma_3} = \dots = \frac{\delta_n T_n}{\gamma_n}, \quad (6.1)$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ и δ_n – соответственно отклонение диаметра намотки от среднего значения на отдельном участке намотки паковки рис.6. 1;

T_1, T_2, T_3 и T_n – фактическая линейная плотность нитей намотанных на соответствующих участках намотки паковки;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ и γ_n – объемная плотность намотки нитей на соответствующих участках намотки паковки.

В это условие (6.1) натяжение нитей непосредственно не входит, но оно присутствует в нем опосредованно. Так, на участках с высоким натяжением нитей T_i будет меньше (за счет вытяжки), а γ_i будет больше (за счет врезания витков в толщу намотки). В этом случае равенство (6.1) нарушается как бы дважды. Вот почему многие исследователи отмечают необходимость выравнивания среднего натяжения отдельных нитей, расположенных на разных в осевом направлении участках намотки паковки. Конечно укатывающий барабан (на партионной сновальной машине) или

укатывающий валик, (на шлихтовальной машине) надавливая на выступающие бугры в ходе формирования паковки, стремится выровнять объемную плотность намотки в осевом направлении паковки (то есть выполнить условие устранения бугристости), но не всегда справляется со своей задачей. Это обусловлено может быть и тем, что нити, идущие со шпулярика, неравномерно распределены вдоль образующей паковки, или разнонатянуты, что приводит к их различному смещению вдоль оси паковки, «набеганию» друг на друга (образованию бугров) или образованию «впадин» намотки.

Исследования по определению неоднородности нитей при их разматывании с наволя показали, что процент неоднородности нитей в намотке можно определить по формуле:

$$S_i = \frac{(L_{i1} - L_{i2})}{L_{i1}} 100\% = \frac{(D_{i1} - D_{i2})}{D_{i1} + d_0} 100\%, \quad (6.2)$$

где L_{i1} и L_{i2} – длина нитей в первой группе на i -том участке, соответственно большая и меньшая по длине нити;

D_{i1} и D_{i2} – диаметр намотки нитей на i -том участке, соответственно, по первой и второй нитям.

Очевидно, что максимальная неоднородность может быть определена из выражения:

$$S_{max} = \frac{|\Delta L_{max}|}{L_{min}} 100\% = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{min} + d_0} 100\%, \quad (6.3)$$

где ΔL_{max} – максимальное отклонение в длине нитей;

D_{max} – максимальный диаметр намотки паковки;

D_{min} – минимальный диаметр намотки паковки.

В этом не трудно убедиться, если учесть, что:

$$L_{max} = \frac{D_{max} + d_0}{4} \varphi, \quad (6.4)$$

$$L_{min} = \frac{D_{min} + d_0}{4} \varphi, \quad (6.5)$$

где φ – угол поворота паковки при ее формировании.

Из выражений 4 и 5 следует, что увеличение диаметра ствола – d_0 мотальной паковки, на которой формируется намотка группы нитей, значительно снизит процесс разнотолщинности нитей в намотке.

Образование разнотолщинности нитей в намотке партионных сновальных валиков, или в намотке лент может происходить из-за ошибок в измерении длины снования (отдельных валиков или лент) с помощью мерильного валика с механическим счетчиком.

На рис.6 2 показана схема механического счетчика партионной сновальной машины.

Угловая скорость вращения мерильного валика:

$$\omega = \frac{2g_0}{d_{MB}} \eta, \quad (6.6)$$

где g_0 – окружная скорость снования;

η - коэффициент, учитывающий проскальзывание нитей по поверхности мерильного валика;

d_{MB} – диаметр мерильного валика.

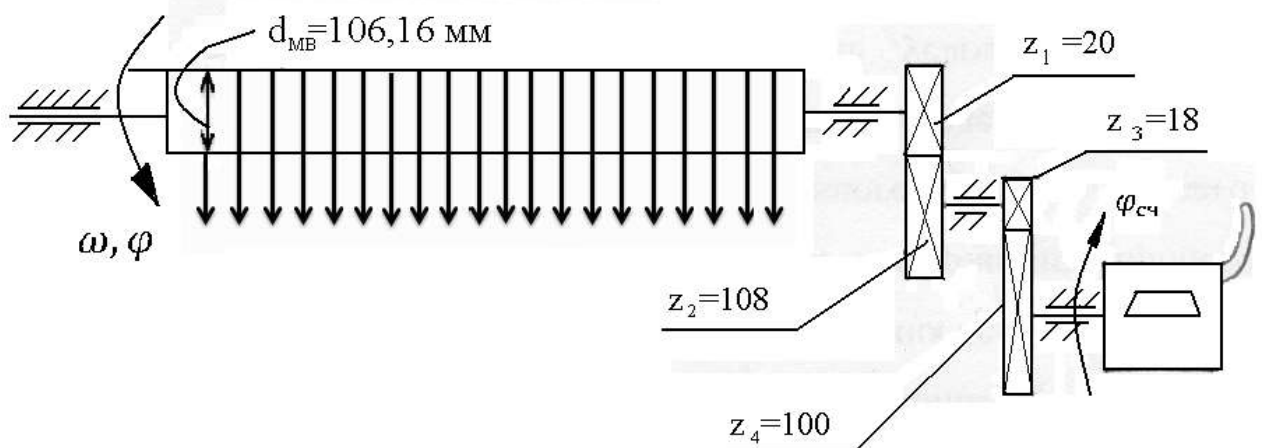


Рис. 6.2. Схема механического счетчика партионной сновальной машины.

Угол поворота мерильного валика:

$$\varphi = \int_0^t \omega dt = \int_0^t \frac{2g_0\eta}{d_{MB}} dt = \frac{2\eta}{d_{MB}} \int_0^t g_0 dt = \frac{2\eta}{d_{MB}} L, \quad (6.7)$$

где t – время намотки нити;

L – длина намотки нити.

Угол поворота вала счетчика:

$$\varphi_{сч} = \frac{\varphi}{i} = \frac{2\eta L}{d_{MB} i}, \quad (6.8)$$

где i – передаточное отношение от мерильного валика к валу счетчика.

Длина нитей, отмеренная мерильным валиком:

$$L = \frac{\varphi_{сч} d_{MB}}{2\eta}, \quad (6.9)$$

$$\varphi_{сч} = \frac{2\pi k_{сч}}{10}, \quad (6.10)$$

где $k_{сч}$ – показание счетчика.

При одном обороте вала счетчика он показывает 10.

Тогда

$$L = \frac{2\pi k_{сч} d_{MB}}{10 * 2\eta} = \frac{\pi k_{сч} d_{MB} i}{10\eta}, \quad (6.11)$$

Для удобства отсчета необходимо, что бы:

$$L = k_{сч}, \quad \text{т.е.} \quad \frac{\pi d_{MB} i}{10\eta} = 1 \quad \text{или}$$

$$i = \frac{10\eta}{\pi d_{MB}} * \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \frac{\pi * 0,10616}{10} * \frac{108 * 100}{20 * 18} = 1,$$

Однако коэффициент проскальзывания $\eta \neq const$ (он зависит от массы валика, времени на останов и т.д.), поэтому длины сновки различных лент не

всегда равны показанию счетчика $L \neq L_c$. Особенно велики погрешности в измерении длины снования при пусках и остановах машины.

Поэтому для точного определения длины навивки группы нитей на одну паковку необходима разработка конструкции счётчика интегрирующего площадь под кривой $D = D(\varphi)$ рис. 6.3(а).

Впрочем, если объемная плотность намотки остается постоянной в радиальном направлении паковки при формировании последней, то зависимости $D = D1(\varphi)$ и $D = D2(\varphi)$ носят линейный характер рис.6.3 (б).

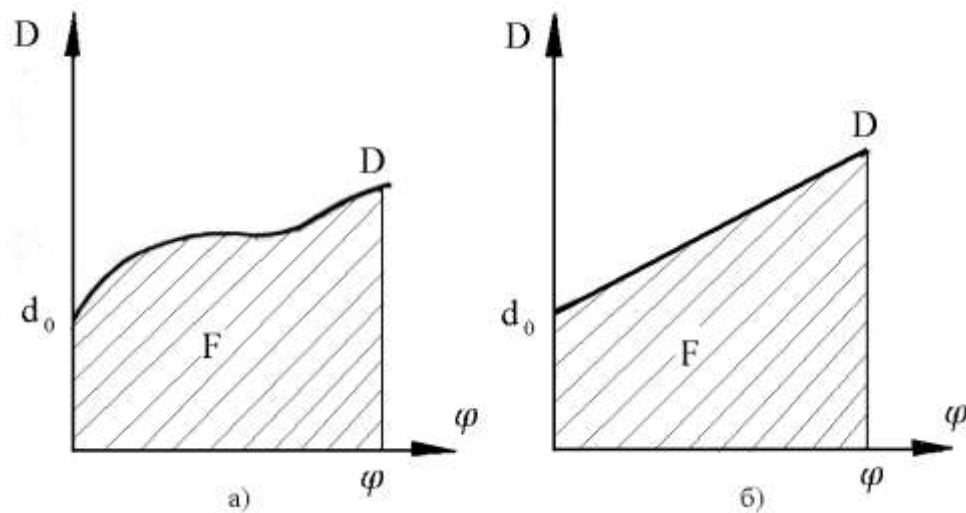


Рис. 6.3. Графики зависимости диаметра намотки паковки от угла ее поворота.

В этом случае:

$$F_1 = \frac{D_1 + d_0}{4} \varphi_1 \quad \text{и} \quad F_2 = \frac{D_2 + d_0}{4} \varphi_2$$

Условие равенства длин снования (навивок) будет иметь вид:

$$(D_1 + d_0) \varphi_1 = (D_2 + d_0) \varphi_2, \quad (6.12)$$

Таким образом, для данного случая нужно только суммирующее – перемножающее устройство.

Проведённый анализ позволяет сделать выводы о том, что:

При сматывании групп нитей с одной мотальной паковки для обеспечения одинакового и постоянного их натяжения необходимо добиваться строгой цилиндричности поверхности паковки, исключая бугристость намотки.

Равная длина групп нитей навиваемых на одну паковку может быть достигнута за счет разработки и использования интегрирующих счетчиков, считывающих число оборотов паковки и приращение диаметра намотки нитей.

Снижение разнотолщины (отходов) нитей навиваемых на одну паковку возможно за счет увеличения диаметра ствола паковки, на которую наматываются группы нитей (ленты).

6.2. Разнотолщина нитей основы в намотке сновального валика и её влияние на вытяжку их в процессе сматывания

Одной из основных причин образования большого количества отходов основной пряжи в процессах её подготовки, ткачестве и вязании с паковок, сформированных из большого числа нитей (сновальных валиков, ткацких навоев, секционных навоев), является их разнотолщина. Не все нити основы на каждой из этих паковках имеют одинаковую длину, что и приводит к тому, что они не одновременно доходят с паковки при сматывании.

Проведённые исследования показывают, что сматывание основы со сновального валика под действием тянущего вала происходит при различном натяжении нитей [90]. Одна из основных причин этого - неравномерность радиусов намотки вдоль образующей сновального валика, которые возникают в процессе снования. Бугристость (нецилиндричность) намотки обуславливает появление разнотолщины нитей, навитых на сновальный валик [91].

При разматывании сновальной паковки на шлихтовальной машине нити, имеющие меньшую длину, испытывают большее натяжение, вытягиваются и теряют свои упругие свойства. Нити с большей длиной, наоборот, получают меньшую вытяжку.

Рассмотрим связь вытяжки нитей при сматывании со сновального валика с их неоднородностью. Пусть l_k и l_i - длина произвольно выбранных нитей на валике перед сматыванием ($l_k \geq l_i$). Разнодлинность нитей, навитых на сновальный валик, характеризуется процентом неоднородности:

$$S_{ki} = \frac{l - l_d}{l_i} \cdot 100\%. \quad (6.13)$$

При одновременном сходе нитей со сновального валика, очевидно, что в течение времени сматывания через тянущий вал пройдет одинаковая длина нитей l . Предполагается, что проскальзывание нитей тянущему валу отсутствует. Вытяжка i -ой и k -ой нитей на участке сновальный валик - тянущий вал

$$B_i = \frac{l - l_i}{l_i} \cdot 100\%, \quad B_k = \frac{l - l_k}{l_k} \cdot 100\%.$$

Отсюда, учитывая равенство (1), найдем

$$B_i - B_k = \frac{l}{l_k} S_{ki} \quad (6.14)$$

Предположим, что k -я нить имеет наибольшую длину из всех m нитей на валике, то есть $l_k = l_{max}$. Тогда $B_k = B_{min}$ и на основании формулы (6.14) можно написать:

$$B_i - B_{min} = \frac{l}{l_{max}} S'_i, \quad (6.15)$$

где

$$S'_i = \frac{l_{max} - l_i}{l_i} \cdot 100\%; \quad (6.16)$$

$$i = 1, 2, \dots, m.$$

Из формулы (6.15) следует, что распределение вытяжки нитей, получаемой в процессе полного сматывания со сновального валика, неравномерно.

Это распределение по ширине полотна основы представляет собой в измененном масштабе и сдвинутое на величину B_{min} по оси ординат распределение разнотолщинностей нитей S'_i .

Применив к каждой нити выражение (6.15) и складывая после деления на m левые и правые части полученных равенств, найдем

$$B_{cp} - B_{min} = \frac{l}{l_{max}} S_{cp}, \quad (6.17)$$

где

$$B_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m B_i; \quad S_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S'_i. \quad (6.18)$$

Ввиду того, что при сматывании происходит вытяжка нитей, имеем $l_k \geq l_{max}$. Поэтому из формул (6.15) и (6.17) найдем

$$B_i \geq S'_i + B_{min}, \quad (6.15')$$

$$B_{cp} \geq S_{cp} + B_{min}, \quad (6.17')$$

Неравенства (6.15'), (6.17') и формулы (6.15), (6.17) справедливы при любом значении тормозного момента сновального валика, обеспечивающем сматывание нитей без провисания. Они показывают, что вытяжка отдельных нитей и средняя вытяжка ограничены снизу величинами $m_{onm} = \frac{H}{C\sqrt{T+\Delta}} m_{onm} = \frac{H}{(d_n + \Delta)} \Delta > 0, d_n = C\sqrt{T}$ и S_{cp} , зависящими от параметров процесса снования, и величиной B_{min} . Последняя, в свою очередь, определяется тормозным моментом, приложенным к сновальному валику. При минимальном значении тормозного момента, обеспечивающем сматывание нитей без провисания [92], величина B_{min} близка к нулю, то есть нить максимальной длины практически не деформируется. Полагая в этом

случае в формулах (6.15) и (6.17) $B_{min} = 0$ и $l_{max} = 1$, имеем

$$B_i = S'; \quad (6.19)$$

$$B_{cp} = S_{cp}. \quad (6.20)$$

Таким образом, при полном разматывании сновального валика: минимальным тормозным моментом распределение вытяжки нитей по ширине полотна основы равно распределению неоднородности нитей S'_i . Величина неоднородности нитей не остается постоянной при формировании сновальной паковки. Нами экспериментально выявлена зависимость максимального процента неоднородности нитей от угла поворота сновального валика в процессе сматывания. Исследование проводилось на действующей модели сновальной машины [93].

На определенных участках намотки, образованных пятью-шестью навивающимися на валик нитями, окрашенными в разный цвет с помощью шайбовой нагрузки на натяжных приборах, искусственно создавалось различное натяжение нитей: 23,8; 8,8; 33,7; 43,4; 13,3 и 23,8 гс.

В процессе формирования паковки на намотку наклеивались полоски тонкой бумаги, на которых отмечались показания счетчика числа оборотов сновального валика. Взвешиванием массы нитей при последующей размотке валика определялся вес пряжи, а затем длина нитей, навитых на различных участках при различных углах φ поворота валика в процессе наматывания. Максимальная и минимальная длина нитей в эксперименте наблюдалась соответственно на втором и четвертом участках. Максимальный процент неоднородности нитей для различных углов поворота сновального валика в процессе его формирования подсчитывался по формуле:

$$S_{max} = \frac{l_{max} - l_{min}}{l_{min}} \cdot 100\%; \quad (6.21)$$

Характер изменения S_{max} по мере наматывания сновального валика показан на рис. 6.3.

Следует заметить, что выражения (6.15), (6.17), (6.15'), (6.17'), (6.19) и

(6.20) получены при рассмотрении всего процесса сматывания, начиная с максимального радиуса намотки валика. Нетрудно видеть, что они останутся справедливыми, если за начало процесса сматывания условно выбрать момент времени, соответствующий любому текущему промежуточному радиусу намотки. В этом случае в найденных соотношениях под соответствующими величинами вытяжки понимается вытяжка нитей, получаемая при полном сматывании, начиная с данного текущего значения радиуса намотки. Величины S'_i и S_{cp} выражают разнородность нитей в оставшейся намотке валика.

Предположим, что полное разматывание, сновального валика происходит при тормозном моменте, близком к минимальному. Если каждый элемент нити при сматывании привести в соответствие с углом φ поворота валика при сновании, то, учитывая замечание, сделанное выше, и формулу

(6.19), закономерность изменения
$$B_{max} = \frac{l - l_{min}}{l_{min}} \cdot 100\%$$
 в процессе

сматывания будет повторять в обратном порядке график изменения S_{max} (рис. 6.3). Очевидно, что при сматывании основы со сновального валика при значении тормозного момента, близком к минимальному [94], вытяжка нитей должна уменьшаться из-за снижения разнородности нитей в процессе сматывания. Увеличение вытяжки нитей в конце сматывания, наблюдаемое на практике, можно объяснить тем, тормозной момент валика в этом случае намного превышает его минимальное значение.

Для максимального приближения оценки величин к средней вытяжке нитей при сматывании со сновального валика, в общем случае можно использовать неравенства:

$$B_{max} \geq S_{max}, \quad (6.22)$$

$$B_{cp} \geq S_{cp}, \quad (6.23)$$

которые вытекают из (3'), (5'), (7), (8). Выражения (6.19) и (6.20) переходят в равенства лишь в случае, когда тормозной момент сновального валика при сматывании близок к минимальному значению.

Вместо выражения (6.18) для величины средней разностности нитей S_{cp} на валике можно получить более простую формулу. Пусть $l_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m l_i$ - средняя длина нитей на валике. Составим соотношение

$$\frac{l_{max} - l_{cp}}{l_{max}} \cdot 100 = \frac{100}{m} \sum_{i=1}^m \left(1 - \frac{l_i}{l_{max}} \right). \quad (6.24)$$

После подстановки величины $\frac{l_i}{l_{max}}$ из формулы (6.16) в равенство (6.24) найдем

$$\frac{l_{max} - l_{cp}}{l_{max}} \cdot 100 = \frac{100}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{S'_i}{100 + S'_i} \right).$$

Так как $0,01 S'_i \ll 1$, то правые части этой формулы (9) можно считать равными. Поэтому

$$S_{cp} = \frac{l_{max} - l_{cp}}{l_{max}} \cdot 100\%. \quad (6.25)$$

Полученное выражение делает неравенство (6.23) более удобным в использовании и дает ясный физический смысл величине S_{cp} .

Располагая экспериментальными данными [91], в качестве примера применения формул (6.23) и (6.25) сделаем оценку величины средней вытяжки нитей, полученной в процессе разматывания сновального валика, у которого

$$\frac{l_{cp}}{l_{max}} = \frac{l_{Icp}}{l_{I max}},$$

где l_{Icp} и l_{max} - средняя и максимальная длина нитей некоторого слоя намотки валика. Примем $l_{Imax} = 1969 \text{ мм}$, а $l_{Icp} = 1959 \text{ мм}$ [91, рис. 1]. Тогда получим $B_{cp} \geq 0,5\%$.

Следует отметить, что процент разноточности нитей достаточно точно оценивается, если известно распределение радиусов намотки валика вдоль его образующей в данный момент времени сматывания. Согласно [93] длины i -ой и k -ой нитей при повороте валика на угол φ в процессе снования определяются по формулам:

$$l_i = \frac{r_i + r_o}{2} \varphi; \quad l_k = \frac{r_k + r_o}{2} \varphi,$$

где r_i, r_k - радиусы намотки нитей;

r_o - радиус ствола валика.

Используя эти зависимости, получаем:

$$S_{ik} = \frac{l_k - l_i}{l_i} \cdot 100 = \frac{r_k - r_i}{r_i + r_o} \cdot 100 = \frac{\Delta r_{ik}}{r_i + r_o} \cdot 100\%;$$

$$S_{cp} = \frac{l_{max} - l_{cp}}{l_{max}} \cdot 100 = \frac{r_{max} - r_{cp}}{r_{max} + r_o} \cdot 100\%$$

$$S_{max} = \frac{l_{max} - l_{min}}{l_{max}} \cdot 100 = \frac{\Delta r_{max}}{r_{min} + r_o} \cdot 100\%$$

Например, $\Delta r_{max} = 0,6 \text{ см}$, $r_{min} = 20 \text{ см}$, $r_o = 10 \text{ см}$ имеем $S_{max} = 1,2\%$.

Согласно оценке (10) $B_{max} \geq 1,2 \%$.

6.3. Расчёт ставки бобин при формировании сновальных валиков, обеспечивающей создание их оптимальной структуры

Актуальность исследуемого вопроса заключается в том, что процесс схода и раздираания склеенных нитей основы со сновальных валиков при шлихтовании изучен недостаточно. Основное внимание в этом вопросе

уделялось разделению нитей идущих с разных сновальных валиков с помощью шнуров и ценовых прутков. Процесс разделения нитей основы, идущих с одного сновального валика, рассматривался и не изучен, поэтому он требует рассмотрения, так как анализ производственной деятельности свидетельствует о повышенном количестве отходов в процессе подготовки основ и ткачестве именно этих нитей, идущих с одного сновального валика, образующих «парочки».

Наши исследования направлены на решение вопроса определения оптимальной величины ставки бобин при партионном сновании, при которой будет возможен процесс шлихтования основных нитей без их склеивания друг с другом на одном сновальном валике. В процессе шлихтования соседние нити основы, идущие с одного сновального валика после клеевого корыта, отжима и сушки, могут склеиваться между собой и они не подвергаются раздиранию ценовыми прутками шлихтовальных валов (где нити основы, идущие с разных сновальных валиков отделяются друг от друга путем установки разделительных прутков).

Поэтому, оптимальной ставкой бобин при партионном сновании следует считать то количество нитей основы в шпулярнике и на сновальном валике, при котором склеивания соседних нитей не будет.

Решение вопроса об оптимальной величине ставки бобин при партионном сновании позволит не только снизить величину отходов основной пряжи, но и оптимизировать размеры шпулярников, более рационально использовать производственную площадь, снизить расход клеящих материалов.

Партионное снование является одним из основных технологических процессов подготовки основной пряжи к ткачеству. От качества снования во многом зависит процесс дальнейшей подготовки основной пряжи, а именно качество намотки ткацкого навоя.

До настоящего времени все исследования, связанные с партионным снованием, касались разработки методов выравнивания натяжения

снующихся нитей, снижения бугристости намотки сновальных валиков, а вопросу влияния величины ставки бобин на объем отходов основной пряжи внимание не уделялось.

Оптимальная ставка бобин рассчитывалась как для партионного, так и для ленточного снования, только с точки зрения снижения трудозатрат сновальщиц и ставельщиц, повышения производительности труда и оборудования.

Как указано в работе [95] в расчет партионного снования входит определение числа сновальных валиков в партии, числа нитей на сновальном валике.

Число сновальных валиков в партии и число нитей на сновальном валике определяется по формулам:

$$n_c = \frac{M_0}{m}, \text{ (принимается наибольшее целое число } n'_c \text{);} \quad (6.26)$$

где M_0 – число основных нитей на ткацком навое

m – максимально возможное число бобин в сновальной рамке (емкость шпулярника).

Тогда ставка бобин будет:

$$n_c = \frac{M_0}{n'_c}, \quad (6.27)$$

Однако на практике, с целью оптимизации процесса снования, производственники стараются увеличить число нитей на каждом сновальном валике, а «оптимальная» ставка бобин в работе [2] определяется из условия повышения производительности труда сновальщиц (т.е. учитываются затраты времени на обслуживание машины и шпулярника).

Известно [68], что в партионном сновании, оптимальную ставку бобин определяют из условия, расчета максимальной производительности машины. Так, для прерывного способа снования, оптимальную ставку бобин предложено рассчитывать по формуле:

$$m_{opt} = \frac{1000\sqrt{32}}{\sqrt{ca}v_{сн}}, \quad (6.28)$$

где c - коэффициент определяющий время переходов сновальщицы между двумя соседними рядами бобин при ликвидации обрывов нити (для типового шпулярника 0,4);

a – число обрывов нити на 1 млн. м одиночной нити;

$v_{сн}$ – скорость снования, м/мин.

Однако, по нашему мнению, данная формула не в полной мере отражает определение оптимальных условий процесса подготовки основы к ткачеству, т.к. она касается только процесса самой сновки, без учета последующей технологической операции-шлихтования.

Как показывает практика, в процессе снования и шлихтования нити основы после прохождения отжимных валов, а также вследствие вытягивания приобретают в сечении форму эллипса. Тем самым расстояние между соседними нитями на валике уменьшается и увеличивается вероятность их соприкосновения (образование «парочек»), а, следовательно, склеивания. Согласно теории профессора Зайцева В.П. [89] каждая нить основы на сновальном валике раскладывается на определенном отрезке H_1 , им доказано, что в этих зонах происходит перемещение нитей в осевом направлении валика, появляется возможность их соприкосновения и склеивания.

