

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи

Охлопков

**ОХЛОПКОВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАМАТЫВАНИЯ ПРЯЖИ НА  
КОЛЬЦЕВЫХ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА**

Специальность 05.19.02 - Технология и первичная обработка текстильных  
материалов и сырья

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук,  
доцент А.А.Столяров

Иваново – 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Кольцевое прядение XXI века и пути его совершенствования.....	12
1.1. Особенности современных машин.....	12
1.2. Основные направления усовершенствования кольцевых прядильных машин.....	14
1.2.1. Автоматизация кольцевых прядильных машин.....	17
1.3. Основные положения теории баллонирования нити на кольцевой прядильной машине.....	18
1.4. Выводы по главе.....	25
1.5. Задачи настоящего исследования.....	26
2. Анализ работы крутильно-мотального устройства кольцевой прядильной машин.....	27
2.1. Исследование зависимости натяжения нити в зоне "бегунок - паковка" от типов колец и бегунков.....	27
2.2. Принцип работы крутильно-мотального устройства на основе вращающегося прядильного кольца.....	33
2.3. Исследование конструктивных параметров разработанного узла крутильно-мотального устройства.....	35
2.3.1. Аналитическое исследование конструктивных параметров крутильно-мотального устройства.....	40
2.4. Аналитическое исследование параметров работы крутильно-мотального механизма.....	43
2.5. Выводы по главе.....	56
3. Аналитическое исследование крутильно-мотальных устройств с узлом вращающегося прядильного кольца.....	58
3.1. Аналитическое исследование разработанных крутильно-мотальных устройств.....	58

3.2. Методика исследования натяжения нити в зоне "бегунок - паковка" устройства с узлом вращающегося прядильного кольца.....	69
3.3. Выводы по главе.....	75
4. Экспериментальное исследование крутильно-мотального устройства с вращающимся прядильным кольцом.....	77
4.1. Лабораторные исследования разработанного крутильно-мотального устройства.....	77
4.1.1. Устройство для измерения натяжения нити.....	80
4.2. Производственные исследования.....	84
4.2.1. Экспериментальное исследование технологических операций формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине.....	84
4.3. Определение физико-механических свойств пряжи.....	86
4.4. Анализ качества намотки пряжи.....	88
4.5. Анализ обрывности пряжи.....	91
4.6. Выводы по главе.....	96
5. Анализ экономической эффективности разработанного узла крутильно-мотального механизма кольцевой прядильной машины.....	97
5.1. Расчет темпа изменения натяжения нити из результатов аналитического расчёта и экспериментальных исследований.....	97
5.2. Расчёт факторного изменения натяжения по результатов аналитического расчёта и экспериментальных исследований.....	101
5.3. Анализ экономического эффекта от внедрения разработанного устройства.....	104
5.4. Выводы по главе.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	108
Список литературы.....	111
Приложение.....	119
Приложение А. Акт о проведении научно-исследовательской работы.....	119
Приложение Б. Технический акт внедрения.....	120
Приложение В. Патент на полезную модель №129934.....	121

Приложение Г. Патент на полезную модель №103809.....	122
Приложение Д. Патент на полезную модель №128619.....	123

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы диссертационной работы**

В диссертационной работе исследуется технология наматывания пряжи крутильно-мотальным механизмом с узлом вращающегося прядильного кольца с целью повышения производительности кольцевой прядильной машины и улучшения качества выпускаемой продукции.

Вследствие большого интереса к кольцевой прядильной машине многих производителей пряжи ведётся постоянная работа по усовершенствованию и разработке принципиально новых узлов и приводов, поскольку кольцевая машина универсальна, так как применима для выработки пряжи широкого диапазона линейных плотностей из различных видов волокон, длин и тонины. Пряжа, выработанная кольцевым способом прядения, имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с пряжей, полученной на пневмомеханических машинах. Она обладает лучшими физико-механическими свойствами, в частности повышенной прочностью, себестоимость кольцевой пряжи до сих пор ниже пневмомеханической. Кольцевая прядильная машина более экономична, потребляя 3-5 кВт энергии, в то время как пневмомеханическая машина 25 кВт. При этом существует ряд факторов, сдерживающих повышение производительности кольцевой прядильной машины. Одним, из основных факторов является преждевременный выход бегунка из строя, вследствие его сгорания от нагрева, вызванного трением о кольцо. Чем выше частота вращения веретён, тем больше трение, тем быстрее наступает момент сгорания бегунка. Другой причиной низкой производительности кольцевой прядильной машины, является несовершенство крутильно-мотального устройства, в связи с невозможностью увеличения частоты вращения веретена.

Для решения сложнейшей проблемы связанной с производством

качественной пряжи кольцевого способа прядения и ткани, которые могли бы успешно конкурировать с зарубежным производством, необходимо найти решение целого ряда задач, а именно: увеличение производительности оборудования, снижение себестоимости пряжи и ткани при значительном улучшении их качества [2; 3]. Необходимость уменьшения початка можно компенсировать за счет объединения кольцевой прядильной машины и мотального агрегата, полностью автоматизировав линию, тем самым повышая КПВ. Решение этих задач невозможно без научных исследований в области совершенствования крутильно-мотального механизма.

### **Степень разработанности работы**

Диссертационная работа выполнена на основе глубокого анализа отечественной и зарубежной научной литературы и патентного поиска. В работе изучены и использованы научные достижения в области кольцевого прядения основоположников текстильной науки, а также современных ученых, таких как: К.И. Бадалов, И.И. Мигушов, Ю.В. Павлов, А. А.Столяров, Г.И. Чистобородов, В.П. Щербаков и др., которые занимались и продолжают заниматься механикой нити, проблемами оптимизации формирования и наматывания пряжи, являются обладателями патентов на устройства. На основе ранее сделанных научных разработок предложена новая методика аналитического определения частоты вращения прядильного кольца, а именно была получена формула определения натяжения нити в зоне "бегунок - паковка", адаптированная под крутильно-мотальное устройство с узлом вращающегося кольца. Разработаны и запатентованы крутильно-мотальные устройства, значительно повышающие эффективность работы кольцевой прядильной машины.

### **Цель и задачи диссертационной работы**

Целью работы является повышение производительности кольцевой прядильной машины на основе рациональной технологии процесса наматывания пряжи на патрон.

- В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:
- проанализировать основные пути совершенствования кольцевой прядильной машины;
  - уточнить зависимость важнейших технологических факторов кольцевой прядильной машины, определяющих ее производительность;
  - на основании исследования операции наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине с классическим крутильно-мотальным устройством доказать, что основным сдерживающим фактором повышения производительности кольцевой прядильной машины, является несовершенство крутильно-мотальной пары "кольцо - бегунок";
  - разработать новое крутильно-мотальное устройство с улучшенными конструктивными особенностями, а также его привод, обладающий простотой изготовления;
  - определить аналитически и доказать экспериментально, что разработанная конструкция крутильно-мотального устройства улучшает условия работы пары «кольцо-бегунок».

### **Научная новизна работы**

Научная новизна диссертационного исследования состоит в создании теоретических положений, технологических и технических разработок, направленных на повышение производительности труда и оборудования на основе совершенствования технологической операции наматывания пряжи в результате замены крутильно-мотальной пары «кольцо-бегунок» - крутильно-мотальным механизмом с узлом вращающегося прядильного кольца.

Получены следующие основные результаты:

- разработан метод исследования работы крутильно-мотальных механизмов, позволивший по заданным свойствам вырабатываемой пряжи определять его оптимальные параметры, а именно формула определения натяжения В.П.Щербакова была адаптирована под крутильно-мотальное устройство с узлом вращающегося прядильного кольца;

- произведен расчет параметров необходимых для работоспособности крутильно-мотальных устройств с узлом вращающегося прядильного кольца, таких как: расход воздуха, давление, которое нужно создать для вращения прядильного кольца;

- определены конструктивные параметры крутильно-мотального механизма с узлом вращающегося прядильного кольца обеспечивающие оптимальные условия для осуществления технологического процесса формирования и наматывания пряжи и позволяющие добиться повышения производительности прядильной машины на 15-20%.

### **Теоретическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты дополняют общую теорию формирования и наматывания пряжи на кольцевых прядильных машинах. Разработанные научные положения, позволяют повысить эффективность проведения научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских работ при создании новых модификаций крутильно-мотальных устройств и модернизации известных в конструкторских бюро предприятий отрасли, повысить качественные результаты разработок. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе в курсе «Прядение натуральных и химических волокон», «Методы и средства исследований», а также при выполнении научно-исследовательских дипломных проектов.

### **Практическая значимость работы**

Результатом работы является следующее:

- создано и готово к внедрению в производство новое крутильно-мотальное устройство на основе узла вращающегося прядильного кольца, которое



позволяет повысить производительность кольцевой прядильной машины на 15-20%;

- разработан ряд конструкций крутильно-мотальных устройств, позволяющих более рационально организовать технологическую операцию наматывания пряжи на патрон;

- разработана усиленная конструкция опоры прядильного кольца, способной выдержать повышенный уровень вибрации;

- разработан универсальный энергосберегающий привод прядильного кольца.

Результаты работы могут быть использованы при модернизации действующего и создании нового оборудования, в научных и экспериментальных исследованиях в области кольцевого прядения.

### **Методология и методы исследования**

В работе применялись аналитический, экспериментальный и сравнительный методы исследования, а так же физическое моделирование. Аналитически были выявлены зависимости натяжения нити от различных параметров кольцевой прядильной машины: радиуса прядильного кольца, массы бегунка, радиуса намотки, частоты вращения веретена и т.д., на основании полученных данных, была получена формула, которая устанавливает зависимость натяжения нити в точке наматывания от частоты вращения прядильного кольца. Была изготовлена модель устройства, которая была испытана в лабораторных условиях.

Экспериментально доказано, что разработанное крутильно-мотальное устройство с узлом вращающегося прядильного кольца способно повысить производительность кольцевой прядильной машины на 15 - 20 %. Результаты полученные при исследовании нового крутильно-мотального устройства сравнивались с результатами классического устройства и на основе полученных данных, был проведен анализ.

### **Положения, выносимые на защиту**

На защиту выносятся следующие положения и результаты:

- новое теоретическое обоснование возможности высокоскоростного кольцевого прядения;
- уточнение зависимости натяжения нити от радиуса кольца, массы бегунка, линейной плотности пряжи, диаметра намотки на початок;
- новая методика аналитического определения величины натяжения нити в точке наматывания для крутильно-мотальных устройств с вращающимся прядильным кольцом;
- разработка крутильно-мотального устройства с узлом вращающегося прядильного кольца, которое позволяет значительно увеличить частоту вращения веретен, тем самым повысить производительность кольцевой прядильной машины;
- получение физико-механических свойств выработанной пряжи, которые не уступают по показателям свойств пряжи, выработанной с использованием классического крутильно-мотального устройства.

### **Степень достоверности научных результатов**

Изложенные в диссертационной работе положения, выводы и рекомендации являются достоверными, так как получены на основе глубоких теоретических и экспериментальных исследований. Выводы по результатам работы подтверждены производственными испытаниями, актом о проведении научно-исследовательской работы и техническим актом внедрения устройства. Новые конструкции разработанных устройств защищены авторскими правами патентов на полезные модели. Отклонение полученных результатов от нормы нормативных документов составляет не более 5 % по критерию Стьюдента. Аналитическое и

экспериментальные исследования, а также лабораторные и производственные испытания были произведены в соответствии необходимых справочных данных и нормативных документов [28; 46; 47; 71; 74].

### **Апробация работы**

Научные положения диссертации докладывались и получили одобрительную оценку на заседании кафедры технологии текстильных изделий ИВГПУ, научно-технических конференциях ИГТА, ИВГПУ, КГТУ, МГУДТ, СПГУТД.

### **Публикации**

Результаты выполненных исследований представлены в 18 печатных работах, в том числе в 3 статьях в журнале "Известия вузов. Технология текстильной промышленности" и 11 тезисах докладов научно - технических конференций. По итогам работы автором получены 4 патента на полезные модели Российской Федерации.

## **ГЛАВА 1. КОЛЬЦЕВОЕ ПРЯДЕНИЕ XXI ВЕКА И ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

Кольцевая прядильная машина является универсальной в своем роде по ассортименту вырабатываемой пряжи, но сам процесс изготовления продукта имеет некоторые недостатки, большинство которых относятся к несовершенству крутильно-мотального механизма (повышенная сила трения бегунка по прядильному кольцу, высокое натяжение нити в зоне "бегунок - паковка", биение веретена, вибрации и т.д.) [6; 7]. Поэтому технология прядильного производства развивается, открывая всё новые пути усовершенствования с внедрением цифровых технологий и применением высококачественных материалов. Глава посвящена обзору современного оборудования, исследованию путей развития кольцевого прядения, а также анализу некоторых технологических операций в зоне формирования и наматывания пряжи на кольцевых прядильных машинах.

### **1.1. Особенности современных прядильных машин**

Со времен создания кольцевого ватера, прядильная машина претерпела значительную модернизацию [8]. Сравнивая преимущества современных кольцевых прядильных машин и пневмомеханических, можно отметить ряд отличий у тех и у других машин, например, разрывная нагрузка пневмомеханической пряжи примерно на 20% ниже, чем у кольцевой, однако её равномерность по линейной плотности выше.

Кольцевые прядильные машины для хлопка выпускаются фирмами "Marzoli", "Savio", "Cognetex" (Италия), "Toyoda", "Howa" (Япония), "Rieter" (Швейцария), "Zinser", "Suessen", CSM (Германия), "Piatt" (Испания).

Комплектация кольцевой прядильной машины модель F1520 китайской компании «TongdaGroup» представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Техническая характеристика кольцевой прядильной машины FA

Наименование параметра	Значение параметра			
	FA506	FA1508	FA1518	FA1520
Модель	FA506	FA1508	FA1518	FA1520
Шаг веретен, (мм)	70, 75, 66.7	70	70, 75	70
Подъем, (мм)	180, 205	180, 205	180, 200, 205	180, 200, 205
Линейная плотность пряжи, (текс)	4.9 - 97.2	4.9 - 97.2	4.9 - 97.2	4.9 - 97.2
Крутка, (кр./м)	230- 1740	230- 1740	230- 1740	230- 1740
Частота вращения веретен, (мин <sup>-1</sup> )	12000-18000	12000-18000	12000-22000	12000-25000
Вытяжка	1.06- 1.53	1.06- 1.53	1.06- 1.53	1.06- 1.53
Количество веретен	384-516	384-516	384-1008	384-1008
Интегрированный съемник	нет	нет	есть	есть
Станина	чугун	чугун	Толстолистовая сталь	Чугун
Тип привода	открытый	закрытый	Открытый	
Система управления.	ПК или микропроцессор			

Машина предназначена для выработки пряжи линейной плотностью 4,9 – 97,2 текс из хлопчатобумажных, химических волокон и их смесей длиной волокна от 25мм до 40 мм. Машина оснащается микропроцессорной системой управления, с установкой и отображением технологических параметров [9; 10]. Практически все современные кольцевые прядильные машины оснащаются групповым тангенциальным приводом на 48 - 96 веретен от одного двигателя, а также отдельными приводами на заднюю и переднюю линии цилиндров вытяжного прибора, отдельным приводом винтового вала механизма подъема кольцевой планки. Управление приводами, т.е. изменение скорости веретен, скорости выпуска, вытяжки, а также прерывание питания, регулировка подъема кольцевой планки и образование початка обеспечиваются микропроцессором. Машины

снабжаются мониторами, на которые выводятся основные технологические параметры, в том числе и текущая обрывность. На машинах используются высокоскоростные веретена с эластичными амортизаторами, поглощающими вибрацию, кольца и бегунки со специально обработанной поверхностью оптимального профиля для скоростного прядения. Кольцевые машины работают при частоте вращения веретен, при которой остается минимальный резерв повышения производительности машины за счет увеличения скорости. Использование керамических, а также вращающихся (плавающих) колец, нейлоново - стальных бегунков, тангенциального привода на группу веретен, индивидуального привода веретен позволяет повысить частоту их оборотов до  $50000 \text{ мин}^{-1}$ , хотя не во всех случаях это экономически выгодно. Дальнейшее повышение производительности на кольцевых прядильных машинах возможно за счет увеличения КПВ. Это достигается сокращением простоев машины и отдельных веретен за счет автоматизации процессов: ликвидации обрыва пряжи, съема початков с веретен и пуска машины. Оснащение кольцевых прядильных машин автоматами в единый автоматизированный комплекс, дало возможность увеличить частоту вращения веретен до  $25000 \text{ мин}^{-1}$ . Повышение КПВ достигается за счет перехода на большие паковки, однако увеличение вращающейся массы приводит к большим вибрациям, что ограничивает частоту вращения веретен [13; 14; 15]. В ряде рассмотренного оборудования существуют свои конструктивные особенности, поэтому производитель пряжи сам отдаёт приоритет какому - либо способу прядения, в зависимости от ассортимента вырабатываемой пряжи.

