

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»

Автореферат
Диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва 2015

АННОТАЦИЯ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены экспериментально-теоретические исследования процессов формирования мотальных паковок преимущественно в виде конечных продуктов для их внедрения в различные отрасли промышленности.

Разработаны теоретические основы наматывания и сматывания нитей в условиях формирования мотальных паковок. Выявлены основные причины возникновения дефектов намотки; предложены и реализованы способы их устранения. Определен комплекс характеристик нитей, кинематических и силовых параметров мотальных механизмов, обеспечивающих получение больших паковок с сомкнутой структурой. Разработан общий метод определения связи между кинематическими параметрами машин и скоростью нити при наматывании и сматывании. Уточнена математическая связь между натяжением и скоростными границами нити, установлены границы скоростей нити в условиях образования паковок. Созданы основы теории формирования мотальных паковок различных структур: замкнутых, спиралевидных, дисковых, застилистых и др. Создано специальное оборудование для изготовления мотальных паковок, которые используются в виде конечного продукта: трубчатых текстильных фильтров, диспергаторов жидкостей и газов, армирующих компонентов композиционных материалов, формируемых на базе тел вращения или плоских материалов на основе 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.

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.

Актуальность работы

Разработка новых технологических процессов создания конечных продуктов специального назначения на базе мотальных паковок является актуальной задачей, которая ставится перед учёными - текстильщиками, конструкторами, машиностроителями, создателями авиационной техники.

Именно к таким «коротким» и эффективным технологическим процессам следует относить намотку текстильных нитей различной природы в паковки специального назначения.

Введение

Одной из главных задач текстильной промышленности является разработка новых текстильных материалов и технологий, отвечающих специфическим требованиям. К таким технологиям следует отнести и наматывание при формировании специализированных мотальных паковок. Здесь имеются в виду все виды наматывания нитей, нитевидных материалов, лент, жгутов, проволоки, тканей, нетканых материалов, трикотажных полотен на тела вращения: патроны, оправки, шпули, катушки, дорны и т.д.

Все работы по созданию новых технологических процессов и получению различного рода материалов в области наматывания и сматывания сводятся к основным видам изделий:

1) мотальные паковки оптимальной структуры намотки, подлежащие сматыванию с них нитей непосредственно в текстильном производстве (бобины и трубчатые початки сомкнутой намотки). 2) 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.). 3) аэраторы и диспергаторы воздуха и газов, которые являются отдельными элементами текстильных материалов различной природы, применяемыми в химических процессах и выполняющие главную задачу – обеспечение дозированного межфазного взаимодействия газожидкостных сред. 4) создаваемые намоткой различные текстильные материалы: намотанные на оправки и дорны армирующие компоненты композиционных материалов (армирование углеродными, базальтовыми, стеклонитями тел вращения) для аэрокосмической и военной отраслей.

Такое большое многообразие конечных продуктов, формируемых намоткой, обусловлено последними достижениями текстильной науки, позволяющими обеспечивать возможность формирования их однопроцессным способом за счет использования различных структур намоток: сомкнутых, замкнутых, спиралевидных, сотовых, дисковых, застилистных.

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 и зарубежные машиностроительные заводы не выпускают. Современное мотальное оборудование ориентировано главным образом на обеспечение задач и потребностей текстильных предприятий. Здесь машиностроителями достигнуты большие успехи. 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. Сделаны первые шаги в сторону совершенствования структур намотки мотальных паковок с учетом особенностей технологических процессов, в которых паковка будет использована в дальнейшем. Это меха-

низмы «мягкой» намотки нитей на бобины, которые используются при крашении пряжи в паковках, механизмы «дифференцированной» намотки уточных шпуль, позволяющие избежать образования «жгутовой» намотки при больших отходах сырья и т. д.

Технически это сводится к расчету основных параметров структуры намотки паковок:

- 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 вышеперечисленных параметров важен и их изучению посвящали свои работы известные ученые-текстильщики: А.П. Минаков, А.Ф. Прошков, В.А. Гордеев, В.М. Каган, В.П. Щербаков, В.П. Зайцев и др.