Рассмотрим расположение нитей на сновальном валике при его формировании

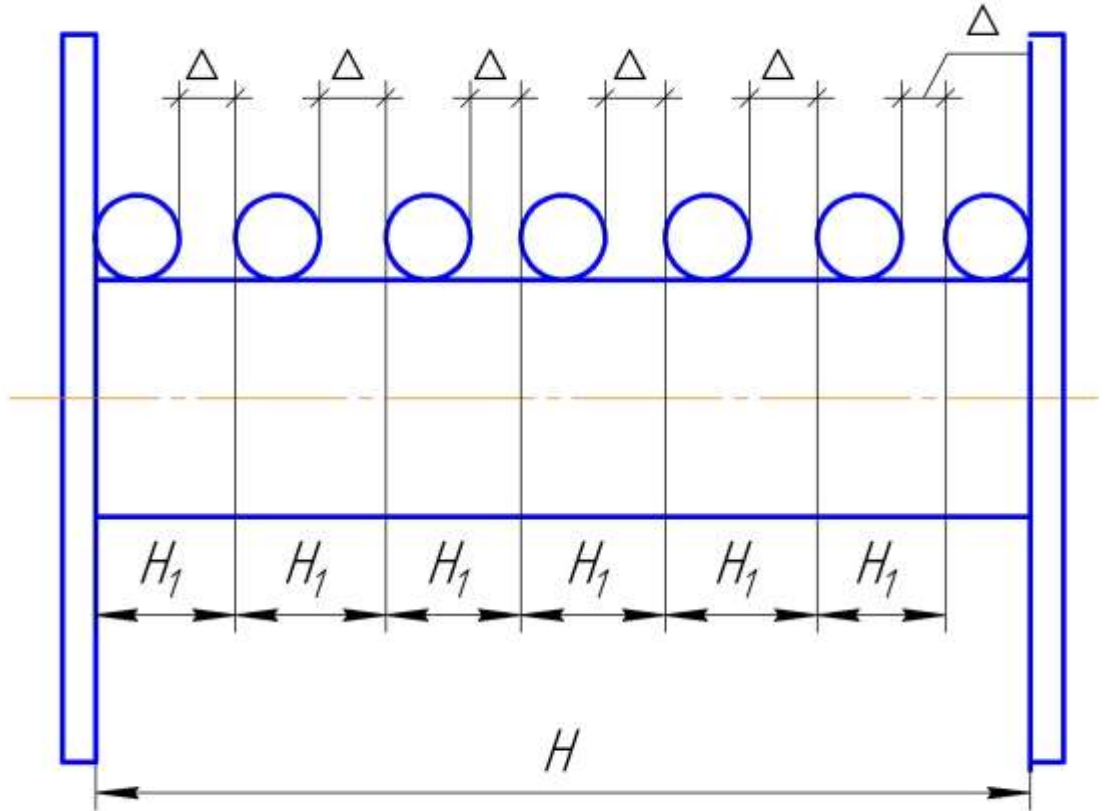


Рис. 6.4. Схема расположения нитей основы на сновальном валике

На рис 6.4

H – рассадка фланцев сновального валика;

d_n – условный диаметр нити основы на валике;

H_1 – участок на котором происходит раскладка одиночной нити основы на валике;

Δ - зазор между соседними нитями основы на сновальном валике.

Очевидно, что при увеличении числа нитей основы на сновальном валике зазор Δ будет уменьшаться и может наступить момент, когда он будет равен нулю. В этом случае вероятность склеивания соседних нитей основы на одном сновальном валике будет велика, поэтому оптимальным числом нитей основы – (оптимальной ставкой бобин) следует считать то максимальное число нитей основы, при котором величина зазора Δ между нитями будет больше нуля.

То есть

$$m_{онт} = \frac{H}{(d_n + \Delta)} \text{ (принимаем наименьшее целое число);} \quad (6.29)$$

При условии, что зазор $\Delta > 0$, а

$d_n = C\sqrt{T}$ мм - условный диаметр нити;

T – линейная плотность нити, текс;

H – рассадка фланцев сновального валика, см;

Тогда:

$$m_{онт} = \frac{H}{C\sqrt{T + \Delta}} \text{ (принимаем наименьшее целое число);} \quad (6.30)$$

Таким образом, после расчета цикла нитей на сновальном валике по формуле (6.28), целесообразно производить уточнение (перераспределение) числа нитей на каждом сновальном валике с учетом равномерного их распределения между фланцами сновального вала.

Однако данный расчет следует также уточнять с учетом изменения геометрических размеров снующихся нитей, так как после прохождения отжимных валов на шлихтовальной машине нити основы под воздействием прессующей нагрузки приобретают в сечении форму эллипса (рис 6.5)

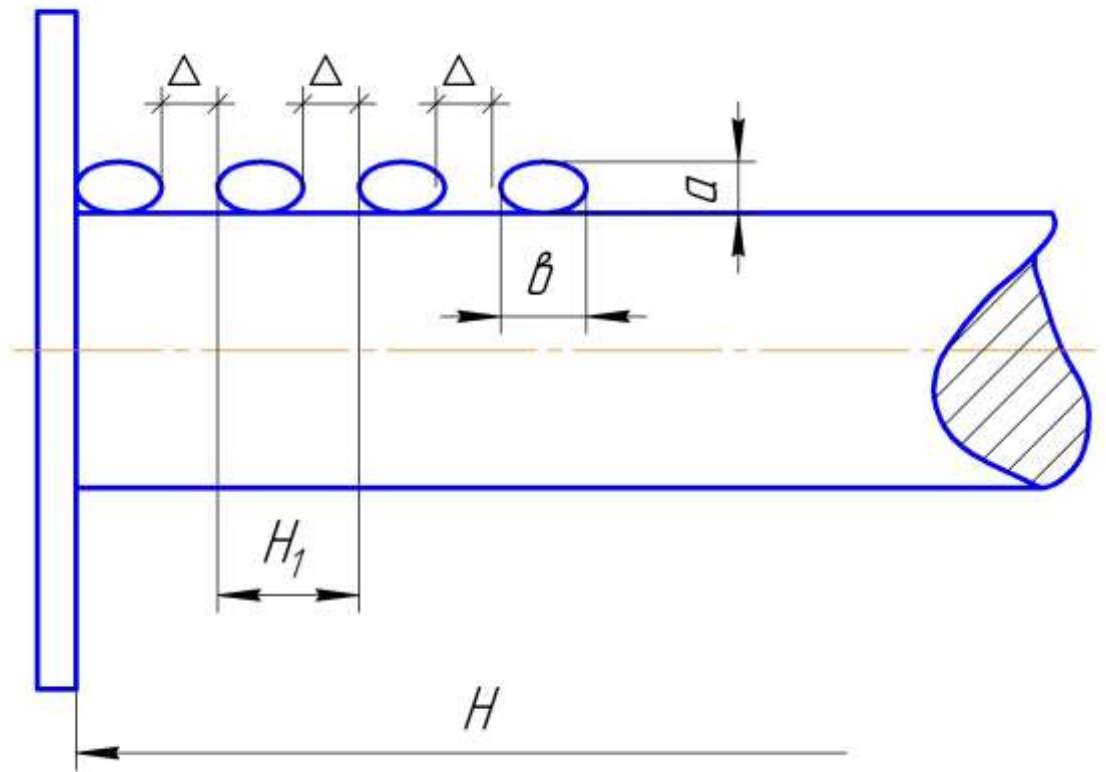


Рис. 6.5. Схема расположения нитей основы после отжимных валов

Где H – рассадка фланцев;

a и b – большая и малая оси эллипса соответственно;

H_1 – участок на котором происходит раскладка нити основы;

Δ - зазор между соседними нитями основы на сновальном валике

Очевидно, что в этом случае условия расположения соседних нитей основы будут еще более стесненными, а оптимальной ставкой бобин будет то минимальное количество нитей основы, при котором будет выполняться условие

$$m_{opt} = \frac{H}{(a + \Delta)}, \text{ при } (\Delta > 0), \quad (6.31)$$

где a – большая ось эллипса деформированной нити основы.

Поскольку линейные плотности круглой и деформированной нити будут неизменны, то можно рассчитать величину оптимальной ставки бобин из данного условия:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \pi ab$$

Отсюда следует, что

$$a = \frac{d^2}{4 \cdot b} = \frac{(C\sqrt{T})^2}{4 \cdot b} = \frac{C^2 T}{4 \cdot b}, \quad (6.32)$$

В этом случае оптимальная ставка будет

$$m_{opt} = \frac{H}{\left(\frac{(C\sqrt{T})^2}{4 \cdot b} + \right) \Delta} = \frac{H}{\left(\frac{C^2 T}{4 \cdot b} + \right) \Delta}, \text{ наименьшее целое число}$$

При условии, что $\Delta > 0$.

С другой стороны, число нитей основы на сновальном валике должно быть таким, при котором раскладка нитей на поверхности не образовывала бы бугров и впадин, то есть поверхность намотки сновального валика должна быть строго цилиндрической, для обеспечения одинакового натяжения всех снующихся нитей при сходе их со сновального вала, при шлихтовании.

Величина участка, на котором происходит раскладка каждой нити основы на сновальном валике, зависит от L – величины свободного отрезка нити от точки отрыва нитей на мерильном валике, до точки входа нитей в паковку

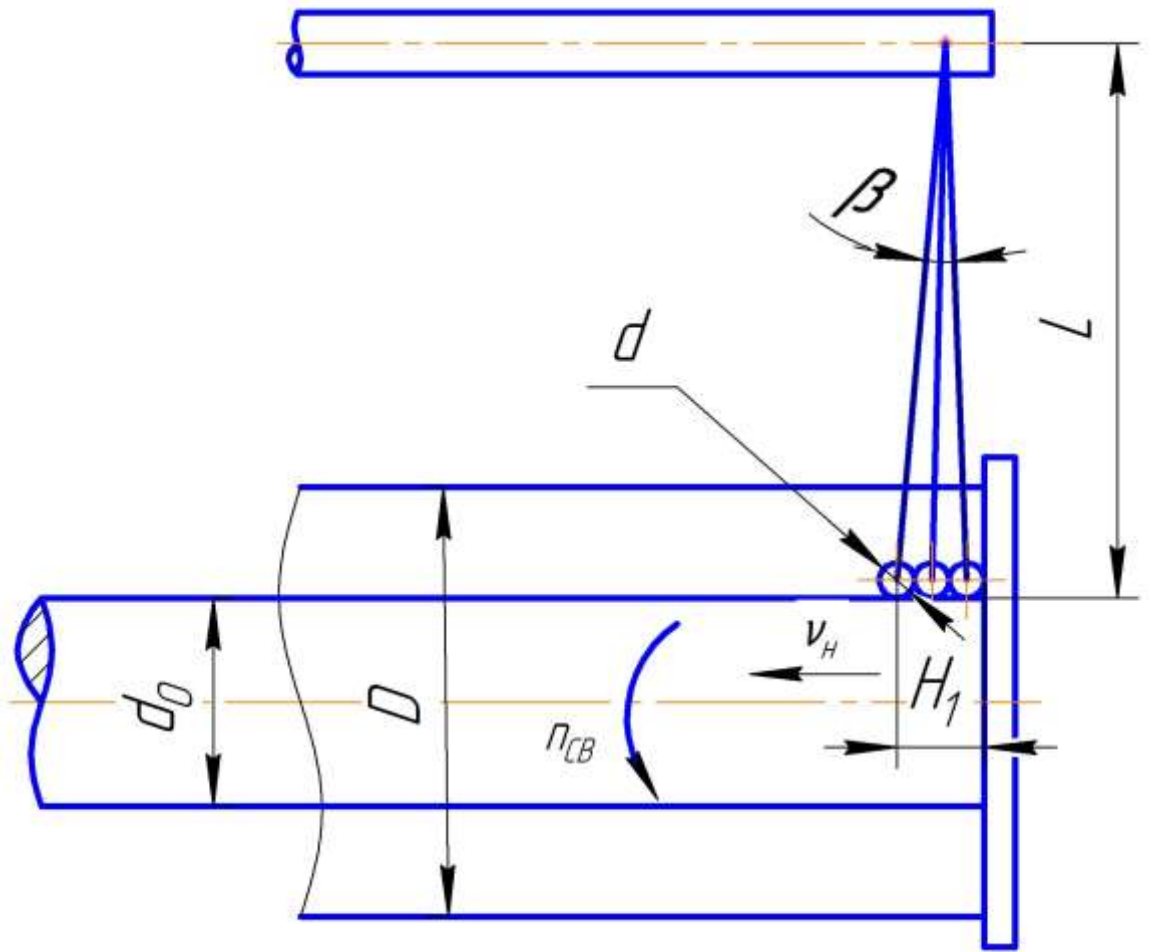


Рис. 6.6 Схема раскладки нитей основы на сновальном валике

Очевидно, что величина $H_1 = d + \Delta_1 = a + \Delta$

Определим угол скрещивания витков на основном валике при раскладке на различных диаметрах его намотки

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{v_n}{v_0} = \frac{n_{cw} \cdot C \sqrt{T}}{\pi D_0 \cdot n_{cw}}$$

где $v_0 = \pi D_0 \cdot n_{cw}$

где n_{cw} - частота вращения сновального валика об/мин;

$$v_n = \frac{H_1 \cdot n_{cw}}{d} = \frac{(d + \Delta)}{d} \cdot n_{cw} - \text{ скорость переносного движения нити;}$$

$$v_n = n_{cw} \cdot C \sqrt{T}, \text{ тогда}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{v_n}{v_0} = \frac{n_{cw} \cdot C \sqrt{T}}{\pi \Delta_0 \cdot n_{cw}} = \frac{C \sqrt{T}}{\pi \Delta_0} \quad \text{или из рис 6.6}$$

$$\frac{H_1}{2 \cdot L} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad \text{или} \quad \frac{H_1}{2 \cdot L} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{(d + \Delta)}{2\Delta}$$

Или для эллиптической нити;

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{(a + \Delta)}{2L}, \Rightarrow (a + \Delta) = 2L \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Подставив данное выражение в формулу (6.31) получим:

$$m_{\text{онт}} = \frac{H}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot L}, \quad (6.33)$$

Пример:

Пусть при сновании хлопчатобумажной пряжи линейной плотности $T = 25 \text{ текс}$; $H = 1400 \text{ мм}$; $L = 400 \text{ мм}$.

Число нитей основы в артикуле ткани

$$M = 2560; \text{ емкость шпулярника } E = 432 \text{ боб.}$$

Диаметр ствола сновального валика $d_0 = 240 \text{ мм}$;

Диаметр намотки сновального валика $D = 650 \text{ мм}$,

Объемная плотность $c = 1,25$

$$L = 241 \text{ мм.}$$

Расчет по известной методике [68]:

$$In = \frac{M}{E} = \frac{2560}{432} = 5,925 \text{ принимаем } n' = 6 \text{ валиков}$$

II Число нитей на каждом сновальном валике

$m = M / n' = 2560 / 6 = 426,6$; принимаем 430 нитей на первых пяти валиках и 410 на шестом.

Расчет по предлагаемой методике [94]:

I. Определяем угол скрещивания витков в начале намотки сновального валика:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{C\sqrt{T}}{\pi d_0} = \frac{1,25 \cdot \sqrt{25}}{3,14 \cdot 240} = 0,00829$$

II. Оптимальная величина ставки:

$$m_{opt} = \frac{H}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot L} = \frac{1400}{2 \cdot 0,00829 \cdot 241,0} = 350,36; \text{ принимаем } 350 \text{ нитей.}$$

III. Число валиков в партии;

$$n = \frac{M}{m_{opt}} = \frac{2560}{350} = 7,314, \text{ (принимаем } 8 \text{ валиков в партии)}$$

IV. Число нитей на валиках

$$m'_{1-8} = \frac{M}{n'} = \frac{2560}{8} = 320 \text{ бобин}$$

Увеличение числа сновальных валиков с 6 до 8 позволит:

а) исключить образование «парочек» в шлихтовании.

Очевидно, что оптимальной ставкой бобин при партионном сновании следует считать формирование сновального валика без склеивания соседних нитей при шлихтовании.

Расчет оптимальной ставки бобин при партионном основании должен учитывать явление, которое указывает на изменения размеров поперечника нитей основы при отжиге в шлихтовальном корыте и изменение величины свободного отрезка нити от точки схода нитей с мерильного валика сновальных машин до точки входа нитей в намотку с увеличением диаметра намотки сновального валика.

Снижение числа нитей в ставке бобин позволит не только избежать склеивания соседних нитей на одном валике, но и увеличить длину сновки без изменения габаритов сновального валика, что в свою очередь также позволит снизить отходы пряжи в сновании.

Выводы к разделу 6

1. При сматывании групп нитей с одной мотальной паковки для обеспечения одинакового и постоянного их натяжения необходимо

добиваться строгой цилиндричности поверхности паковки, исключаящей бугристость намотки.

2. Равная длина групп нитей навиваемых на одну паковку может быть достигнута за счет разработки и использования интегрирующих счетчиков, считывающих число оборотов паковки и приращение диаметра намотки нитей.

3. Снижение разнотолщинности (отходов) нитей, навиваемых на одну паковку, возможно за счет увеличения диаметра ствола, на которую наматываются группы нитей (ленты).

4. Найдена зависимость между распределением вытяжки нитей по ширине полотна основы при сматывании со сновального валика и распределением разнотолщинности нитей.

5. Выявлен физический смысл, и дана оценка влияния разнотолщинности нитей на валике на величину их вытяжки в процессе сматывания.

6. Разработана методика определения разнотолщинности нитей на сновальном валике, и исследован характер изменения ее максимального значения в процессе снования.

7. Для снижения вытяжки основы на шлихтовальной машине на участке сновальный валик – тянущий вал необходимо прикладывать к валику тормозной момент, близкий к минимальному (несколько больший), а при сновании стремиться свести до минимума разнотолщинность нитей.

Раздел 7. Исследование процесса формирования трубчатых початков увеличенных габаритов для челночных ткацких станков

Челночное ткачество является единственным способом выработки тканей с натуральной кромкой, а это очень большой спектр текстильных полотен, который будет неизбежно пользоваться спросом. К данному классу тканей относятся все технические сукна, ленты, многослойные каркасные ткани технического назначения, пожарные рукава, ковры, поэтому вопросам совершенствования процесса прокладывания утка в зеве и структуры уточных паковок к челночным ткацким станкам должно уделяться особое внимание инженерно-технических работников и учёных текстильщиков.

Основными параметрами, характеризующими качество намотки уточных паковок для челночных ткацких станков, являются:

- структура намотки нитей на початке или шпуле;
- длина и масса нити в паковке.

Этим требованиям обеспечивает сомкнутая структура намотки нитей [96] на трубчатых початках и уточных шпулях.

Для формирования на уточной паковке сомкнутой намотки, при перематывании нитей различной линейной плотности (различного диаметра), необходимо расчётным путём определять величину передаточного отношения от нитеводителя к веретену, причём эти величина должна обеспечивать формирование замкнутой намотки на неподвижной паковке, а ее осевое смещение должно обеспечивать угол сдвига витков, равный диаметру перематываемой нити.

На качество намотки уточных паковок оказывает влияние и величина свободного отрезка нити от нитераскладчика до точки входа нити в паковку, с его увеличением высота раскладки нити уменьшается. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчёте величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену, необходимого для формирования сомкнутой структуры.

Максимальная производительность челночных ткацких станков и наименьшее количество отходов (угаров) уточной пряжи будет при формировании укрупнённых уточных паковок с равномерной структурой намотки нитей на паковку, что обеспечивает равномерное сматывание уточной нити без рывков и слётов.

О важности рассматриваемого вопроса свидетельствует и анализ существующего в мире парка ткацкого оборудования, в котором челночные ткацкие станки составляют до 30%.

Основными направлениями научных исследований совершенствования технологии подготовки уточных паковок для челночных ткацких станков, следует считать те, которые направлены на формирование укрупнённых паковок, с более совершенной структурой намотки, т.е. на повышение коэффициента использования внутреннего объёма челнока, что способствует снижению отходов уточной пряжи, повышению производительности труда и оборудования в ткачестве.

7.1. Разработка метода формирования трубчатых початков сомкнутой структуры намотки на уточно-мотальных автоматах АТП-290

Вопросам изучения структур намотки трубчатых початков посвящено много работ [97];[98];[99], среди которых следует отметить работу профессора Н.М.Сокерина, который сделал первую попытку изучения их структуры и взаимного расположения витков на поверхности трубчатого початка, а также их влияние на скорость сматывания нити. Однако, ему не удалось определить главный фактор, оказывающий решающее влияние на структуру намотки трубчатого початка, которым является угол сдвига между витками различных пар слоёв намотки. Следует отметить, что в отличие от процесса формирования бобин, трубчатые початки в процессе их

наматывания совершают кроме вращательного, ещё и поступательное движение, что приводит к образованию дополнительного угла сдвига витков.

Суммарный угол сдвига между витками первой и $p + 1^{ОЙ}$ пар слоев при наматывании трубчатого початка на автомате АТП-290:

$$\psi_{1,p+1} = \left| \psi_{1,p+1}^{i_0} - 2 \cdot \pi \cdot z \pm \psi_{1,p+1}^V \right|, \quad (7.1)$$

где $\psi_{1,p+1}^{i_0}$ – угол сдвига между витками первой и $p + 1^{ОЙ}$

$$\psi_{1,p+1}^{i_0} = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot \left(\frac{z_4 \cdot z_2}{z_3 \cdot z_1} - n_1 \right) = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot \left(\frac{5 \cdot i}{2} - n_1 \right), \quad (7.2)$$

где $z = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, 5$ – числа натурального ряда;

$\psi_{1,p+1}^V$ – угол сдвига между витками первой и $p + 1^{ОЙ}$ пар слоев, обусловленный осевым перемещением трубчатого початка при наматывании.

Причем у малого торца початка:

$$\psi_{1,p+1}^M = \left| \psi_{1,p+1}^{i_0} - 2 \cdot \pi \cdot z + \psi_{1,p+1}^V \right|;$$

у большого торца початка:

$$\psi_{1,p+1}^B = \left| \psi_{1,p+1}^{i_0} - 2 \cdot \pi \cdot z - \psi_{1,p+1}^V \right|.$$

Таким образом, если величина $\psi_{1,p+1}^{i_0} - 2 \cdot \pi \cdot z$ не равна нулю, то $\psi_{1,p+1}^B \neq \psi_{1,p+1}^M$ и получение сомкнутой намотки невозможно.

Сомкнутая намотка на трубчатом початке может быть сформирована лишь тогда, когда величина $\psi_{1,p+1}^{i_0} - 2 \cdot \pi \cdot z = 0$, то есть когда передаточное число от веретена к кулачку нитеводителя, создаваемое набором зубчатых колес мотальной головки автомата, соответствует получению на не перемещающемся в осевом направлении початке замкнутой намотки. В этом случае:

$$\psi_{1,p+1}^V = \psi_C, \quad (7.3)$$

где ψ_C – необходимая для получения сомкнутой намотки величина угла сдвига витков.

У малого торца конуса початка:

$$\psi_C = \psi_{C1} = \frac{2 \cdot d}{D_1 \cdot \sin \frac{\beta_1}{2}}.$$

Поскольку $\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{2 \cdot H}{D_1 \cdot i_0 \cdot \varphi_Y}$, то:

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2}}} = \frac{2 \cdot H}{D_1 \cdot i_0 \cdot \varphi_Y \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_1^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}}}.$$

В этом случае:

$$\psi_{C1} = \frac{d \cdot i_0 \cdot \varphi_Y}{H} \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_1^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}};$$

у большого основания конуса початка:

$$\psi_{C2} = \frac{d \cdot i_0 \cdot \varphi_Y}{H} \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_2^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}},$$

$$\frac{\psi_{C1}}{\psi_{C2}} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_1^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}}}{\sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_2^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}}}.$$

При $H = 4 \text{ см}; D_1 = 1,4 \text{ см}; D_2 = 3 \text{ см}; i_0 = \frac{5 \cdot i}{2} = \frac{5 \cdot 32}{2 \cdot 24} = \frac{10}{3}; \varphi_Y = \frac{5 \cdot \pi}{6}$

$$\frac{\psi_{C1}}{\psi_{C2}} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4 \cdot 4^2 \cdot 3^2 \cdot 36}{1,4^2 \cdot 10^2 \cdot 25 \cdot \pi^2}}}{\sqrt{1 + \frac{4 \cdot 4^2 \cdot 3^2 \cdot 36}{3^2 \cdot 10^2 \cdot 25 \cdot \pi^2}}} = 1,143.$$

Для того чтобы избежать переуплотнения малого торца конуса початка, необходимо принять $\psi_{1,p+1}^Y = \psi_{C1}$.

$$\frac{v_{\Pi} \cdot i_0 \cdot p \cdot \varphi_Y}{H \cdot n_K} = \frac{d \cdot i_0 \cdot \varphi_Y}{H} \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_1^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}}.$$

Из этого выражения определяем необходимую для получения сомкнутой структуры початка степень замыкания катушки:

$$p = \frac{d \cdot n_K \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_1^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}}}{v_{\Pi}} \quad (7.4)$$

Однако степень замыкания катушки p может быть лишь целым числом. Поэтому вполне очевидно, что найденную по формуле 7.4 величину p необходимо заменить ближайшим к ней наименьшим целым числом, то есть принять:

$$p = \left[\frac{d \cdot n_K \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_1^2 \cdot i_0^2 \cdot \varphi_Y^2}}}{v_{\Pi}} \right] \quad (7.5)$$

Для определения величины p по формуле 6.5 необходимо знать i_0 . Но мы показали ранее, что для получения сомкнутой катушки на перемещающемся в осевом направлении трубчатом початке i_0 необходимо иметь такую величину, при которой на этом початке формировалась бы

замкнутая намотка, когда он не перемещается при наматывании в осевом направлении. Но в случае замкнутой намотки [100]:

$$i_{03} = \frac{I}{k} \cdot \left(n_I + \frac{z}{p} \right) \quad (7.6)$$

Для автомата АТП-290 $k = 1$; $n_I = 3$. Поэтому $i_{03} = \left(3 + \frac{z}{p} \right)$.