## **1.2. Основные направления усовершенствования кольцевых прядильных машин.**

Основными направлениями развития кольцевых прядильных машин являются: оснащение машин автосъемниками початков, применение устройств

для присучивания пряжи, использование микропроцессоров с выводом основных параметров работы машин на дисплей, выработка початков, способные гасить биение при высоких скоростях вращения веретена, применение индивидуального привода веретен для снижения потребления электроэнергии и бесступенчатого регулирования скорости, увеличение числа веретен на машине [16].

Для того чтобы повысить производительность машины, необходимо исправить и доработать существующие недостатки оборудования, одним из которых является несовершенство крутильно-мотальной пары «кольцо - бегунок» и системы «веретено - паковка» и т. д. Для снижения трения бегунка по кольцу, необходимо создать определённые условия и поэтому в настоящее время ведётся разработка современных конструкций, в частности, колец, бегунков, а также усовершенствование крутильно-мотальных механизмов [17]. Доказано, что при малом соотношении между диаметром кольца и диаметром основания паковки, натяжение пряжи в зоне "бегунок - паковка" возрастает в несколько раз, что является причиной повышенной обрывности. Несовершенство обусловлено рядом факторов: трением в нитепроводнике, трением бегунка о кольцо, положением кольцевой планки, длиной и формой баллона, который меняется по мере увеличения диаметра паковки.

В ходе исследования технологических операций формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине, были получены данные о влиянии основных параметров паковки на динамику веретена и обрывность пряжи. Если рассматривать систему «веретено - паковка», как быстровращающуюся массу, экспериментально доказано, что обязательным условием является уравнивание массы системы относительно оси своего вращения. При увеличении частоты вращения это условие принимает особое значение, так как из-за неуравновешенности возникают нежелательные вибрации, приводящие к сползанию витков с паковки, а при увеличении амплитуды колебаний, значительно возрастает обрывность пряжи. Центробежные силы вызывают реакции в опорах, что ведёт к быстрому износу веретён и его опор.

Анализ иностранной литературы по усовершенствованию крутильно-

мотальной пары «кольцо - бегунок», выявил, что уделяется особое внимание повышению износостойкости бегунка, замены трения скольжения на трение качения, применение вращающегося прядильного кольца в одном направлении с частотой вращения веретена, вследствие чего снижается сила трения бегунка о кольцо [18]. В настоящее время разработано устройство вращающегося кольца и проведена работа по усовершенствованию конструкции опоры кольца и системы привода.

Основными направлениями усовершенствования кольцевой прядильной машины являются [19]:

1) Оптимизированное наматывание пряжи на патрон или шпулю, а также образование початка, удобного для последующей переработки и транспортировки пряжи;

2) Усовершенствование колец и бегунков с целью повышения скоростей бегунков;

3) Модернизация конструкций веретён и подачи движения к ним для упрощения их обслуживания;

4) Применение регуляторов скоростей частоты вращения веретен [20];

5) Устранение повышенного натяжения в зоне нитепроводника, в зоне "бегунок - паковка";

6) Оптимизация процесса баллонирования пряжи [21];

7) Внедрение цифровых технологий и автоматизирование процесса прядения;

7) Создание автоматизированных комплексов для обслуживания и устранения неполадок.

Исследуя данные пункты, выяснилось, что на данный момент следует уделить внимание на разработку принципиально новой конструкции привода кольца и кольцевой опоры [22].

В результате исследования крутильно-мотального устройства кольцевой прядильной машины, литературного обзора, отечественных и иностранных научных разработок, и факторов влияющих на производительность кольцевой



прядильной машины, было определено следующее направление усовершенствования, а именно разработка новой конструкции на основе вращающегося прядильного кольца.

### **1.2.1. Автоматизация кольцевых прядильных машин**

Автоматизация прядильных машин является одним из основных направлений усовершенствования кольцевого прядения, которое должно осуществляться по следующим направлениям [23; 24; 25]:

- автоматизация основных и вспомогательных операций, предусматривающая создание машин - полуавтоматов и автоматов;
- автоматический контроль за ходом технологического процесса и регулирование рабочих параметров машины с выводом информации в единую систему управления технологическим процессом;
- создание автоматизированных комплексов из ровничных, прядильных, мотальных машин.

Снятие початков после окончания наработки съема и надевание на веретена новых патронов для следующего съема является одной из наиболее трудоемких и массовых операций. Автоматизация этих операций привела к созданию автоматов съема початков и установки патронов на веретена - автосъемников.

Например, Roboload фирмы "Rieter" - полностью автоматическая и надёжная система для початков и патронов для не сопряжённых машин. Полные початки загружаются со скоростью передачи 32 початка в минуту в подготовленную ёмкость, а пустые патроны насаживаются [25].

Автоматические съемники современных кольцепрядильных машин выполняют съём початков на всей машине за 2 - 2,5 мин. Ликвидация обрыва пряжи является также массовой операцией при обслуживании прядильной машины, она занимает основную часть рабочего времени прядильщицы. Надёжный

промышленный автомат ликвидации обрыва пряжи - автоматический присучальщик для кольцевых прядильных машин до настоящего времени так и не создан. Это объясняется сложностью и многообразием операций при устранении обрывов пряжи. Работы ведутся в двух направлениях: создание встроенных в машину стационарных манипуляторов на каждый выпуск и создание передвижных автоматов, которые должны обслуживать группу веретен или прядильных машин [26].

Современные кольцевые прядильные машины становятся всё длиннее и работают быстрее. И то и другое придает особое значение решениям в области смены и транспортировки полных початков. Основной целью является сокращение простоев машины, так как во время процесса съёма невозможно производить пряжу.

### **1.3. Основные положения теории баллонирования нити на кольцевой прядильной машине**

Нить при движении на различных участках своего пути от вытяжного прибора до початка испытывает натяжение различной величины. Минимальное натяжение нить испытывает на участке от вытяжного прибора до нитепроводника. Проходя от нитепроводника до бегунка, нить одновременно вращается вокруг веретена и поэтому, находясь под действием центробежных сил, принимает вид кривой. Этот криволинейный участок нити, вращаясь, образует баллон. На участке от бегунка до патрона нить располагается по касательной к початку, а затем, наматываясь на патрон, тянет за собой бегунок, который скользит по кольцу, и преодолевает силу трения между ним и кольцом.

Известно, что максимальное натяжение нить испытывает на отрезке между бегунком и паковкой, причем за счет повышенной силы трения, в зоне контакта нити и початка, натяжение больше, чем у бегунка в точке касания с нитью. Натяжение  $P$ , направленное по касательной к окружности намотки с радиусом  $r$  на

этом участке, связано с силой трения  $T$  бегунка о кольцо [27]. В свою очередь сила трения  $T$  зависит от упругой реакции со стороны кольца [25].

Для того чтобы бегунок, ведомый нитью, двигался по кольцу, преодолевая силу трения о кольцо, касательная к окружности кольца составляющая  $F$  натяжения нити  $P$  должна удовлетворять условию:

$$F > T = \text{const}; \quad (1.1)$$

Натяжение нити в баллоне  $Q_6$  у точки касания бегунка и натяжение на горизонтальном участке  $P$  связаны между собой соотношением Эйлера:

$$P = Q_6 e^{\mu\omega}, \quad (1.2)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения нити о бегунок;  $\omega$  – угол охвата нитью бегунка, рад;  $e$  – основание натурального логарифма.

При равномерном движении бегунка центробежная сила будет определяться как:

$$C = m_6 \omega^2 R = \text{const}, \quad (1.3)$$

где  $m_6$  – масса бегунка;  $\omega^2$  – угловая скорость бегунка;

$R$  – радиус кольца.

Тогда натяжение нити на горизонтальном участке в точке касания бегунка:

$$P = m_6 \omega^2 R / (\sin \gamma / f + \cos \gamma - 1 / e^{\mu\omega}). \quad (1.4)$$

Натяжение нити при наматывании изменяется, так как изменяется диаметр намотки при раскладывании витков по конусу початка. Чем больше разница между диаметром кольца и диаметром патрона, тем больше разница в натяжении нити при ее наматывании на конус початка. Существенное влияние на натяжение нити и, следовательно, на плотность намотки оказывает масса бегунка. На прядильных машинах в зависимости от требуемого натяжения нити используют бегунки различной массы. Масса бегунка характеризуется его номером. Номер бегунка – это масса в граммах 1000 штук бегунков. Номер бегунка определяют по формулам, справочным таблицам или по номограммам [28].

Натяжение нити в нижней точке касания баллона у бегунка будет:

$$Q_6 = P / e^{\mu\omega} = m_6 e^{\mu\omega} R / (e^{\mu\omega} (\sin \gamma / f + \cos \gamma) - 1). \quad (1.5)$$

Экспериментально установлено, что  $e^{\mu\omega} = 2,5 - 0,8 \sin \alpha$  и находится в пределах 1,8... 2,2.

В конечных точках баллона на нить действуют силы натяжения  $Q_6$  и  $Q_H$ , направленные по касательным к образующей баллона. Угол  $\alpha$  наклона нити у бегунка обычно меньше, чем  $\alpha_0$  у нитепроводника, поэтому в точке баллона у бегунка натяжение нити  $Q_6$  оказывается меньше, чем натяжение  $Q_H$  в точке у нитепроводника. На участке баллона минимальное натяжение нить испытывает в точке, где радиус баллона максимален. Участку нити между точками и со стороны баллона передается меньшее натяжение вследствие трения между нитью и огибаемым ею нитепроводником. Сопротивление воздуха увеличивает натяжение нити на  $\beta - 10\%$ .

Приведенные классические аналитические зависимости и экспериментальные исследования показывают следующее:

- натяжение нити существенно изменяется в зависимости от диаметра витков намотки, и оно тем больше, чем меньше диаметр витка;
- разница между натяжениями нити при наибольшем и наименьшем диаметрах витков не постоянна, а увеличивается по мере увеличения высоты баллона;
- выпуклость баллона тем больше, чем больше диаметр витка намотки;
- при верхнем положении кольцевой планки при малых диаметрах витков и неподвижном нитепроводнике баллон уменьшается и становится более спрямленным, т. е. углы  $\alpha_0$  и  $\alpha$  между вертикалью и касательными к баллону у нитепроводника и бегунка увеличиваются, и даже при меньшей центробежной силе баллона натяжения нити  $Q_H$  и  $Q_6$ ,двигающиеся синхронно «вверх-вниз» с кольцевой планкой;
- нить испытывает наибольшее натяжение между бегунком и патроном;
- хотя натяжение нити между нитепроводником и выпускным цилиндром вытяжного прибора в 2,5 раза меньше натяжения между патроном и бегунком, его влияние на обрывность пряжи существенно, так как оно приложено к

движущемуся нескрученному продукту по дуге обтекания переднего цилиндра вытяжного прибора.

Колебания натяжения нити приводят к повышенной обрывности на прядильной машине. Для снижения натяжения нити на постоянную величину необходимо уменьшать массу бегунка, а уменьшение колебания натяжения может быть достигнуто при тщательной установке веретен, колец, нитепроводников, их хорошем содержании, лучшей чистоте пряжи.

Чем больше натяжение нити, тем больше плотность намотки початка.

Кроме того, колебания натяжения нити на прядильной машине можно уменьшить, используя регуляторы частоты вращения веретен [29; 30].

Следует учитывать влияние таких факторов, как сопротивление воздушной среды и возникновение резонанса в баллоне. Если частота собственных колебаний баллонизирующей нити равна или кратна частоте внешнего возмущения, то наступает явление резонанса, при этом плоскость кривошипной окружности не перпендикулярна и эксцентрична по отношению к оси баллона и может произойти обрыв нити. Поэтому при исследовании и проектировании мотальных и прядильно-крутильных устройств для нитей необходимо рассчитывать частоты собственных колебаний баллонизирующей нити и сравнивать её с частотой вращения формы нити в баллоне [31].

Определение натяжения нити в зоне "бегунок - паковка", его регулирование и оптимизация является начальным звеном большой научной работы по усовершенствованию кольцевой прядильной машины, модернизации её отдельных узлов, в частности крутильно-мотального механизма. Представлены варианты крутильно-мотальных устройств, принципиально отличающихся от традиционного тем, что в отличие от рабочей пары "кольцо - бегунок", используется трение скольжения. Основываясь на том, что при действии сил трения качения износ материала трущейся пары меньше, чем при трении скольжения, авторы предполагают, что это даст возможность в 2 - 3 раза увеличить частоту вращения веретён и тем самым повысить производительность кольцевых прядильных машин [32].

Что касается контроля натяжения нити, экспериментально исследован и применен способ оптимизации натяжения нити, при помощи новой конструкции вращающегося прядильного кольца. Использовались вновь разработанные способы определения натяжения нити в точке наматывания на паковку и крутки пряжи в баллоне на работающей прядильной машине. Технические и качественные характеристики пряжи определялись при помощи современных лабораторных приборов.

Научный результат получен на основании применённых методик аналитического и экспериментального исследования крутильно-мотальных устройств, удалось совершенствовать технологические операции формирования и наматывания пряжи на паковку, что позволило повысить производительность прядильной машины и снизить уровень обрывности пряжи. Применение разработанной методики определения натяжения нити в зоне "бегунок-паковка" кольцевой прядильной машины позволило экспериментальным путём определить натяжение нити в точке наматывания, уточнить зависимость величины натяжения нити от частоты вращения веретён, диаметра намотки, высоты баллона и массы бегунка, сочетания различных типов бегунков и колец. Разработанное приспособление и технология отбора проб нити с участка её баллонирования позволили получать образцы для исследования, без разрушения структуры и с сохранением параметров вырабатываемой пряжи, что дало возможность точно определить её физико-механические свойства [33]. Использование методики определения крутки пряжи в баллоне позволило экспериментально получить зависимость крутки пряжи от различных технологических факторов и конструктивных параметров крутильно-мотальных устройств.

Практическая значимость методики и устройства для определения натяжения нити в точке наматывания на вращающуюся паковку и баллонизирующей вокруг неё нити подтверждена Патентом РФ № 2202662 [34]. Этот метод позволил экспериментально исследовать технологические процессы формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине с традиционно - мотальной парой "кольцо - бегунок" и может быть использована

при исследовании крутильно-мотальных устройств других конструкций [35].

В результате аналитического и экспериментального исследования проведено совершенствование технологических операций формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине с крутильно-мотальной парой "кольцо-бегунок". Это позволило добиться повышения производительности прядильной машины на 12% и снижения уровня обрывности пряжи в прядении на 8,1%.

На процесс прядения влияет форма баллона. Постоянная высота баллона нити на кольцевой машине вместо баллона переменной высоты в разные периоды наработки съема является резервом сокращения обрывности пряжи [36].

Натяжение пряжи во время наработки съема непрерывно изменяется в зависимости от фазы наработки съема и фазы наработки слоя пряжи. Натяжение пряжи больше в начале съема при наработке гнезда, высота баллона максимальная, т.е. центробежная сила нити баллона, а также сопротивление воздуха вращению баллона наибольшие [37]. При наработке тела початка натяжение уменьшается и опять возрастает в конце съема, когда початок становится тяжелым, а наматывание пряжи происходит в наименее благоприятных условиях. Натяжение пряжи изменяется в зависимости от диаметра намотки, оно больше при малом диаметре верхней части конуса и уменьшается по мере его увеличения. Натяжение пряжи выравнивают изменением скорости прядения. При уменьшении скорости вращения веретена натяжение нитей, несколько уменьшается, а при увеличении скорости - повышается.