Именно благодаря этим работам теория наматывания и сматывания нитей получила свое развитие и стала основой для создания и внедрения технических 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 в виде разнообразных текстильных материалов и изделий.

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

Для этого в диссертационной работе решены следующие задачи:

- проведены экспериментально-теоретические исследования структур намотки мотальных паковок, применяемых в текстильном производстве;
- дано сравнение качественных и количественных показателей формируемых мотальных паковок с «эталонными» с последующим определением причин возникновения дефектов;
- разработаны методы и способы формирования мотальных паковок оптимальной структуры прядильного и ткацкого производств;
- разработаны способы формирования бобин и трубчатых початков, применяемых в качестве уточных паковок в ткачестве;
- разработаны способы формирования и конструкции оборудования для получения паковок увеличенных габаритов (паковок «ракетной» формы);
- проведены исследования процессов сматывания нитей с мотальных паковок различной формы, габаритов и структур намотки;
- разработаны методы формирования паковок заданной структуры, применяемых в качестве текстильных фильтров, аэраторов и диспергаторов;
- разработаны способы формирования мотальных паковок заданной формы и требуемых типоразмеров и их развёрток;
- разработаны методы формирования и расчета элементов конструкций технологического оборудования для создания армирующих компонентов композиционных материалов;
- даны рекомендации по совершенствованию мотального оборудования, применяемого при создании и внедрении перспективных текстильных материалов. ;

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

- разработаны теоретические основы наматывания и сматывания нитей в условиях формирования традиционных и специализированных мотальных паковок;
- теоретически обоснованы и определены новые области использования мотальных паковок и их развёрток как конечных продуктов;
- 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 позволяют модернизировать существующее и создавать новое мотальное оборудование, которое способно обеспечивать получение и внедрение в различные отрасли промышленности паковок, являющихся конечным продуктом или новым текстильным материалом;
- разработаны и внедрены в производство уточные паковки оптимальной структуры для челночных и бесчелночных ткацких станков;

- разработаны и внедрены в производство паковки с заданной пористостью и проницаемостью, применяемые для получения трубчатых текстильных фильтров;

- разработаны и внедрены в производство слоисто - каркасные и спиралевидные структуры намотки 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;

- на базе мотальных паковок и их развёрток разработаны и внедрены в производство новые армирующие компоненты композиционных материалов, используемых в аэрокосмической и военной отраслях.

Методы и средства исследований.

В работе методической и научной основой проводимых исследований являлись труды ведущих российских и зарубежных ученых-текстильщиков, посвященные процессу перематывания нитей. Теоретические исследования основаны на современных научных теориях по созданию паковок специального назначения и композиционных материалов при использовании ПЭВМ и новейших средств исследования.

Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях ООО «Ковротекс» г. Димитровграда, ООО «Нефтегазовые технологии МИФИ» г. Димитровграда, ООО «Научно – технический центр» г. Димитровград, ООО «ФУТУРА» г. Кемерово, ООО «Тольяттикаучук» г. Тольятти.

Достоверность результатов работы

Достоверность и обоснованность основных положений работы и выводов подтверждаются согласованностью результатов проведённых теоретических и

экспериментальных исследований и базируются на современных методах математического анализа технологических процессов перематывания нитей. Экспериментальные исследования позволили сформировать намоткой различные конечные продукты, такие как фильтры различного назначения и объемные композиты из углеродных нитей. Результаты работы внедрены на ООО «Ковротекс» г. Дмитровграда, ООО «Нефтегазовые технологии МИФИ» г. Дмитровграда, ООО «Научно – технический центр» г. Дмитровград, ООО «ФУТУРА» г. Кемерово, ООО «Тольяттикаучук» г. Тольятти.

Объем и структура работы

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.

Публикации.

Основные результаты работы отражены в 58 публикациях, из них одна монография, одно учебно-методическое пособие, 2 патента на изобретение, 2 авторских свидетельства на полезную модель, 17 статей в журналах рекомендованных ВАК РФ.

Содержание работы.