Если при конструировании мотального механизма выбирать большие значения n_I и z , то углы скрещивания витков на конусе початка будут уменьшаться. Вследствие этого наиболее целесообразно принимать $z = 1$, а величину n_I такой, при которой обеспечивается равновесность положения витков на конусе початка, то есть $\operatorname{tg} \theta \leq f$ [100] и в тоже время достаточно высокая прочность структуры (то есть достаточно большие углы скрещивания витков β). В этом случае при $p = 1$ имеем:

$$i_0 = i_{03} = \left(3 + \frac{1}{1} \right) = 4; \quad i = \frac{z_4}{z_3} = \frac{2 \cdot i_0}{5} = \frac{2 \cdot 4}{5} = \frac{8}{5} = \frac{32}{20}.$$

Таким образом, если принять $z_4 = 32$, а $z_3 = 20$, то получим однозамкнутую намотку. При $p = 2$ имеем:

$$i_0 = i_{03} = \left(3 + \frac{1}{2} \right) = \frac{7}{2}; \quad i = \frac{2 \cdot i_0}{5} = \frac{2 \cdot 7}{5 \cdot 2}; \quad \frac{z_4}{z_3} = \frac{35}{25}.$$

Если $p = 3$, то:

$$i_0 = i_{03} = \left(3 + \frac{1}{3} \right) = \frac{10}{3}; \quad i = \frac{2 \cdot i_0}{5} = \frac{2 \cdot 10}{5 \cdot 3} = \frac{4}{3}; \quad \frac{z_4}{z_3} = \frac{32}{24}.$$

Если $p = 4$, то:

$$i_0 = i_{03} = \left(3 + \frac{1}{4} \right) = \frac{13}{4}; \quad i = \frac{2 \cdot 13}{5 \cdot 4} = \frac{13}{10}; \quad \frac{z_4}{z_3} = \frac{26}{20}.$$

Пример.

Определить необходимую для получения сомкнутой структуры на трубчатом початке степень замыкания намотки p и величину передаточного отношения от веретена к кулачку нитеводителя i_0 , если $F = c \cdot (y + \delta_{cm})$ мм; $n_K = 7$ об/сек; $H = 40$ мм; $D_I = 14$ мм; $\varphi_U = \frac{5 \cdot \pi}{6}$; $v_{II} = 1,65$ мм/сек.

Решение.

При увеличении p величина $i_0 = i_{03}$ изменяется незначительно. Например, если $p = 1$, то $i_{03} = 4$. Если $p = 4$, то $i_{03} = 3,25$. Поэтому, задавшись каким-либо значением i (например, $i_0 = 4$), определим по формуле 7.5 величину p :

$$p = \left[\frac{0,7 \cdot 7 \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 40^2 \cdot 36}{14^2 \cdot 4^2 \cdot 25 \cdot \pi^2}}}{1,65} \right] = [3,383] = 3.$$

$$\text{Тогда: } i_0 = i_{03} = \left(3 + \frac{1}{3} \right) = \frac{10}{3};$$

$$p = \left[\frac{0,7 \cdot 7 \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 40^2 \cdot 36 \cdot 3^2}{14^2 \cdot 10^2 \cdot 25 \cdot \pi^2}}}{1,65} \right] = [3,55] = 3.$$

Таким образом, для получения на трубчатом початке сомкнутой намотки, необходимо, чтобы степень замыкания $p = 3$, а $i_0 = i_{03} = \frac{10}{3}$. В этом случае $z_4 = 32$; $z_3 = 24$.

На рисунке 7.1 представлена развертка конуса намотки трубчатого початка, сформированного при $i_0 = \frac{10}{3}$. При изменении диаметра

наматываемой пряжи d , высоты намотки H , диаметра D_2 и других параметров, для обеспечения формирования початков сомкнутой структуры необходимо каждый раз подбирать и устанавливать соответствующую величину передаточного отношения i_0 . Эта работа связана с довольно сложными вычислениями, изготовлением новых зубчатых колес (z_3 и z_4) с другим числом зубьев и модулем зацепления, а так же с их установкой на автомате. В связи с этим представляется гораздо более рациональной замена пары конических зубчатых колес z_3 и z_4 вариатором, позволяющим устанавливать любую величину передаточного отношения, необходимую для получения на початке сомкнутой намотки. Внешний вид такого вариатора представлен на рисунке 7.2.

Зубчатое колесо z_2 может перемещаться по скользящей шпонке вдоль ступицы ведущего диска – 1 вариатора. Диск – 1 пружиной – 2 прижат к ведомому диску – 3, который с помощью скользящей шпонки соединен с валом – 4 кулачка нитеводителя. Ведомый диск – 3 с помощью гайки – 5, которая имеет специальные выступы, входящие в кольцевой паз диска, может перемещаться в осевом направлении вала – 4. При вращении винта – 6 с помощью маховичка – 7 гайка – 5 и диск – 3 будут перемещаться в направлении оси вала – 4, вследствие чего изменится передаточное отношение i_0 от веретена к кулачку нитеводителя.

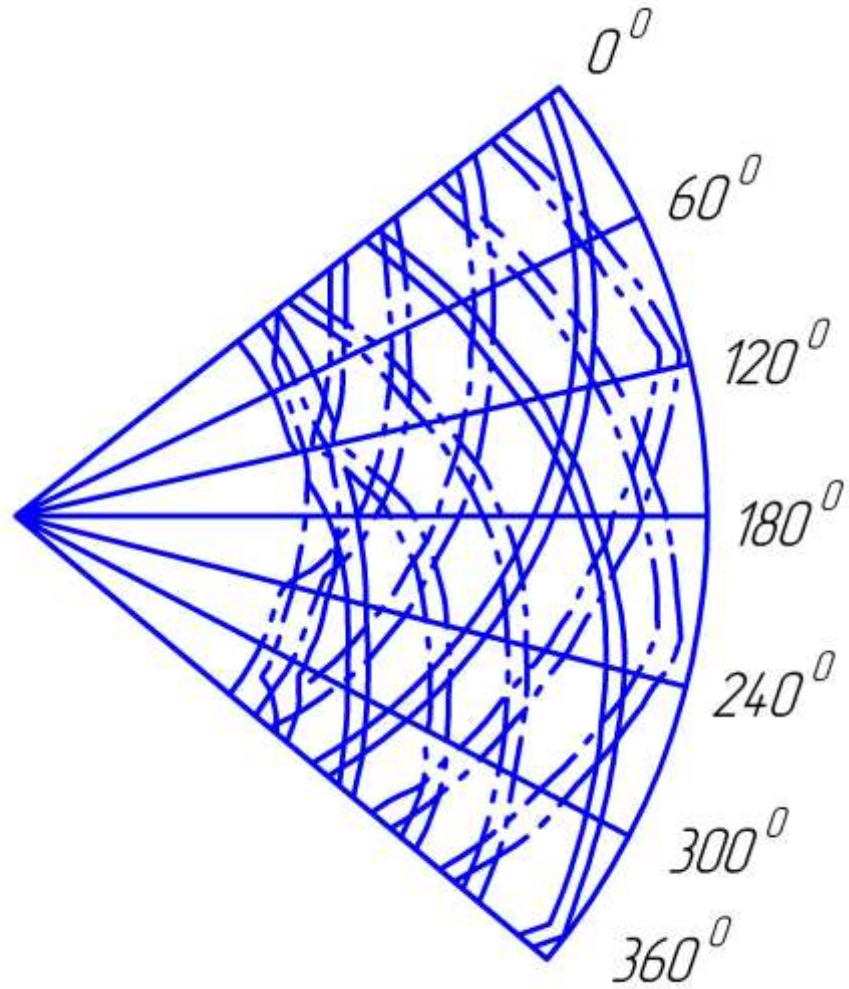


Рис. 7.1. Развертка сомкнутой намотки, сформированной при $i_0 = \frac{10}{3}$ и

$v_{II} = 1,4$ мм/с

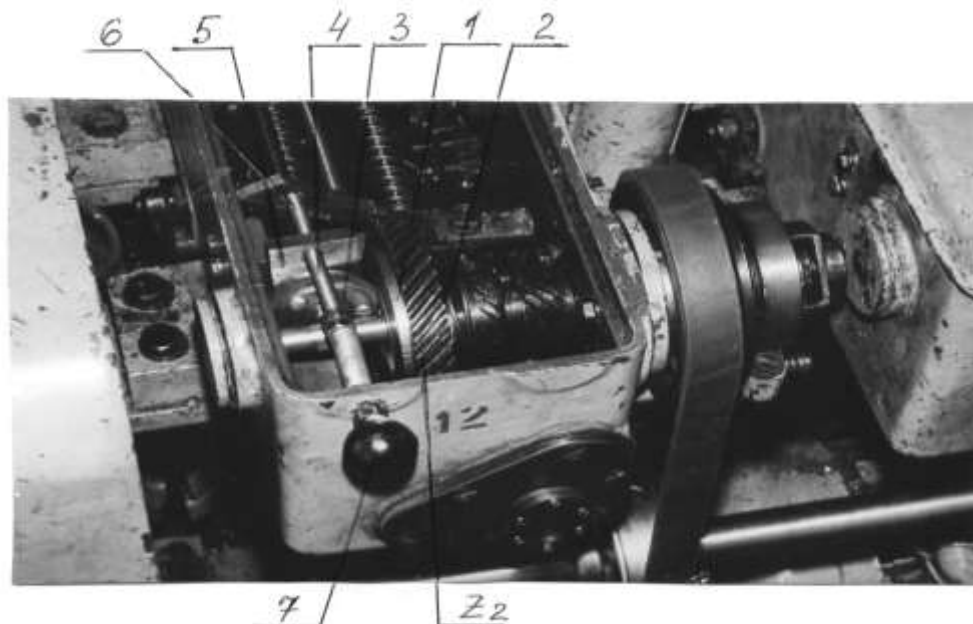


Рис. 7.2. Внешний вид вариатора, установленного в коробке мотальной головки автомата АТП-290

Исследования показали, что удельная плотность намотки трубчатых початков сомкнутой структуры при всех прочих равных условиях (натяжении перематываемых нитей, степени прессования намотки коническими роликами и т.д.), примерно в 1,3 раза выше плотности початков обычной несомкнутой структуры. Выявлено большое влияние на удельную плотность и структуру трубчатых початков натяжения перематываемых нитей. При слишком малом натяжении удельная плотность резко уменьшается, а закономерность перемещения точки наматывания нарушается настолько, что становится невозможным получение трубчатых початков сомкнутой намотки. Вследствие этого совершенствованию конструкции натяжных приборов [101] и контроля натяжения нитей при перематке пряжи на автоматах АТП-290 должно уделяться исключительно важное внимание.

Учитывая сложность расчетов величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену, необходимого для формирования трубчатых початков сомкнутой структуры намотки, разработана методика данного расчета с использованием ЭВМ, которая приведена в Приложении 2.

7.2. Исследование причин вибрации трубчатых початков при их наматывании

При наматывании трубчатых початков увеличенных габаритов (длины) на уточно-мотальных автоматах АТП-290 возникает весьма нежелательное явление, связанное с вибрацией трубчатого початка в определённые моменты времени его формирования. Вибрация вызывает значительные инерционные усилия в движущихся (вращающихся) узлах машин, которые являются одной из главных причин снижения долговечности машин. Вообще колебания элементов текстильных машин (веретён кольцепрядильных машин, главных

валов ткацких станков, бобин держателей и т.д.) изучено довольно подробно [102, 103]. Однако в рассматриваемом нами случае происходит вибрация не какого-либо упругого звена мотального механизма, а самого формируемого текстильного продукта (початка), что может привести к ухудшению качества намотки или его разрушению, а, следовательно, к резкому повышению отходов уточной пряжи и повышению обрывности нити при разматывании початка. В связи с этим большой интерес представляет вопрос, связанный с вибрацией початка при его формировании и разработкой методов её гашения.

В каждый момент времени трубчатый початок можно рассматривать как балку с равномерно распределённой нагрузкой от собственного веса, подверженной осевому сжатию (рис.7.3). Интенсивная нагрузка от собственного веса G , вызывающая изгиб початка определяется по формуле:

$$g = \frac{G}{l}, \quad (7.7)$$

где l – длина початка.

Прессующая сила P также способствует изгибу початка.

Предположим, в первом приближении, что вся масса початка сконцентрирована в середине длины початка l . Тогда под действием собственного веса G початок получит некоторый прогиб δ_{cm} .

При вращении початка вокруг собственной оси будут накапливаться его колебания относительно среднего положения. Причём восстанавливающая сила:

$$F = c \cdot (y + \delta_{cm}), \quad (7.8)$$

где c – коэффициент жёсткости початка при изгибе;

δ_{cm} – статический прогиб початка;

y – величина отклонения початка от среднего положения.

Очевидно, что:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = \sum F_{ky}, \quad (7.9)$$

где m – масса початка.

$$m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = G - F = c\delta_{cm} - c \cdot y - \delta_{cm}, \quad (7.10)$$

следовательно:

$$m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = -cy \quad \text{или} \quad \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{c \cdot y}{m} = 0. \quad (7.11)$$

Обозначим $\frac{c}{m} = k^2$, тогда $k = \sqrt{\frac{c}{m}}$ и $\frac{d^2 y}{dt^2} + k^2 y = 0$. (7.12)

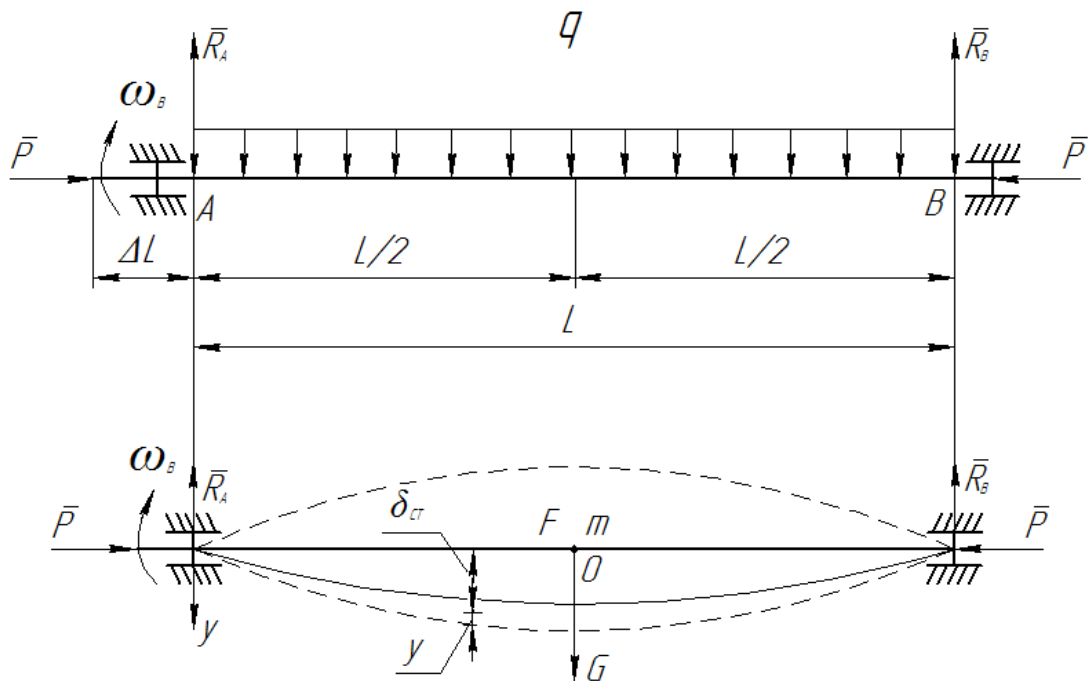


Рис.7.3 Усилия вызывающие изгиб початка

Решением дифференциального уравнения G будет являться функция:

$$y = c_1 \cos kt + c_2 \sin kt, \quad (7.13)$$

где $k = \omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ - угловая частота собственных колебаний трубчатого початка.

$$\text{Поскольку: } c = \frac{G}{\delta_{cm}} = \frac{mg}{\delta_{cm}}, \quad (7.14)$$

где g – ускорение свободного падения, то:

$$\omega = k = \sqrt{\frac{m \cdot g}{\delta_{cm} \cdot m}} = \sqrt{\frac{g}{\delta_{cm}}}. \quad (7.15)$$

Если деформации початка происходят в пределах его упругости:

$$\delta_{cm} = \frac{5 \cdot g \cdot l^4}{384 \cdot mEJ} = \frac{5 \cdot Gl^3}{384EJ}, \quad (7.16)$$

где G – вес початка;

E - модуль упругости початка;

J - момент инерции сечения початка.

Угловая частота собственных колебаний початка определяется по формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{384E \cdot J \cdot g}{5G \cdot l^3}}. \quad (7.17)$$

Поскольку $J = \frac{\pi D^4}{64}$, где D – текущий диаметр цилиндрической части трубчатого початка, то:

$$\omega = \sqrt{\frac{6\pi ED^4 \cdot g}{5G \cdot l^3}} = 1,94D^2 \sqrt{\frac{Eg}{G \cdot l^3}}. \quad (7.18)$$

Но при увеличении длины початка при его наработке:

$$G = \frac{\pi\gamma \cdot l}{4} D^2 - \gamma \cdot b^2 l = l \left(\gamma \frac{\pi}{4} D^2 - \gamma b^2 \right) \quad (7.19)$$

$$\text{а, следовательно: } \omega = 1,94 \frac{D^2}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot g}{\gamma \left(\frac{\pi D^2}{4} - b^2 \right)}} \quad (7.20)$$

Собственная частота колебаний трубчатого початка обратно пропорциональна квадрату длины его цилиндрической части.

При совпадении собственной частоты колебаний початка с частотой вращения веретена наступает резонанс и, следовательно, разрушение початка.

Длину трубчатого початка, соответствующую резонансной частоте назовём критической и определим её из выражения:

$$\omega = \omega_B = 1,94 \frac{D^2}{l_k^2} \sqrt{\frac{Eg}{g \left(\frac{\pi D^2}{4} - b^2 \right)}}, \quad (7.21)$$

$$\text{откуда} \quad l_k = \frac{3,76 E \cdot g \cdot D^4}{\omega_B^2 \gamma \left(\frac{\pi D^2}{4} - b \right)}. \quad (7.22)$$

Пример. Определить критическую длину цилиндрической части трубчатого початка, наматываемого на автомате АТП-290, если

$$n_g = 2000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}; E = 0,5 \cdot 10^6 \text{ г / см}^2; D = 6 \text{ см}; b = 1 \text{ см}.$$

Угловая частота вращения веретена:

$$\omega_B = \frac{2\pi n_g}{60} = \frac{2\pi 2000}{60} = 209,2 \frac{1}{e};$$

Критическая длина цилиндрической части наматываемого початка:

$$l_k = \sqrt{\frac{3,76 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 981 \cdot 64}{209,9^2 \cdot 0,6 \left(\frac{\pi 6^2}{4} - 12 \right)}} = 42,73 \text{ см.}$$

Приведённые в примере расчёты максимально приближенные, так как выведены из предположения, что вся масса початка сосредоточена в точке, расположенной в середине цилиндрической части наматываемого початка. Кроме того, модуль упругости початка зависит от толщины, вида и линейной плотности пряжи наматываемой на паковку и, следовательно, его величина может изменяться в широких пределах. Однако такие расчёты позволяют приближённо определять допустимые размеры трубчатых початков (тел вращения переменных размеров и массы) и прогнозировать момент возникновения резонансных явлений при наматывании паковок подобного вида.

Следовательно, вибрационные процессы могут возникать не только в элементах машин, приводя к снижению надёжности их работы, но и непосредственно в выпускаемой продукции (трубчатых початках, бобины ракетной формы намотки и т.д.), где происходит изменение массы и габаритных размеров формируемых тел вращения.

Разработанная методика расчёта критических размеров формируемых трубчатых початков на оборудовании позволяет предупредить разрушающие нагрузки паковок, которые она испытывает от вибрации.

Очевидно, что расчёт критической длины трубчатых початков позволяет полнее использовать коэффициент заполнения внутреннего объёма челноков механических ткацких станков, а, следовательно, повысить их производительность и снизить отходы дорогостоящего сырья.

7.3. Определение перемещения точки раскладки нити на автомате

АТП-290

Известно, что [104] при расчете величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену и степени замыкания намотки, требуемой для формирования трубчатых початков сомкнутой структуры на уточномотальных автоматах АТП – 290, необходимо точно определять истинную величину высоты образующей конуса трубчатого початка, то есть величину участка, на котором происходит раскладка нити.

Однако, как показывают исследования на автомате АТП-290, на эту величину существенное влияние оказывает свободный отрезок нити (изменяющийся по высоте раскладки) между точками раскладки и наматывания. Очевидно, что в зависимости от жесткости нити (материала, из которого изготовлена нить), линейной плотности и так далее высота раскладки нити будет меньше величины размаха нитеводителя.

На рисунке 7.4. показана схема раскладка нити вдоль образующей конуса трубчатого початка на автомате АТП – 290.

При вращении скошенного стакана (кулачка нитеводителя) нитеводитель перемещается от малого торца конуса початка к большему и обратно по дуге окружности AC радиусом $R = l_2$, а нить раскладывается вдоль образующей конуса початка по линии контакта початка с укатывающим роликом AB , которая располагается в горизонтальной плоскости. Когда нитеводитель находится у малого торца конуса початка, точка входа нити в паковку совпадает с точкой A , но по мере перемещения нитеводителя к большему торцу конуса трубчатого початка точка входа нити в паковку удаляется от нитеводителя, то есть увеличивается свободный отрезок нити от точки раскладки до точки входа нити в паковку, что, как известно [105], вызывает сокращение участка раскладки нити от AB до $AB' = H$.

Определим истинное значение H с учетом наличия свободного отрезка нити между нитеводителем и точкой входа нити в паковку.

Из рисунка 7.4. видно, что:

$$S_n = \frac{l_2}{l_1} \cdot h_n.$$

Максимальный размах нитеводителя:

$$S_n^{max} = \frac{l_2}{l_1} \cdot h_k^{max}, \quad (7.23)$$

где l_1 и l_2 – плечи рычага нитеводителя относительно оси вращения O ;

h_k^{max} – максимальное перемещение пальца нитеводителя по скошенному стакану.

Так как нить – гибкое тело, то, очевидно, что действительное перемещение точки раскладки нити S_∂ вдоль образующей конуса початка будет меньше максимального размаха нитеводителя S_n^{max} ввиду увеличения свободного расстояния от точки раскладки нити до линии движения нитеводителя: $S_\partial < S_n^{max}$.