В последнее время в ряде стран разрабатывается система регулирования скорости машины, которая зависит от уровня обрывности пряжи. Так как прядильщицы в основном загружены работой по ликвидации обрывов пряжи, то всякое увеличение обрывности, особенно связанное с изменением состава смеси, нарушает ритм ее работы. Прядильщица перестает успевать присучивать все оборвавшиеся нити, что снижает выработку и увеличивает отходы. В настоящее время на машинах испытывается устройство, прощупывающее оборванные нити и

суммирующее их число с помощью электронно-вычислительной машины. Если число обрывов пряжи за единицу времени превышает заданный уровень, ЭВМ дает команду исполнительному механизму уменьшить скорость вытяжного прибора, что приводит к снижению обрывности пряжи. Система регулирования скорости выпуска пряжи в зависимости от уровня обрывности при постоянной скорости веретена приводит к получению разной крутки пряжи. Однако при этом требуется меньшая мощность регулятора, чем при регулировании скорости всей машины. Предел регулирования при этом невелик, и разная крутка пряжи не повлияет отрицательно на качество ткани, а регулятор при многостороннем обслуживании будет полезен прядильщице.

Современные теоретические и экспериментальные исследования баллонирования нити и натяжения в зоне формирования початка показывают, что [38]:

1) Параметры и форма баллона на кольцевой машине зависят от натяжения нити в баллоне, её линейной плотности, угловой скорости вращения баллона, размера и положения кольца. Невозможно сконструировать крутильно-наматывающее устройство со свободным баллоном, которое, не изменяя геометрии баллона, его угловой скорости вращения и линейной плотности нити, снижает натяжение нити в баллоне;

2) Нить, вращающаяся в баллоне, имеет силовую опору в точке касания с бегунком, а натяжение нити в баллоне и его форма обеспечивается силой трения бегунка по кольцу. Невозможно при конструировании новых крутильно-наматывающих устройств уменьшать эту силу трения, так это приведёт к изменению геометрии баллона, невозможности его существования и осуществления процесса кручения;

3) Массу бегунка необходимо рассчитывать из условия поддержания максимально возможного диаметра баллона в момент начала наработки нижней точки полного гнезда паковки;



4) Натяжение нити не может быть одинаковой в различных точках участка бегунок – паковка, а в точке наматывания паковки.

#### 1.4. Выводы по главе

1. Установлено, что несмотря на недостатки, кольцевая прядильная машина по - прежнему является самой универсальной, поскольку позволяет получать высококачественную пряжу из различных видов волокон, применима для широкого диапазона линейных плотностей пряжи.

2. Анализ показал, что современные кольцевые прядильные машины почти достигли пика своей производительности (частота вращения веретен  $n_v=25000 - 35000 \text{ мин}^{-1}$ ).

3. В ходе исследований подтверждено, что основной причиной низкой производительности кольцевой прядильной машины является несовершенство конструкции узла крутильно-мотального устройства.

4. В результате литературного обзора, был проведен анализ существующих научных разработок, который показал, что одним из перспективных направлений в области совершенствования крутильно-мотального механизма, является создание узлов крутильно-мотального механизма с вращающимся прядильным кольцом.

5. Установлено, что существующие методики расчета натяжения пряжи в зоне "бегунок - паковка" могут быть применимы для крутильно-мотального механизма с вращающимся прядильным кольцом.

### **1.5. Задачи исследования**

В результате исследования крутильно-мотальных устройств кольцевой прядильной машины, анализа литературы, отечественных и иностранных научных разработок, были определены следующие задачи:

1. Разработка нового крутильно-мотального устройства, которое позволит повысить производительность кольцевой прядильной машины.
3. Усовершенствовать методику определения натяжения нити в исследуемой зоне для разработанного узла крутильно-мотального устройства.
4. Экспериментально доказать, что новая конструкция крутильно-мотального устройства повысит производительность прядильной машины.
5. Испытать новое устройство на производстве и проверить его работоспособность.
6. Рассчитать экономическую эффективность от внедрения нового устройства в промышленность.

## **ГЛАВА 2. АНАЛИЗ РАБОТЫ КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ**

### **2.1. Исследование зависимости натяжения нити в зоне бегунок - паковка от типов колец и бегунков**

Цель исследования данного раздела состоит в исследовании процесса формирования и наматывании пряжи на патрон, а также в уточнении метода определения составляющих натяжения  $T_1$  и  $T_2$ , использованного для определения натяжения нити в точке касания с бегунком при вращающемся прядильном кольце.

Известно, что натяжение нити в баллоне непостоянно, а изменяется в зависимости от различных факторов: высота подъема кольцевой планки, диаметр паковки, диаметр кольца, массы бегунка [51].

Аналитическое исследование показало, что натяжение нити в зоне "бегунок - упаковка" изменяется гиперболически от точки касания нити с бегунком к точке наматывания нити на патрон. Расчет натяжения в точке между бегунком и паковкой ведется по методу, который применяли известные ученые, работающие в области механики гибкой нити [50; 52; 53; 54]. На рисунке 2.1 показано действие сил на плоский бегунок:

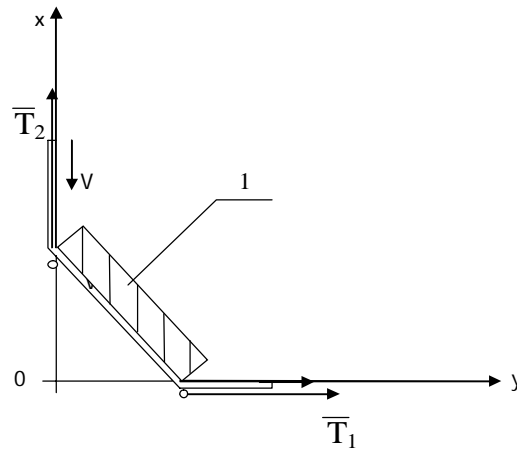


Рисунок 2.1. Действие сил натяжения на плоский бегунок

где 1- бегунок,  $T_1$  - натяжение нити в зоне "бегунок - паковка" и  $T_2$  - вертикальная составляющая натяжения представлены в формулах (2.1) и (2.2).

$$T_1 = \frac{m_b \omega^2 R \mu_{б-к}}{r \frac{\mu_{б-к}}{R - \frac{\mu_{б-к}}{(1 + 0,7\mu_{н-б})^2}}}; \quad (2.1)$$

$$T_2 = \frac{T_1}{(1 + 0,7\mu_{н-б})^2}, \quad (2.2)$$

где  $m_b$  - масса бегунка, мг;  $\omega^2$  - частота вращения бегунка,  $c^{-1}$ ;  $\mu_{б-к}$  - коэффициент трения бегунок - кольцо;  $\mu_{н-б}$  - коэффициент трения нить - бегунок;  $r$  - радиус намотки, м;  $R$  - радиус кольца, м.

Доказано, что точность расчета натяжения нити в точке касания ее с бегунком или нитепроводника зависит от выбора коэффициента трения нити о бегунок, а также коэффициента трения бегунка по кольцу [36].

Подбор коэффициента трения бегунка о кольцо  $\mu_{б-к}$  производился по методу профессора Людикке согласно формуле (2.3).

$$\mu_{б-к} = 0,65 - 0,00004 n_b \quad (2.3)$$

Для расчета натяжения нити в точке  $T_1$  и  $T_2$  задались данными, удовлетворяющих условиям наматывания нити: Кольцевая прядильная машина ПА - 75;  $n_b$  - максимальная рабочая частота вращения веретен:  $n_b = 14500 \text{ мин}^{-1}$ ;  $r$  -

радиус прядильного кольца:  $r = 22 - 25$  мм;  $T$  - плотность вырабатываемой пряжи:  
 $T = 15 - 50$  текс.

1. Расчет коэффициента трения между бегунком и кольцом.

При  $n_B = 10500$  мин<sup>-1</sup>:

$$\mu_{б-к} = 0,65 - 0,00004 \cdot 10500 = 0,23.$$

При  $n_B = 11500$  мин<sup>-1</sup>:

$$\mu_{б-к} = 0,65 - 0,00004 \cdot 11500 = 0,19.$$

При  $n_B = 12500$  мин<sup>-1</sup>:

$$\mu_{б-к} = 0,65 - 0,00004 \cdot 12500 = 0,15.$$

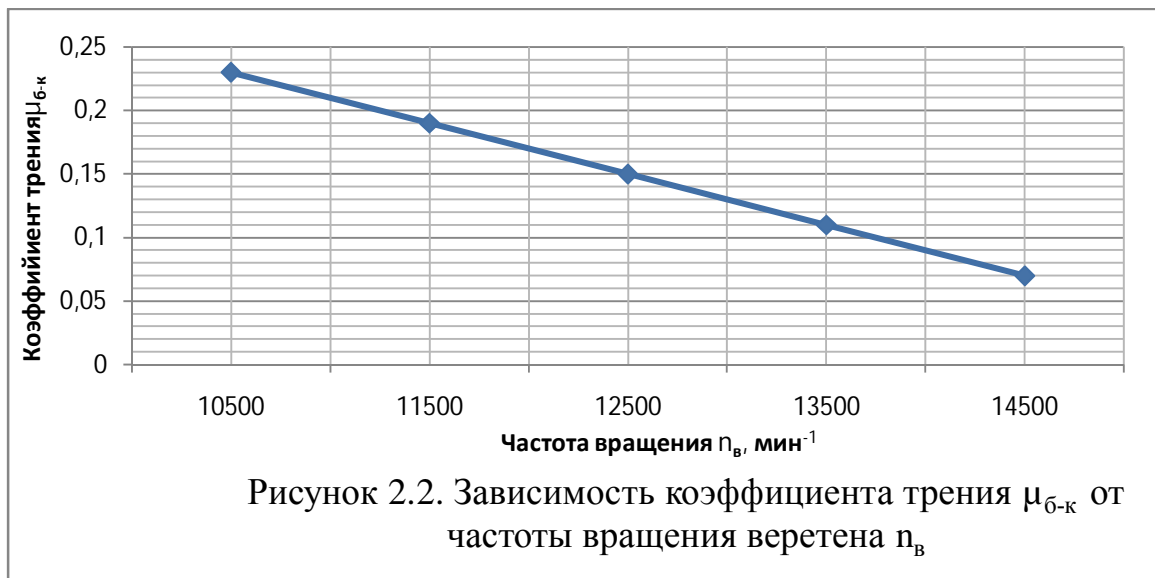
При  $n_B = 13500$  мин<sup>-1</sup>:

$$\mu_{б-к} = 0,65 - 0,00004 \cdot 13500 = 0,11.$$

При  $n_B = 14500$  мин<sup>-1</sup>:

$$\mu_{б-к} = 0,65 - 0,00004 \cdot 14500 = 0,07.$$

Из расчета коэффициента трения  $\mu_{б-к}$  видно, что чем выше частота вращения веретена, тем ниже значение коэффициента трения  $\mu_{б-к}$  (рисунок 2.2).



2. Выбор прядильного кольца.

Согласно ГОСТ 3608 - 78 было выбрано прядильное кольцо с внутренним радиусом  $R = 25$  мм и кольцо  $R = 22,5$  мм, 1 типа, 2 исполнения, т.е. с

горизонтальным фланцем(бортиком). Кольца изготовлены из стали марки 40 и 45 по ГОСТ 1055 - 88 [83].

### 3. Расчет массы бегунка $m_6$ .

Расчет бегунка произведен по формуле (2.4) и (2.5).

$$m_6 = 0,00155Th_6^2/D_k \quad (2.4)$$

$$h_6 = H + h + R_k \quad (2.5)$$

$$\omega = 2\pi n_B / 60 \quad (2.6)$$

где  $H$  – подъём кольцевой планки (высота початка), мм;

$h$  – расстояние от нитепроводника до верхушки веретена, мм ( $h=520$ мм);

$R_k$  – радиус кольца, мм.

При  $T = 18,5$  текс:

$$h_6 = 220 + 52 + 23 = 295(\text{мм}); \quad m_6 = 0,00155 \cdot 18,5 \cdot 295^2 / 45 = 55,2(\text{мг});$$

$$m_6 = 0,00155 \cdot 18,5 \cdot 317^2 / 45 = 64(\text{мг}).$$

При  $T = 50$  текс:

$$h_6 = 240 + 52 + 25 = 317(\text{мм}); \quad m_6 = 0,00155 \cdot 50 \cdot 295^2 / 50 = 134,8(\text{мг});$$

$$m_6 = 0,00155 \cdot 50 \cdot 317^2 / 50 = 155,7(\text{мг}),$$

Согласно ГОСТ 11031 - 76 выбираем бегунки 1 типа эллиптической формы для колец с горизонтальным бортиком № 56, 65, 130,150 [47].

### 4. Расчет составляющих натяжения $T_1$ и $T_2$ (2.1, 2.2).

При  $m_6 = 56$  мг при переменном радиусе намотки от  $r = 10,5 - 18,5$  мм, радиусе кольца  $R=22,5$  мм, угловой скорости веретена  $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10500 / 60 = 700 \text{ с}^{-1}$ , согласно формуле (2.6), при коэффициенте трения  $\mu_{6-k}=0,23$  и  $\mu_{н-6}=0,3$ :

$$T_1 = \frac{700^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,23 \cdot 0,000056}{\frac{0,0105}{0,0225} - \frac{0,23}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 45,1 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{45,1}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 30,9 \text{ сН};$$

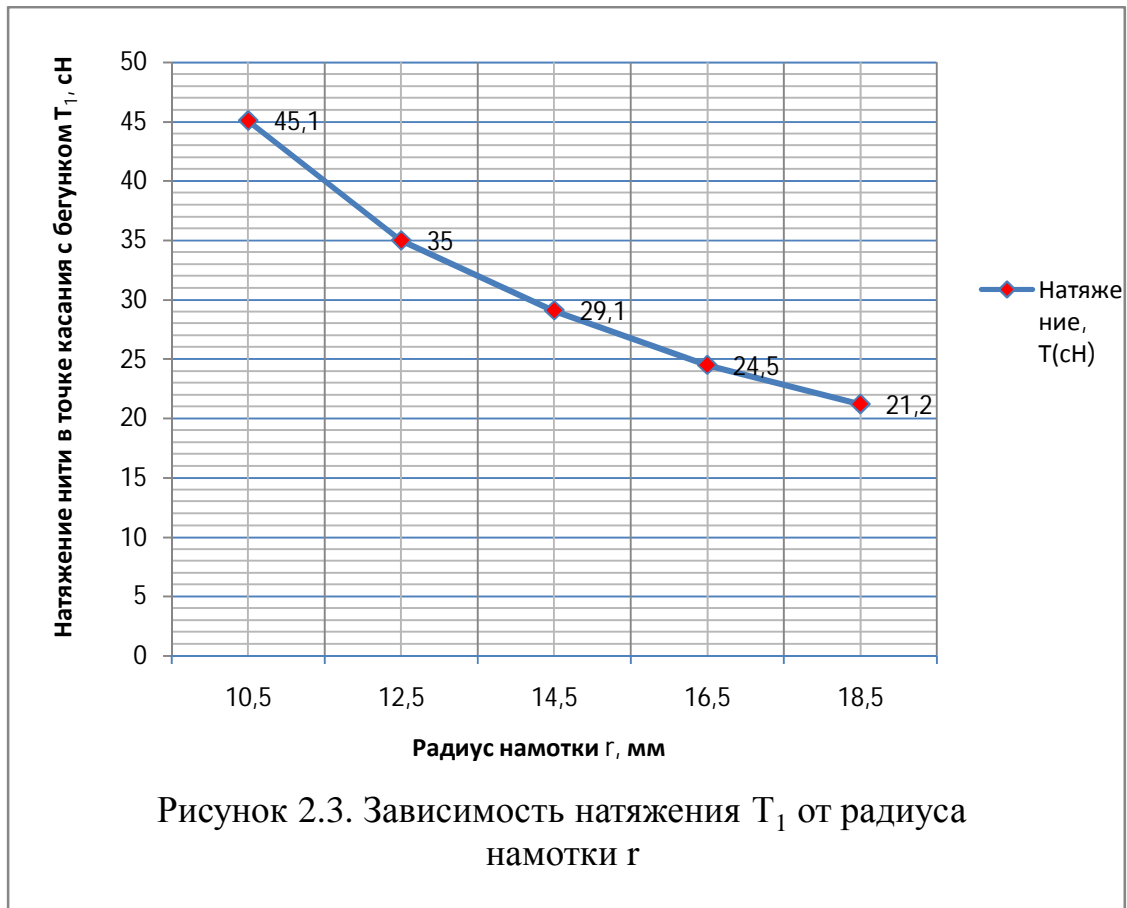
$$T_1 = \frac{700^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,23 \cdot 0,000056}{\frac{0,0125}{0,0225} - \frac{0,23}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 35 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{35}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 24 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{700^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,23 \cdot 0,000056}{\frac{0,0145}{0,0225} - \frac{0,23}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 29,1 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{29,1}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 20 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{700^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,23 \cdot 0,000056}{\frac{0,0165}{0,0225} - \frac{0,23}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 24,5 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{24,5}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 16,8 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{700^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,23 \cdot 0,000056}{\frac{0,0185}{0,0225} - \frac{0,23}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 21,2 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{21,2}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 14,5 \text{ сН}.$$

Зависимость натяжения в точке касания нити и бегунка от радиуса намотки пряжи на паковку показана на рисунке 2.3.