В первом разделе диссертации проведён критический анализ современного уровня развития теории и процесса формирования мотальных паковок различного назначения на основе исследования трудов российских и зарубежных учёных - текстильщиков. Значительный вклад в развитие начал теории процессов перематывания нитей в прядильные паковки внесли такие ученые, как Н.А. Васильев, Н.А. Насекин, И.И. Бабарыков, С.С. Ковнер В.А., Ворошилов, Е.И. Кржижановский и Ю.И. Виноградов, но основной базой всех теоретических исследований в этом направлении до сих пор являются работы А.П. Минакова. Несмотря на то, что вопросам механики гибкой нити было посвящено много научных трудов В.С.

Щедрова, Я.И. Коритыцкого, именно теоретические выкладки профессора А.П. Минакова, отвечают всем концепциям отечественной школы механики нити, всегда находившейся на мировом уровне. Эти работы позволили выделить процесс намотки нитей на паковки в самостоятельный технологический процесс, требующий глубокого изучения. Следует отметить, что ранее почти все работы по изучению процесса перемотки были направлены на совершенствование процесса сматывания нити с паковки, на это же направлялись и усилия машиностроителей.

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 нитей (более 1000 м/мин) 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 $\psi_{1,p+1}$.

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

Разработанная классификация позволяет сделать вывод о том, что намотка из вспомогательной технологической операции переходит в разряд технологий формирования конечного продукта (с заданными свойствами). В работе 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 кроме вращательного ещё и осевое перемещение. Последнее обстоятельство очень важно, так как открывает возможность проектирования мотальных машин,

позволяющих формировать сомкнутую намотку на трубчатых початках и бобиных 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), так как именно они обеспечивают:

- равномерное натяжение сматываемой нити в течение всего времени схода нити с паковки (без образования отходов);

- минимальную обрывность нитей и количество угаров пряжи (отходов) и т.д.

Теория процессов перематывания пряжи успешно развивается в настоящее время учеными Московского государственного университета дизайна и технологии . В основу данных исследований положены работы, касающиеся теории гибкой нити, а в работах профессоров С.Д. Николаева, В.П. Зайцева, С.С. Юхина намотка уже рассматривается как самостоятельный инновационный технологический процесс получения конечных высокоэффективных продуктов.

Второй раздел работы посвящён исследованию процессов формирования мотальных паковок, используемых в прядильном производстве, оптимизации их структур намотки, а также устранению дефектов намотки, причин их возникновения и способам устранения. Отмечено, что качество намотки мотальных паковок всех существующих видов определяется совокупностью потребительских свойств, предъявляемых к ним на последующих стадиях их использования в процессах переработки нити. В соответствии с назначениями мотальных паковок и требованиями технологических процессов при их дальнейшем использовании следует выделить качественные показатели, которые должны определять пригодность или дефектность паковки. Для оценки намоток

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 армирующих компонентов композиционных материалов, фильтры патронные, трубчатые аэраторы, обмотки полых тел вращения (трубопроводов, 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.

На основании проведенного анализа составлена таблица дефектности намоток и сделаны 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.

Далее были проведены исследования равновесности витков на поверхности намотки прядильных початков и уточных шпуль. Анализируя полученные результаты исследований, сделан вывод, что для исключения групповых слетов витков с поверхности намотки прядильных початков и уточных шпуль, необходимо точ-

но рассчитать угол конусности формируемой паковки, в зависимости от коэффициента трения витков о поверхность намотки и от угла скрещивания витков β . Выбор угла конусности формируемых початков, должен быть основан на выполнении следующих условий:

$$\arctg \frac{D-d_0}{2,6 \cdot D} \leq \alpha \leq \arctg \frac{D-d_0}{2,4 \cdot D}, \quad (1)$$

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

Результаты проведенных исследований показывают, что равновесность витков на поверхности намотки точных шпульт зависит от угла конусности намотки, коэффициента трения витков о поверхность намотки и угла скрещивания витков;

Третий раздел работы посвящён исследованию процессов формирования мотальных паковок используемых в ткацком производстве при подготовке основ с целью оптимизации их структур. В результате проведенных исследований установлено, что на бобинах, формируемых на машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити, могут образовываться замкнутые и сомкнутые намотки, которые должны рассеиваться электропрерывателем, а на мотальных машинах с отдельным механизмом намотки и раскладки нити, существенное влияние на структуру и форму намотки создаваемых мотальных паковок оказывает угол сдвига между витками различных пар слоёв намотки. При этом расположение нитей на паковках при подходе нитеводителя к «метровому» положению и удалению от него различно, что вызывает смещение витков намотки нити относительно друг друга и оказывает влияние на структуру намотки паковки.