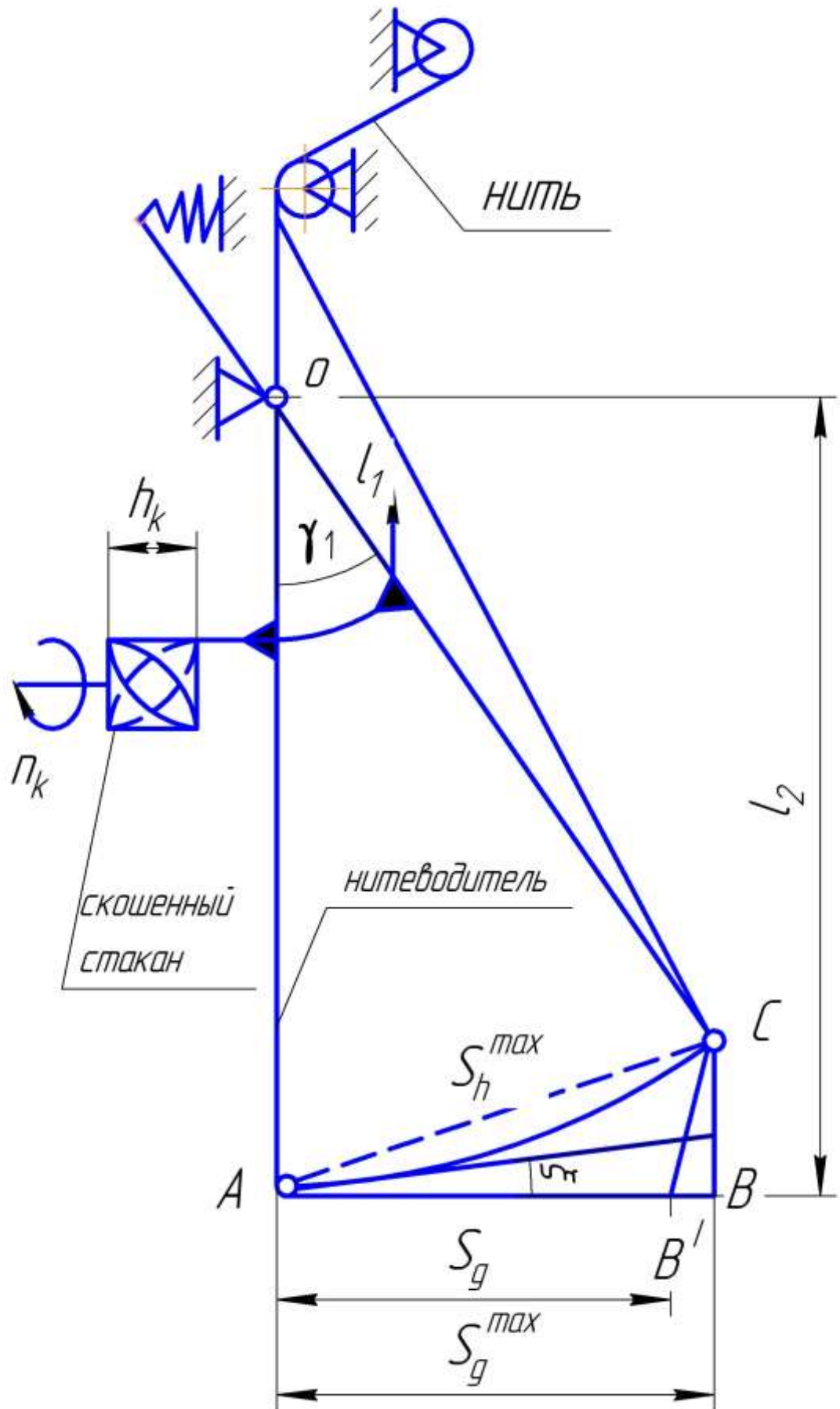


Рис 7.4. Схема раскладки нити вдоль образующей конуса трубчатого початка на автомате АТП – 290

$$S_{\partial} = S_{\partial}^{max} - b_n^{max}, \quad (7.24)$$

где S_{∂}^{max} – проекция дуги AC на ось абсцисс;

$$S_{\partial}^{max} = S_n^{max} \cdot \cos \xi_n^{max} \quad (7.25)$$

$\angle \xi_n$ – угол между касательной к дуге AC в точке раскладки нити и линией AB ;

$$\angle \xi_n^{max} = 90^{\circ} - \left(\frac{180^{\circ} - \gamma_1^{max}}{2} \right) \quad (7.26)$$

γ_1^{max} – угол максимального отклонения нитеводителя от точки A .

$$\gamma_1^{max} = \frac{h_k^{max}}{l_1} \quad (\text{рад}), \quad \gamma_1^{max} = \frac{h_k^{max} \cdot 180}{l_1 \cdot \pi} \quad (\text{град}) \quad (7.27)$$

Сокращение высоты конуса початка относительно размаха нитеводителя согласно методике, изложенной в [105]:

$$b_n^{max} = BB' = 0,69 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} \cdot c_n^{max} = 0,69 \cdot \frac{v_H}{v_O} \cdot c_n^{max} \quad (7.28)$$

где v_H – линейная скорость перемещения точки наматывания в осевом направлении паковки.

$$v_H = h_k \cdot n = h_k \cdot n_{\partial} \cdot \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \quad (7.29)$$

β_2 – угол скрещивания витков у большего торца конуса початка;

n – число оборотов нитеводителя;

n_{∂} – число оборотов веретена;

z_1, z_2, z_3, z_4 – заданные значения чисел зубьев шестерен в кинематической схеме мотальной головки АТП – 290;

v_O – окружная скорость вращения веретена; $v_O = \pi \cdot d_2 \cdot n_{\partial}$;

d_2 – диаметр початка;

c_n^{max} – максимальная величина свободного отрезка нити;

$$c_n^{max} = S_n^{max} \cdot \sin \xi_n^{max} \quad (2.42)$$

Окончательно получим:

$$\begin{aligned} S_{\partial} &= S_n^{max} \cdot \cos \xi_n^{max} - 0,69 \cdot \frac{v_H}{v_O} \cdot c_n^{max} = \\ &= \frac{l_2}{l_1} \cdot h_k^{max} \cdot \cos \left(90^0 - \left(\frac{180^0 - \gamma_1^{max}}{2} \right) \right) - 0,69 \cdot \frac{h_k^{max} \cdot n_e \cdot \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4}}{\pi \cdot d_2 \cdot n_e} \cdot S_n^{max} \cdot \sin \xi_n^{max} = \\ &= \frac{l_2}{l_1} \cdot h_k^{max} \cdot \cos \left(90^0 - \left(\frac{180^0 - \frac{h_k^{max} \cdot 180}{\pi \cdot l_1}}{2} \right) \right) - 0,69 \cdot \frac{h_k^{max} \cdot z_1 \cdot z_3}{\pi \cdot d_2 \cdot z_2 \cdot z_4} \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot h_k^{max} * \\ &\quad * \sin \left(90^0 - \frac{180^0 - \frac{h_k^{max} \cdot 180}{\pi \cdot l_1}}{2} \right) \end{aligned} \quad (7.30)$$

Общая формула для определения действительного перемещения точки раскладки нити вдоль образующей конуса початка примет вид:

$$S_{\partial n} = S_n \cdot \cos \xi_n - b_n \text{ или}$$

$$S_{\partial n} = \frac{l_2}{l_1} \cdot h_K \cdot \cos \left(90^0 - \left(\frac{180^0 - \frac{h_K \cdot 180}{\pi \cdot l_1}}{2} \right) \right) - 0,69 \cdot \frac{h_K \cdot z_1 \cdot z_3}{\pi \cdot d_n \cdot z_2 \cdot z_4} \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot h_K *$$

$$* \sin \left(90^{\circ} - \frac{180^{\circ} - \frac{h_K \cdot 180}{\pi \cdot l_1}}{2} \right) \quad (7.31)$$

Для АТП – 290 имеем следующие данные:

$$l_2 = 100 \text{ мм}, l_1 = 55 \text{ мм}, h_k^{max} = 30 \text{ мм}, z_1 = 16, z_2 = 40, z_3 = 23, z_4 = 35, \\ d_2 = 32 \text{ мм}.$$

Вычислим действительное перемещение точки раскладки нити при формировании трубчатого початка:

$$\left(S_{\partial}^{max} = \frac{100}{55} \cdot 30 \cos \left(90^{\circ} - \frac{180^{\circ} - \frac{30 \cdot 180^{\circ}}{3,14 \cdot 55}}{2} \right) = 54,54 \cos 15^{\circ} 30' = 54,54 \cdot 0,9636 = \right. \\ \left. = 52,5 \text{ мм} \right);$$

$$b_n^{max} = 0,69 \cdot \frac{30 \cdot 16 \cdot 23}{3,14 \cdot 32 \cdot 40 \cdot 35} \cdot \frac{100}{55} \cdot 30 \cdot \sin \left(90^{\circ} - \frac{180^{\circ} - \frac{30 \cdot 180^{\circ}}{3,14 \cdot 55}}{2} \right) = \\ = 0,69 \cdot 0,078 \cdot 14,57 = 0,7889 \text{ (мм)};$$

$$H = S_{\partial} = 52,5 - 0,7889 = 51,7 \text{ (мм)}.$$

Из выше описанного следует, что при формировании трубчатых початков на АТП – 290 происходит сокращение высоты раскладки нити на коническом участке початка по сравнению с размахом нитеводителя за счет:

– наличия свободного отрезка нити между нитеводителем и точкой входа нити в паковку.

Все это необходимо учитывать при определении величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену, требуемой для

получения трубчатых початков сомкнутой структуры, степени замыкания намотки p .

7.4. Исследование причин заклинивания трубчатых початков при формировании их на автоматах АТП – 290

На текстильных предприятиях, перерабатывающих пряжу большой линейной плотности (производство технических сукон), и при выработке тканей на сверх широких ткацких станках «ТЕХО» (Швеция), возникает необходимость в формировании укрупненных трубчатых початков. Для формирования укрупненных початков ранее использовались уточно-мотальные автоматы «DELERUE» (Бельгия) с вертикальным расположением веретена, но они износились, а подобного оборудования в России нет. Поэтому возникла необходимость использовать уточно-мотальные автоматы АТП-290 [106]. В этом случае, однако, увеличение габаритных размеров початков, а, следовательно, и их массы, создают значительные трудности в вытеснении их коническими роликами, а порой происходит заклинивание початка, его ломка и, следовательно, увеличение отходов сырья.

Для решения данной проблемы нами были проведены теоретические исследования процесса вытеснения початков коническими роликами и определены условия устранения заклинивания веретена.

Исследуя этот вопрос, рассмотрим рисунок 7.5. и определим влияние всех сил, действующих на трубчатый початок при его формировании. Со стороны конусов на початок действуют силы P , которые можно разложить на две составляющие: $P_1 = P \cdot \cos \alpha$ и $P_2 = P \cdot \sin \alpha$; силы P_1 вызывают уплотнение намотки; силы P_2 вызывают вытеснение початка.

Вытеснению початка препятствуют силы: F_{T1} – силы трения початка о конуса; F_{T2} – силы трения початка о веретено; Q – сила давления на початок прессующей каретки.

Изобразим проекции сил, действующих на початок, на оси x и y . Ось y является осью початка, ось x построим перпендикулярно оси y . Согласно условию равновесия плоской системы сил, действующих на твердое тело, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций этих сил на каждую из двух осей координат, расположенных в плоскости действия сил, были равны нулю, то есть $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$.

Спроектировав все силы, действующие на початок, на ось x , получим:

$$F_{kx} = -F_{T1} \cdot \sin \alpha + F_{T1} \cdot \sin \alpha - P \cdot \cos \alpha + P \cdot \cos \alpha = 0 \quad (7.32)$$

силы $-F_{T1}$ и F_{T1} , $-P$ и P взаимно уничтожаются. Тогда $F_{kx} = 0$, условие равновесия соблюдается.

Спроектировав все силы на ось y , будем иметь:

$$\sum F_{ky} = 0; \quad 2 \cdot F_{T1} \cdot \cos \alpha - 2 \cdot P \cdot \sin \alpha + F_2 + Q = 0 \quad (7.33)$$

По закону Кулона $F_{T1} = P \cdot f_1$; $F_{T2} = P_1 \cdot f_2 = P \cdot f_2 \cdot \cos \alpha$

$$2 \cdot P \cdot f_1 \cdot \cos \alpha - 2 \cdot P_2 + P \cdot f_2 \cdot \cos \alpha + Q = 0 \quad (7.34)$$

Учитывая, что $P = \frac{P_2}{\sin \alpha}$, получим:

$$2 \cdot \frac{P_2}{\sin \alpha} \cdot f_1 \cdot \cos \alpha - 2 \cdot P_2 + \frac{P_2}{\sin \alpha} \cdot f_2 \cdot \cos \alpha + Q = 0;$$

$$2 \cdot P_2 \cdot f_1 \cdot \operatorname{ctg} \alpha - 2 \cdot P_2 + P_2 \cdot f_2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha + Q = 0.$$

Выразим силу P_2 , вызывающую вытеснение початка:

$$P_2 = \frac{Q}{2 - 2 \cdot f_1 \cdot \operatorname{ctg} \alpha - f_2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{Q}{2 - \operatorname{ctg} \alpha \cdot (2 \cdot f_1 + f_2)} = \frac{Q \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - (2 \cdot f_1 + f_2)} \quad (7.35)$$

Примем условно $f_1 = f_2 = f$ – коэффициенты трения початка о сталь, тогда:

$$P_2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 3 \cdot f} \cdot Q = \kappa \cdot Q \quad (7.36)$$

где α – угол конусности початка;

κ – множитель, зависящий от коэффициента трения о металл и угла конусности початка, и прямо пропорциональный силе P_2 , вызывающей вытеснение початка.

Из расчетов видно, что заклинивание початка произойдет в том случае, если:

$$2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 3 \cdot f = 0; \operatorname{tg} \alpha = 1,5 \cdot f;$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 1,5 \cdot f. \quad (7.37)$$

Рассмотрим влияние изменения угла конусности и коэффициента трения початка о сталь на изменение силы, вызывающей вытеснение початка при стабильной силе давления на початок прессующей каретки.

Полагая $f = 0,1$ и $f = 0,2$, произведем расчеты. Результаты представлены в таблице 7.1.

По полученным данным построим графики функций $\kappa = f(\alpha)$ для $f = 0,1$ и $f = 0,2$, которые представлены на рисунке 7/6.

При $f = 0,1$ имеем: $\alpha = \operatorname{arctg} 1,5 \cdot f = \operatorname{arctg} 1,5 \cdot 0,1 = \operatorname{arctg} 0,15 = 8,53^\circ$.

При $f = 0,2$: $\alpha = \operatorname{arctg} 1,5 \cdot f = \operatorname{arctg} 1,5 \cdot 0,2 = \operatorname{arctg} 0,3 = 16,69^\circ$.

Вычислим односторонние пределы для зависимостей $\kappa(\alpha) = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 0,3}$

и $\kappa(\alpha) = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 0,6}$ при стремлении $\alpha \rightarrow 8,53^\circ$ и $\alpha \rightarrow 16,69^\circ$

соответственно:

$$\lim_{\alpha \rightarrow 8,53_{-0}^0} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 0,3} \right) = \frac{\operatorname{tg} 8,53^0}{2 \cdot \operatorname{tg} 8,53^0 - 0,3} = -\frac{0,15}{0} = -\infty;$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 8,53_{+0}^0} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 0,3} \right) = \frac{\operatorname{tg} 8,53^0}{2 \cdot \operatorname{tg} 8,53^0 - 0,3} = \frac{0,15}{0} = \infty$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 16,69_{-0}^0} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 0,6} \right) = \frac{\operatorname{tg} 16,69^0}{2 \cdot \operatorname{tg} 16,69^0 - 0,6} = -\frac{0,29}{0} = -\infty;$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 16,69_{+0}^0} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 0,6} \right) = \frac{\operatorname{tg} 16,69^0}{2 \cdot \operatorname{tg} 16,69^0 - 0,6} = \frac{0,29}{0} = \infty.$$

Прямые $\alpha = 8,53$ и $\alpha = 16,69$ являются асимптотами для соответствующих графиков функций гиперболического вида (рисунок 7/6). При указанных значениях углов конусности початка функции имеют разрывы II рода (или бесконечные разрывы). Графики функций при $0 < \alpha < \operatorname{arctg} 1,5 \cdot f$ физического смысла не имеют.

Полученные результаты показали, что при увеличении коэффициента трения початка о сталь, возрастает значение угла конусности початка, при котором происходит заклинивание.

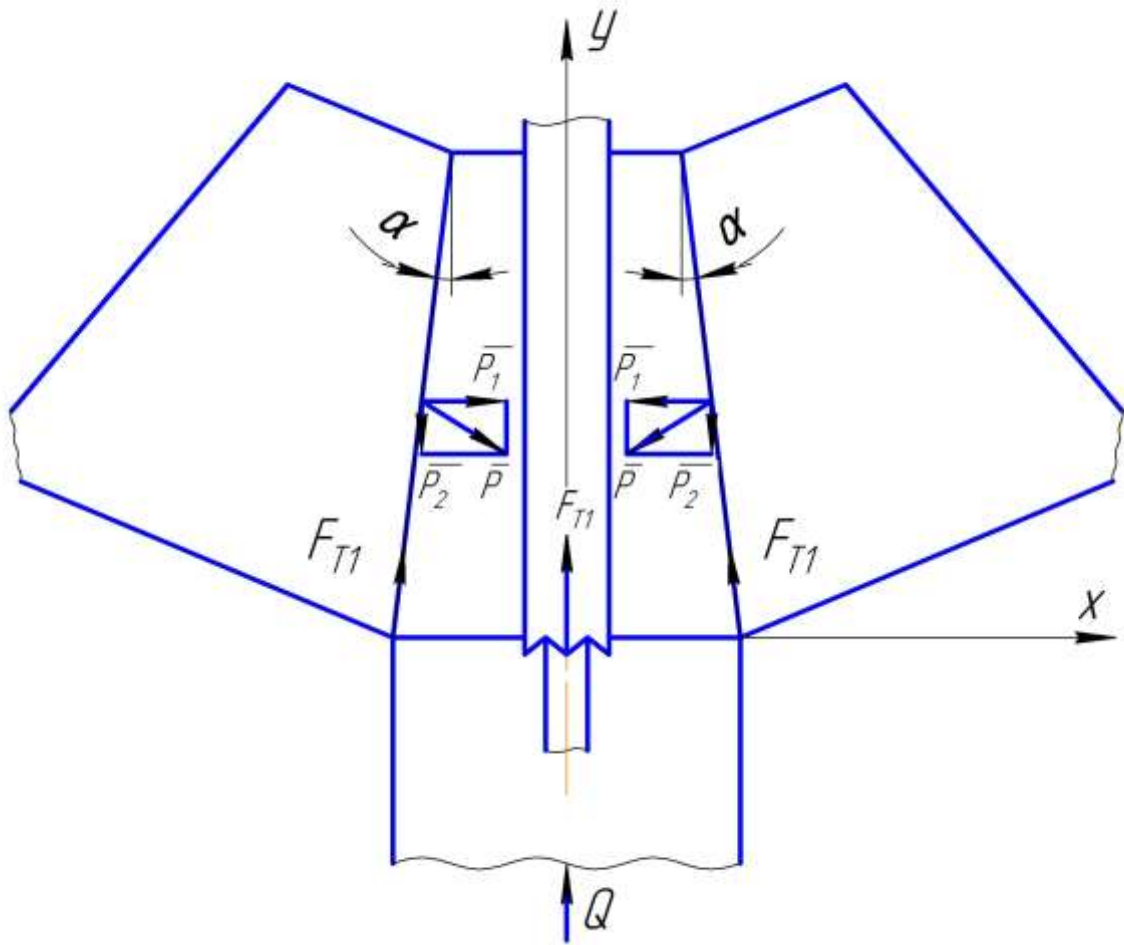


Рис. 7.5. Приложение сил, оказывающих влияние на вытеснение трубчатого початка

При увеличении угла конусности улучшаются условия вытеснения початка, так как требуемая величина силы, вызывающей вытеснение P_2 , уменьшается, одновременно с этим увеличивается другая составляющая результирующей силы - P_1 , уплотняющая намотку.

Таблица 7.1

| | α^0 | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|-------|------------|---|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| f=0,1 | к | 0 | 0,44 | 7,43 | 1,69 | 1,05 | 0,85 | 0,75 | 0,69 | 0,66 | 0,63 |
| f=0,2 | к | 0 | 0,15 | 0,44 | 1,22 | 10,82 | 2,85 | 1,53 | 1,15 | 0,96 | 0,85 |

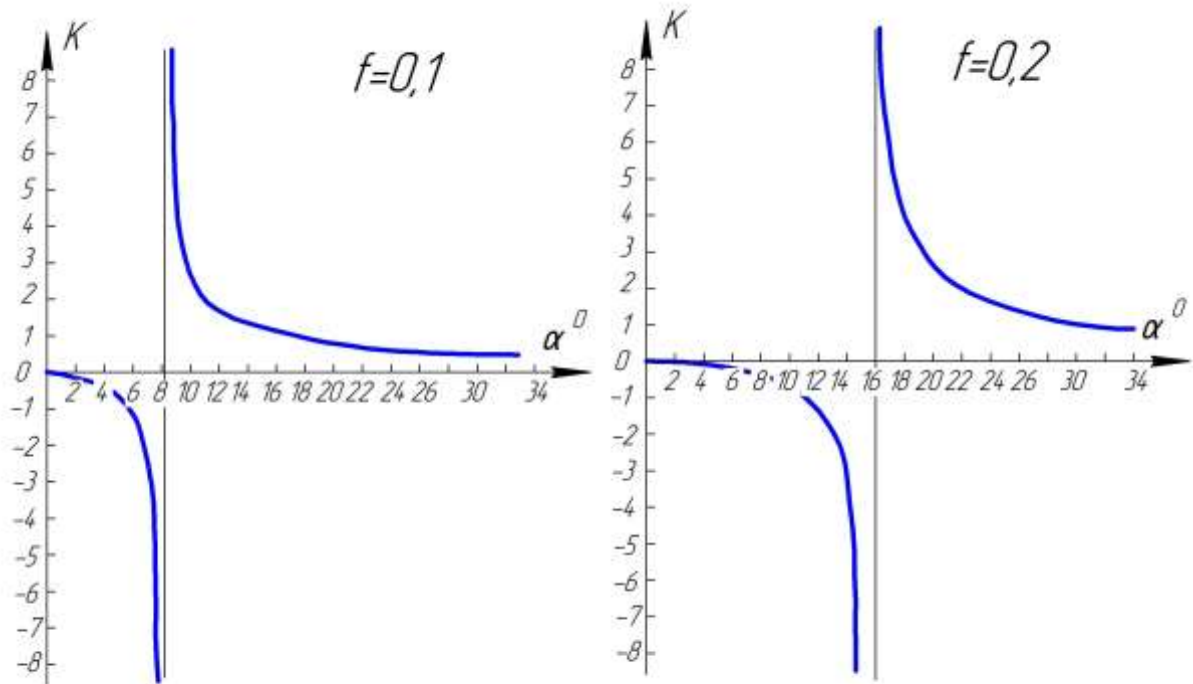


Рис. 7.6. График зависимостей $\kappa = f(\alpha)$ для $f = 0,1$ и $f = 0,2$

Выводы по разделу 7

1. Выявлено, что для получения трубчатых початков сомкнутой структуры при проектировании мотальных механизмов необходимо учитывать дополнительный угол сдвига между витками первой и $p + 1^{oi}$ пар слоев, обусловленный осевым перемещением початка при наматывании.

2. Установлено, что именно скорость осевого перемещения початка и степень замыкания намотки p оказывают наибольшее влияние на величину дополнительного угла сдвига между витками первой и $p + 1^{oi}$ пар слоев.

3. Для формирования трубчатого початка сомкнутой намотки, необходимо и достаточно, чтобы дополнительный угол сдвига между витками первой и $p + 1^{oi}$ пар слоев, обусловленный осевым перемещением

початка при наматывании ψ^V , был равен необходимому для получения сомкнутой структуры углу сдвига витков ψ_C , зависящему от диаметра наматываемой пряжи, высоты намотки и величины передаточного отношения от веретена к нитеводителю i_0 .

4. При формировании трубчатых початков сомкнутой намотки на автоматах АТП – 290 величина передаточного отношения от веретена к нитеводителю i_0 должна быть такой, чтобы при отсутствии осевого перемещения початка во время наматывания, на нем формировалась p -замкнутая намотка.

5. Вибрационные процессы могут возникать не только в элементах машин, приводя к снижению надёжности их работы, но и непосредственно в выпускаемой продукции (трубчатых початках, бобинах ракетной формы намотки и т.д.), где происходит изменение массы и габаритных размеров формируемых тел вращения.

6. При формировании трубчатых початков на АТП – 290 происходит сокращение высоты раскладки нити на коническом участке початка по сравнению с размахом нитеводителя за счет наличия свободного отрезка нити между нитеводителем и точкой входа нити в паковку.

7. Методика расчёта критических размеров формируемых трубчатых початков на оборудовании позволяет предупредить разрушающие нагрузки паковок, которые она испытывает от вибрации.

8. Расчёт критической длины трубчатых початков позволяет полнее использовать коэффициент заполнения внутреннего объёма челноков механических ткацких станков, а, следовательно, повысить их производительность и снизить отходы дорогостоящего сырья.

9. Заклинивание початка на веретене может возникать в случае равенства выталкивающей силы, действующей со стороны роликов на початок, силам сопротивления, вызываемым прессующей кареткой и сцеплением (за счет сил трения) початка с веретеном и конусами.

10. Угол конусности початка оказывает решающее влияние на процесс вытеснения початка с веретена, но чрезмерное его увеличение приводит образованию «слетов» витков с поверхности намотки.

11. Минимальное значение угла конусности початка, при котором исключено заклинивание початка на веретене, определяется коэффициентом трения материала, из которого изготовлена нить, по стали.

Раздел 8. Разработка и исследование мотальных паковок специального назначения

К мотальным паковкам специального назначения следует относить те паковки, которые сформированы для использования их в различных областях хозяйствования без разматывания нити с паковки. К паковкам такого типа могут быть отнесены все тела вращения, формируемые из текстильных нитей и нитевидных материалов путём навивки их на оправки заданной формы и размеров.

Последние работы ученых текстильщиков МГУДТ, проводимые в области создания мотальных паковок специального назначения, позволили существенно расширить сферу их использования в различных отраслях промышленности.

Так, например, создание мотальных паковок увеличенных габаритов (с высотой раскладки нити до 2 метров), позволили открыть новые перспективы создания фильтровальных систем для очистки различных сред (питьевой воды, технических растворов, воздуха в системах вентиляции помещений, газов, масел.), а также фильтросных труб, аэраторов (применяемых при биологической очистке сточных вод) и т. д..

Использование мотальных паковок различных структур намотки позволяет использовать их к качестве армирующих компонентов композиционных материалов, применяемых в авиа и ракетостроении, а также в военной промышленности и энергетике.

Весьма актуально при этом использование не только паковок с различной структурой намотки нитей на перфорированные каркасы, но и использование различных видов материалов, из которых сформированы данные паковки. Именно сырьевой состав нитей, определяет области применения паковок специального назначения. А структура намотки выбирается исходя из требований, предъявляемых к конечному продукту.

Например, для очистки питьевой воды от избыточного железа и марганца, при создании фильтрованных установок большой производительности, целесообразно применять полипропиленовые мультифиламентные нити низкой линейной плотности и развитой поверхностью сечения волокон (трилобальные волокна), обеспечивающих повышенную сорбционную способность. Структура намотки таких фильтров выбирается от требуемой степени очистки воды и обеспечивается сомкнутой намоткой мотальных паковок требуемых габаритов, формируемых на прецизионных мотальных механизмах специальной конструкции.

Комплексное использование различных материалов и структур намотки нитей в одной паковке позволяет создавать новые конечные продукты и композиционные материалы, область применения которых настолько широка, что требует систематизации и классификации всех видов намоток.

8.1. Особенности промышленном применении мотальных паковок специального назначения

Одной из главных задач, стоящих перед текстильщиками в настоящее время, является разработка новых видов текстильных материалов и технологий, обладающих требуемыми свойствами и качественными показателями, то есть инновационных технологий. Такие технологии должны обеспечивать получение высокоэффективных конечных продуктов с новыми свойствами.

Именно к таким технологиям следует отнести процесс формирования мотальных паковок специального назначения. Следует отметить, что к мотальным паковкам специального назначения следует относить так же все виды намоток: нитей, нитевидных материалов, лент, проволоки, тканей и нетканых материалов, трикотажных полотен на перфорированные патроны, оправки, дорны, шпули, кулички, катушки (тела вращения). Данные

мотальные паковки не подлежат сматыванию с них нити. Они используются в различных отраслях хозяйствования, как самостоятельный конечный продукт (фильтры, композиционные материалы, емкости, фюзеляжи, трубы, оплетки, шланги, наполнители, препреги и т.д.).