Зависимость вертикальной составляющей натяжения  $T_2$  от составляющей натяжения нити будет аналогична графику зависимости натяжения нити  $T_1$  от радиуса намотки на пачоток.

При  $m_6 = 56$  мг при переменном радиусе намотки от  $r = 10,5 - 18,5$  мм, радиусе кольца  $R = 22,5$  мм, угловой скорости веретена  $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 14500/$

$60 = 1517 \text{ с}^{-1}$ , согласно формулы (2.6), при коэффициенте трения  $\mu_{6-к} = 0,07$  и  $\mu_{н-6} = 0,3$ :

$$T_1 = \frac{1517^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,07 \cdot 0,000056}{\frac{0,0105}{0,0225} - \frac{0,07}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 47,6 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{47,6}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 32,6 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{1517^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,07 \cdot 0,000056}{\frac{0,0125}{0,0225} - \frac{0,07}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 39,2 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{39,2}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 26,8 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{1517^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,07 \cdot 0,000056}{\frac{0,0145}{0,0225} - \frac{0,07}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 33,3 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{33,3}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 22,8 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{1517^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,07 \cdot 0,000056}{\frac{0,0165}{0,0225} - \frac{0,07}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 29 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{29}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 19,8 \text{ сН};$$

$$T_1 = \frac{1517^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,07 \cdot 0,000056}{\frac{0,0185}{0,0225} - \frac{0,07}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 25,6 \text{ сН}; \quad T_2 = \frac{25,6}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 17,5 \text{ сН}.$$

График зависимости составляющих натяжения нити  $T_1$  и  $T_2$  от радиуса намотки будет выглядеть также, как график на рисунке 2.3. В зависимости от изменения диаметра прядильного кольца, кривая зависимости натяжения будет зеркально смещаться вверх, при увеличении диаметра кольца, вниз - при уменьшении диаметра. В ходе расчетов были определены составляющие натяжения  $T_1$  и  $T_2$ , зависящие от радиуса намотки пряжи на паковку с учетом фиксированного прядильного кольца, при различных частотах вращения веретена.



## 2.2. Принцип работы крутильно-мотального устройства на основе вращающегося прядильного кольца

В данном разделе главы исследуется разработанное устройство крутильно-мотального механизма, а именно узел вращающегося прядильного кольца, рассчитываются необходимые аэродинамические и другие важные параметры устройства.

Исследование последних научных разработок показали, что одним из перспективных направлений повышения скоростного режима, а значит и производительности прядильной машины является создание систем с вращающимися кольцами, позволяющими сместить влияние негативных факторов в диапазон более высоких скоростей.

Рассмотрим схему крутильно-мотального устройства с вращающимся кольцом на рисунке 2.4 [55].

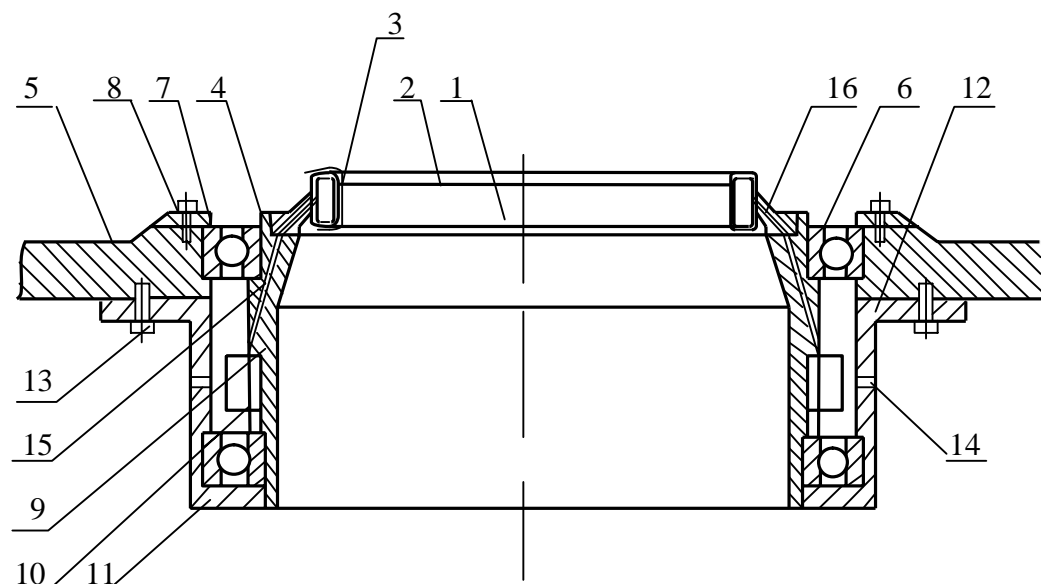


Рисунок 2.4. Схема устройства с вращающимся кольцом

Принцип работы крутильно-мотального устройства заключается в следующем: при пуске машины через отверстия 12 в корпусе 11 подаётся воздух, который, воздействуя на лопасти 9 турбины 8 приводит во вращательное движение втулку 4 с установленным на ней кольцом 1. Одновременно сжатый воздух по каналам 14 втулки 4 и каналам 13 опоры кольца 1 подаётся из корпуса 11 в полость кольца 1 и через перфорацию 2 кольца 1 воздействует на расширенные части бегунка, приподнимает и удерживает его во взвешенном состоянии над поверхностью кольца 1.

В период разработки конструкции аэродинамического крутильно-мотального устройства было проведено аналитическое исследование работоспособности данной конструкции, в ходе которого было также рассчитано необходимое давление воздушной струи направляемой на лопасти турбины позволяющее придать вращение прядильному кольцу с частотой  $10000 \text{ мин}^{-1}$ . В результате расчётов было доказано, что данная конструкция работоспособна, а также установлено, что для придания вращения с требуемой частотой прядильному кольцу радиусом 25мм, вращаемого вместе с турбиной за счёт действия воздушной струи при площади лопатки  $25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  требуется давление воздушной струи 0,02 атмосферы, а расход воздуха при этом составит 0,17 г/с. Эти цифры говорят о том, что для вращения прядильного кольца достаточно небольшого давления воздушной струи от маломощного компрессора, причём расход воздуха незначительный. Вращение прядильного кольца уменьшает силу трения бегунка о кольцо, что даст возможность значительно увеличить частоту вращения веретён, увеличивая, при этом, работоспособность пары кольцо-бегунок, что создает условия для повышения производительности прядильной машины.

### 2.3. Исследование конструктивных параметров разработанного узла крутильно-мотального устройства

Исследование устройства, которое изображено на рисунке 2.4, было проведено с использованием классических формул [56]. Данная методика расчета соответствует заданным начальным условиям, а представленные разработки не противоречат законам аэродинамики. Для расчета конструкции задались начальными известными параметрами соответствующим реальным условиям, а именно:  $n$  - предполагаемая частота вращения аэродинамического кольца,  $\text{мин}^{-1}$ :  $n=10000 \text{ мин}^{-1}$ ;  $R_{\text{кольца}}$  - радиус кольца, м:  $R_{\text{кольца}}=0,025 \text{ м}$ ;  $S_{\text{лопатки}}$  - площадь поверхность одной лопасти кольца,  $\text{м}^2$ :  $S_{\text{лопатки}}=25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;  $P_{\text{воздуха}}$  - нормальное атмосферное давление воздуха, Па:  $P_{\text{возд.}}= 10000 \text{ Па}$ ;  $\rho_{\text{пл.возд.}}$  - плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ :  $\rho_{\text{пл.возд.}}=1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $f_{\text{отв}}$  - площадь отверстия, через которое проходит воздух, для создания воздушной подушки,  $\text{м}^2$ :  $f_{\text{отв}}=25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  - в нашем случае берем 10 отверстий;  $m_6$  - масса бегунка, мг:  $m_6=155\text{мг}$ ;  $k$  - коэффициент трения:  $k=0,21$ . Рассмотрим случай, когда струя воздуха бьет перпендикулярно поверхности лопатки. Допустим, что струя воздуха бьет перпендикулярно поверхности лопатки.

1. Расчёт давления, которое нужно создать для вращения кольца

$$v_{\text{лопатки}}=2 \cdot (R_{\text{к}}+l/2)\pi n/60; \quad (2.7)$$

$$v_{\text{лопатки}} = 28,78(\text{м}/\text{с}),$$

где  $v_{\text{лопатки}}$  – скорость лопатки,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$R_{\text{к}}$  – радиус кольца,  $\text{м}^2$ ;

$l/2$  – половина расстояния стороны лопатки,  $\text{м}^2$ .

Аэродинамическая сила  $F_c$ :

$$F_c = C \cdot \rho_{\text{пл.возд.}} \cdot v_c^2/2 = G \cdot v_c, \quad (2.8)$$

где  $G$  - расход потока воздуха,  $\text{кг}/\text{с}$ ;

$C$  - коэффициент аэродинамического сопротивления ( $C = 1$ );

$$G = \rho_{\text{пл.в-ха}} f_{\text{всех.отв(10)}} v_c = 1,3 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot v_c; \quad (2.9)$$

$$G = 3,25 \cdot 10^{-4} \cdot v_c,$$

где  $\rho_{\text{пл.в-ха}}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$f_{\text{всех.отв}}$  – площадь всех отверстий, м<sup>2</sup>;

$v_c$  – скорость воздушной струи, м/с.

Аэродинамическая сила с учетом сил трения бегунка о кольцо:

$$F_{(10)c} = F_{\text{тр}}; \quad (2.10)$$

$$F_{c(10)} = \rho_{\text{пл.в-ха}} \cdot f_{\text{всех.отв(10)}} \cdot v_c^2; \quad (2.11)$$

$$F_{c(10)} = 3,25 \cdot 10^{-4} \cdot v_{\text{стр}}^2(\text{Н});$$

$$F_{\text{тр}} = k \cdot N = k \cdot m_b \cdot \omega^2 \cdot R = k \cdot m_b \cdot (2 \pi n_b / 60)^2 \cdot R; \quad (2.12)$$

$$F_{\text{тр}} = 0,89(\text{Н}),$$

где  $F_{\text{тр}}$  – сила трения бегунка о кольцо, Н;

$k$  - коэффициент трения бегунка о кольцо;

$m_b$  - масса бегунка, мг;

$R$  - радиус кольца, м;

$N$  - сила нормального давления, которая прижимает бегунок к кольцу, Н;

$n_b$  - частота вращения бегунка по кольцу, мин<sup>-1</sup>;

$\omega$  - угловая скорость бегунка (1046,6 сек<sup>-1</sup>);

Из равенства (2.4) следует, что:

$$0,89 = 3,25 \cdot 10^{-4} \cdot v_c^2$$

$v_{c10} \approx 52,3(\text{м/с})$  – скорость потока воздуха через 10 отверстий;

По закону Бернулли для стационарного потока реальной, несжимаемой жидкости:

$$P / \rho_{\text{пл.в-ха}} + v_c^2 / 2 = P_0 / \rho_{\text{пл.в-ха}} = \text{const}; \quad (2.13)$$

$$P_0 = \rho_{\text{пл.в-ха}} v_c^2 / 2; \quad (2.14)$$

$$P_0 = 1,3 \cdot 52,3^2 / 2 = 0,17 \cdot 10^4 (\text{Па}) = 0,017 \cdot 10^4 (\text{кг/м}^2) \approx 0,02(\text{атм.}),$$

где  $P$  – нормальное атмосферное давление ( $P = 10000 \text{ Па}$ ), в нашем случае можно не учитывать;

$P_0$  – созданное давление для вращения кольца  $n = 10000 \text{ мин}^{-1}$ , Па;

$$G = \rho_{\text{пл.в-ха}} f_{\text{всех.отв.}} v_c; \quad (2.15)$$

$$G = 10 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot 52,3 = 17 \cdot 10^{-3} (\text{кг/сек}) = 17 (\text{г/с}).$$

2. Расчёт давления воздуха при выходе из кольца, за счёт которого должна возникнуть воздушная подушка

Воздушная подушка между бегунком и кольцом, возможна, в случае если будет соблюдаться равенство:

$$S \cdot P_2 = m_6 \cdot \omega^2 \cdot R = c, \quad (2.16)$$

где  $S$  – площадь поверхности бегунка, в которую бьёт струя воздуха,  $\text{м}^2$ ;

$P$  – давление, которое должно создать воздушную подушку,  $\text{кг/м}^3$ ;

$m_6$  – масса бегунка, кг;

$\omega^2$  – частота вращения бегунка,  $\text{с}^{-1}$ ;

$R$  – радиус кольца, м;

$c$  – центробежная сила, Н.

Из равенства (2.16) находим давление воздуха, необходимое для создания воздушной подушки:

$$P = m_6 \cdot \omega^2 \cdot R/S; \quad (2.17)$$

$$P = 155 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-3} / 40 \cdot 10^{-6} \approx 100000 (\text{Па}) = 10\,000 (\text{кг/м}^2) = 1 \text{ атм.}$$

На рисунке 2.5. показано действие сил для данной конструкции кольца на каждом участке.

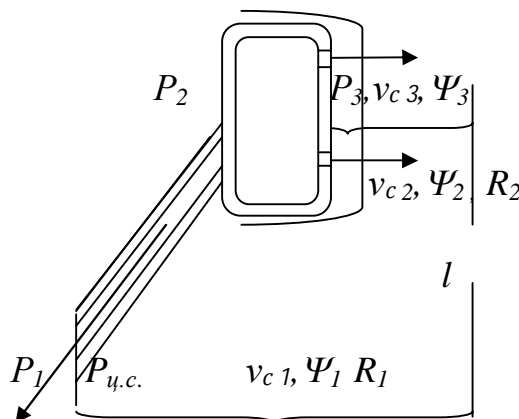


Рисунок 2.5. Действие сил на бегунок

Из уравнения Бернулли справедливо:

$$P_1 + \rho_{\text{пл.в-ха}} v_{c1}^2/2 + \Psi \rho_{\text{пл.в-ха}} v_{c1}^2/2 - P_{\text{ц.с.}} = P_2 + \rho_{\text{пл.в-ха}} v_{c2}^2/2, \quad (2.18)$$

где  $P_{\text{ц.с.}}$  – воздушная центростремительная сила, возникающая при вращении кольца внутри отверстия, которая гонит воздух в противоположную сторону от давления, Н;  $\Psi$  – коэффициент сопротивления в трубе;  $R_1, R_2$  – расстояния от центра кольца до бортика, м;  $P_1, P_2, P_3$  – давления на каждом из участков, Па;  $v_{c1}, v_{c2}, v_{c3}$  – скорости воздушного потока через отверстия для каждого участка, м/с.

Предположим, что  $v_{c1} = v_{c2}$ , то:

$$P_1 + \Psi_1 \rho_{\text{пл.в-ха}} v_{c1}^2/2 - P_{\text{ц.с.}} = P_2; \quad (2.19)$$

$$P_2 + \Psi_2 \rho_{\text{пл.в-ха}} v_{c3}^2/2 = \Psi_3 \rho_{\text{пл.в-ха}} v_{c3}^2/2 + P_3. \quad (2.20)$$

$P_3$  можно не учитывать т. к. это нормальное атмосферное давление, которое не влияет на процесс, поэтому:

$$P_{\text{ц.с.}} = (\rho_{\text{пл.в-ха}} \omega^2 R_1 - \rho_{\text{пл.в-ха}} \omega^2 R_2) = \rho_{\text{пл.в-ха}} \omega^2 (R_1 - R_2); \quad (2.21)$$

$$P_{\text{ц.с.}} = 1,3 \cdot 10^6 (30 \cdot 10^{-3} - 25 \cdot 10^{-3}) = 0,065 \cdot 10^4 (\text{кг/м}^2) \approx 0,02 (\text{атм.}).$$

Воздушная центростремительная сила рассчитана с учётом сил сопротивления в отверстиях рассчитывается по формуле:

$$\Psi = \lambda l/d, \quad (2.22)$$

где  $\lambda$  – коэффициент состояния отверстия;

$l$  – длина отверстия, м;

$d$  – диаметр отверстия, м.