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.

Четвёртый раздел посвящён разработке и исследованию структур намотки мотальных паковок, обеспечивающих оптимальные условия сматывания с них ни-

ти. 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 производства, где они применяются. Как показывают проведённые исследования 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.

Условием получения паковок сомкнутой намотки является выполнение равенства:

$$l_{\psi_{1,2}} = \frac{d}{\sin \beta / 2}, \quad (3)$$

Тогда угол сдвига витков при сомкнутой намотке будет определяться по формуле:

$$\psi_c = \frac{l_{\psi_{1,2}}}{R} = \frac{d}{R \sin \beta / 2}, \quad (4)$$

где d – диаметр наматываемой нити, см;

R – радиус намотки мотальной паковки, см.

Исследования показали, что сомкнутых намоток может быть не одна, а две («опережающая» и «отстающая»). 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.

При формировании цилиндрических паковок сомкнутой структуры угол сдвига витков:

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi z \pm \psi_C, \quad (5)$$

Сделав необходимые подстановки и решая уравнение относительно i_{oc} , получим:

$$i_{oc} = \frac{p^2 kn_1 + pkz}{p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H^2}} \pm \sqrt{\frac{(p^2 kn_1 + pkz)^2 - \frac{p^2 n_1^2 + 2pn_1 z + z^2 + \frac{d^2}{\pi^2 D^2}}{\left(p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H^2}\right)}}{\left(p^2 k^2 - \frac{d^2 k^2}{4H^2}\right)}}, \quad (6)$$

где: P -степень замыкания катушки;

k - число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нити;

z - кратность замыкания катушки;

d - условный диаметр нити;

H - высота паковки;

D - текущий диаметр катушки паковки;

n_1 - числа k_1 .

Из полученной 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 катушка. Первое из этих отношений соответствует «опережающей», а второе «отстающей» катушке.

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) катушки.

Пятый раздел раскрывает результаты проведенных исследований процесса сматывания нитей с мотальных паковок различной структуры и формы катушки. Установлено, 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 v ;
- средний радиус намотки бобины $R_{\text{ср}}$;
- структурные параметры намотки бобины (угол конусности бобин, угол скрещивания витков, плотность намотки и т.д.);
- высота баллона.

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. Весьма актуальной является задача создания паковок 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.

В шестом разделе работы описаны особенности процессов 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. 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.

Решение первой задачи - обеспечения постоянного натяжения всех сматываемых с паковки нитей - возможно только при идеальной цилиндричности намотки, без бугров и впадин, так как 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.

Проведённые исследования показывают, что сматывание основы со сновального валика под действием тянущего вала происходит при различном натяжении нитей. Одна из основных причин разнотянутости нитей является неравномерность радиусов намотки вдоль образующей сновального валика, возникающая в процессе снования. Бугристость намотки обуславливает появление неоднородности нитей, навитых на один сновальный валик.

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.

Следует отметить, что процент разнодлинности нитей достаточно точно оценивается, если известно распределение радиусов намотки валика вдоль его образующей в данный момент времени сматывания. Длины i -ой и k -ой нитей при повороте валика на угол φ в процессе снования определяются по формулам:

$$l_i = \frac{r_i + r_o}{2} \varphi; \quad l_k = \frac{r_k + r_o}{2} \varphi, \quad (7)$$

где r_i, r_k - радиусы намотки нитей;

r_o - радиус ствола валика.

Используя эти зависимости, получаем:

$$S_{\max} = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{l_{\max}} \cdot 100 = \frac{\Delta r_{\max}}{r_{\min} + r_o} \cdot 100\% \quad (8)$$

Например, при $\Delta r_{\max} = 0,6$ см, $r_{\min} = 20$ см, $r_o = 10$ см имеем $S_{\max} = 1,2\%$

Тогда вытяжка нитей составит: $V_{\max} \geq 1,2\%$.