Такое большое многообразие конечных продуктов, формируемых намоткой, обусловлено возможностью однопроцессным способом (самой «короткой технологией»), за счет многообразия структур намотки создавать новые изделия с требуемыми, наперед заданными свойствами.

Особую актуальность представляют технологии получения облегченных композитных материалов на базе мотальных паковок специального назначения для конструирования и изготовления летательных аппаратов (ракет, корпусов самолетов, винтов вертолетов и т.д.).

Особенности промышленного применения таких мотальных паковок специального назначения обусловлены, в первую очередь, структурой намотки нити (нитевидного материала) на паковку, поэтому рассмотрим их более подробно.

Как показано в работе [107], основными структурами намоток специального назначения являются: сомкнутые, замкнутые, спиралевидные, застилистые, дисковые, а основным критерием, определяющим принадлежность намотки к той или иной группе, является угол сдвига между витками различных пар слоев намотки, определяемый на торце паковки (при конической форме паковки на малом торце).

В общем случае (для всех видов намотки) угол сдвига между витками различных пар слоев намотки определяется по формуле:

$$\Psi_{1,p+1} = 2\pi p \cdot (k_{i_0} - n_1), \quad (8.1)$$

где p - степень замыкания намотки, или число двойных ходов нитераскладчика (слева-направо и обратно), после которого витки $p + 1^{ой}$ пары слоев намотки пойдут по виткам первой пары слоев;

k – число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нитеводителя (один двойной ход);

i_0 – общее передаточное отношение от нитераскладчика к веретену, создаваемое мотальным механизмом;

$n_l = [k_{i_0}]$ – целая часть числа k_{i_0} .

Угол сдвига между витками различных пар слоев при сомкнутой намотке определяется по формуле:

$$\Psi_c = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}} = const, \quad (8.2)$$

где d – диаметр (условный диаметр, ширина ленты и т.д.) нити, из которого формируется паковка;

D – текущий диаметр намотки мотальной паковки;

β – угол скрещивания витков.

Для существующих видов нитей, применяемых в качестве паковок специального назначения Ψ_c , изменяется в пределах от 2^0 до 5^0 .

На рисунке 8.1а показана развёртка односомкнутой структурой намотки нити. Из рисунка видно, что углы сдвига между каждыми последующими витками намотки равны:

$$\Psi_{1,2} = \Psi_{2,3} = \Psi_{3,4} = \dots = \Psi_c. \quad (8.3)$$

Мотальные паковки специального назначения сомкнутой структуры обладают максимальной плотностью намотки нитей, минимальной пористостью и проницаемостью, что предопределяет их промышленное применение в качестве трубчатых текстильных фильтров, армирующих компонентов композиционных материалов и т.д.

Замкнутые намотки обладают сотово-пористой структурой расположения нитей. Места перекрещивания витков намотки располагаются по нормальям к поверхности паковки. На рисунке 8.1 б показана развёртка

двухзамкнутой намотки, т.е. витки третьей пары слоев, ложатся на витки первой пары, а витки четвертой пары слоев – на витки второй и т.д.

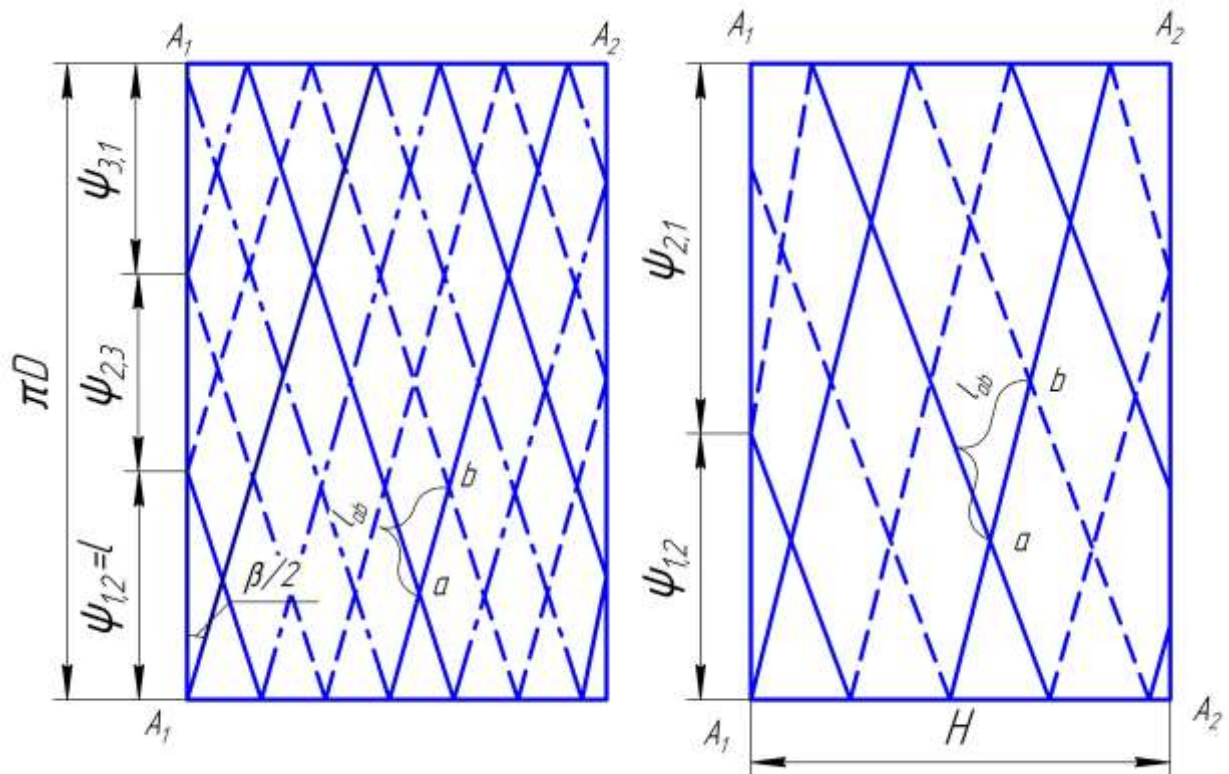


Рисунок 8.1. Развёртки трех и двухзамкнутых намоток

Для p -замкнутых намоток угол сдвига между витками $m^{ой}$ и $(p+m)^{ой}$ парами слоев намотки определяется по формуле:

$$\Psi_{m,m+1} = 360Z, \quad (8.4)$$

$m = 1; 2; 3...$ – номер текущей пары слоев намотки;

$p = 1; 2; 3...$ – степень замыкания намотки;

$z = 1; 2; 3...$ - кратность замыкания намотки.

Замкнутые намотки с малой степенью замыкания имеют жгутообразную форму и промышленного применения как самостоятельное изделие не нашли. При степени замыкания намотки $p > 24$ структура намотки приобретает ярко выраженные соты, которые имеют сквозные поры

ромбовидной формы. На рисунке 8.2 показаны поры замкнутой структуры, изменяющиеся по мере роста диаметра намотки паковки D .

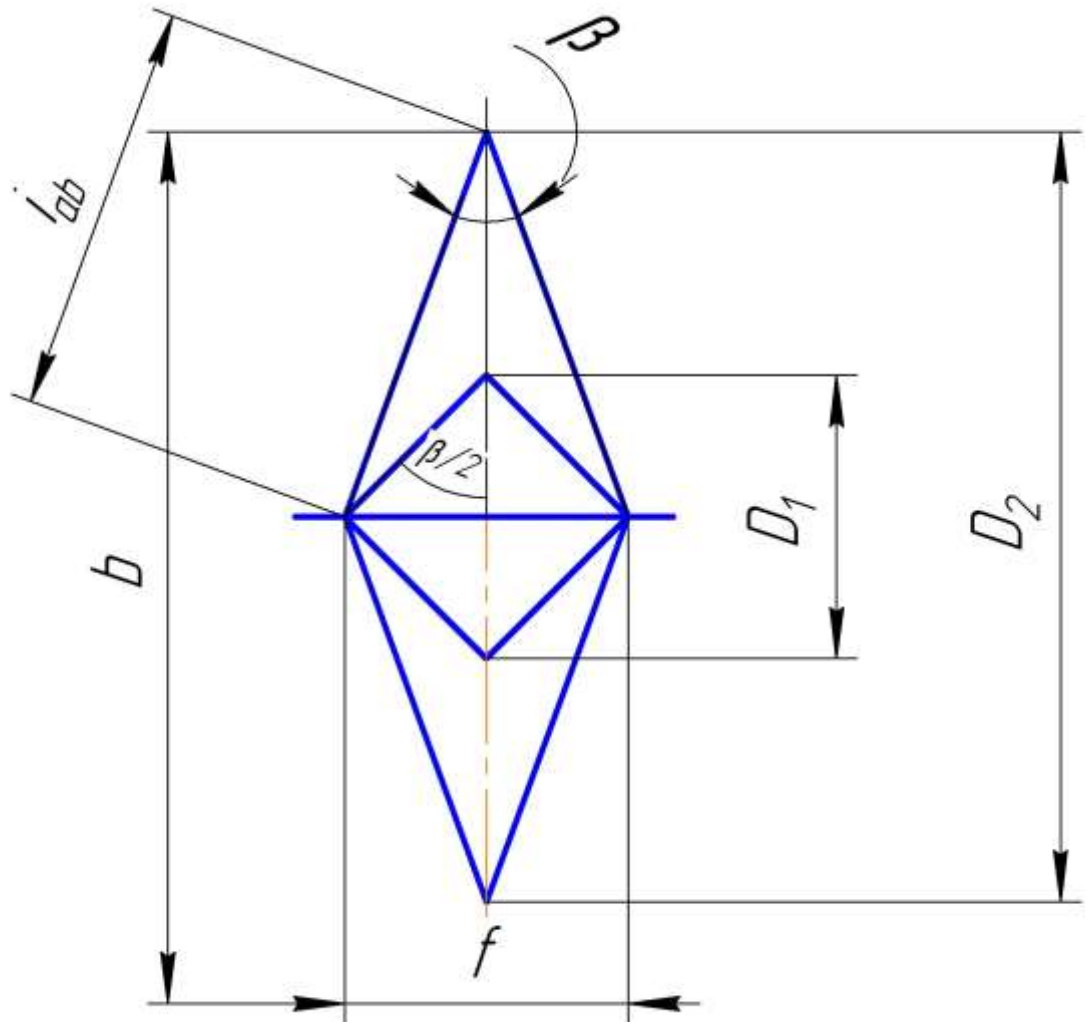


Рис. 8.2. Поры сомкнутых намоток при различных диаметрах намотки

Размер пор замкнутых намоток можно определить по формулам:

$$e = \frac{\pi D}{p}, \quad (8.5)$$

где D – текущий диаметр намотки паковки;

$$a = \frac{2H}{n_1 p}, \quad (8.6)$$

где H – высота намотки паковки (размах нитеводителя);

$n_I = [k_{i_o}]$ – целая часть числа k_{i_o} , определяемая из конструктивных особенностей мотального механизма.

Очевидно, что с ростом диаметра намотки диагональ « e » ромбовидной поры будет увеличиваться, что следует учитывать при использовании мотальных паковок такой структуры в качестве фильтров с заказанной пористостью и проницаемостью.

Очевидно также, что с ростом диаметра намотки D угол скрещивания витков β будет уменьшаться, причем начальное значение угла скрещивания витков намотки β можно задавать с помощью изменения скоростных режимов вращения паковки и раскладки нити, действительно:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{V_H}{V_0} = \frac{h_K \cdot n_K}{\pi \cdot D \cdot n_B}, \quad (8.7)$$

где h_K – шаг канавки кулачка нитераскладчика;

n_K – частота вращения кулачка нитераскладчика;

n_B – частота вращения веретена (паковки).

Основное промышленное применение мотальные паковки замкнутой структуры получили в качестве фильтровальных перегородок, например, при производстве кинескопов цветных телевизоров, а также в качестве армирующих компонентов композитных материалов.

Спиралевидные намотки занимают промежуточное положение между замкнутыми и сомкнутыми намотками. Угол сдвига витков у спиралевидных намоток находится в пределах:

а) для опережающей намотки:

$$360Z + \Psi_c > \Psi_{m,m+1} > 360Z, \quad (8.8)$$

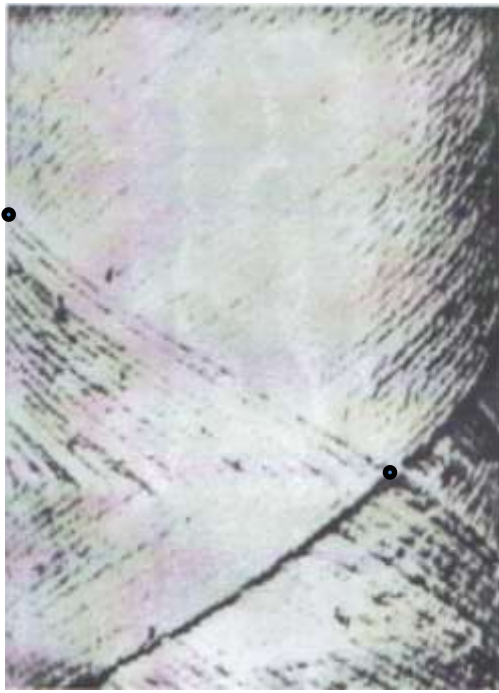
б) для отстающей намотки:

$$360Z > \Psi_{m,m+1} > 360Z - \Psi_c. \quad (8.9)$$

Точки пересечения витков у опережающих намоток на торцах паковки располагаются по спиральям Архимеда, направленным по часовой стрелке или справа от предыдущих витков (на развёртке намотки), как показано на рисунке 8.3, а у отстающих – против часовой стрелки, или слева от предыдущих витков. На рисунке 8.4 показаны фотографии одно и двенадцатисомкнутых намоток, из которых видно, что «длина плеча - l », или расстояние между точками пересечения витков намотки уменьшается с ростом степени замыкания- p . Это обстоятельство определяет и области применения таких структур намотки, так как существенно влияет на прочностные характеристики намоток.

Ромбовидные поры в структуре спиралевидных намоток так же, как и у замкнутых структур, увеличиваются с ростом диаметра намотки вдоль большей диагонали, но они еще получают смещение относительно друг друга по спиральям Архимеда, что делает форму пор криволинейными.

Диаметр намотки паковок спиралевидной структуры будет прирастать быстрее, чем у сомкнутых намоток, но медленнее, чем у паковок замкнутой структуры, формируемых из нитей одной линейной плотности, это связано с заполнением объема паковок нитью.



а



б

Рис.8.3. Фото структур одно и двенадцатисомкнутой намоток

Радиус намотки паковок спиралевидной структуры ориентировочно можно определить по формуле [108]:

$$r = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{h_k}{4\pi i_0}\right)^2} + \frac{T\phi}{2\pi \cdot H \cdot \gamma \cdot 10^{-5}}, \quad [\text{см}], \quad (8.10)$$

где r_0 - радиус патрона, на который наматывается нить;

γ - удельная плотность намотки нити на паковку, г/см³;

ϕ - угол поворота паковки (веретена).

За « p » циклов движения нитераскладчика паковка (веретено) повернется на угол:

$$\Delta k = 2\pi k \cdot p \cdot i_0, \quad (8.11)$$

где k – общее число оборотов кулачка нитераскладчика за один двойной ход нити.

Тогда приращение радиуса намотки за один двойной ход нитераскладчика составит:

$$\Delta r = \frac{T \cdot k \cdot p \cdot i_0}{H \cdot \gamma \cdot 10^{-5}}. \quad (8.12)$$

При этом будет происходить смещение точек пересечения витков на угол $p\Psi_{1,p+1} < \Psi$.

Нетрудно видеть, что между углом сдвига $\Psi_{1,p+1}$ и радиусом намотки объемного слоя толщиной Δr существует прямо пропорциональная зависимость:

$$r_n = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{h_k}{4\pi i_0}\right)^2} + a\Psi_{1,p+1}, \quad (8.13)$$

где $\Psi_{1,p+1} = \Psi_{m,m+p}$ – угол сдвига спиралевидной намотки, являющийся величиной постоянной;

a – угловой коэффициент, зависящий от вида нити, ее линейной плотности, скорости возрастания радиуса намотки паковки.

Характерное расположение пор в структуре спиралевидных намоток обуславливает широкий спектр использования таких намоток в качестве азраторов, фильтров специального назначения, композитов, наполнителей пористых структур и т.д.

Приведённый выше анализ структур намотки мотальных паковок показал, что:

- области промышленного применения мотальных паковок специального назначения (не подлежащих разматыванию с них нити) определяются структурными характеристиками намоток;

- все мотальные паковки сомкнутой, замкнутой и спиралевидной структур относятся к прецизионным намоткам, характеризующимся постоянством углов сдвига витков для каждого из видов намоток;

-варьируя структурами намоток можно формировать мотальные паковки специального назначения с наперед заданными свойствами (заданной пористостью и проницаемостью).

8.2. Текстильные паковки специального назначения, применяемые при решении экологических задач

В настоящее время при решении задач охраны окружающей среды всё больше находят применение текстильные материалы. Примером такого их использования является разработанная на базе формирования мотальных паковок технология создания пневматических аэраторов, применяемых при биологической очистке сточных вод, а также патронные фильтры «Пантекс». Патронные фильтры применяют при очистке питьевой воды от избыточного железа и марганца, а также при очистке воздуха - в системах приточно-вытяжной вентиляции, с возможностью его обеззараживания.

Биологическая очистка, основана на обеспечении необходимых условий жизнедеятельности микроорганизмов, способных окислять или восстанавливать органические вещества, находящиеся в сточных водах в виде тонких суспензий, коллоидов и в растворе.

Для эффективной очистки сточных вод при использовании биологического способа необходимо создавать определённые условия [108, 109]:

-организмы активного ила являются микроаэрофилами, поэтому для нормальной жизнедеятельности им требуются малые количества

растворенного кислорода. Критической концентрацией считается 0,2 мг/дм³, вполне удовлетворительной - 0,5 мг/дм³ растворенного кислорода;

-активный ил не терпит залежей и при малейшем застое начинает гибнуть от собственных метаболитов. Поэтому предусмотренные нормы на содержание растворенного кислорода (не менее 1,0—2,0 мг/дм в любой точке аэротенка) предполагают обеспечение интенсивного перемешивания иловой смеси с целью ликвидации ее залежей.

Для обеспечения выше перечисленных условий применяется принудительная аэрация, которая: во-первых, поддерживает ил во взвешенном состоянии, обеспечивая его перемешивание и хороший контакт со сточной жидкостью и кислородом; во-вторых, создается большая концентрация активного ила и низкая концентрация очищаемого субстрата. Такое сочетание условий во много раз повышает скорость изъятия загрязнений из сточных вод, то есть их очистку.

При крупнопузырчатой аэрации размер пузыря воздуха достигает 5-6 мм, и использование кислорода активным илом при этом составляет 6-7%, что снижает массоперенос растворенного кислорода из жидкости в клетку. При уменьшении размера пузыря воздуха до 2-2,5 мм, увеличивается использование кислорода до 8-12%. Применение мелкопузырчатой аэрации позволяет аэрофилам замещать микроаэрофилов в активном иле, что приводит к значительному улучшению качества очистки, улучшению седиментационных характеристик активного ила, его влагоотдающих свойств, повышению уровня метаболизма, сокращению прироста, а также возрастанию устойчивости организмов в иле к воздействию токсичных веществ.

Создание мелкопузырчатых аэрационных элементов начиналось с применения фильтросных пластин, позже - тарельчатых, колпачковых аэраторов, затем появились фильтросные трубы, диспергирующий слой которых сформирован методом пневмоэкструзии полимерного материала из расплава, и множество других. Но все они имели много недостатков:

- формирование пузырьков воздуха неодинаковых размеров; склонность к кольматации, биообрастаниям и «пробоям» диспергирующей перегородки при перепадах давления воздуха в системе,

- что в свою очередь приводит к образованию так называемых «бурунов», неэффективному использованию воздуха и электроэнергии, понижению уровня растворённого кислорода.

Это, в свою очередь, снижает степень активности микроорганизмов и не улучшает очистку. Срок службы любых элементов аэрации составлял не более 3-х - 5-ти лет, и это с ежегодными прочистками и дорогостоящими ремонтами. Частые ремонтные работы подразумевают остановку и опорожнение азротенков. И, как следствие, серьезные материальные и трудовые затраты, не говоря уже о прямом вреде экологии.

С целью устранения вышеуказанных недостатков были созданы новые аэрационные системы с использованием барботажных аэраторов, формируемых на базе текстильных мотальных паковок специального назначения [110].

Данные аэраторы отличаются от аналогов тем, что в качестве диспергирующего слоя в них используется слоисто-каркасная намотка полипропиленовых нитей низкой линейной плотности (от 80-150 текс). Структура намотки нитей обеспечивает не только заданную пористость и проницаемость диспергирующего слоя аэраторов, но задает направление движения пузырьков воздуха на выходе, что особенно важно для расширения аэрируемых зон и устранения залежей ила под фильтросными трубами.

Примером такого использования являются ткани, нетканые материалы (войлоки, трикотажные рукава и полотна), формируемые из текстильных волокон и нитей, применяемые для очистки воздуха в системах вентиляции и кондиционирования помещений, для очистки газов, а также для очистки вытяжного воздуха от аэрозолей краски (например, при покраске автомобилей) и для очистки рециркуляционного воздуха с целью экономии тепла в холодный период года и т.п.

Все фильтровальные полотна представляют собой плоские объемные волокнистые структуры, размеры и форму которых задают исходя из необходимых фильтрующих характеристик. При достижении перепада давления проектной величины фильтры необходимо подвергать регенерации.

Данный процесс требует дополнительных затрат времени, электроэнергии, воды, сжатого воздуха на очистку фильтровальной

перегородки и ведет к удорожанию системы очистки воздуха. Кроме того, все существующие фильтровальные полотна имеют общий существенный недостаток - склонность к «пробою» фильтровальной перегородки (нарушению целостности ее структуры), а, следовательно, потере фильтром своих основных свойств и возникновению необходимости его замены на новый, что также сопряжено с дополнительными затратами.

Пробой фильтровальной перегородки может возникать вследствие неоднородной структуры расположения волокон в полотнах (в большинстве нетканых холстов она имеет хаотический характер распределения), а также из-за резкого перепада давления в системах подачи воздуха (ударных воздействий импульсов сжатого воздуха), выноса слабо закрепленных волокон на локальных участках фильтра и т.д.

Плоские ячейковые фильтры имеют ограниченную площадь фильтровальной перегородки (входного сечения фильтра) и, как следствие, низкую производительность.

С учетом вышеизложенного были сформулированы основные требования, которым должны отвечать конструкции фильтровальных систем, применяемых для очистки воздуха:

- а) иметь максимальную производительность при минимальных значениях площади входного сечения фильтра;
- б) исключение явлений «пробоя» фильтровальных перегородок и преждевременного выхода фильтра из эксплуатации;
- в) структура фильтровальной перегородки должна обеспечивать удаление осадка при регенерации с минимальными затратами электроэнергии, исключая возможность нарушения целостности структуры фильтровальной перегородки;
- г) быть дешевыми и удобными в обслуживании в процессе эксплуатации.

Структурой новых фильтровальных перегородок для очистки воздуха, в полной мере обладающей всеми вышеуказанными свойствами, является

структура намотки мотальных паковок специального назначения. Данные мотальные паковки могут формироваться из нитей различного волокнистого состава путем создания слоисто-каркасной намотки с заданной пористостью и проницаемостью фильтровальной перегородки на перфорированном каркасе. Структура фильтровальной перегородки в трубчатых текстильных фильтрах (ТТФ), сформированных намоткой нитей на перфорированный каркас, обеспечивает устойчивость к внешним механическим воздействиям и перепадам давления, подаваемого в систему воздуха, полностью, исключая явления «пробоя» фильтровальной перегородки, как в режиме эксплуатации, так и в режиме регенерации фильтра.

Мотальные паковки специального назначения могут применяться в авиационной промышленности и даже в медицине и гигиене людей, о чём свидетельствует работа [111, 112].

Структура расположения витков нитей в различных слоях намотки фильтровальной перегородки обеспечивает заданную пористость и проницаемость фильтра, а, следовательно, требуемую эффективность и степень очистки воздуха. Применение для формирования фильтровальных перегородок ТТФ мультифиламентных волокон с развитой наружной поверхностью позволяет обеспечивать сверхтонкую очистку воздуха от вредных примесей и существенно расширить область использования новых фильтровальных систем.

Основными отличительными характеристиками всех видов намоток специального назначения являются:

- размеры пор в структуре фильтровальной перегородки;
- направление смещения пор по радиусу в толще фильтровальной перегородки;
- объемная плотность намотки фильтровальной перегородки.

Наибольшую объемную плотность имеет сомкнутая структура намотки нитей на перфорированный каркас, а, следовательно, ее целесообразно

использовать для тонкой очистки воздуха, в наиболее ответственных случаях, при необходимости:

- обеспечения эффективности очистки до 99,99%;
- способности улавливать мелкодисперсную пыль размером частиц от 1 мкм и выше;
- при удалении из воздуха радионуклидов.

Особый интерес представляют замкнутые и спиралевидные намотки, у которых размеры пор могут задаваться требуемой степенью очистки воздуха, причем радиальное смещение пор в структуре фильтровальной перегородки полностью исключает «проскок» микрочастиц через толщу намотки, образуя своеобразные «ловушки» для них, и существенно увеличивает (до 20-30 раз) грязеёмкость фильтровальной перегородки по сравнению с плоскими фильтрами.

Комплексное использование всех видов структур намотки при формировании одной фильтровальной перегородки еще более расширяет сферу применения новых трубчатых текстильных фильтров и требует дополнительных исследований.