Из расчётов видно, что воздушная центростремительная сила  $P_{\text{ц.с.}}$  (0,2 атм.) больше, чем созданное давление  $P_0$  (0,02 атм.) для вращения кольца, следовательно, нужно подобрать такие параметры кольца, которые должны удовлетворять неравенству (2.23), в этом случае можно увеличить мощность компрессора, диаметр отверстий в кольце, суммарную площадь отверстий в бортике кольца или площадь лопастей кольца:

$$P_0 \gg P_{ц.с.} \quad (2.23)$$

И когда неравенство (2.23) будет соблюдаться, нужно вести расчёт по равенствам (2.17, 2.18), находя давление  $P_1, P_2$ , на каждом участке, в качестве проверки используя равенство (2.18). С учетом конструктивных особенностей аэродинамического вращающегося кольца, которое изображено на рис. 2.6, было разработано другое прядильное кольцо рис. 2.8, которое тоже вращается от воздушной струи. Отличается это устройство более простым исполнением конструктивных элементов [45].

На рисунке 2.6 приведена схема устройства в разрезе, на рисунке 2.7 - показан вид турбины с лопастями (вид сверху).

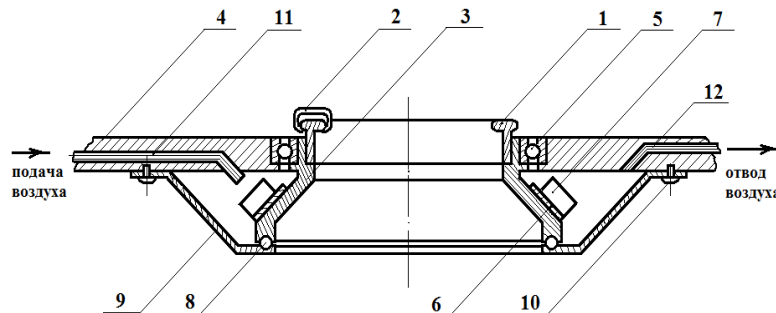


Рисунок 2.6. Схема устройства

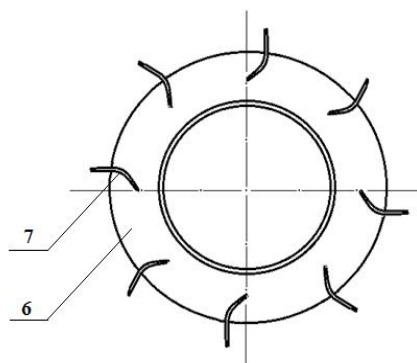


Рисунок 2.7. Турбина с лопастями

Крутильно-мотальное устройство работает следующим образом: при пуске машины через систему подачи воздуха, которая выполнена в виде трубопровода 11, размещённого в кольцевой планке 4 подаётся воздух, воздействуя на лопасти 7 турбины 6, приводит во вращательное движение втулку 3 с установленным в ней кольцом 1. Уменьшение трения бегунка о кольцо за счёт применения принудительного вращения кольца, позволяет также как и в устройстве показанном выше, значительно увеличить частоту вращения веретён, сохраняя при этом работоспособность пары "кольцо-бегунок" и, значительно повысить производительность оборудования, снижая обрывность текстильного продукта и, улучшая его качество.

### 2.3.1. Аналитическое исследование конструктивных параметров крутильно-мотального механизма

Аналитические исследования, при заданных начальных условиях, дали следующие результаты:  $n$ - необходимая частота вращения кольца:  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ ;  $R_{\text{кольца}}$ - радиус прядильного кольца:  $R_{\text{кольца}} = 0,025 \text{ м}$ ;  $S_{\text{лопатки}}$ - площадь лопасти:  $S_{\text{лопатки}} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;  $f_{\text{отв}}$ - площадь отверстия через который проходит воздушный поток:  $f_{\text{отв}} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;  $m_{\text{б}}$ - масса бегунка:  $m_{\text{б}} = 155 \text{ мг}$ .

В результате подсчётов получили, что:

$$v_{\text{лопатки}} = 2(0,025 + 0,005) \cdot 3,14 \cdot 1000 / 60 = 3,14 (\text{м/с});$$

$$F_c = 0,21 \cdot 0,000155 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 1000 / 60)^2 \cdot 0,025 = 0,0089 (\text{Н});$$

$F_c$  – аэродинамическая сила, Н;

$$G = 1,3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot v_c = 1,07 (\text{г/с});$$

$G$  - расход потока воздуха, кг/с;

$\rho_{\text{пл.в-ха}}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$f_{\text{всех.отв}}$  – площадь всех отверстий, м<sup>2</sup>;

$v_c$  – скорость воздушной струи, м/с.



$F_{\text{тр}} = F_c = 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot v_c^2 = 0,0089 \text{ (Н)}$  – из условия вращения прядильного кольца

$$v_c = \sqrt{0,0089/0,00013} = 8,28 \text{ (м/с)};$$

$$P_o = 1,3 \cdot 8,28^2/2 = 0,004 \text{ (атм.)}.$$

Из расчётов видно, что для создания условия вращения кольца, необходим компрессор малой мощности. Данное устройство позволяет снизить силу трения бегунка о кольцо, тем самым, увеличив его долговечность. Также анализ показал, что конструкция может быть изготовлена и испытана в лабораторных условиях.

Из проведенных расчетов видно, что чем больше площадь отверстия  $f_{\text{отв}}$  трубопровода 11 (см.рисунок 2.5), тем быстрее можно раскрутить прядильное кольцо до нужного значения, увеличивая давление воздуха, проходящего через трубопровод.

Произведем расчет давления воздуха в трубопроводе 11 для достижения вращения прядильного кольца до  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $n=3000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $n=5000 \text{ мин}^{-1}$ .

При  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ :

$$v_{\text{лопатки}} = 2 \cdot (0,025 + 0,005) \cdot 3,14 \cdot 2000/60 = 6,28 \text{ (м/с)};$$

$$F_c = 0,21 \cdot 0,000155 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 2000/60)^2 \cdot 0,025 = 0,035 \text{ (Н)};$$

$F_{\text{тр}} = F_c = 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot v_c^2 = 0,035 \text{ (Н)}$  – из условия вращения прядильного кольца  $v_c$

$$= \sqrt{0,035/0,00013} = 16,56 \text{ (м/с)};$$

$$G = 1,3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot v_c = 2,15 \text{ (г/с)};$$

$$P_o = 1,3 \cdot 16,56^2/2 = 0,017 \text{ (атм.)}.$$

При  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ ;

$$v_{\text{лопатки}} = 2 \cdot (0,025 + 0,005) \cdot 3,14 \cdot 3000/60 = 9,42 \text{ (м/с)};$$

$$F_c = 0,21 \cdot 0,000155 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 3000/60)^2 \cdot 0,025 = 0,08 \text{ (Н)};$$

$F_{\text{тр}} = F_c = 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot v_c^2 = 0,08 \text{ (Н)}$  – из условия вращения прядильного кольца;

$$v_c = \sqrt{0,08/0,00013} = 24,8 \text{ (м/с)};$$

$$G = 1,3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot v_c = 3,2 \text{ (г/с)};$$

$$P_o = 1,3 \cdot 24,8^2/2 = 0,04 \text{ (атм.)}.$$

При  $n=5000 \text{ мин}^{-1}$ :

$$v_{\text{лопатки}} = 2 \cdot (0,025 + 0,005) \cdot 3,14 \cdot 5000/60 = 15,7 \text{ (м/с)};$$

$$F_c = 0,21 \cdot 0,000155 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 5000/60)^2 \cdot 0,025 = 0,22(\text{Н});$$

$$F_{\text{тр}} = F_c = 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot v_c^2 = 0,22(\text{Н}) \text{ – из условия вращения прядильного кольца};$$

$$v_c = \sqrt{0,22/0,00013} = 41,13 \text{ (м/с)};$$

$$G = 1,3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot v_c = 5,34(\text{г/с});$$

$$P_o = 1,3 \cdot 41,13^2/2 = 0,1(\text{атм.}).$$

На рисунке 2.8 изображен график зависимости частоты вращения прядильного кольца  $n$  от скорости воздушного потока  $v_c$ .



## 2.4. Аналитическое исследование параметров работы крутильно-мотального механизма

Технические характеристики кольцевой прядильной машины П-75А, необходимых для расчёта основных параметров, и сравнения их с результатами исследования с учетом разработанного узла крутильно-мотального устройства представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Начальные технические характеристики машины

Элемент характеристики	П – 75А	
	Уточная гребенная пряжа	Основная кардная пряжа
1. Линейная плотность пряжи, текс	5 20	18,5 50
2. Длина перерабатываемого волокна, мм	До 45 мм	До 45 мм
3. Число кручений на 1 м	1471-750	874-524
4. Частота вращения веретён, мин <sup>-1</sup>	11000-12400	11000-12400
5. Диаметр кольца, мм	38-50	50
6. Высота намотки	160, 200, 220, 240	200, 220, 240

1) Коэффициент усадки:

$$K_y = 1 - 0,01u_k; \quad (2.24)$$

$$y_k = 0,0009 a_T^2 \sqrt[3]{T}; \quad (2.25)$$

$$y_k = 0,0009 \cdot 32,8^2 \cdot \sqrt[3]{5} = 1,56\% ; \quad K_y = 1 - 0,01 \cdot 1,56 = 0,97;$$

$$y_k = 0,0009 \cdot 33,5^2 \cdot \sqrt[3]{20} = 2,47\%; \quad K_y = 1 - 0,01 \cdot 2,47 = 0,975;$$

$$y_k = 0,0009 \cdot 37,6^2 \cdot \sqrt[3]{18,5} = 3,32\% ; \quad K_y = 1 - 0,01 \cdot 3,32 = 0,96;$$

$$y_k = 0,0009 \cdot 36,7^2 \cdot \sqrt[3]{50} = 4,4\%; \quad K_y = 1 - 0,01 \cdot 4,4 = 0,95.$$

2) Частота вращения и скорость бегунка по меньшему и большему диаметру согласно формулам:

$$n_b = n_v - v_{в.ц} K_y / (\pi d_H); \quad (2.26)$$

$$v_b = \pi D_k n_b / 60. \quad (2.27)$$

Для  $T=5$  текс:

$$n_b = 11000 - 12456 \cdot 0,97 / (3,14 \cdot 21,5) = 10821 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_b = 3,14 \cdot 38 \cdot 10821 / 60 = 21,5 (\text{м/с});$$

$$n_b = 11000 - 12456 \cdot 0,97 / (3,14 \cdot 35) = 10890 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_b = 3,14 \cdot 50 \cdot 10890 / 60 = 28,5 (\text{м/с}).$$

Для  $T=20$  текс:

$$n_b = 12400 - 12456 \cdot 0,975 / (3,14 \cdot 21,5) = 12220 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_b = 3,14 \cdot 38 \cdot 12220 / 60 = 24,3 (\text{м/с});$$

$$n_b = 12400 - 12456 \cdot 0,975 / (3,14 \cdot 47) = 12317 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_b = 3,14 \cdot 50 \cdot 12317 / 60 = 32,2 (\text{м/с}).$$

Для  $T=18,5$  текс:

$$n_b = 11000 - 12456 \cdot 0,96 / (3,14 \cdot 21,5) = 10822 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_b = 3,14 \cdot 50 \cdot 10822 / 60 = 28,3 (\text{м/с});$$

$$n_b = 11000 - 12456 \cdot 0,95 / (3,14 \cdot 47) = 10919 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_b = 3,14 \cdot 50 \cdot 10919 / 60 = 28,6 (\text{м/с}).$$

Для  $T=50$  текс:

$$n_6 = 12400 - 12456 \cdot 0,96 / (3,14 \cdot 21,5) = 12223 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_6 = 3,14 \cdot 50 \cdot 12223 / 60 = 32 (\text{м/с});$$

$$n_6 = 12400 - 12456 \cdot 0,95 / (3,14 \cdot 47) = 12320 (\text{мин}^{-1});$$

$$v_6 = 3,14 \cdot 50 \cdot 12320 / 60 = 32,2 (\text{м/с}).$$

График зависимости скорости бегунка  $v_6$  от диаметра кольца  $D_k$  (таблица 2.2.), при частоте вращения веретена  $n_b = 11000 \text{ мин}^{-1}$ , показан на рисунке 2.9. При этом скорость бегунка  $v_6$ :

$$v_6 = 3,14 \cdot 38 \cdot 11000 / 60 = 21,9 (\text{м/с})$$

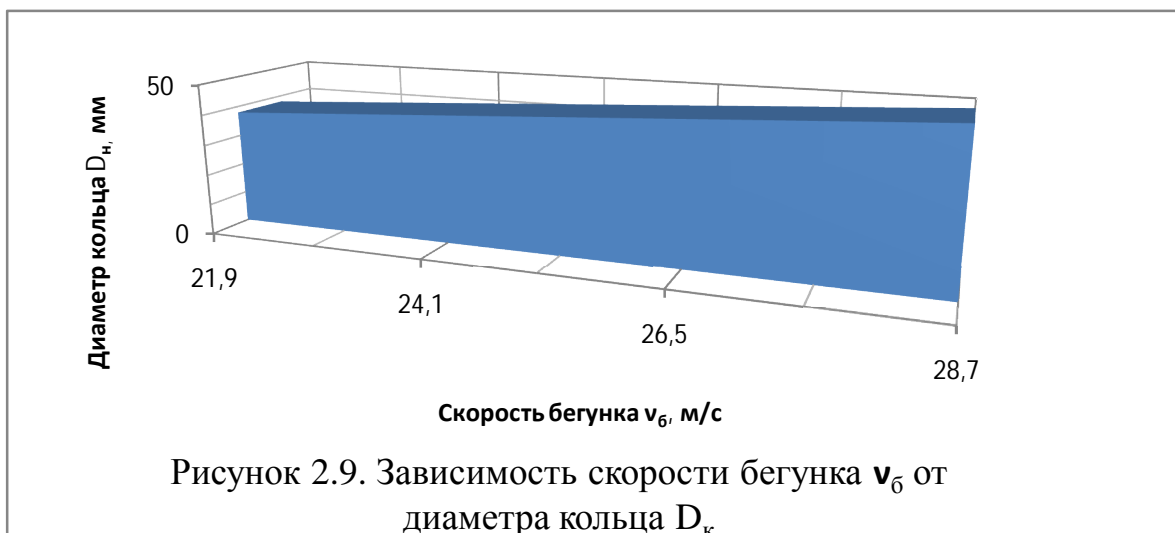
$$v_6 = 3,14 \cdot 42 \cdot 11000 / 60 = 24,1 (\text{м/с})$$

$$v_6 = 3,14 \cdot 46 \cdot 11000 / 60 = 26,5 (\text{м/с})$$

$$v_6 = 3,14 \cdot 50 \cdot 11000 / 60 = 28,7 (\text{м/с})$$

Таблица 2.2 Зависимость скорости бегунка  $v_6$  от диаметра кольца  $D_k$

Частота вращения веретён, $\text{мин}^{-1}$	Диаметр кольца, мм	Скорость бегунка, м/с
11000	38	21,9
	42	24,1
	46	26,5
	50	28,7



3) Объем пряжи на початке можно также рассчитывать по сокращённой формуле И.Г.Обухова [21,с.389]:

$$V=0,785(H_0 - 0,9D)(D^2 - d^2) \text{ - для основной кардной пряжи;} \quad (2.28)$$

$$V=0,785(H_0 - 1,21D)(D^2 - d^2) \text{ - для уточной гребенной пряжи;} \quad (2.29)$$

$$d = (d_1 + d_2)/2; \quad (2.30)$$

$$d = (2,4 + 1,8)/2 = 2,1(\text{см}),$$

$D$  – диаметр тела початка, см;

$d_1$  и  $d_2$  – диаметры соответственно нижней и верхней части патрона или шпули, ( $d_1=2,4\text{см}$ ;  $d_2=1,8\text{см}$ );

$H_0$  – полная высота намотки, ( $H_0=16,20,22,24\text{см}$ ).

График зависимости объема пряжи  $V$  на початке от диаметра кольца  $D_k$  показана на рисунке 2.10.