Актуальным является также вопрос расчёта ставки бобин при формировании сновальных валиков. Актуальность 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, ранее не рассматривался и не изучен. Анализ производственной деятельности свидетельствует о повышенном количестве отходов в процессе подготовки основ и ткачестве именно этих нитей, идущих с одного сновального валика, образующих «парочки».

Исследования были 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. 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.

Как показывает практика, в процессе 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. При этом 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.

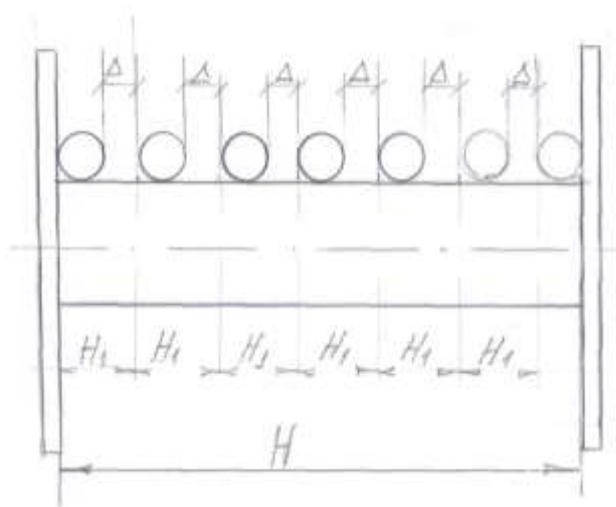


Рисунок 1. Схема расположения нитей основы на сновальном валике.

H – рассадка фланцев сновального валика;

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 (опти-

мальной ставкой бобин) следует считать то максимальное число нитей основы, при котором величина зазора Δ между нитями будет больше нуля, то есть:

$$m_{\text{опт}} = \frac{H}{(d_{\text{н}} + \Delta)} \text{ (принимаем наименьшее целое число);} \quad (9)$$

При условии, что зазор $\Delta > 0$, а

$d_{\text{н}} = C\sqrt{T}$ мм условный диаметр нити;

Однако данный расчет следует также уточнять с учетом изменения геометрических размеров снующихся нитей.

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

$$m_{\text{опт}} = \frac{H}{(a + \Delta)}, \text{ при } \Delta > 0 \quad (10)$$

где a – большая ось эллипса деформированной нити основы. Расчет оптимальной ставки бобин при партионном основании должен учитывать явление 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 позволяет 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.

Седьмой раздел диссертации раскрывает суть процесса формирования трубчатых початков увеличенных габаритов для челночного ткачества. Особенностью данного процесса является осевое перемещение формируемого початка, что приводит к образованию дополнительного угла сдвига между витками различных пар слоёв намотки, а, следовательно, определяет структуру формируемой уточной паковки. Суммарный угол сдвига между витками первой и $p + 1^{ой}$ пар слоев при наматывании трубчатого початка на автомате АТП-290

$$\psi_{1,p+1} = \left| \psi_{1,p+1}^{i_0} - 2 \cdot \pi \cdot z \pm \psi_{1,p+1}^v \right|, \quad (11)$$

где $\psi_{1,p+1}^{i_0}$ – угол сдвига между витками первой и $p + 1$ ой

$$\psi_{1,p+1}^{i_0} = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot \left(\frac{z_4 \cdot z_2}{z_3 \cdot z_1} - n_1 \right) = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot \left(\frac{5 \cdot i}{2} - n_1 \right), \quad (12)$$

где $z = 0,1,2,3,4...5$ – числа натурального ряда;

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:

$$\psi_{1,p+1}^v = \psi_c, \quad (13)$$

где ψ_c – необходимая для получения сомкнутой намотки величина угла сдвига витков.

Восьмой раздел посвящён разработке и исследованию мотальных паковок специального назначения. К ним следует относить те паковки, которые сформированы для использования их в различных областях промышленности без разматывания нити с паковки. К паковкам такого типа могут быть отнесены также все тела вращения, формируемые из текстильных нитей и нитевидных материалов путём навивки их на оправки заданной формы и размеров.