Одними из главных достоинств трубчатых текстильных фильтров «Пантекс», формируемых на базе слоисто-каркасных намоток, являются:

-простота их обслуживания в процессе эксплуатации в системах вентиляции, так как отдельные картриджи соединяются с помощью муфт и позволяют обеспечить заданную производительность путем сбора картриджей в один коллектор;

-дешевизна картриджей «Пантекс» обеспечивается высокоскоростным, однопроцессным способом их формирования на специальном оборудовании, а поэтому регенерация фильтров не целесообразна или возможна путем срезания верхних 2-3-х наиболее загрязненных слоев намотки с поверхности фильтра, при этом ресурс его работы снижается на 30-40%.

Примером использования для очистки воздуха, фильтровального модуля «Пантекс-0,5Т». Фильтровальная перегородка его картриджей

сформирована из полипропиленовых нитей линейной плотности 150 текс. Площадь фильтровальной поверхности модуля в пять раз превышает площадь ячеистого фильтра ФяП-0,5, что позволило существенно увеличить срок эксплуатации фильтра без регенерации и замены картриджей.

Начальное аэродинамическое сопротивление фильтров модуля «Пантекс» не превышает 50 Па, что достигается за счет выбора структуры фильтровальной перегородки.

Таким образом, можно отметить, что мотальные паковки специального назначения широко используются в системах очистки питьевой и технической воды, воздуха в медицине, а так же сточных вод в качестве трубчатых текстильных фильтров и аэраторов.

Структура намотки мотальных паковок обеспечивает требуемую пористость и проницаемость для фильтровальных перегородок, а также степень диспергации воздуха и газов в системах биологической очистки стоков, а использование мотальных паковок специального назначения в системах очистки обеспечивают резкое снижение себестоимости процесса, по сравнению с иными текстильными материалами, вследствие однопроцессного их изготовления и простоты в обслуживании.

Технологический регламент производства трубчатых текстильных фильтров (ТТФ) для очистки и обеззараживания воздуха приведен в Приложении 3.

8.3. Намотка, как рациональная технология формирования текстильных армирующих компонентов композиционных материалов заданной формы

Как отмечено в работе [113], развитие производства композиционных материалов было обусловлено необходимостью создания новых, высокопрочных и лёгких материалов, устойчивых к воздействию агрессивных сред, которые обеспечивали бы возможность создания новых типов летательных аппаратов в первую очередь. Поэтому еще во второй

половине прошлого столетия в России и за рубежом начались интенсивные исследования по разработке листовых и цельно-объемных композиционных материалов с армированием неорганическими волокнами (УВ, стекловолокно и т.д.) Тогда же разрабатывались технологии плющения углеродного волокна, технологии получения объемных цельнотканых армирующих материалов (в форме тавров, двутавров, конусов, в форме ферм и панелей). Эти работы успешно проводились под руководством профессора В.А. Гордеева и его учеников, в Ленинградском текстильном институте имени С.М. Кирова. Однако эти работы базировались только на применении ткацкого оборудования, конструкционные возможности которого, на тот период времени, не позволял освоить промышленный выпуск объемных тканей специального назначения, поэтому данные исследования были приостановлены и получили новый импульс развития только в настоящее время.

Тканые армирующие компоненты в настоящее время вырабатываются в виде лент и листового материала фиксируемого (пропитываемого) матрицей - клеевым составом. Матрица употребляется только в роли связующего и формообразующего компонента композитов.

Такая взаимосвязь позволяет создать более совершенный материал, с набором свойств и качеств, недоступных каждому из входящих в состав композита материалов в отдельности.

Широкая гамма матричных компонентов позволяет создавать материалы с высокими качественными показателями, однако изыскание оптимальных технологий формирования армирующих компонентов продолжается.

Главным недостатком тканого способа их формирования является многостадийность процесса и интенсивное воздействие (истирание) направляющих органов оборудования на нити.

Самое интенсивное истирание нити основы получают при прохождении через ремизки и бедро, когда число истирающих циклов

приходящихся на каждый элемент ткани равно удвоенному значению плотности по утку P_y (так как бедро движется вдоль нитей основы, за каждый оборот главного вала станка, вперед и назад). Это воздействие резко снижает прочность углеродных нитей, состоящих из углеродных моноволокон диаметром от 5 до 15 мкм, не устойчивых к истирающему воздействию и мшению. Следует также отметить, что максимально возможный коэффициент заполнения композита при тканом армировании не превышает 0,65, что обусловлено объемной структурой тканей.

Трикотажный и плетельный способы формирования армирующих компонентов позволяют выработать полотна заданной формы, однако коэффициент заполнения композиционного материала армирующим компонентом в данном случае также не высок из-за высокой объемности трикотажных и плетельных полотен. Кроме того, растяжимость трикотажа обуславливает его более низкие прочностные характеристики, чем у тканей и высокую сжимаемость (доля общей деформации материала от начальной толщины при заданном давлении).

Нетканый способ получения армирующих компонентов также получил ограниченное применение вследствие хаотичной структуры расположения волокон в объеме композита и низкого коэффициента заполнения его армирующим материалом.

Разработкой новых перспективных способов производства композиционных материалов объемных профильных форм занимаются американские фирмы, как: Carbon USA Corp, Union Carbide Corp, Bendix Corp, BF Goodrihe FMI, SEP Aerospashielle (Франция), Toray (Япония).

Однако и они до настоящего времени получают композиты с содержанием армирующих углеродных волокон около 60% от общей массы материала, а толщина задается числом волокон в пучке нити и слоями тканей.

Все данные фирмы концентрируют своё внимание на производстве листовых материалов, пакетируемых в заданные формы.

С развитием теории наматывания, были решены вопросы формирования мотальных паковок заданных структур, таких как:

- сомкнутая – максимально-плотноёмкая;
- замкнутая – пористо-ячеистая;
- спиралевидная – с заданным размером и направлением пор.

Появилась возможность на их базе создавать мотальные паковки специального назначения (не подлежащих разматыванию с них нити) это:

- трубчатые текстильные фильтры;
- аэраторы и диспергаторы, применяемые при решении экологических задач;
- намоточные армирующие компоненты;
- оболочки вращения заданной формы.

Данные мотальные паковки могут широко применяться в конструкциях летательных аппаратов, а также во многих отраслях машиностроения, транспорта, строительства (это баллоны давления, корпуса реактивных двигателей твердого топлива, ёмкости, баки, трубопроводы, фюзеляжи и отсеки самолетов, корпуса ракет и т.д.) [114; 115]. Отличительной особенностью технологического процесса в данном случае является – однопроцессный (намоткой) способ формирования цельного изделия.

При этом минимальное количество технологического оборудования и переходов позволяет резко снизить вредное истирающее воздействие на стекловолокнистые и углеродные нити, сохраняя их прочностные характеристики.

Предложенная в данной работе технология создания мотальных паковок специального назначения, а также методика проектирования мотального оборудования для их формирования, позволяют создавать намоточные оболочки тел вращения требуемых структур и типоразмеров. Они являются осесимметричными телами, то есть толщина и структура

намотки армирующих компонентов постоянны по контуру паковки, это позволяет не только получать элементы конструкций композитов, а также на базе их разверток формировать препреги и цельные элементы заданной плоской формы.

Разверткой намоток могут также формироваться и плоские листовые армирующие элементы композиционных материалов, что делает намотку самым перспективным технологическим процессом создания композитов. А применение сомкнутой структуры намотки нитей (лент) на оправки заданной формы позволяет формировать композиционные материалы с максимально-возможным коэффициентом заполнения объема композита армирующим компонентом $K_3 = 0,785$, что обеспечивает получение самых легких композиционных материалов.

Сравнительные показатели технологических процессов выработки армирующих компонентов композиционных материалов из углеродных волокон и нитей.

В таблице 8.1 приведены сравнительные показатели технологических процессов выработки армирующих компонентов композиционных материалов из углеродных нитей.

Таблица 8.1.

| п/п | Наименование технологии получения армирующих компонентов | Показатели качества и трудоёмкости процессов | | | | |
|-----|--|--|---------------------------|---|---------------------------------|----------------------|
| | | Кoeffициент заполнения, K_3 | вид получаемого материала | возможность получения цельного изделия заданной формы | число технологических переходов | нормативы отходов, % |
| | Нетканые материалы: | 0,55 | объем полотна | заливные формы | 1) подготовка волокон, | до 0,25 |

| | | | | | | |
|--|--|-------|---|------------------------------------|---|--------|
| | а) клеевые; б) термоскреп | | | | 2) формование холста. | |
| | Тканые структуры | 0,6 | объемные полотна листовые | имеются | 1) подготовка нитей основы и утка, 2) сновка, 3) ткачество, 4) обработка. | до 2-3 |
| | Трикотажные полотна | 0,45 | объемные полотна листовые | отдельные элементы | 1) подготовка, 2) вязание, 3) обработка. | до 2-3 |
| | Петельно-вязальные полотна | 0,4 | объемные | нет | 1) подготовка нитей, 2) сновка, 3) вязально-тканое производство, 4) отделка. | до 2 |
| | Намоточные материалы сомкнутой структуры намотки | 0,785 | цельные объемные полотна листовые заданной формы | любые тела вращения и их развертки | 1) перемотка, 2) обработка изделия. | 0,01 |

Анализ таблицы 8.1 показывает перспективность и рациональность намоточной технологии производства армирующих компонентов композитов перед иными способами их формирования.

Тканые ленты из углеродных волокон – препреги (частично пропитанные клеевым компонентом ткани), ориентированы в одной плоскости.

Проведенный анализ показал, что применение мотальных паковок сомкнутой структуры намотки является одной из самых перспективных технологий формирования композиционных материалов, так как в этом случае коэффициент заполнения объема композита армирующим

компонентом будет близок к $K_3 = 0,785$, который является на данный момент максимально возможным, что приводит к созданию самых легких композитов. Мотальные паковки заданной структуры и формы намотки могут использоваться в качестве армирующих компонентов композиционных материалов при изготовлении различного рода оправок и цельных деталей, оболочек, имеющих ось вращения, а также в качестве плоских армирующих компонентов при использовании их разверток.

8.4. Расчет нагрузок композиционных материалов формируемых намоткой

Стремление получить композиционные материалы с оптимальными физико-механическими свойствами и с любыми желаемыми сочетаниями свойств и компонентов (легкости, немагнитности, термостойкости и т.д.) выдвигает в первые ряды современных композиционных материалов структуры, создаваемые на базе армирующих компонентов формируемых намоткой.

Развитие теории наматывания, открывает совершенно новые представления о возможностях и разнообразии структур мотальных паковок специального назначения, а, следовательно, и для создания новых структур армирования композиционных материалов. Многообразие структур намотки нитей на оправки заданной формы также существенно расширяет ассортимент изделий композитов формируемых однопроцессным способом, как тел вращения. Одним из главных преимуществ такого способа армирования композиционных материалов является, наряду с управляемой структурой намотки (пористостью, проницаемостью, направлением и формой пор) и минимальное истирающее воздействие на нити со стороны направляющих органов мотального оборудования, а, следовательно, минимальное разрушающее воздействие на них.

Стеклянные или углеродные нити и волокна диаметром от пяти до двадцати микрон составляют основу армирующих компонентов

конструкционных материалов превосходящих по прочности сталь, а в качестве основных намоточных структур до настоящего времени применялись винтовые (прецизионные) намотки непрерывных волокон (нитей) на оправки заданной формы. Считалось также, что они способны воспринимать только растягивающие напряжения, не способны сохранять заданные геометрические формы. Однако данные утверждения строились на базе рассмотрения одного объемного плоского слоя намотки волокон (нитей) заправленных клеевой матрицей, без учета структуры взаимного расположения витков в нескольких слоях намотки при формировании всего объемного тела армирующего композиционного материала.

Принимая во внимание то, что проклеенные ленты стеклонитей достаточно жестки, напряжение σ стеклонитей проклеенного композита плоской формы при центральном одноосном растяжении можно определить из выражения:

$$\sigma = \frac{P}{S_{ac}} = \frac{\sum_1^m S_{bi}^{ax} \sigma_{bi}^{ax} \cos \beta/2}{S_{ac}}, \quad (8.14)$$

где P – прилагаемое к ленте усилие;

S_{ac} – площадь образца в сечении занимаемом нитью в ленте;

σ_{bi}^{ax} – прочность на разрыв каждой нити при ее разрывной длине Δx ;

$\beta/2$ – половина угла скрещивания витков нити в ленте;

S_{ab} – площадь эллипса с осями « a » и « b » стеклонити в арматуре.

На рис.8.5 приведена модель расположения стеклонитей в ленте композиционного материала.

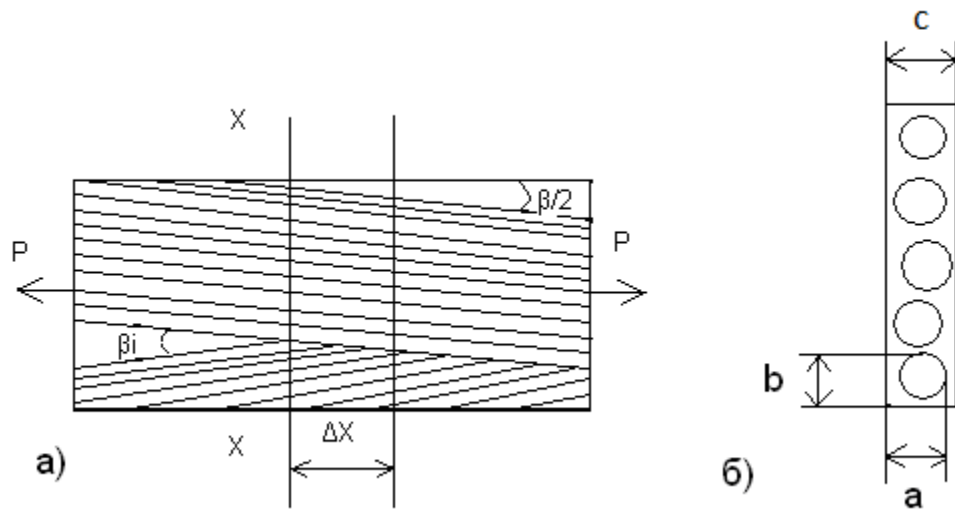


Рис.8.5. Модель расположения стеклонитей в ленте композиционного материала а) расположение нитей в ленте; б) сечение ленты.

Для упрощения расчетов напряжения нитей в ленте взамен σ_{bi}^{ax} и $\beta/2$ в работе [116] использовалось среднеарифметическое значение напряжение нитей в сечении ленты на данном отрезке, т.е.:

$$\sigma_b^{ax} = \frac{\sigma_{b1}^{ax} + \sigma_{b2}^{ax} + \dots + \sigma_{bi}^{ax}}{m} \quad (8.15)$$

$$a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_i}{m} \quad (8.16)$$

Обозначив в формуле (8.14) выражение

$$\frac{\sum_1^k S_{bi}^{ax}}{S_{ac}} = H_0 \quad (8.17)$$

вводилось понятие называемое – «критерием объемной плотности», отражающего относительное содержание нитей в объеме композиционного материала. Тогда

$$\sigma = H_0 \sigma_b^{ax} \cos \beta / 2 \quad (8.18)$$

Однако данное выражение не учитывает структуру намотки лент и взаимное расположение нитей в выделенном объеме ленты.

Из положений, выведенных в работе [20] известно, что существуют различные виды структур намоток нитей, а именно:

- сомкнутые максимально плотно емкие;
- замкнутые (сотовые) с порами заданного размера;
- спиралевидные, имеющие поры, изменяющиеся как по форме, так и по их направлению в структуре тела намотки.

Вполне очевидно, что при нанесении связующего компонента на данные виды намоток равного объема масса его будет зависеть от количества и размеров пор в структуре каждой намотки, а, следовательно, и объемное заполнение композиционных материалов и их прочностные характеристики будут различными. В данном случае при определении напряжений нитей в структуре материалов при их растяжении должно определяться не по формуле (8.18), а по конкретным расчетным значениям количества и взаимного расположения нитей в структуре намотки того или иного вида.

Для справедливости здесь следует отметить, что расчетные значения, получаемые по формуле (8.18) достаточно справедливы для хаотичных структур намотки стеклонитей, когда их взаимное расположение не постоянно, но не дают точных результатов для прецизионных намоток.

Намотки, показанные на рис.8.1; 8.2; 8.3 и 8.4 относятся к прецизионным, для каждой из которых число нитей в заданном объемном слое будет строго постоянным. Так для сомкнутых намоток число нитей m будет определяться по формуле:

$$m = x / d, \quad (8.19),$$

где $x = 2\pi r \sin \beta / 2$ – минимальное расстояние между витками намотки в данном слое;

r – радиус намотки паковки;

d – диаметр стеклонити.

Число витков в объемном слое замкнутых и спиралевидных намоток должно определяться из расчета угла сдвига витков и степени замыкания намотки – p , т.е. числа витков нити, по истечении которого рисунок намотки будет повторяться.

Для замкнутых намоток степень замыкания:

$$p \leq \frac{x}{d} = \frac{\pi D \sin \beta / 2}{d}, \quad (8.20)$$

где D – диаметр намотки формируемой паковки.

Подставляя полученные расчетные значения m в формулу (8.14) можно определять значения нагрузок приходящихся на нити клеевых компонентов формируемых прецизионной намоткой с более высокой точностью.

Следовательно, при расчете напряжений нитей, возникающих в структуре композиционных материалов, формируемых намоткой, необходимо учитывать взаимное расположение нитей во всем объеме формируемого материала.

Расчет напряжений в армирующих нитях клеевых компонентов композиционных материалов, формируемых намоткой, следует выполнять с предварительным расчетом числа нитей в занятом намоткой объеме.

8.5. Анализ работы мотальных механизмов применяемых при формировании паковок специального назначения

К мотальным паковкам специального назначения следует относить детали вращения (оправки, дорны, патроны фильтров, профильные трубы), покрываемые слоями нитевидного материала. В зависимости от технических требований, предъявляемых к прочностным характеристикам материалов формируемых паковок, а также от требований к геометрии детали,

выбирается структура намотки мотальных паковок и конструкция мотального механизма позволяющего реализовать поставленные задачи.

Одной из первых конструкций мотальных машин, применение которой началось с развитием производства полимерных материалов, для намотки конструкций различного типа, является обмоточная машина «Келлер». Данная машина и до сих пор успешно используется для производства труб различного диаметра (от 10 до 300 см). Чаще всего данная машина применяется для обмотки труб изолирующими материалами. Особенность ее конструкции заключается в использовании для привода во вращение дорна (пустотелого барабана, диаметр которого соответствует диаметру изготавливаемой трубы или оправки) фрикционной передачи от приводных валов. Данные валы оборудованы электрообогревом используемые для термофиксации нитей в ленте при соприкосновении их с дорном. Плотность навивки лент на паковку обеспечивается с помощью прижимных валов. Бумага (оплеточный материал или изоляционная лента) подаются на паковку со специального рулонного механизма, цапфы которого снабжены грузовыми ленточными тормозами, регулирующими натяжение нитевидного материала.

Простота конструкции данного мотального механизма обеспечивает надежность его работы, однако она не позволяет формировать намотку заданной структуры на оправках сложной и протяженной формы. Кроме того, фрикционный привод дорна не позволяет получать паковки большой массы, формируемые при осевом смещении паковки.

На рисунке 8.6 приведена принципиальная схема мотального механизма машины «Келлер».

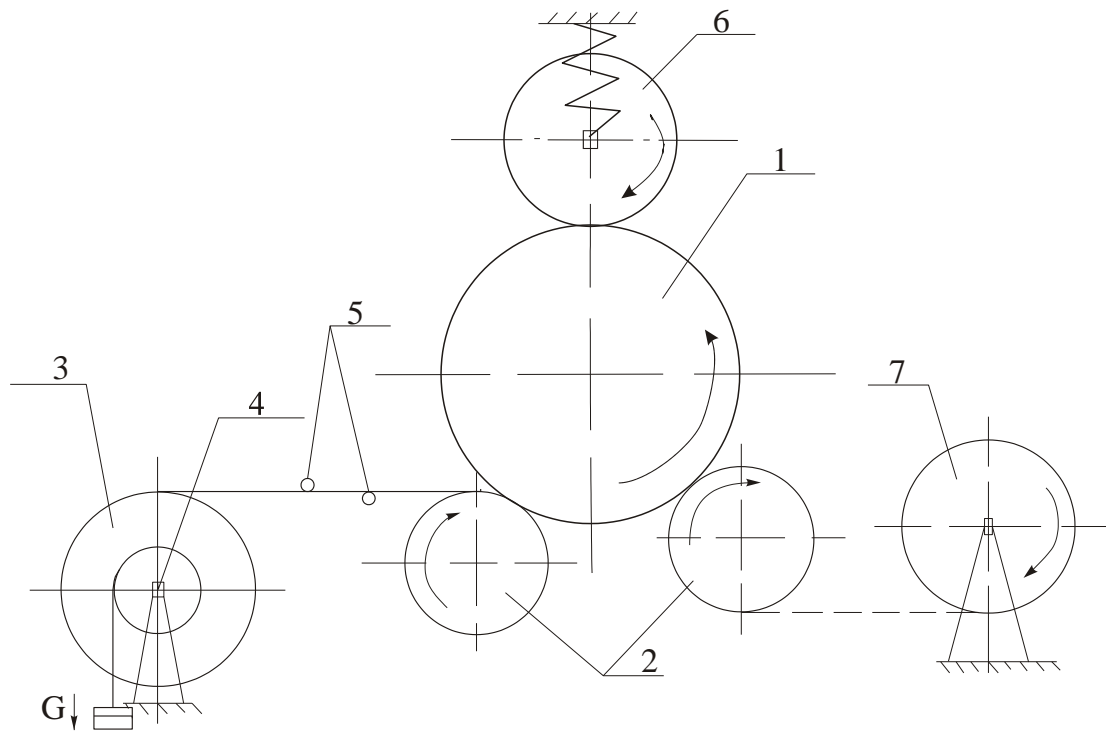


Рис. 8.6. Принципиальная схема мотального механизма машины «Келлер».

Дорн 1 получает вращение от приводных валов 2 (обогреваемых внутри электрообогревателями). Оплеточный материал (или бумага изоляционная) подается с питающей паковки (рулона) 3, которая затормаживается с помощью грузов для создания требуемой величины натяжения. Направляющие валики 5 обеспечивают равномерную подачу материала на дорн (без фалд и складок). Требуемая плотность намотки достигается с помощью подпружиненного прессующего валика 6.

На рисунке 8.7 приведена кинематическая схема намоточного механизма станка «Майкафил», которая аналогична схеме машины «Келлер», за исключением механизма привода дорна во вращение, который выполнен в виде зубчатого редуктора связывающего электродвигатель и вал привода дорна. Данный механизм позволяет формировать паковки значительной массы и размеров.

Отличительным признаком мотальных механизмов, используемых для формирования массивных и протяженных паковок специального назначения, является принудительный привод дорна от специального электродвигателя. Именно к машинам такого типа относятся мотальные станки «Фостер» (США), «Майкафил», «Дженерал электрик», «Дерелное» (Франция), «Плютте Кокке» (Германия).

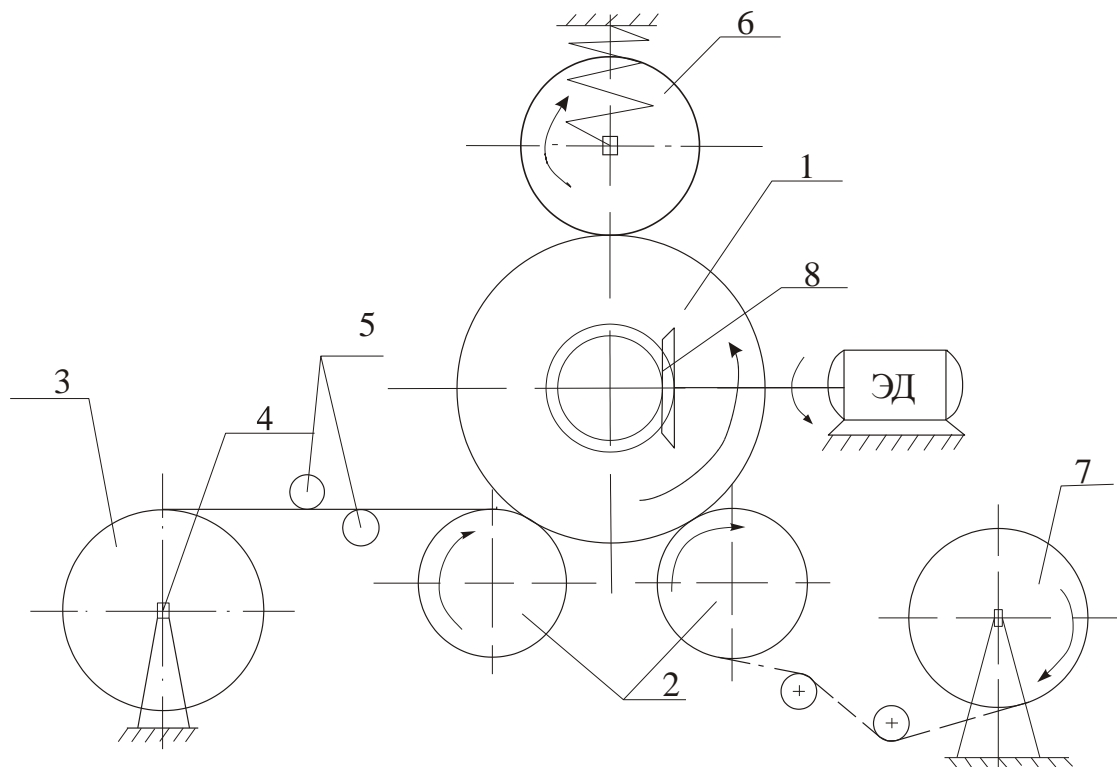


Рис. 8.7. Кинематическая схема намоточного механизма станка «Майкафил».