Для уточной гребенной пряжи (таблица 2.3):

$$V=0,785(16 - 1,21 \cdot 3,5)(3,5^2 - 2,1^2) = 113,2(\text{см}^3);$$

$$V=0,785(20 - 1,21 \cdot 3,9)(3,9^2 - 2,1^2) = 129,6(\text{см}^3);$$

$$V=0,785(22 - 1,21 \cdot 4,3)(4,3^2 - 2,1^2) = 252(\text{см}^3);$$

$$V=0,785(24 - 1,21 \cdot 4,7)(4,7^2 - 2,1^2) = 254,2(\text{см}^3);$$

Таблица 2.3 График зависимости объема пряжи на початке от диаметра кольца  $D_k$

Высота намотки, см	Диаметр кольца, см	Объем пряжи на початке, см <sup>3</sup>
16	3,8	113,2
20	4,2	129,6
22	4,6	252
24	5,0	254,2

Для основной кардной пряжи (таблица 2.4):

$$V=0,785(16 - 0,9 \cdot 3,5)(3,5^2 - 2,1^2) = 79(\text{см}^3);$$

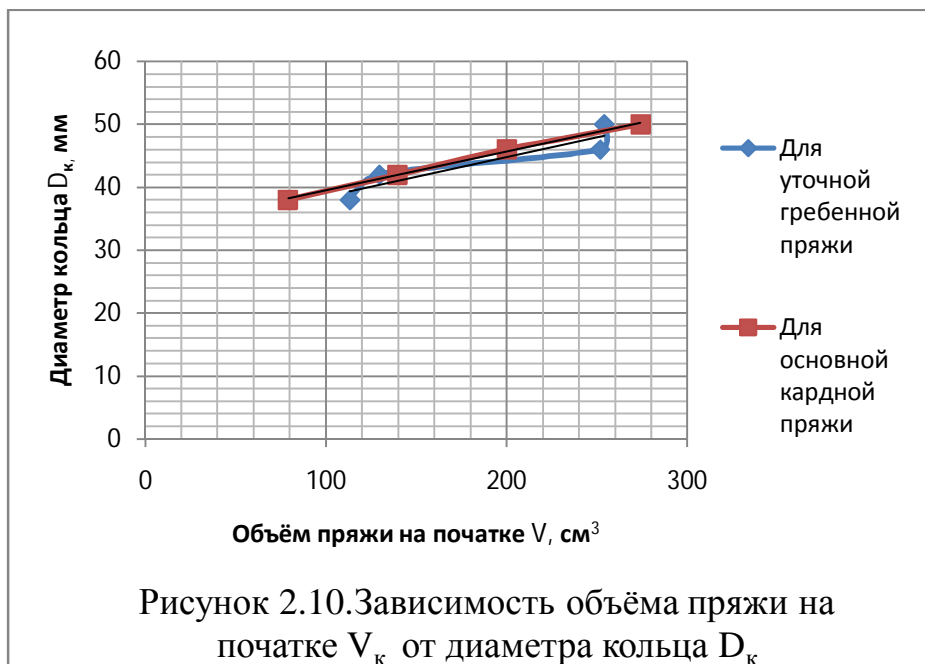
$$V=0,785(20 - 0,9 \cdot 3,9)(3,9^2 - 2,1^2) = 139,7(\text{см}^3);$$

$$V=0,785(22-0,9\cdot 4,3)(4,3^2-2,1^2)=200,3(\text{см}^3);$$

$$V=0,785(24-0,9\cdot 4,7)(4,7^2-2,1^2)=274,2(\text{см}^3);$$

Таблица 2.4 График зависимости объёма пряжи на початке от диаметра кольца  $D_k$

Высота намотки, см	Диаметр кольца, см	Объём пряжи на початке, $\text{см}^3$
16	3,8	79
20	4,2	139,7
22	4,6	200,3
24	5,0	274,2



4) Расчёт массы пряжи на початке:

$$M = V_{\text{п}} \cdot T, \tag{2.31}$$

где  $M$  - масса пряжи на початке, г;

$V_{\text{п}}$  - объём пряжи на початке,  $\text{см}^3$ ;

$T$  - линейная плотность пряжи, текс;

$$M=113,2 \cdot 0,42=47,5(\text{г}) \text{ – при } T=5 \text{ текс;}$$

$$M=254,2 \cdot 0,44=111,8(\text{г}) \text{ – при } T=20 \text{ текс;}$$

$$M=274,2 \cdot 0,47=128,8(\text{г}) \text{ – при } T=18,5 \text{ текс;}$$

$$M=274,2 \cdot 0,49=134,3(\text{г}) \text{ – при } T=50 \text{ текс.}$$

Объёмная плотность выбирается исходя из таблицы 2.5.

Таблица 2.5 Объёмная плотность намотки

Линейная плотность пряжи, текс	Назначение пряжи	Объёмная плотность намотки, г/см <sup>3</sup>
5,9 – 8,5	Основа	0,47 – 0,46
10 – 21	>>	0,48 – 0,47
25 – 84	>>	0,49 – 0,48
15,4 и более	Уток	0,44 – 0,43
Менее 15,4	>>	0,42 – 0,41

5) Длина пряжи на початке определяется по формуле (2.28):

$$L_n = 10^3 M / T; \quad (2.32)$$

$$L_n = 10^3 \cdot 47,5 / 5 = 9500(\text{м});$$

$$L_n = 10^3 \cdot 111,8 / 20 = 5590(\text{м});$$

$$L_n = 10^3 \cdot 128,8 / 18,5 = 6962(\text{м});$$

$$L_n = 10^3 \cdot 134,3 / 50 = 2686(\text{м}).$$

б) Масса бегунка  $m_6$  (таблица 2.6), в зависимости от диаметра кольца  $D_k$  и  $h_6$ , определяется по формулам (2.4) и (2.5), (рисунок 2.11):

$$h_6 = 160 + 52 + 19 = 231(\text{мм}); \quad m_6 = 0,00155 \cdot 5 \cdot 231^2 / 38 = 10,8(\text{мг});$$

$$h_6 = 200 + 52 + 21 = 273(\text{мм}); \quad m_6 = 0,00155 \cdot 20 \cdot 273^2 / 42 = 55(\text{мг});$$

$$h_6 = 220 + 52 + 23 = 295(\text{мм}); \quad m_6 = 0,00155 \cdot 18,5 \cdot 295^2 / 46 = 54,2(\text{мг});$$

$$h_6 = 240 + 52 + 25 = 317(\text{мм}); \quad m_6 = 0,00155 \cdot 50 \cdot 317^2 / 50 = 155,7(\text{мг}).$$



Таблица 2.6 Результаты аналитического расчёта массы бегунка

Диаметр кольца, мм	$h_6 = H + h + R_k$ , мм	Линейная плотность пряжи, текс	Масса бегунка, мг
38	231	5	10,8
42	273	20	55
46	295	18,5	54,2
50	317	50	155,7

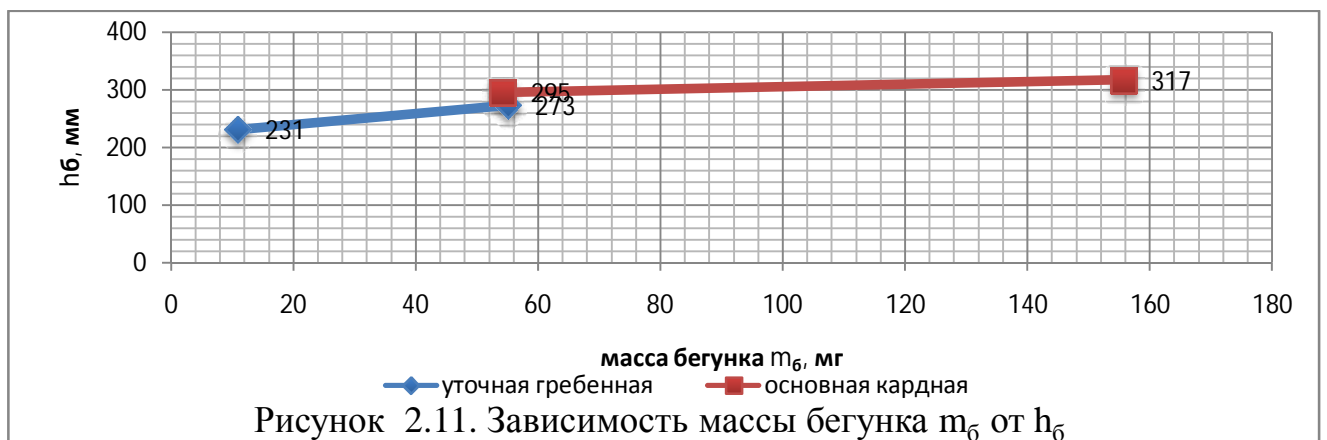


График зависимости массы бегунка от диаметра кольца будет аналогичен графику зависимости массы бегунка от параметра  $h_6$ .

7) Теоретическая производительности  $P_T$  на 1000 веретён определяется по формулам (2.33) и (2.34) [39]:

$$P_T = 60n_v / K \text{ (км/ч)}; \quad (2.33)$$

$$P_T = 0,06n_v T / K \text{ (кг/ч)}, \quad (2.34)$$

где  $K$  – число кручений на 1 метр.

$$P_T = 60 \cdot 11000 / 1471 = 448,6 \text{ (км/ч)} - \text{ для } T = 5 \text{ текс};$$

$$P_T = 60 \cdot 12400 / 750 = 992 \text{ (км/ч)} - \text{ для } T = 20 \text{ текс};$$

$$P_T = 60 \cdot 11000 / 874 = 755,1 \text{ (км/ч)} - \text{ для } T = 18,5 \text{ текс};$$

$$P_T = 60 \cdot 12400 / 524 = 1419,8 \text{ (км/ч)} - \text{ для } T = 50 \text{ текс};$$

$$P_T = 0,06 \cdot 11000 \cdot 5 / 1471 = 2,24 \text{ (кг/ч)} - \text{ для } T = 5 \text{ текс};$$

$$P_T = 0,06 \cdot 12400 \cdot 20 / 750 = 19,84 \text{ (кг/ч)} - \text{ для } T = 20 \text{ текс};$$

$$P_T = 0,06 \cdot 11000 \cdot 18,5 / 874 = 13,9 \text{ (кг/ч)} - \text{ для } T = 18,5 \text{ текс};$$

$P_T = 0,06 \cdot 12400 \cdot 50 / 524 = 71$  (кг/ч) – для  $T = 50$  текс;

8) Время намотки початка определяется по формуле (2.35):

$$T_M = 60M / P_T; \quad (2.35)$$

$$T_M = 60 \cdot 47,5 / 2,24 = 1272 \text{ (мин)};$$

$$T_M = 60 \cdot 111,8 / 19,84 = 338,1 \text{ (мин)};$$

$$T_M = 60 \cdot 128,8 / 13,9 = 555,97 \text{ (мин)};$$

$$T_M = 60 \cdot 134,3 / 71 = 113,5 \text{ (мин)};$$

9) Угловая скорость вращения веретён  $\omega$  с<sup>-1</sup> и коэффициент трения бегунка о кольцо  $f$  определяется по формулам (2.3) и (2.6):

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 11000 / 60 = 1151 \text{ (мин}^{-1}\text{)};$$

$$f = 0,65 - 0,00004 \cdot 11000 = 0,21;$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 12400 / 60 = 1297 \text{ (мин}^{-1}\text{)};$$

$$f = 0,65 - 0,00004 \cdot 12400 = 0,154.$$

10) Натяжение  $P$  нити в зоне "бегунок – патрон" (таблица 2.7) по формуле В.А.Ворошилова (2.36) [36]:

$$P = f m_6 R_k^2 \omega^2 / 981 r, \quad (2.36)$$

где  $r$  - радиус наматывания пряжи, см;

$\omega$  - угловая скорость вращения веретён, с<sup>-1</sup>;

$R$  - радиус кольца, см;

$f$  - коэффициент трения бегунка о кольцо.

$$P = 0,21 \cdot 10,8 \cdot 19^2 \cdot 1151^2 / 981 \cdot 17,5 = 6,318 \text{ (сН)} - \text{ для } T = 5 \text{ текс};$$

$$P = 0,154 \cdot 55 \cdot 21^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 19,5 = 32,848 \text{ (сН)} - \text{ для } T = 20 \text{ текс};$$

$$P = 0,21 \cdot 54,2 \cdot 23^2 \cdot 1151^2 / 981 \cdot 21,5 = 37,8196 \text{ (сН)} - \text{ для } T = 18,5 \text{ текс};$$

$$P = 0,154 \cdot 155,7 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 109,3534 \text{ (сН)} - \text{ для } T = 50 \text{ текс}.$$

Таблица 2.7 Расчёт натяжения нити

Линейная плотность пряжи, текс	Диаметр кольца, мм	Масса бегунка, мг	Частота вращения веретена, мин <sup>-1</sup>	Натяжение, сН
Уточная гребенная пряжа				
5	38	10,8	11000	6,318
20	42	55	12400	32,848
Основная кардная пряжа				
18,5	46	54,2	11000	37,8196
50	50	155,7	12400	109,3534

Зависимость натяжения  $P$  нити в зоне "бегунок – паковка" от диаметра кольца (2.36) при постоянной массе бегунка  $m_b=55$  мг и угловой скорости вращения веретён  $\omega=1151$  мин<sup>-1</sup>,  $n_b=11000, 12400$  мин<sup>-1</sup> изображена на рисунке 2.12.

При  $n_b=11000$  мин<sup>-1</sup>:

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 19^2 \cdot 1151^2 / 981 \cdot 17,5 = 32,176(\text{сН}) - \text{при } D_k = 38 \text{ мм};$$

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 21^2 \cdot 1151^2 / 981 \cdot 19,5 = 35,275(\text{сН}) - \text{при } D_k = 42 \text{ мм};$$

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 23^2 \cdot 1151^2 / 981 \cdot 21,5 = 41,279(\text{сН}) - \text{при } D_k = 46 \text{ мм};$$

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 / 981 \cdot 23,5 = 41,483(\text{сН}) - \text{при } D_k = 50 \text{ мм};$$

При  $n_b=12400$  мин<sup>-1</sup>:

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 19^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 17,5 = 40,85(\text{сН}) - \text{при } D_k = 38 \text{ мм};$$

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 21^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 19,5 = 44,8(\text{сН}) - \text{при } D_k = 42 \text{ мм};$$

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 23^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 21,5 = 48,7(\text{сН}) - \text{при } D_k = 46 \text{ мм};$$

$$P = 0,21 \cdot 55 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 52,6(\text{сН}) - \text{при } D_k = 50 \text{ мм}.$$

Результаты расчета приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 Расчёт натяжения нити в зависимости от диаметра кольца

Частота вращения веретён, мин <sup>-1</sup>	Диаметр кольца, мм	Радиус намотки, мм	Натяжение нити, сН
11000	38	17,5	32,176
	42	19,5	35,275
	46	21,5	41,279
	50	23,5	41,483
12400	38	17,5	40,85
	42	19,5	44,8
	46	21,5	48,7
	50	23,5	52,6

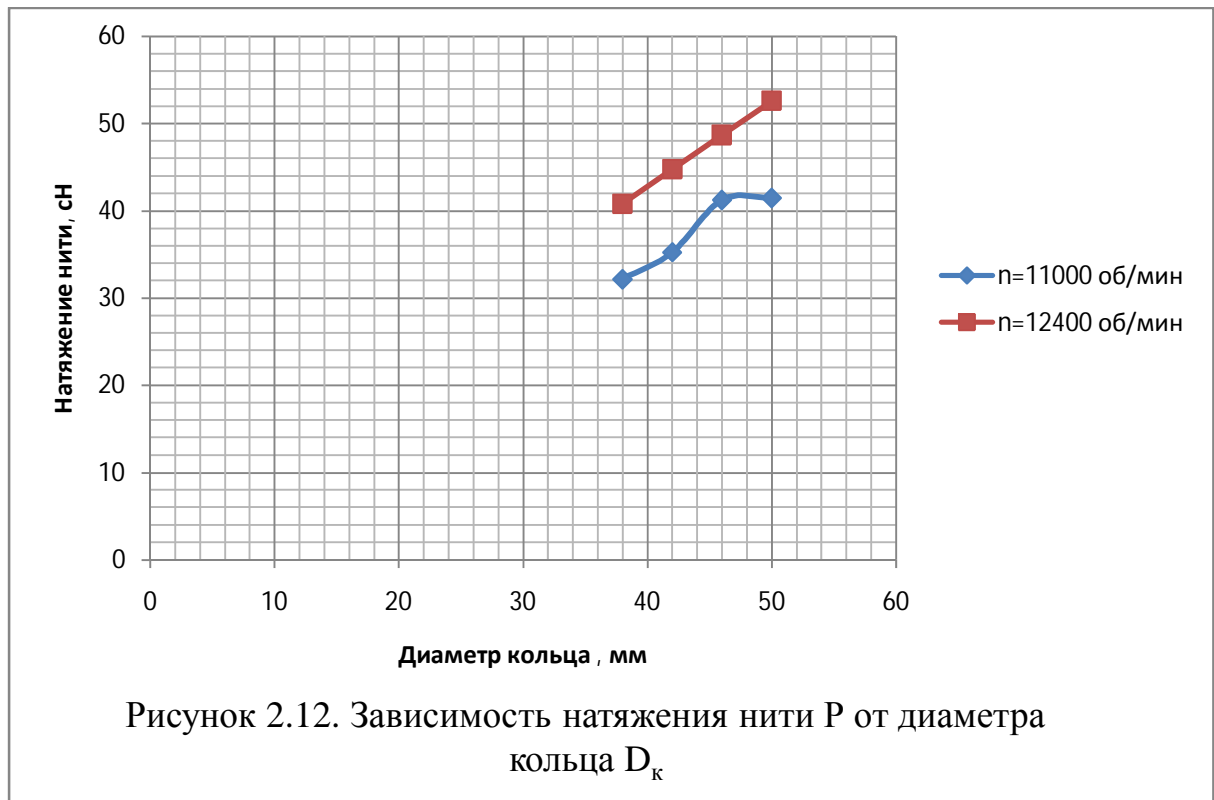


График изменения натяжения нити между бегунком и початком при изменении диаметра намотки от меньшего к большему, при диаметре кольца 50мм и массе бегунка 155мг, частоте вращения веретён  $n_B=12400, 11000 \text{ мин}^{-1}$ , угловой скорости  $\omega =1297 \text{ мин}^{-1}$ , показан на рисунке.2.13.