Создание мотальных паковок увеличенных габаритов (с высотой раскладки нити до 2 метров), позволило открыть новые перспективы создания фильтровальных систем для очистки различных сред (питьевой воды, технических растворов, воздуха в системах вентиляции помещений, газов, масел.), а также, аэраторов (применяемых при биологической очистке сточных вод) и т. д.

Формирование мотальных паковок различных структур намотки позволяет использовать их к качестве армирующих компонентов композиционных материа-

лов, 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 профильные 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.

Проведённый анализ конструкций мотальных механизмов, применяемых в настоящее время для формирования паковок специального назначения показывает, что все они требуют дальнейшего совершенствования с целью обеспечения возможностей управления как формой, так и структурой паковок.

Общие выводы по работе:

1. Разработаны критерии, определяющие возможность использования мотальных паковок в качестве конечного продукта: удельная плотность, пористость, прочность, форма намотки.
2. Разработано, спроектировано и изготовлено мотальное оборудование для формирования мотальных паковок специального назначения (трубчатых початков сомкнутой намотки, бобин ракетной формы и др.
3. Теоретически обнаружено явление образования хорд на торцах паковки и слабого закрепления витков нити на поверхности бобин пневмомеханических прядильных машин.
4. Реализован отдельный механизм намотки и раскладки нити для образования на нём паковок сомкнутой структуры из пряжи любой линейной плотности.
5. Найдена функциональная связь структуры с пористостью и проницаемостью в мотальных паковках специального назначения, используемых в процессах крашения, отбеливания и запаривания пряжи.

6. Оптимизирована плотность намотки мотальных паковок в осевом и радиальном направлениях, позволившая увеличить длину нити, и стабилизировать натяжение её при сматывании путём использования сомкнутой структуры.
7. Созданы основы теории формирования мотальных паковок сомкнутой структуры с максимальной плотностью и изотропностью свойств в объёме.
8. Выполнен расчет мотального механизма для формирования паковок сомкнутой структуры; установлены условия сомкнутой намотки с определённым постоянным углом сдвига витков при вычисленном значении передаточного отношения от нитеводителя к веретену.
8. Разработан метод определения связи между структурой намотки паковок и условиями их сматывания, что позволило снизить величину неравномерности натяжения уточных нитей и обрывность в ткачестве; установлено, что внедрение в производство укрупненных трубчатых початков сомкнутой структуры на 30% снижает отходы уточной пряжи.
9. Для обеспечения равной длины групп нитей, навиваемых на одну паковку при ленточном сновании, разработаны и реализованы интегрирующие устройства, считывающие число оборотов паковки и приращение диаметра намотки.
10. Получено соотношение между вытяжкой и длиной нитей по ширине основы при сматывании со сновального валика; разработана методика расчета разносторонности нитей на сновальном валике и исследованы экстремальные процессы при сновании.
11. Установлено преобладающее влияние скорости осевого перемещения початка и степени замыкания намотки p на величину дополнительного угла сдвига между витками первой и $(p + 1)$ -ой пар слоев.
12. Сформулированы условия изготовления трубчатого початка сомкнутой намотки: равенство дополнительного угла сдвига между витками первой и $(p + 1)$ -ой пар слоев, вызванного осевым перемещением початка при

наматывании, и угла сдвига витков, определяемого толщиной пряжи, высотой намотки и величиной передаточного отношения от веретена к нитеводителю.

13. Разработана методика расчёта критических размеров трубчатых початков в условиях вибрации, позволяющая предупредить разрушение паковок; расчёт критической длины трубчатых початков позволил полнее использовать заполнение внутреннего объёма челноков механических ткацких станков, повысить производительность и снизить отходы дорогостоящего сырья.

Основное содержание диссертационной работы отражено в публикациях:

Учебные пособия

1. Панин, А.И.. Формирование уточных паковок для челночных ткацких станков: Учебное пособие с грифом УМО / А.И. Панин А.И., В.П. Зайцев, С.Л. Иванова. – Димитровград :ДИТУД УлГТУ, 2006. – 84 с.

Статьи

2. Панин А.И. О равновесии витков пряжи на поверхности мотальных паковок // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2003. – №1. – С. 35-37.

3. Панин А.И. Об изменении давления внешних слоев намотки бобин на внутренние и его влияние на натяжение нити при сматывании // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности» ». – Иваново, 2004. – №2. – С. 35-36.