Принудительный привод мотальной паковке позволяет исключить явление проскальзывания ее по укатывающим и приводным валам, обеспечивает мощный крутящий момент при запусках в работу, а синхронный привод с механизмом раскладки нитевидного материала вдоль образующей паковки позволяет формировать требуемую структуру расположения витков (лент) намотки нитевидного материала.

Еще одним из главных преимуществ данных машин перед аналогичными конструкциями является то, что на них заданная структура намотки нитевидного материала может формироваться и на перемещающихся в осевом направлении паковках (трубчатом початке, оправке, бобине ракетной формы, трубе, дорне и т.д.).

К недостаткам же вышеописанных мотальных механизмов следует отнести ограниченные возможности формирования слоисто-каркасных (сложных многокомпонентных и многослойных) структур из материалов различной природы и вида.

Именно в таких паковках, структура намотки которых может обладать комбинированными, наперед заданными свойствами, нуждаются в настоящее время промышленные предприятия и объекты народного хозяйства (это и многослойные фильтровальные материалы, композитные структуры различного назначения, материалы с различной проводимостью слоев намотки, изоляторы и т.д.)

Для реализации этих задач и расширения ассортимента паковок, формируемых намоткой нитевидных материалов на оправки, предлагается включить в конструкцию машин рассмотренных выше дополнительных питающих устройств 7, на которых может размещаться второй намоточный материал.

Слоисто-каркасная структура намотки мотальных паковок может быть сформирована и из трех компонентов (видов нитевидного материала), однако это потребует существенно модернизировать конструкцию намоточных машин. Структура таких намоток описана в работе [115] и защищена Патентом №2165286 от 20 апреля 2001г. Предложенная многослойная структура намотки паковок специального назначения, реализуемая на модернизированных мотальных механизмах описанных выше, позволяет получать наматыванием изделия сложной формы. Однако в этом случае разборная оправка представляет довольно сложную конструкцию, а формируемое изделие трудоемко по исполнению и имеет высокую

стоимость. Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что для формирования мотальных паковок специального назначения требуются специальные мотальные механизмы, или необходима коренная реконструкция существующих машин.

Проведённый анализ показывает, что конструкции мотальных механизмов, применяемых в настоящее время для формирования паковок специального назначения, требует дальнейшего совершенствования.

Основное направление модернизации мотальных механизмов должно быть нацелено на реконструкцию привода и упрощению конструкций оправок, дорнов, которые позволяли бы формировать многокомпонентные слоисто-каркасные структуры намотки нитевидного материала на разборный каркас или оправку.

Выводы по разделу 8

1. Области промышленного применения мотальных паковок специального назначения (не подлежащих разматыванию с них нити) определяются структурными характеристиками намоток;

2. Все мотальные паковки сомкнутой, замкнутой и спиралевидной структур относятся к прецизионным намоткам, характеризующимся постоянством углов сдвига витков для каждого из видов намоток;

3. Варьируя структурами намоток можно формировать мотальные паковки специального назначения с наперед заданными свойствами (заданной пористостью и проницаемостью).

4. Мотальные паковки специального назначения широко используются в системах очистки питьевой и технической воды, воздуха, а так же сточных вод в качестве трубчатых текстильных фильтров и аэраторов.

5. Структура намотки мотальных паковок обеспечивает требуемую пористость и проницаемость для фильтровальных перегородок, а также степень диспергации воздуха и газов в системах биологической очистки

стоков.

6. Использование мотальных паковок специального назначения в системах очистки обеспечивают резкое снижение себестоимости процесса, по сравнению с иными текстильными материалами, вследствие однопроцессного их изготовления и простоты в обслуживании.

7. Применение мотальных паковок сомкнутой структуры намотки является одной из самых перспективных технологий формирования композиционных материалов, так как в этом случае коэффициент заполнения объема композита армирующим компонентом будет близок к $K_3 = 0,785$, который является на данный момент максимально возможным, что приводит к созданию самых легких композитов.

8. Мотальные паковки заданной структуры и формы намотки могут использоваться в качестве армирующих компонентов композиционных материалов при изготовлении различного рода оправок и цельных деталей, оболочек имеющих ось вращения, а также в качестве плоских армирующих компонентов при использовании их разверток.

9. При расчете напряжений нитей, возникающих в структуре композиционных материалов, формируемых намоткой, необходимо учитывать взаимное расположение нитей во всем объеме формируемого материала.

10. Расчет напряжений в армирующих нитях клеевых компонентов композиционных материалов, формируемых намоткой, следует выполнять с предварительным расчетом числа нитей в замкнутом намоткой объеме.

11. Конструкции мотальных механизмов, применяемых в настоящее время для формирования паковок специального назначения, требует дальнейшего совершенствования.

12. Основное направление модернизации мотальных механизмов должно быть нацелено на реконструкцию привода и упрощению конструкций оправок, дорнов, которые позволяли бы формировать

многокомпонентные слоисто-каркасные структуры намотки нитевидного материала на разборный каркас или оправку.

Общие выводы

1. Мотальные паковки, благодаря своим разнообразным качественным показателям, могут использоваться в качестве выходного конечного продукта или в виде новых, перспективных текстильных материалов.

2. Главным критерием, определяющим возможность использования мотальных паковок в качестве того, или иного конечного выходного продукта, является структура намотки мотальных паковок (удельная плотность намотки, пористость, прочность, форма намотки).

3. Нужная структура намотки формируемых мотальных паковок должна определяться технологией их дальнейшей переработки или областью применения в качестве выпускного конечного продукта.

4. Формирование мотальных паковок специального назначения, заданной структуры и формы намотки, возможно только на специальном мотальном оборудовании, которое обеспечивает заданные параметры намотки (угол сдвига витков, угол скрещивания, габариты и форму паковки).

5. Несмотря на совершенство конструктивного исполнения современного высокоскоростного текстильного мотального оборудования, выходные паковки формируемые на нем имеют значительные дефекты.

6. Дефектами намотки текстильных мотальных паковок следует считать отклонения их качественных показателей от эталонных, то есть, показателей максимально отвечающих требованиям использования на последующих технологических переходах, при сматывании с них нити.

7. Образование дефектов намотки мотальных паковок применяемых в текстильном производстве, чаще всего, является следствием несовершенства конструкции мотального оборудования, что обусловлено отсутствием теоретических основ формирования мотальных паковок оптимальной структуры на момент создания машин.

8. Основными недостатками структуры намотки мотальных паковок, формируемых на машинах пневмомеханического способа прядения, является

образование хорд на торцах паковки и слабое закрепление витков нити на их поверхности.

9. Для устранения конструкционных недостатков машин пневмомеханического способа прядения и повышения качества намотки мотальных паковок предложено разделить механизмы намотки и раскладки нити на каждом веретене и ввести в него коноидный вариатор, что позволит формировать паковки сомкнутой структуры из пряжи любой линейной плотности.

10. Модернизация мотальных механизмов машин пневмомеханического способа прядения позволяет увеличить массу выпускаемых паковок (только за счёт упорядочения структуры намотки) на 25% без увеличения объёма паковок, что очень важно для повышения производительности оборудования на последующих технологических переходах текстильного производства.

11. Анализ работы мотальных машин и автоматов фрикционного типа показал, что все они имеют существенные недостатки не позволяющие формировать мотальные паковки заданной структуры и не в полной мере отвечают требованиям текстильного производства.

12. Проведённый анализ работы мотальных машин с отдельным механизмом намотки и раскладки нити показывает, что именно это разделение приводов оказывает существенное влияние на структуру и форму намотки создаваемых мотальных паковок.

13. Применение мотальных паковок увеличенных габаритов целесообразно при переработке пряжи с линейной плотностью более 300 текс, при выработке тяжелых тканей на широких ткацких станках.

14. Применение мотальных паковок специального назначения (структура которых имеет заданную пористость и проницаемость) в крашении, отбеливании и запаривании пряжи позволяет повысить качество и сократить отходы производства.

15. Для формирования мотальных паковок увеличенной массы (трубчатых початков сомкнутой намотки, бобин ракетной формы и т.д.) необходимо специальное мотальное оборудование, которого в настоящее время в отечественной промышленности не выпускается.

16. Мотальные паковки, применяемые в текстильном производстве, должны иметь максимально возможную плотность намотки, а также обладать равномерной структурой, как в осевом, так и в радиальном направлениях паковки, что позволит увеличить длину нити на паковке и выровнять натяжение её при сматывании.

17. Основным путём повышения объёмной плотности намотки нитей на паковки является совершенствование структуры их намотки, так как увеличение натяжения нити при перематывании и степени прессования намотки укатывающим валиком исчерпали свои возможности.

18. Наилучшими качествами, для текстильного производства, обладают мотальные паковки сомкнутой структуры намотки нитей. Удельная плотность намотки паковок сомкнутой структуры имеет максимально возможное значение, и она равномерна как в осевом, так и в радиальном направлениях паковки.

19. У всех сомкнутых намоток, которых может быть большое количество, витки последующих пар слоёв намотки, через определённое число циклов движения нитеводителя, обязательно ложатся рядом с витками предыдущей пары слоёв без промежутков, что обуславливает упорядоченное строение намотки и высокую удельную плотность намотки нитей.

20. Различают «опережающие» и «отстающие» сомкнутые намотки нитей на паковку, которые отличаются друг от друга тем, с какой стороны, слева или справа, будут ложиться последующие витки намотки относительно предыдущих. У «опережающих» намоток последующие витки намотки ложатся справа от предыдущих, а у «отстающих» слева.

21. Вид намотки – «опережающая» или «отстающая» влияет на процесс сматывания нити с паковки, это следует учитывать при установке

питающей паковки сомкнутой структуры на бобинодержатель (например, в шпулярнике), когда направление отделения витков от поверхности намотки должно быть обратным направлению её наматывания.

22. Сомкнутые намотки различают также по степени замыкания намотки, на одно, двух, трёх и вообще p сомкнутые. Степенью замыкания сомкнутых намоток называется целое число двойных ходов нитеводителя, по истечении которого витки $p + 1^{ой}$ пары слоёв намотки лягут рядом с витками первой пары слоёв.

23. Для формирования мотальных паковок сомкнутой структуры необходимо, чтобы мотальный механизм создавал определённый и постоянный, за всё время формирования паковки, угол сдвига витков, что возможно только при определённом значении величины передаточного отношения от нитеводителя к веретену.

24. Расчет заправочного натяжения нити, сматываемой с питающей паковки, необходимо проводить с использованием уравнения профессора В.П. Щербакова, которое позволяет определить величину натяжения нити в любой точке баллона и сравнить ее с допустимым для данной нити значением разрывной нагрузки.

25. Оптимальной скоростью сматывания нити с питающей паковки следует считать ту, при которой будет обеспечена максимальная производительность труда при минимальном количестве отходов (угаров) пряжи.

26. Поскольку во многих технологических процессах сматывание нити с паковок осуществляется дискретно (рывком), то необходимо учитывать возникновение реактивной составляющей натяжения нити, которая при высоких скоростях схода нити за короткие промежутки времени может стать причиной ее обрывов.

27. Бобины ракетной формы сомкнутой структуры обеспечивают более стабильное натяжение уточной нити в процессе всего времени ее схода с

паковки, при минимальном значении пиковых отклонений натяжения нити утка и минимальных отходах уточной пряжи, что обусловленноупорядоченной структурой сомкнутой намотки нитей на паковку.

28. Сматывание нити с внутренней поверхности паковки (с трубчатых початков) позволяет существенно снизить величину и неравномерность натяжения уточных нитей, а, следовательно, и их обрывность в процессе ткачества.

29. Результаты исследования показали, что внедрение в производство укрупненных трубчатых початков сомкнутой структуры на 30% снижает отходы уточной пряжи при прочих равных условиях.

30. При сматывании групп нитей с одной мотальной паковки для обеспечения одинакового и постоянного их натяжения необходимо добиваться строгой цилиндричности поверхности паковки, исключая бугристость намотки.

31. Равная длина групп нитей навиваемых на одну паковку может быть достигнута за счет разработки и использования интегрирующих счетчиков, считывающих число оборотов паковки и приращение диаметра намотки нитей.

32. Снижение разнотолщины (отходов) нитей навиваемых на одну паковку можно за счет увеличения диаметра ствола паковки, на которую наматываются группы нитей (ленты).

33. При сматывании групп нитей с одной мотальной паковки для обеспечения одинакового и постоянного их натяжения необходимо добиваться строгой цилиндричности поверхности паковки, исключая бугристость намотки.

34. Найдена зависимость между распределением вытяжки нитей по ширине полотна основы при сматывании со сновального валика и распределением разнотолщины нитей.

35. Разработана методика определения разнотолщины нитей на

сновальном валике и исследован характер изменения ее максимального значения в процессе снования.

36. Для снижения вытяжки основы на шлихтовальной машине на участке сновальный валик - тянущий вал необходимо прикладывать к валику тормозной момент, близкий к минимальному (несколько больший), а при сновании стремиться свести до минимума неоднородность нитей.

Установлено, что именно скорость осевого перемещения початка и степень замыкания намотки p оказывают наибольшее влияние на величину дополнительного угла сдвига между витками первой и $p + I^{oi}$ пар слоев.

Для формирования трубчатого початка сомкнутой намотки, необходимо и достаточно, чтобы дополнительный угол сдвига между витками первой и $p + I^{oi}$ пар слоев, обусловленный осевым перемещением початка при наматывании ψ^v , был равен необходимому для получения сомкнутой структуры углу сдвига витков ψ_C , зависящему от диаметра наматываемой пряжи, высоты намотки и величины передаточного отношения от веретена к нитеводителю i_0 .

Вибрационные процессы могут возникать не только в элементах машин, приводя к снижению надёжности их работы, но и непосредственно в выпускаемой продукции (трубчатых початках, бобилах ракетной формы намотки и т.д.), где происходит изменение массы и габаритных размеров формируемых тел вращения.

Методика расчёта критических размеров формируемых трубчатых початков на оборудовании позволяет предупредить разрушающие нагрузки паковок, которые она испытывает от вибрации.

Расчёт критической длины трубчатых початков позволяет полнее использовать коэффициент заполнения внутреннего объёма челноков механических ткацких станков, а, следовательно, повысить их производительность и снизить отходы дорогостоящего сырья.

37. Области промышленного применения мотальных паковок специального назначения (не подлежащих разматыванию с них нити) определяются структурными характеристиками намоток.

38. Варьируя структурами намоток можно формировать мотальные паковки специального назначения с наперед заданными свойствами (заданной пористостью и проницаемостью).

39. Мотальные паковки p -сомкнутой структуры, несмотря на постоянство объемной плотности намотки, обладают существенными отличительными характеристиками, которые необходимо учитывать в процессе их дальнейшего применения в качестве нового конечного продукта.

40. При использовании мотальных паковок сомкнутой структуры в качестве фильтров, аэраторов, диспергаторов или композиционных материалов, следует учитывать степень замыкания намотки- p и изменение структуры взаимного расположения витков нити в зависимости от диаметра намотки паковок.

41. При расчете напряжений нитей, возникающих в структуре композиционных материалов, формируемых намоткой, необходимо учитывать взаимное расположение нитей во всем объеме формируемого материала.

42. Для создания намоткой новых видов изделий и материалов применяемых в качестве конечного продукта необходимо создание нового мотального оборудования, которое позволяло бы формировать паковки заданной структуры, формы и требуемых размеров.

Список литературы

1. Васильев Н.А. Мотальный эксцентрик прядильного кольцевого веретена. Известия общества содействия мануфактурной промышленности, 1912. - №8 – 486 с.
2. Васильев Н.А. Вопросы теории прядения. – М. – 1932.
3. Насекин Н.А. Ватерная мотка. - Известия общества содействия мануфактурной промышленности, 1913. - №8 – 395 с.
4. Бабарыков И.И. К теории намотки ватерного початка. – Известия МТИ, 1927. Вып. – 1, т. – 1. С3.
5. Бабарыков И.И. Кинематическое исследование механизма раскладки мотальной машины для шелка. – Известия МТИ, 1929, вып. – 2, т. – 1, С.25
6. Ковнер С.С. К теории наматывающих механизмов. – Известия МТИ, 1927, выпуск. – 1, т. – 1, с.13.
7. Ворошилов В.А. Теория ватерного прядения хлопка. СГИЗ РСФСР, Иваново, 1932.
8. Кржижановский Е.Н. Расчет эксцентрика мотальной машины. Текстильное машиностроение, 1933, №6 – с.19.
9. Виноградов Ю.С. О неравномерности натяжения нити на конических бобинах в мотальных машинах. ИВНИТИ, 19350. - №5. – с.19.
10. Мясников И.С. Намотка пряжи на сельфакторе. Сборник трудов МТИ, 1937. Т.-5, с. 127.
11. Мясников И.С. Кинематический синтез мотальных механизмов прядильных машин (к теории наматывания в прядении) Диссертация к.т.н., Харьков, 1941.
12. Блюер В.А. Сравнение плотности намотки крестомотальных машин различных систем. Сборник трудов ИВТИ, М. 1947, с.54.

13. Моисеев Г.К. Исследование крестовой намотки на цилиндрическую бобину на машинах непрерывного процесса получения вискозного волокна. Диссертация к.т.н. Ленинград. 1958.
14. Прошков А.Ф. Исследование и проектирование мотальных механизмов. М. 1963.
15. Gcorg G. Auf Welchen Hulsen ist die Kreuzspul für Werkerei und Strikerei aufzubanen. // Mellind Textilberichte №7 1969.
16. Ушакова К.Н. Основы производства и подготовки к текстильной переработке химических нитей. М. Легпромбытиздат 1991. С. 351.
17. Труевцев Н.И., Труевцев Н.Н., Гензер М.С. Технология и оборудование текстильного производства. М. Легкая индустрия. 1975. С. 487.
18. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадель В.З. Надежность машин. М. Высшая школа. 1988.
19. Коган В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. М. Легпищепром.1984.
20. Панин А.И. Исследование и разработка структур мотальных паковок обеспечивающих оптимальный процесс сматывания. М. МГТУ им. А.Н. Косыгина. Дисс. к.т.н. 2003.
21. Кирюхин С.М., Соловьев А.Н. Контроль и управление качеством текстильных материалов. М. Легкая индустрия, 1977.
22. Минаков А.П. Основы теории наматывания и сматывания нити. // Текстильная промышленность № 10 – 12., 1944.
23. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. М., МГТУ им. А.Н.Косыгина. 2001. – С.300.
24. Циплаков О.Г. Основы формирования стеклопластиковых оболочек. Ленинград, изд. «Машиностроение» 1968.
25. Андреев Г.Я., Шержуков Г.Е., Шевченко В.А., Дардык Я.И. Изготовление стеклопластиковых труб. Харьков, изд. ХГУ. 1964.

26. Панин И.Н. Разработка и исследование структур мотальных паковок специального назначения. Москва, МГТУ им. А.Н. Косыгина, дисс. док. техн. наук 1996.
27. Блюер В.А. Сравнение плотности намотки крестомотальных машин различных систем. Сборник трудов ИВТИ, М. 1947, С.54.
28. Цитович И.Г. Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечно-вязального трикотажа. М. Легкопромбытиздат. 1992.
29. Norton I.I. and D.L. Munden. A Study of the Mechanism of Loop Formation on Welt Knitted Machikey II Text. Fes.I. 1966/ Part.I. № 12. P
30. Панин А.И., Синячкина И.В., Розанов А.С. Саморегулирующийся автоматический нитенатяжитель. Патент на полезную модель №77283 от 20.10.2008.
31. Щербаков В.П. Научные основы переработки нитей в трикотажном производстве. Дисс. док. техн. наук, МТИ, 1984. 324 с.
32. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. Изд. МГТУ им А.Н. Косыгина, М.2001. с.300.
33. Щедров В.С. Основы механики гибкой нити. М. «Машгиз», 1961.
34. Коритыцкий Я.И. Современные натяжные устройства текстильных машин. М. ЦНИИТЭИЛегпром, 1971.
35. Катан В.М. Взаимодействие с рабочими органами текстильных машин. М. Легпищепром. 1984.
36. Прошков А.Ф. Исследование процессов, связанных с наматыванием нити и проектирование мотальных механизмов. Дисс. док. техн. наук, МТИ М. 1965.
37. Ефремов Е.Д. Основы теории наматывания нити на паковку. М. Легпищепром 1982.
38. Гордеев В.А. Анализ работы навивающего механизма крестомотальных машин и пути совершенствования этого механизма. Дисс. к.т.н., МТИ 1941.

39. Панин А.И., Цимбалюк Е.П., Зайцев В.П., Панин И.Н. Патент «Фильтр ячейковый «Пантекс», №2007500785. От09.03.2008.
40. Панин А.И., Цимбалюк Е.П., Панин И.Н., Цимбалюк А.Е. Патент на изобретение «Абсорбент для очистки газа от сероводорода». № 20110147698 от 22.11.2010.
41. Роговина З.А., Валецкий П.М., Кербер М.А. Армированные полимерные материалы. М.»Мир» 1968.
42. Шалун Г.Б. Производство изделий из слоистых пластиков М. «Химия» 1975.
43. Шутов П.К., Ветошкина Т.В., Большаков И.В. Производство волокнистых материалов и слоистых пластиков. М. «Химия» 1973. С.184
44. Фитцер Э. Углеродные волокна и углекомпози́ты М. «Мир» 1988.
45. Аюшев Т.В. Геометрические вопросы адаптивной технологии изготовления конструкций намоткой из волокнистых композиционных материалов. Бурятский научный центр СОРАН, отдел физических проблем, изд. БНЦ СОРАН, Улан – Уде, 2005.
46. Пушков В.П., Щербаков Ю.М., Моисеев Е.В., Гришаев В.П., Поддубский В.А. Технология изготовления лопастей воздушных винтов из КМ методом намотки//Авиационная промышленность. 1978. Приложение №2 с. 40 – 42.
47. Николаев С.Д. Научные основы прогнозирования условий технологического процесса ткачества для получения тканей заданного строения. Дисс. Док. Тех.наук. М. МТИ, 1987. 453 с.
48. Колтунов М.А., Кравчук А.С., Майборода В.П. Прикладная механика деформирования твердого тела. Изд. «Высшая школа». М. 1983. 352 с.
49. Назарова М.В. Разработка технологических параметров формирования бобин сомкнутой намотки. Дисс. К.т.н., МГТА им. А.Н. Косыгина. 1994.
50. Горицкий С.Г. Повышение скорости перемотки хлопчатобумажной пряжи // Текстильная промышленность. 1960, №12. с.18.

51. Андросов В.Ф., Александров С.А., Артым М.И., Кленов В.Б., Якимчук Р.П. Крашение пряжи в паковках. М. Легкая индустрия, 1974.
52. Иванов В.М., Гринберг А.И., Баулина И.З. Зависимость проницаемости паковок х/б пряжи от параметров намотки. // Текстильная промышленность №5. 1982.
53. Иванов В.М., Чижевская И.М., Баулина И.З. Паковки для крашения новой структуры. // Текстильная промышленность. №3, 1993.
54. Коломиец А.Я. Исследование структуры намотки трубчатых текстильных фильтров. Дисс. К.т.н., Ленинград, ЛИТЛП им С.М. Кирова. 1993.
55. Канарский Н.Я., Эфрос Б.Е., Будников В.И. Русские люди в развитии текстильной науки. М. Гизлегпром 1950.
56. Гордеев В.А., Зайцев В.П., Панин И.Н. О замкнутых и сомкнутых крестовых намотках // Изв. ВУЗов, Технология текстильной промышленности. №2 1987. С. 117.
57. Панин А.И. Исследование и разработка структур мотальных паковок, обеспечивающих оптимальный процесс сматывания. Диссертация кандидата технических наук. М., МГТУ им. А.Н.Косыгина 2004.
58. Богза А.Д., Орнатская В.А. Исследование надёжности процесса прокладывания утка на станках СТБ. М., Лёгкая индустрия. 1978.
59. Клёнов В.Б. Фильтрация жидкости через слой деформируемого текстильного материала. М., Лёгкая индустрия. 1972.
60. Бородин А.И. Высокоскоростное перематывание основной пряжи с початка (исследование процесса).М., 1965.
61. Иванов С.Н., Быкадоров Р.В. О факторах, влияющих на натяжение нити при осевом сматывании нити с бобин. // Известия Вузов. . Технология текстильной промышленности №7. 1974.
62. Быкадоров Р.В., Карлос М.П. Причины слётов утка в ковроткачестве.// Известия Вузов. . Технология текстильной промышленности №4. 1973.

63. Сокерин Н.М., Быкадоров Р.В. Об удельной плотности намотки трубчатых початков. // Известия Вузов. . Технология текстильной промышленности №4. 1975.
64. Корягин С.П. Начальное натяжение при осевом сматывании. // Известия Вузов. . Технология текстильной промышленности №6. 1970.
65. Панин А.И., Зайцев В.П., Иванова С.Л. Формирование уточных паковок для челночных ткацких станков. Учебное пособие с грифом УМО. ДИТУД.2006.126с.
66. Гордеев В.А., Арефьев Г.И., Волков П.В. Ткачество, Учебник для ВУЗов. М., «Лёгкая индустрия» 1970.
67. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. Учебное пособие для ВУЗов. М., МГТУ им. А.Н.Косыгина. Международная программа образование. 2001.
68. Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В. Теория процессов, технология и оборудование приготовительных операций ткачества - М.: Легпромбытиздат 1993-192с.
69. Ушакова К.Н. Основы производства и подготовки к текстильной переработке химических нитей. Учебник для ВУЗов. М., «Легпромбытиздат». 1991.
70. Севостьянов А.Г., Осьмин Н.А., Щербаков В.П., Галкин В.Ф., Козлов В.Г., Гиляревский В.С., Литвинов М.С. Механическая технология текстильных материалов. М.»Лёгкая промышленность и бытовое обслуживание». 1989.
71. Панин А.И. Построение модели зависимости удельной плотности намотки от угла сдвига витков и толщины наматываемого слоя пряжи. // Вестник ДИТУД. №3. 2001.
72. Хинчин А.Я. Цепные дробы. М. Госиздат технической литературы. 1949.