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 10,5 = 243,643 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 12,5 = 204,660 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 14,5 = 176,431 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 16,5 = 155,045 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 18,5 = 138,283 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 20,5 = 124,792 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 22,5 = 113,7 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 108,861 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 10,5 = 243,643 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 12,5 = 204,660 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 14,5 = 176,431 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 16,5 = 155,045 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 18,5 = 138,283 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 20,5 = 124,792 (\text{сН})$$

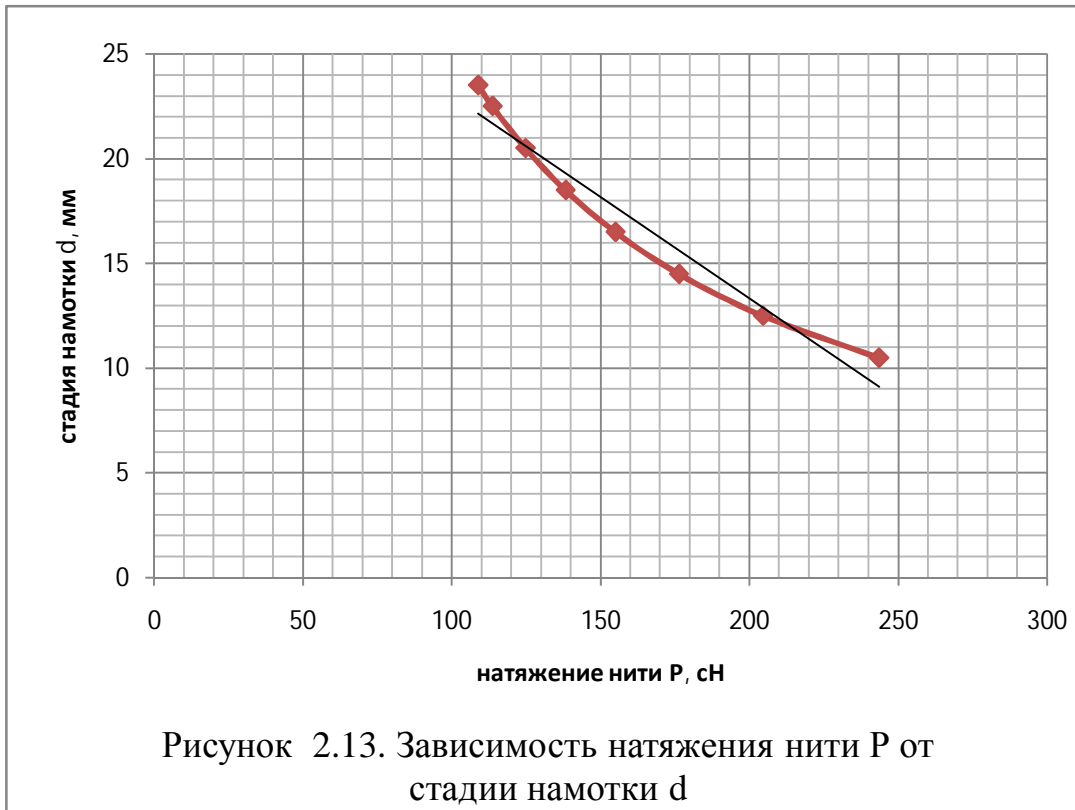
$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 22,5 = 113,7 (\text{сН})$$

$$P = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 108,861 (\text{сН})$$

Полученные результаты приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 Натяжение пряжи при диаметре кольца 50 мм и бегунка 155мг

Частота вращения веретён, мин <sup>-1</sup>	Радиус намотки, мм	Бегунок( $m_6=155\text{мг}$ )
		Натяжение нити между бегунком и паковкой, сН
12400	10,5	243,643
	12,5	204,660
	14,5	176,431
	16,5	155,045
	18,5	138,283
	20,5	124,792
	22,5	113,7
	23,5	108,861
11000	10,5	243,643
	12,5	204,660
	14,5	176,431
	16,5	155,045
	18,5	138,283
	20,5	124,792
	22,5	113,7
	23,5	108,861



11) Допускаемое натяжение нити при наматывании рассчитывается по формуле 2.37:

$$P=(0,08...0,1)Q, \quad (2.37)$$

где Q – разрывная нагрузка нити, сН.

Начальные условия: D - диаметр кольца: D =50 мм;  $\omega$  – угловая скорость веретён:  $\omega=1297 \text{ мин}^{-1}$ ; f - коэффициент трения: f=0,2112;

Расчёт натяжения и предельной нагрузки на разрыв:

$$P = 0,21 \cdot 50 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 47,886 \text{ (сН)}; \quad Q = 478,86 \text{ (сН)};$$

$$P = 0,21 \cdot 60 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 57,4636 \text{ (сН)}; \quad Q = 574,636 \text{ (сН)};$$

$$P = 0,21 \cdot 70 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 67,04 \text{ (сН)}; \quad Q = 670,4 \text{ (сН)};$$

$$P = 0,21 \cdot 80 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 76,6182 \text{ (сН)}; \quad Q = 766,182 \text{ (сН)};$$

$$P = 0,21 \cdot 90 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 86,1955 \text{ (сН)}; \quad Q = 861,955 \text{ (сН)};$$

$$P = 0,21 \cdot 100 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 95,7728 \text{ (сН)}; \quad Q = 957,728 \text{ (сН)};$$

$$P = 0,21 \cdot 110 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 105,350 (\text{сН}); \quad Q = 1053,50 (\text{сН});$$

$$P = 0,21 \cdot 120 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 114,9273 (\text{сН}); \quad Q = 1149,273 (\text{сН});$$

$$P = 0,21 \cdot 130 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 124,5046 (\text{сН}); \quad Q = 1245,046 (\text{сН});$$

$$P = 0,21 \cdot 140 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 134,0819 (\text{сН}); \quad Q = 1340,819 (\text{сН});$$

$$P = 0,21 \cdot 150 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 / 981 \cdot 23,5 = 143,6592 (\text{сН}); \quad Q = 1436,592 (\text{сН}).$$

В ходе проведенных расчетов были уточнены параметры и характеристики кольцевой прядильной машины, которые понадобятся для исследования и анализа крутильно-мотального устройства с разработанным узлом вращающегося прядильного кольца.

## 2.5. Выводы по главе

1. Результаты аналитического исследования позволили, рассчитать значения натяжения  $T_1$ , в точке касания нити с бегунком в зоне "бегунок - паковка", и вертикальная составляющая  $T_2$  непостоянны, в зависимости от различных параметров: радиуса кольца, массы бегунка, частоты вращения веретен, например, при радиусе намотки  $r = 10,5$  мм и частоте вращения веретена  $n = 14500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $T_1 = 47,6 \text{ сН}$ , а  $T_2 = 32,6 \text{ сН}$ .

2. В ходе расчетов были уточнены зависимости натяжения нити от радиуса кольца, массы бегунка, линейной плотности пряжи, диаметра намотки на початок.

3. На основании исследования классического крутильно-мотального механизма, определена область изменения технологических параметров нового крутильно-мотального устройства с вращающимся прядильным кольцом и доказана его практическая значимость.

4. Установлено, что разработанное крутильно-мотальное устройство работоспособно и обеспечивает вращение прядильного кольца с частотой, порядка  $1000 - 5000 \text{ мин}^{-1}$  и выше, при малом расходе воздуха  $G = 2 - 10 \text{ г/с}$ , в зависимости от конструктивных параметров устройства: мощности воздушной



струи, подаваемой из компрессора, площади отверстий бортика кольца, через которые воздух попадает на бегунок, а также площади поверхности лопаток кольца.

5. Определено, что для обеспечения вращения прядильного кольца в исследуемых пределах, достаточно применения компрессора мощности 150 Вт, затраты энергопотребления которого, практически не влияет на себестоимость пряжи.

6. Исследование показало, что применение нового крутильно-мотального устройства, позволит снизить силу трения между бегунком и кольцом, что даст возможность повысить частоту вращения веретён, увеличив производительность кольцевой прядильной машины.

### **ГЛАВА 3. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНО - МОТАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ С УЗЛОМ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ПРЯДИЛЬНОГО КОЛЬЦА**

#### **3.1. Аналитическое исследование разработанных крутильно-мотальных устройств**

В предыдущих главах работы были аналитически проанализированы факторы, влияющие на производительность кольцевой прядильной машины, а также намечены пути решения задач и увеличения производительности. Известно, что одной из проблем снижения производительности является несовершенство крутильно-мотального механизма, особенно это касается парка отечественных кольцевых прядильных машин [57]. Чтобы успешно конкурировать с западными производителями в данной области ведутся разработки новых устройств в различных узлах прядильной машины, начиная от усовершенствования крутильно-мотального механизма, до состава сплава, из которых изготовлены отдельные детали: кольца, бегунки. В XXI веке идет углубление науки в микромир, и с развитием нано - технологий она не стоит на месте, создаются различные новые химические элементы, сплавы, которые внедряются в производство, в том числе прядение. Ведущие фирмы мира, которые являются лидерами на рынке по созданию высокопроизводительных прядильных машин, используют новейшие научные разработки в этом направлении, чтобы успешно конкурировать с другими производителями.

В настоящее время продолжается исследование и усовершенствование кольцевых прядильных машин с целью повышения производительности отечественного парка кольцевых прядильных машин и как было сказано, одним

из перспективных направлений усовершенствования крутильно-мотального механизма, является создание вращающихся прядильных колец [58,59]. Одной из такой разработок является узел вращающегося кольца прядильной машины Пат. №128619 (рисунок 3.1) [4].

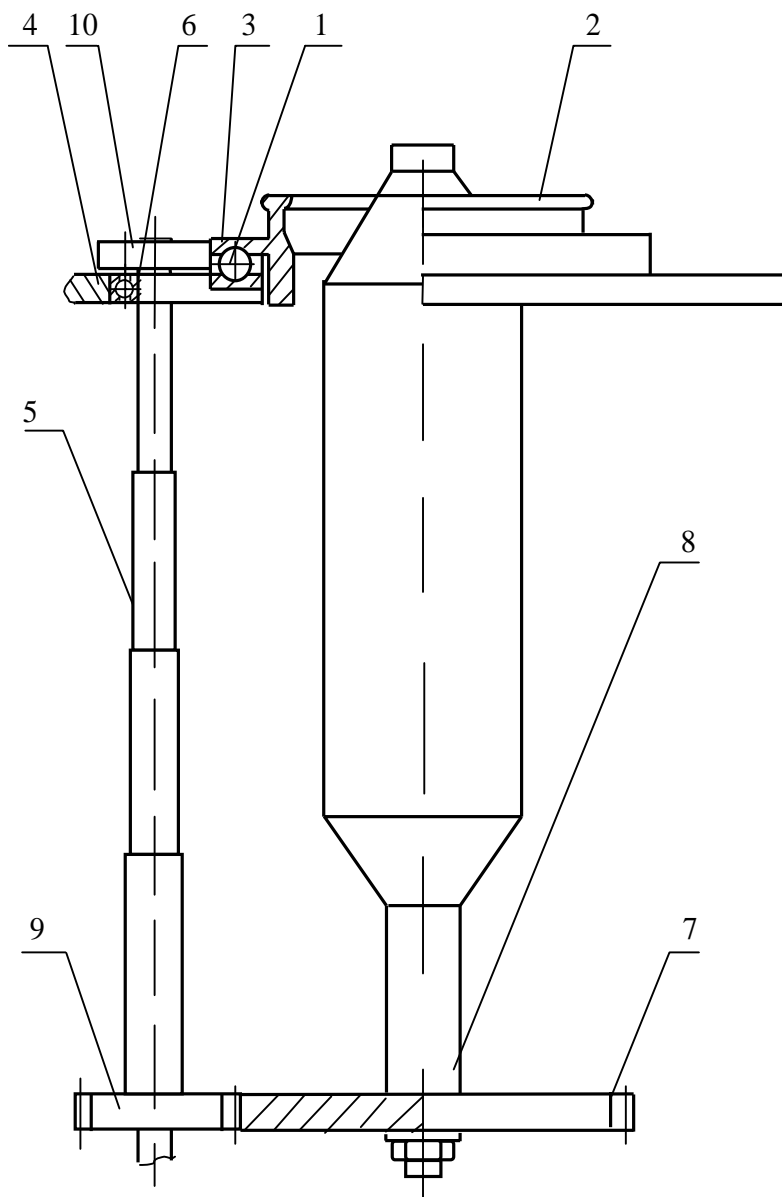


Рисунок 3.1. Узел вращающегося кольца

Устройство работает следующим образом: вращение кольца 2 происходит за счёт передачи вращающего момента от фланца 7, выполненного в виде зубчатого колеса, к шестерне 9, жёстко закреплённой на телескопическом стержне 5. Последний вращается вокруг своей оси без трения о кольцевую планку 4 благодаря подшипнику 6, установленному на телескопическом стержне 5. Движение передается покрытому синтетической резиной ролику 10 и далее - бортику кольца 3. В результате скорость вращения кольца 2 может изменяться в зависимости от диаметров фланца 7 веретена 8, шестерни 9, установленной на телескопическом стержне 5, диаметра ролика 10, оптимизируя процесс баллонирования нити.

Вращение кольца достигается благодаря передаточному отношению от фланца веретена, выполненного в виде зубчатого колеса, к шестерне жёстко закреплённой на телескопическом стержне и передаточного отношения от закреплённого ролика на стержне к корпусу кольца, создавая его вращение, что способствует снижению силы трения бегунка о кольцо, повышая долговечность бегунка и, как следствие, повышая производительность прядильной машины.

Кроме того, установка одного телескопического стержня и отсутствие его жёсткой связи с веретеном позволяет изменять частоту вращения кольца, что способствует оптимизации процесса баллонирования нити, и значительно облегчает обслуживание прядильной машины.

За прототип узла вращающегося кольца (рис 3.1) было взято разработанное устройство крутильно-мотального механизма - узел вращающегося кольца [60] (рисунок 3.2).