4. Панин А.И. Об изменении натяжения нитей при сматывании с бобин застиистой структуры на малых скоростях // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2004. – №3. – С. 31-34.

5. Панин А.И., Иванова С.Л. Исследование причин заклинивания трубчатых початков при их формировании на автоматах АТП-290 // Аспирант и соискатель. – 2004. – № 5. – С.504-507.

6. Панин А.И. О структуре трубчатых текстильных фильтров – аэраторов // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2008. – № 6. – С. 35-41.

7. Панин А.И., Иванова С.Л., Синячкина И.В., Розанов А.С. Об изменении крутки пленочных нитей при сматывании с цилиндрических бобин // Известия вузов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2008. – №3. – С. 136-138.

8. Панин А.И., Снежков С.В., Розанов А.С. Разработка малоотходных технологий выработки технических // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2009. – №5. – С. 85-60.

9. Панин А.И., Иванова С.Л., Снежков С.В., Синячкина И.В. Исследования натяжения при сматывании уточной нити // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2010. – №1. – С. 131-134.

10. Панин А.И., Сухотерин Л.Я., Калмыков А.А., Цимбалюк А.Е. Исследование структур сомкнутых намоток, применяемых в качестве паковок специального назначения // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2012. – № 1. – С.131-134.

11. Панин А.И., Сухотерин Л.Я., Калмыков А.А., Разработка новой технологии очистки вод с применением трубчатых текстильных фильтров // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2012. – №3. – С. 120-125.

12. Панин А.И., Николаев С.Д., Цимбалюк А.Е., Пайметов А.Н., Кащеев О.В. О структуре осадка и тонкости очистки воздуха трубчатыми текстильными фильтрами // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». ». – Иваново, 2012. – №3. – С. 148-152.

13. Щербаков В.П., Заваруев В.А., Поляков В.И., Гончарова О.А., Панин А.И. Теория и критерии устойчивости нити при вязании // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2013. – №6. – С. 35-36.

14. Панин А.И., Ракова О.А., Рыбаулина И.В., Николаева Н. А. Исследование причин вибрации трубчатых початков при их наматывании // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2013. – №4. – С. 25-27.

15. Панин А.И., Рыбаулина И.В., Анализ использования текстильных фильтров, применяемых при очистке воздуха от пыли // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2013. – №5. – С. 15-17.

16. Панин А.И., Сухотерин Л.Я., Калмыков А.А., Рыбаулина И.В. Влияние конструктивных и кинематических параметров мотальных механизмов на структуру намотки и равновесность витков // Известия ВУЗов «Технология текстильной промышленности №., Поступило 28.05.13, подготовлена 05.06.13, №13918/5 к.д., с.б.

17. Панин А.И. О пределение максимальной (оптимальной) скорости сма- тывания нити с мотальной паковки // Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2002. – №3. – С.6 – 10.

18. Панин А.И., Мокеев А.С., Розанов А.С. О формировании и исследовании структур плёночных нитей // Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2010. – №2. – С. 5-9.

19. Панин А.И, Синячкина И.В., Розанов А.С., Мокеев ,А.С. О дефектах намотки мотальных паковок и причинах их возникновения // Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2010. – №2. – С. 9-13.

20. Панин А.И., Цимбалюк Е.П., Синячкина И.В. Защита гидросферы с использованием сорбционных материалов // Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2010. – №2. – С. 13-16.

21. Панин, А.И., Пайметов, А.Н., Мокеев А.С. О перспективах совершенствования пористых перегородок воздушных текстильных фильтров волокнистого состава // Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2010. – №3. – С.45 – 49.

Патентные документы

22. Пат. 68751 Российская Федерация, Фильтр ячеиковый «Пантекс» / Панин И.Н., Цимбалюк Е.П., Панин А.И., Зайцев В.П. : заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный технический университет (RU). - №2007500785 заявл.09.03.2008; зарег.16.12.2008.

23. Пат. 77283 Российская Федерация, Саморегулирующийся автоматический нитенатяжитель / Панин И.Н., Синячкина И.В., Панин А.И., Снежков С.В. : заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный университет (RU). - №2008122092 заявл.02.06.2008; зарег.20.10.2008.