73. . Панин А.И. Об изменении давления. Внешних слоёв намотки бобин на внутренние и его влияние на натяжение нити при сматывании. // Известия Вузов. . Технология текстильной промышленности №2. 2004.
74. Панин А.И. Об изменении натяжения нитей при сматывании с бобин застиистой структуры на малых скоростях. // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности №3 2004.
75. Панин А.И. Исследование причин образования слётов витков с паковки. Тезисы доклада на научно-технической конференции «Текстиль-2003». М., МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2003.55 с.
76. Панин А.И., Макеев А.С., Розанов А.С. О дефектах намотки мотальных паковок и причинах их возникновения. // Вестник ДИТУД.№2. 2010.
77. Минаков А.П. Реактивное влияние изменения длины нити баллонизирующего участка нити на её натяжение при осевом сматывании с поверхности вращения.-В сб. :Научные труды МТИ, М. «Гизлегпром», 1955. С.5-16.
78. Панин А.И. О сматывании нити с бобин застиистой структуры намотки. // Вестник ДИТУД.№1. 2008
79. Панин А.И. Исследование натяжения при сматывании уточной нити.. // Известия Вузов. . Технология текстильной промышленности №2. 2012
80. Щербаков В.П., Заваруев В.А., Полякова В.И., Гончарова О.А., Панин А.И..Теория и критерии устойчивости нити при вязании.// Известия Вузов. Технология текстильной промышленности №4. 2013.
81. Панин А.И. О путях повышения эффективности процесса перематывания. // Вестник ДИТУД.№1. 1998.
82. Панин А.И. Определение максимальной (оптимальной) скорости сматывания нити с мотальной паковки. // Вестник ДИТУД.№3. 2002.

83. Джолдасбеков У.А. Уалиев Г.У. Совершенствование механизма прокладывания утка на многоцветных ткацких станках СТБ. М., «Легпромбытиздат». 1986.
84. Панин А.И. К вопросу о снижении отходов уточной пряжи при выработке технических сукон. Тезисы доклада на научно-технической конференции ППС ДИТУД. 2009.29с.
85. Цитович И.Г. Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечновязального трикотажа. М., «Легпромиздат» 1992.
86. Панин А.И. Об эффективности скоростных режимов процесса сматывания нитей с мотальных паковок. Тезисы доклада на научно-технической конференции «Текстиль21го века». М., МГТУ им. А.Н.Косыгина .2003.3с.
87. Панин А.И., Иванова С.Л. Пути снижения отходов уточной пряжи при выработке технических сукон.//Научный вестник УГСХА.№6. 2006.
88. Крамер Г. Математические методы статистики. Перевод с английского. М. 1948.
89. Зайцев В.П. Исследование структуры намотки и процесса формирования партионных сновальных валиков. Диссертация кандидата технических наук. ЛИТЛП им .С.М. Кирова, Ленинград.1970.
90. Маховер В.Л.. Неравномерность натяжения нитей по ширине основы при сматывании с партии сновальных валиков. – «Технология текстильной промышленности», 1970, №3.
91. Беляков Б.И.. О неравномерности в длине нитей одного слоя намотки сновального валика. - «Технология текстильной промышленности», 1970, №3.

92. Маховер В.Л.. Об отсутствии провисания нитей, сматывающихся с партии сновальных валиков. – «Технология текстильной промышленности», 1972, №1.
93. Зайцев В.П.. О равенстве длин нитей, намотанных на сновальные паковки. – «Технология текстильной промышленности», 1970, №3
94. Панин А.И., Ткаченко О.Е., Власова В.Н. Разработка мероприятий по повышению качества намотки сновальных валиков. // Вестник ДИТУД.№2. 2009.
95. Власова В.Н. Изыскание путей повышения качества намотки партионных сновальных паковок. . Диссертация кандидата технических наук, М., МГТУ им .А.Н. Косыгина 2006.
- 96.Панин А.И., Иванова С.Л. О скорости движения нити при формировании трубчатых початков на АТП-290. . // Вестник ДИТУД.№2. 2009.
96. Сокерин, Н.М. Исследование процесса перемотки утка на початочных уточно-мотальных автоматах. Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Иваново, 1971., 25 с.
97. Баш, А.В. Уточно-перемоточные автоматы / А.В. Баш, В.А. Макаров В.А, З.А. Панфилова. - М., 1974.
98. Сокерин, Н.М. Исследование процесса перемотки утка на початочных уточно-мотальных автоматах. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – Иваново, 1971., 25 с.
99. Панин А.И., Иванова С.Л. Исследование процесса вытеснения трубчатых початков коническими роликами на автоматах АТП-290. . Тезисы доклада на научно-технической конференции «Современное оборудование текстильной промышленности». »М., МГТУ им. А.Н.Косыгина.2004.

- 100.Панин А.И., Иванова С.Л. Анализ работы механических натяжных приборов и направления их совершенствования. // Вестник ДИТУД. №1.2003.
- 101.Коритыцкий Я.И. Колебания в текстильных машинах. М. Машгиз, 1973.
- 102.Коритыцкий Я.И. Исследование динамики и конструкции веретён текстильных машин. М. Машгиз, 1973
- 103.Панин А.И. Разработка методики определения передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя с помощью ПЭВМ. Тезисы доклада на научно-технической конференции «Инфотекстиль-2004».М., МГТУ им. А.Н. Косыгина.2004.47с.
- 104.Панин А.И., Иванова С.Л. Вычисление перемещения точки раскладки нити на автомате АТП-290.//Научный Вестник УГСХА. 2006.7с.
- 105.. Панин А.И., Иванова С.Л. Исследование причин заклинивания початков при их формировании на автоматах АТП-290. // «Аспирант и соискатель». М. №5. 2004.504с.
- 106.Зайцев В.П., Панин И.Н. Исследование процесса формирования бобин сотовой намотки на машине «Бандомат»././ Известия Вузов. Технология текстильной промышленности №3. 1982..
- 107.Панин И.Н., Лапшенкова В.С., Морозов С.И., Николаев С.Д., Разумеев К.Э., Снежков С.В., Сумарукова Р.И., Цимбалюк Е.П. Текстильные фильтры на базе специальных мотальных паковок. М МГТУ им. А.Н. Косыгина 2009.
- 108.Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. Изд. Гранд. М. 2002.
- 109.Панин И.Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения.Дисс. д.т.н. М., МТИ им. А.Н.Косыгина.

110. Пушков В.П., Щербаков Ю.М., Моисеев Е.В., Гришаев В.П., Поддубский В.А. Технология изготовления лопастей воздушных винтов из композиционных материалов методом намотки // Авиационная промышленность, 1978. Приложение № 2. с 40-42.
111. Гордеев В.А., Зайцев В.П., Панин И.Н. О замкнутых и сомкнутых крестовых намотках // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. № 2. 1987. с 117.
112. Панин И.Н. «Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения». Дисс. док. техн. Наук – М.МТИ им А.Н.Косыгина 1996.
113. Панин И.Н. «О бобиных спиралевидной структуры намотки». Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. 1993. № 4.
114. Циплаков О.Г. «Основы формирования стеклопластиковых оболочек». Машиностроение 1968.
115. Панин А.И., Комаров П.М., Михитин В.Г. Построение модели зависимости удельной плотности намотки от угла сдвига витков и толщины наматываемого слоя пряжи. // Вестник ДИТУД, №3, 2001. 14с.

Условные обозначения технологических величин

| Обозначение | Единица измерения | Величины |
|-------------|-------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| T | текст | Линейная плотность нитей |
| d_H | мм | диаметр нити |
| Θ | градусы | угол геодезического отклонения |
| β | градусы | угол скрещивания витков |
| μ | - | коэффициент трения витка о поверхность намотки |
| λ | мм | свободный отрезок нити между точкой раскладки и точкой наматывания |
| V_H | м/мин | скорость перемещения нитеводителя |
| V_0 | м/мин | окружная скорость наматывания |
| α | градусы | угол конусности паковки |
| γ | г/см ³ | удельная плотность намотки |
| δ | мм | высота параллелепипеда, в который вмещаются перекрещивающиеся витки |
| R_K | см | контактный радиус намотки бобин |
| ψ | градусы | угол сдвига витков |
| k | - | число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нити |
| D | см | диаметр намотки бобин |

| 1 | 2 | 3 |
|---------------|-----------------|--|
| Z | - | кратность замыкания намотки |
| P | - | степень замыкания намотки |
| i_0 | - | общее передаточное отношения от веретена к нитеводителю |
| n_1 | - | целая часть числа k_{i_0} |
| H | см | размах нитеводителя |
| i_{03} | - | передаточное отношение от нитеводителя к веретену при формировании замкнутой намотки |
| h_K | см | шаг канавки пазового кулачка нитеводителя |
| n_B | об/мин | частота вращения веретена |
| n_K | об/мин | частота вращения кулачка нитеводителя |
| \mathcal{C} | - | цикл намотки |
| l_ψ | см | линейный сдвиг витков |
| V | см ³ | объем намотки паковки |
| C | | коэффициент, характеризующий рыхлость пряжи |
| k_3 | - | коэффициент заполнения объема паковки волокнистым материалом |
| q | Н/см | степень прессования намотки |

Методика расчета передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя, необходимого для формирования трубчатых початков сомкнутой намотки на автоматах АТП – 290 с использованием ЭВМ.

При формировании трубчатых початков сомкнутой структуры на автоматах АТП-290 необходимо определить степень замыкания намотки, обеспечивающую требуемую величину передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя:

$$p = \left[\frac{d \cdot n_K \cdot \sqrt{1 + \frac{4 \cdot H^2}{D_I^2 \cdot i_0^2 \cdot \phi_Y^2}}}{v_{II}} \right].$$

Приняты следующие параметры:

p – степень замыкания намотки (обычно $p = 1$ или $p = 3$);

n_K – частота оборотов кулачка нитеводителя;

d – диаметр наматываемой нити;

H – высота намотки трубчатого початка;

D_I – диаметр намотки трубчатого початка на малом торце;

ϕ_Y – угол поворота кулачка при удалении точки наматывания от малого торца;

v_{II} – средняя скорость осевого перемещения початка при наматывании;

i_0 – общее передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя.

На АТП-290 i_0 выражается иррациональным числом, поэтому для определения числа зубьев зубчатой передачи передаточное отношение необходимо приблизить подходящей дробью соответствующего порядка, причем числитель и знаменатель этой обыкновенной дроби должны разлагаться на сомножители, каждый из которых не должен превышать 120.

Однако было выяснено, что среди таких сомножителей встречаются довольно большие простые числа. Поэтому разработана методика, позволяющая находить для заданного диаметра d наматываемой на трубчатый початок нити (или предельно близкого к нему) и для заданных параметров $p; H; D_1; n_K$ такую величину передаточного отношения, которая удовлетворяет изложенным выше требованиям. Приведем алгоритм, основанный на этой методике.

Алгоритм NEWPO

0. Ввод данных $p; n_K; H; D_1; d; \varphi_Y; v_{II}/$.

1.0. Вычисление (согласно формуле 2.18) величины общего передаточного отношения i_0 для заданных параметров.

Модуль NEW PRODUCT

2.0. Вычисление с помощью алгоритма Евклида и рекуррентных формул [18] подходящих дробей общего передаточного отношения до конечного числа шагов:

$$i[x] = \frac{P[x]}{Q[x]}, \quad x = 0; 1; \dots; S.$$

$$P[x] \in Z_+; \quad Q[x] \in Z_+.$$

2.1. Присвоить $x = 0$.

Цикл I пока $x \leq S$ выполнить: $P[x]$ и $Q[x]$.

2.1.1. Разложение $P[x]$ и $Q[x]$ на простые множители.

2.1.2. Если для любых $i = 1, 2, \dots, z_x$; $j = 1, 2, \dots, l_x$; $P_i \leq 120$; $g_i \leq 120 \cup$, то вычислить новый диаметр нити d_H , соответствующий числу $i[x]$, необходимый для формирования трубчатого початка сомкнутой структуры по формуле:

$$d_H = \frac{2 \cdot H \cdot [P \cdot (k \cdot i_0[x] - n_l) - z]}{k \cdot i_0[x] \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot H}{\pi \cdot k \cdot D \cdot i_0[x]}\right)^2}},$$

иначе идти к п. 2.1.4.

2.1.3. Если $d_H \in [d - 0,0005; d + 0,0005]$, то d_H и разложение $i_0[x]$ числителя и знаменателя дроби на простые множители (см. п. 2.1.1.) вносят в библиотеку данных, иначе идти к п. 2.1.4.

2.1.4. Если $p \leq 120$ для любых $i = 1, 2, \dots, z_x$ и хотя бы одного из $j = 1, 2, \dots, l_x$; $g_j > 120$, то выполнить:

$$2.1.5.1. Q \cdot P_i := \frac{P[x]}{P_i}.$$

2.1.5.2. Вычисление с помощью алгоритма Евклида и рекуррентных формул [64] подходящих дробей для дроби R до конечного числа шагов S_j :

$$R_{[\gamma]} = \frac{\tilde{P}[\gamma]}{\tilde{Q}[\gamma]}, \quad \gamma = 0, 1, \dots, S_j; \quad S_j \leq S; \quad \tilde{P}[\gamma] \in Z; \quad \tilde{Q}[\gamma] \in Z.$$

2.1.5.3. Присвоить: $\gamma = 0$.

Цикл 3 пока $\gamma < j$ выполнить $\tilde{P}[\gamma]$.

2.1.5.4. Разложение числителя $\tilde{P}[\gamma]$ и $\tilde{Q}[\gamma]$ дроби $R_{[\gamma]}$ на простые множители:

$$\tilde{P}_{[\gamma]} = \prod_{\tau=1}^{z_j} \tilde{P}_i^{\alpha_\tau}; \quad \tilde{Q}_{[\gamma]} = \prod_{j=1}^{l_x} g_{j\tau}^{\beta_j}.$$

2.1.5.5. Если $i^j = 1, 2, \dots, z_j$ для $j^j = 1, 2, \dots, l_x$ любых $j = 1, 2, \dots, l_\gamma$, $\tilde{P}_i^j \leq 120$, $\tilde{g}_{ji} \leq 120$, то

$$\tilde{i}_0 = \frac{\tilde{P}_{[\gamma]}}{Q_{[\gamma]}} \cdot \frac{0 \cdot P_i}{0 \cdot Q};$$

d_H вычисляется по формуле:

$$d_H = \frac{2 \cdot H \cdot [P \cdot (k\tilde{i}_0 - n_l) - z]}{k \cdot \tilde{i}_0 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot H}{\pi \cdot D \cdot \tilde{i}_0}\right)^2}},$$

иначе идти к п. 2.1.5.7.

вносятся в библиотеку данных, иначе идти к п. 2.1.5.7.

2.1.5.6. Если $d_H \in [d - 0,0005; d + 0,0005]$, то $d_H \tilde{i}_0$ и разложение числителя и знаменателя дроби на простые сомножители вносятся в библиотеку данных, иначе идти к п. 2.1.5.7.

2.1.5.7. Присвоить $\gamma := \gamma + 1$.

Конец цикла 3.

2.1.5.8. Присвоить $i := i + 1$;

Конец цикла 2.

2.1.6. Если $g \leq 120$ для любых $j = 1, 2, \dots$ и хотя бы для одного из $i = 1, 2; z_x > 120$, то выполнить:

$$P^* := \prod_{P_\tau > 120} P_i^{\alpha_\tau}; \quad OP = \prod_{P_\tau \leq 120} P_\tau^{\alpha_\tau};$$

иначе идти к п. 2.1.8.

2.1.7. Присвоить $j := 1$.

Цикл 4 пока $j \leq S_\gamma$ выполнить:

$$2.1.7.1. \ OQ_j := \frac{Q[x]}{g_\tau}.$$

2.1.7.2. Выполнить п. 2.1.5.2 для дроби $R = \frac{P^*}{g_j}$.

2.1.7.3. Присвоить: $\gamma = 0$.

Цикл 5 пока $\gamma \leq S_\gamma$ выполнить:

2.1.7.4. Выполнить 2.1.5.4.

2.1.7.5. Если для любых $i' = 1, 2, \dots, z_\gamma; j' = 1, 2, \dots, l_\gamma; \tilde{P}_\tau g_j' \leq 120$,

то:

$$\tilde{i}_0 = \frac{\tilde{P}_{[\gamma]}}{\tilde{Q}_{[\gamma]}} \cdot \frac{OP}{OQ_j};$$

d_H вычислить по формуле [11].

Иначе идти к п. 2.1.7.7.

2.1.7.6. . Если $d_H \in [d - 0,0005; d + 0,0005]$, то $d_H \tilde{i}_0$ и разложение числителя и знаменателя дроби на простые сомножители вносятся в библиотеку данных, иначе идти к п. 2.1.7.7.

2.1.7.7. Присвоить $\gamma := \gamma + 1$.

Конец цикла 5.

2.1.7.8. Присвоить $j := j + 1$.

Конец цикла 4.

2.1.8. Если хотя бы одна из $i = 1, 2, \dots, z_x; P_\tau > 120$, и хотя бы для одного из $j = 1, 2, \dots, l_x; g_j > 120$, то выполнить:

$$P^* := \prod_{P_\tau \geq 120} P_\tau^{\alpha_\tau}; \quad OP = \prod_{P_\tau < 120} P_\tau^{\alpha_\tau};$$

$$Q^* := \prod g_\tau^{\beta_\tau}; \quad OQ := \prod g_\gamma^{\beta_\gamma}.$$

Иначе идти к п. 2.1.5.2 для дроби $R = \frac{P^*}{Q^*}$; $g_\tau > 120$.

2.1.10. Присвоить: $\gamma = 0$.

Цикл 6 пока $\gamma < S_\gamma$ выполнить.

2.1.10.1. Выполнить п. 2.1.5.4.

2.1.10.2. Если для любых $i^j = 1, 2, \dots, z_\gamma$; $j^j = 1, 2, \dots, l_\gamma$; $\tilde{P}_\tau g^j < 120$,

то

$$\tilde{i}_0 = \frac{\tilde{R}_{[\gamma]}}{\tilde{Q}_{[\gamma]}} \cdot \frac{OP}{OQ_j};$$

d_H вычислить по формуле [11].

Иначе идти к п. 2.1.10.3.

2.1.10.3. Присвоить $\gamma := \gamma + 1$.

Конец цикла 6.

2.1.11. Присвоить $x := x + 1$.

Конец цикла 1.

2.2. Конец модуля NEWPRODUCT.

3. Конец алгоритма NEWPO.

По алгоритму NEWPO составлена программа для ЭВМ, что позволяет достаточно быстро решать поставленную задачу.

Результаты расчетов для параметров $n_l = 4$, $p = 3$, $z = 1$, $k = 1$, $H = 15$ см, $P = 5$ см и различных диаметров нити приведены в таблице 1.

Используя разложение числителей и знаменателей дробей i_0 на простые сомножители, легко находят число ступеней и число зубьев колес передачи.

Численная реализация нового метода была проведена на персональном компьютере «Пентиум – 4». Программа выполнена на языке Турбо – Паскаль 4.0.

Применение этих средств вычислительной техники позволило не только эффективно реализовать алгоритм, но и создать большую библиотеку данных, благодаря чему стало возможным проектировать мотальные механизмы для получения сомкнутых намоток с использованием зубчатых передач (без вариаторов в кинематической цепи «веретено – кулачок нитеводителя»).

Технологический регламент производства трубчатых текстильных фильтров (ТТФ) для очистки и обеззараживания воздуха

1. Назначение

1.1. Трубчатые текстильные фильтры предназначены для создания воздухоочистительных модулей, которые используются для очистки и обеззараживания воздуха, поступающего в жилые и производственные помещения, системы приточной вентиляции, на станции метрополитена, шахты и помещения химических складов. Модули могут устанавливаться в чистых помещениях лечебных учреждений, предприятий фармацевтической, электронной, пищевой и других отраслей промышленности.

1.2. Применение трубчатых текстильных фильтров должно обеспечивать:

- увеличение площади фильтровальной перегородки в 5 раз по сравнению с рамочными фильтрами;

- отсутствие явлений «пробой фильтровальной перегородки»;

- увеличение срока службы фильтра и повышения качества очистки воздуха;

- регенерацию любыми известными способами (промывкой струей горячей воды, продувкой струей воздуха, при сильном загрязнении промывкой в 10%-ом растворе щавелевой кислоты);

- возможность муфтового соединения картриджей для легкости их разборки, сборки и монтажа в модуль.

1.3. Срок работы трубчатых текстильных фильтров без замен - не менее 1 года.

2. Используемое сырье

Сменные фильтровальные элементы должны быть сформированы на перфорированном каркасе слоисто-каркасной намоткой из полипропиленовых мультифиламентных нитей линейной плотностью от 70 до 250 текс (оптимальный вариант – 150 текс) и вискозных нитей – 184 текс обработанных антимикробным материалом.. Слоисто-каркасная намотка фильтра должна создавать фильтровальную перегородку заданной пористости и проницаемости, обеспечить требуемую степень очистки воздуха согласно ГОСТ Р 51251-99, или EU3 по EUROVENT 4/9.

Материалы по токсиколого-гигиеническим и санитарно-химическим показателям должны отвечать требованиям, предъявленным к медицинским изделиям, опосредованно контактирующим со слизистыми оболочками дыхательного тракта (в соответствии с Санитарноэпидемиологическим заключением № 50.99.04.839. П. 006979 от 12.05.05).

3. Технологический процесс производства

Технологический процесс производства трубчатых текстильных фильтров для очистки и обеззараживания воздуха основан на:

- определении и выборе волокнистого материала для тонкой очистки воздуха от пыли и микрзагрязнений, устойчивого к воздействию агрессивных сред в соответствии с ГОСТ Р 51251-99;

- подборе текстильных волокон и материалов для обеззараживания воздуха за счёт их обработки антимикробными соединениями в соответствии с ГОСТ 31214 – 2003;

- разработке специального мотального оборудования, конструкция которого должна обеспечить формирование трубчатых текстильных фильтров заданных типо-размеров в соответствии с ГОСТ Р 511251 – 99;

- разработке и выборе оптимальных структур фильтровальных перегородок трубчатых текстильных фильтров на основе текстильных волокон и материалов, обладающих пылезащитными антисептическими свойствами.

- разработке конструкции модульного воздушного фильтра для очистки и обеззараживания воздуха на базе трубчатых текстильных фильтров формируемых слоисто-каркасной намоткой из биологически активных нитей и нетканых материалов (вискозный) на перфорированный каркас.

Пористые перегородки трубчатых текстильных фильтров должны быть сформированы путем наматывания на перфорированные патроны тканей, трикотажных полотен, нетканых материалов или нитей.

Скорость формирования паковок на мотальной машине «Бандомат» - 400 м/мин, натяжение нитей при перематывании: для полипропиленовых нитей – 3 – 4% от разрывной нагрузки нитей; для вискозных нитей – 5 – 6% от разрывной нагрузки нитей.

4. Условия эксплуатации

Картриджи на основе трубчатых текстильных фильтров должны:

- обеспечить работу при температуре рабочей среды: от -40°C до $+100^{\circ}\text{C}$;

- иметь пропускную способность: от $1500 \text{ м}^3/\text{час}$ и выше (путем создания требуемой структуры намотки фильтровальной перегородки);

- иметь удельную воздушную нагрузку: $1000\text{-}9000 \text{ м}^3/(\text{час}\cdot\text{м}^2)$;

- иметь начальное аэродинамическое сопротивление: не более 50 Па, конечное аэродинамическое сопротивление: не более 200 Па;

- обеспечить эффективность очистки 90 %.

Карtridge должны быть сформированы из материалов, не выделяющих токсичные вещества, Допускается контакт со слизистой оболочкой (опосредовано) при заключении САНПИН.

Модификация.

Модуль для очистки воздуха «Пантекс» выпускается в двух модификациях: рамочного и коллекторного типа.

Размеры и производительность.

Размеры модулей для очистки воздуха «Пантекс», а также их производительность задается количеством используемых фильтровальных картриджей, а также их размером необходимым для очистки заданного объема воздуха.

Фильтровальный картридж «Пантекс».

Карtridge «Пантекс» представляют собой сменные фильтровальные элементы, фильтровальная перегородка которых сформирована на перфорированном каркасе, слоисто-каркасной намоткой полипропиленовых мультифиламентных нитей или вискозных нитей, которые обработаны антимикробным материалом. Слоисто-каркасная намотка позволяет создавать фильтровальную перегородку заданной пористости и проницаемости, а следовательно, требуемую степень очистки воздуха согласно ГОСТ Р 51251-99, или EU3 по EUROVENT 4/9.

Преимущества фильтровальных картриджей «Пантекс» перед плоскими и рукавными фильтрами:

- ✓ площадь фильтровальной перегородки в модуле увеличена в 5 раз по сравнению с плоскими фильтрами;
- ✓ не подвержены явлению «пробой фильтровальной перегородки», что

резко увеличивает срок службы фильтра;

- ✓ не требуется больших затрат времени на замену картриджей;
- ✓ регенерация картриджей «Пантекс» возможна любыми известными способами (промывкой струей горячей воды, продувкой струей воздуха, при сильном загрязнении промывкой в 10%-ом растворе щавелевой кислоты);
- ✓ муфтовое соединение картриджей обеспечивает легкость их разборки, сборки и монтажа в модуль;
- ✓ эффективность очистки 95%;
- ✓ фильтровальные картриджи «Пантекс» сформированы из материалов, не выделяющих токсичные вещества допускается контакт со слизистой оболочкой.

Технические характеристики.

- Температура рабочей среды: -40°C до $+100^{\circ}\text{C}$;
- Диаметр наружный: $110\div 160\text{мм}$;
- Длина элемента: $500\div 1500\text{мм}$;
- Соединение элементов: муфтовое.