24. Панин А.И., Зайцев В.П., Панин И.Н. Патент на изобретение «Гигиенический тампон «Пантекс» и способ его формирования, Заявка №2004106145/14 (006547) от 02.03.2004г.

25. Пат. 2447927 Российская Федерация, Абсорбент для очистки газа от сероводорода / Панин И.Н., Цимбалюк Е.П., Цимбалюк А.Е., Панин А.И. : заявитель и патентообладатель ООО «Пантекс» (RU). - №20110147698 заявл.22.11.2010; зарег.22.04.2012.

Материалы научных конференций и тезисы докладов

26. Панин А.И., Власова В.Н. Исследование партионного снования с целью повышения эффективности процесса // Сб. науч. тр. научной Всероссийской научной студенческой конференции «Актуальные проблемы развития текстильной промышленности» / МГТУ. – М., 1999. – С.34.

27. Панин А.И., Власова В.Н. Расчет производительности труда при партионном сновании // Сб. науч. тр. межвузовской научно-технической конференции «Наука-99» / УлГТУ. – Ульяновск, 1999. –С.34-35.

28. Панин А.И., Оленева О.С. К вопросу о методике определения оптимальной нормы обслуживания мотального оборудования // Сб. науч. тр. межвузовской научно-технической конференция «Поиск-2001» / ИГТА. – Иваново, 2001. – С.28.

29. Панин А.И. Разработка установки для определения оптимальной скорости сматывания нити с мотальной паковки // Сб. науч. тр. Международной науч-

но-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2002) / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2002. – С.33.

30. Панин А.И., Ткаченко О.Е., Власова В.Н. Разработка мероприятий по повышению качества намотки сновальных валиков // Сб.науч. тр. научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития текстильной промышленности» / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2002. – С.31.

31. Панин А.И. Исследование причин образования слетов витков с паковки // Сб. науч. тр. Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2003) / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2003. – С.55.

32. Панин А.И., Абмаев Д.С. Об эффективности скоростных режимов процесса сматывания нитей с мотальных паковок // Сб.науч. тр. Второй Всероссийской научной студенческой конференции «Текстиль XXI века» / МГТУ им. А.Н.Косыгина. – М., 2003. – С.3.

33. Панин А.И., Шигапов И.И., Иванова С.Л. Разработка методики определения передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя с помощью персональной ЭВМ // Сб.науч.тр. научно-технической конференции «Инфотекстиль-2004» / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2004. – С.47.

34. Панин А.И., Иванова С.Л. Исследование процесса вытеснения трубчатых початков коническими роликами на автоматах АТП-290 // Сб. науч. тр. Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2004) / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2004. – С.22-23.

35. Панин А.И., Парносов А.С., Иванова С.Л. К вопросу движения челнока в зеве // Сб. науч. тр. Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2006) / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М., 2006. – С.17.

36. Панин А.И., Воропаева Л.В. О недостатках конструкций отечественных бобинажных мотальных машин // Сб. науч. тр. Всероссийской научно-технической конференции / КГИИ. – Камышин 2006. – С.37.

37. Панин А.И., Снежков С.В., Розанов А.С. Разработка мероприятий по уменьшению неоднородности нитей в намотке лент на барабан сновальных машин // Сб. науч. тр. V Всероссийской практической конференции «Инновационные технологии в обучении и производстве» / КТИ. – Камышин, 2008. – С.276.

38. Панин А.И., Иванова С.Л. К вопросу о снижении отходов уточной пряжи при выработке технических сукон // Сб. науч. тр. НТК «Разработка современных технологий текстильной и легкой промышленности и исследование их экономической, экологической и социальной эффективности» / ДИТУД (филиал) УлГТУ. – Димитровград, 2009. – С. 29.

39. Панин А.И., Розанов А.С., Синячкина И.В. Оценка величины натяжения нити при варьировании уточных паковок на ткацких станках // Сб. науч. тр. НТКС «Поиск решений актуальных проблем производства молодыми учеными и студентами» / ДИТУД (филиал) УлГТУ. – Димитровград, 2009. – С. 215-216.