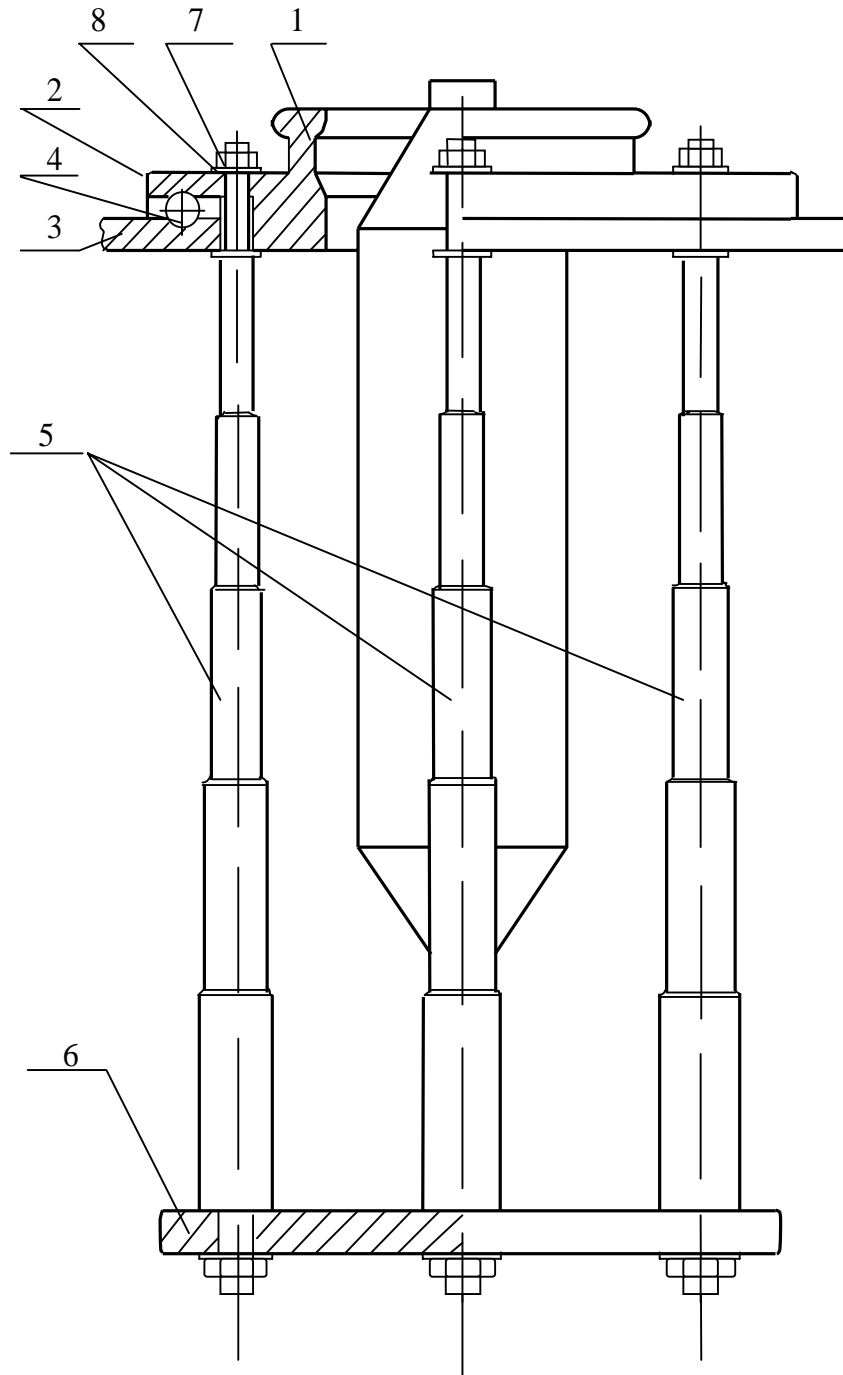


Рисунок 3.2. Узел вращающегося кольца

Устройство работает следующим образом: вращение кольца происходит за счёт передачи вращательного момента от фланца 6 на втулке веретена, через телескопические спицы 5 к корпусу кольца 1 во время вращения самого веретена. Для снижения трения между бортиком 2 кольца 1 и кольцевой планкой 3, предусмотрено подшипниковое однорядное роликовое кольцо 4. Узел образует своеобразную подшипниковую систему. В результате кольцо вращается с той же частотой, что и веретено с паковкой, при этом снижается потеря энергии на трение между бегунком и кольцом, что повышает срок действия самого бегунка. Повышение скорости вращения кольца достигается благодаря наличию жёсткой связи между корпусом кольца и фланцем веретена, в связи с чем кольцо вращается с той же частотой, что и веретено, а это способствует снижению силы трения бегунка о кольцо, повышая долговечность бегунка и, как следствие, повышению производительности прядильной машины. Кроме того, наличие надёжной связи кольца с веретеном позволяет останавливать кольцо без инерции, значительно облегчая обслуживание прядильной машины.

Расчёт изменения среднего натяжения нити между бегунком и початком устройства при изменении диаметра намотки от меньшего к большему, при диаметре кольца 50мм и массе бегунка 155мг, частоте вращения веретён  $n_b=12400, 11000 \text{ мин}^{-1}$ , приведен в таблице 3.1, с целью сравнения полученных результатов в таблице 1.11 главы 1.

Таблица 3.1 Натяжение пряжи между бегунком и паковкой нового устройства

Частота вращения веретён, об/мин	Радиус намотки, мм	Бегунок( $m_6=155\text{мг}$ )
		Натяжение нити между бегунком и паковкой, сН
12400	10,5	158,2
	12,5	132,8
	14,5	114,5
	16,5	100,6
	18,5	89,7
	20,5	81
	22,5	73,8
	23,5	70,6
11000	10,5	124,6
	12,5	104,6
	14,5	90,2
	16,5	79,2
	18,5	70,7
	20,5	63,8
	22,5	58,1
	23,5	55,6

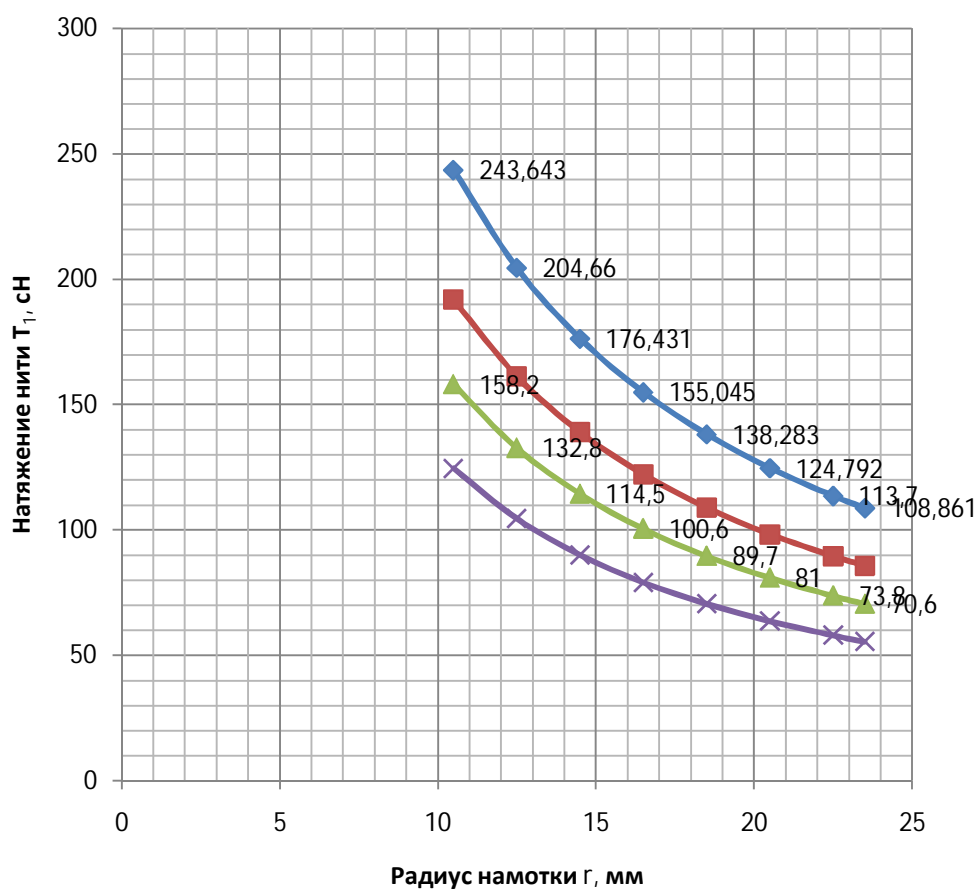


Рисунок 3.3. Зависимость натяжения нити  $T_1$  от радиуса намотки

На рисунке 3.3 показана зависимость натяжения  $T_1$  от радиуса намотки пряжи в случае с фиксированным кольцом и в случае вращающегося кольца. Сравнивая результаты расчетов видно, что натяжение нити  $T_1$ , в случае с вращающимся кольцом, меньше на 10 - 15%.

На основе рассмотренных конструкций, учитывая все недостатки и преимущества, была изготовлен узел вращающегося кольца Пат. №129934 рисунке 3.4, который приводится во вращение за счет воздушной струи [5].

Результат достигается тем, что в устройстве вращающегося кольца прядильной машины, содержащем кольцо, установленное на втулке, нижняя часть которой выполнена в виде турбины с лопастями, согласно конструкции, втулка закреплена на кольцевой планке при помощи подшипника, а снизу прикрыта



крышкой, закреплённой на кольцевой планке, при этом между кольцевой планкой и фланцем веретена, выполненным в виде шкива, установлен генератор переменного тока, сопряженный как со шкивом веретена через ременную передачу, так и с компрессором, воздействующим на лопасти втулки через гибкую связь.

Надежность работы устройства повышается благодаря жесткой связи втулки, нижняя часть которой выполнена в виде турбины, с кольцевой планкой при помощи подшипника. Это позволяет обеспечить фиксацию втулки и исключить трение между последней и кольцевой планкой, а также исключить люфт деталей.

Кроме того, установка компрессора не требует дополнительного источника энергии за счёт установки генератора, значительно снижающего энергетические затраты.

На рисунке 3.4 показана общая схема разработанного устройства; на рисунке 3.5 показана конструкция втулки с лопастями; на рисунке 3.6 - то же – вид сверху; на рисунке 3.7 изображена крышка – профильная проекция; рисунке 3.8 то же - вид снизу.

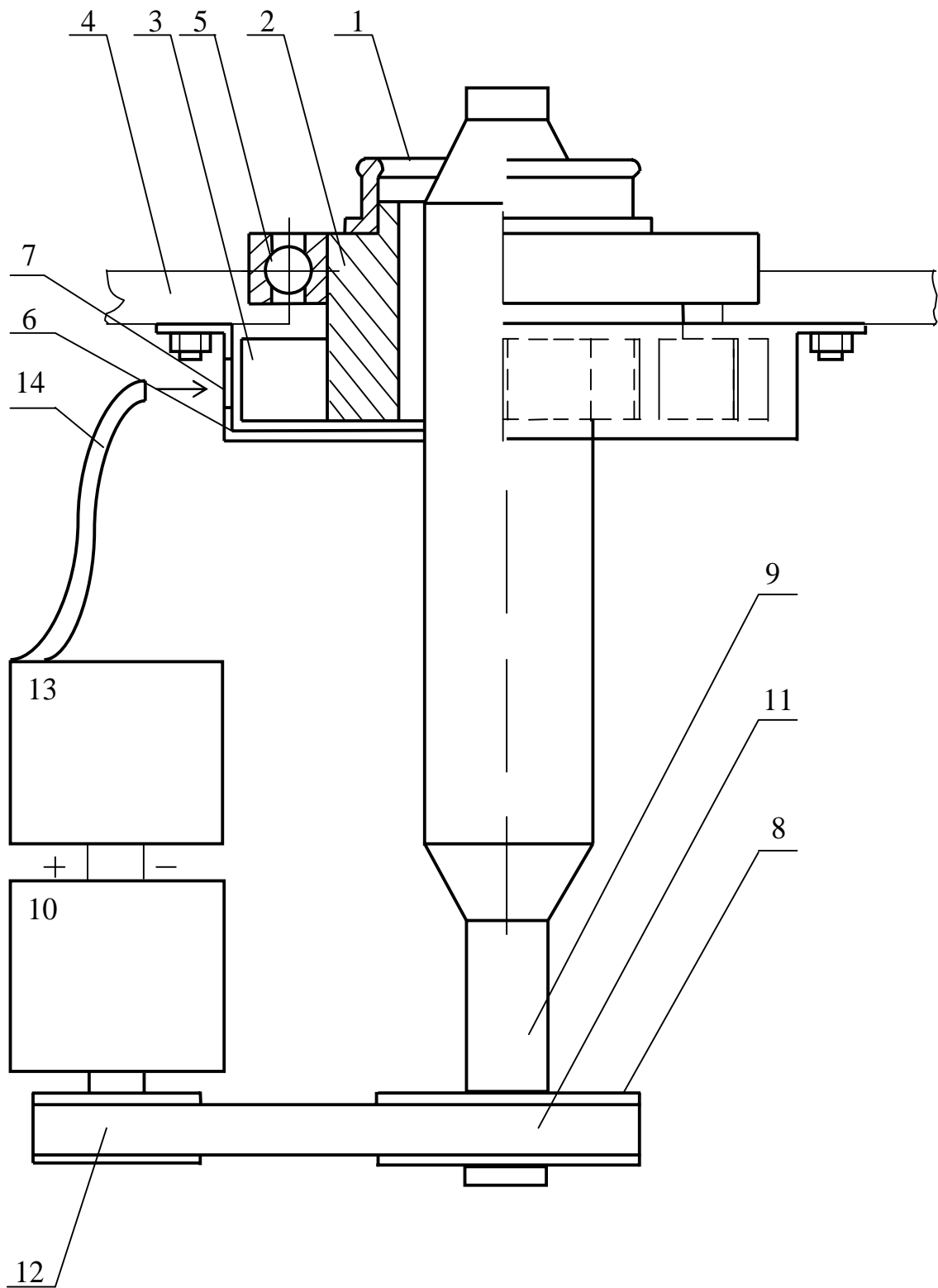


Рисунок 3.4. Схема устройства вращающегося кольца

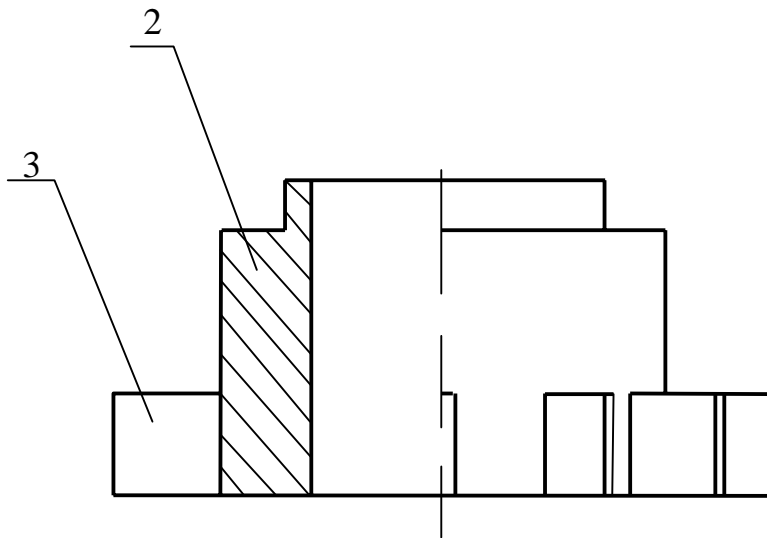


Рисунок 3.5. Втулка с лопастями

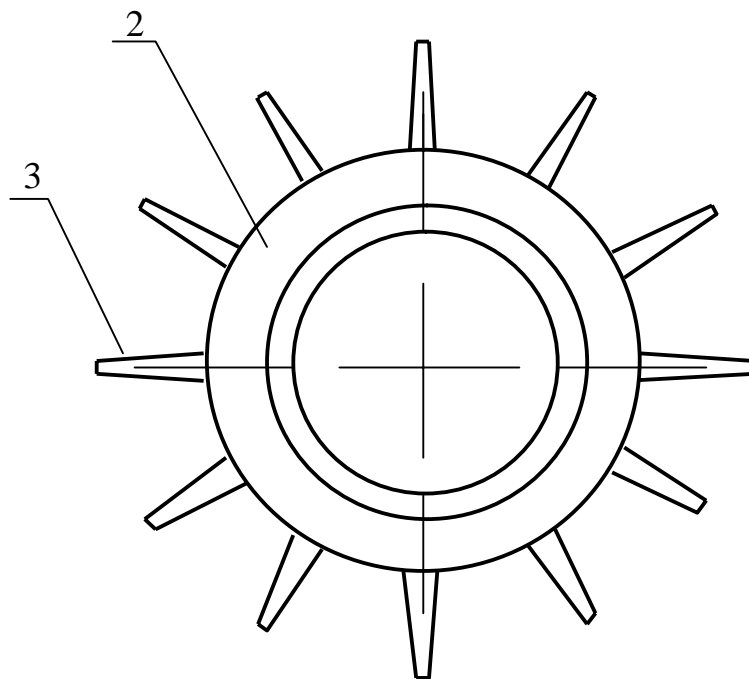


Рисунок 3.6. Втулка с лопастями - вид сверху



Рисунок 3.7. Крышка устройства

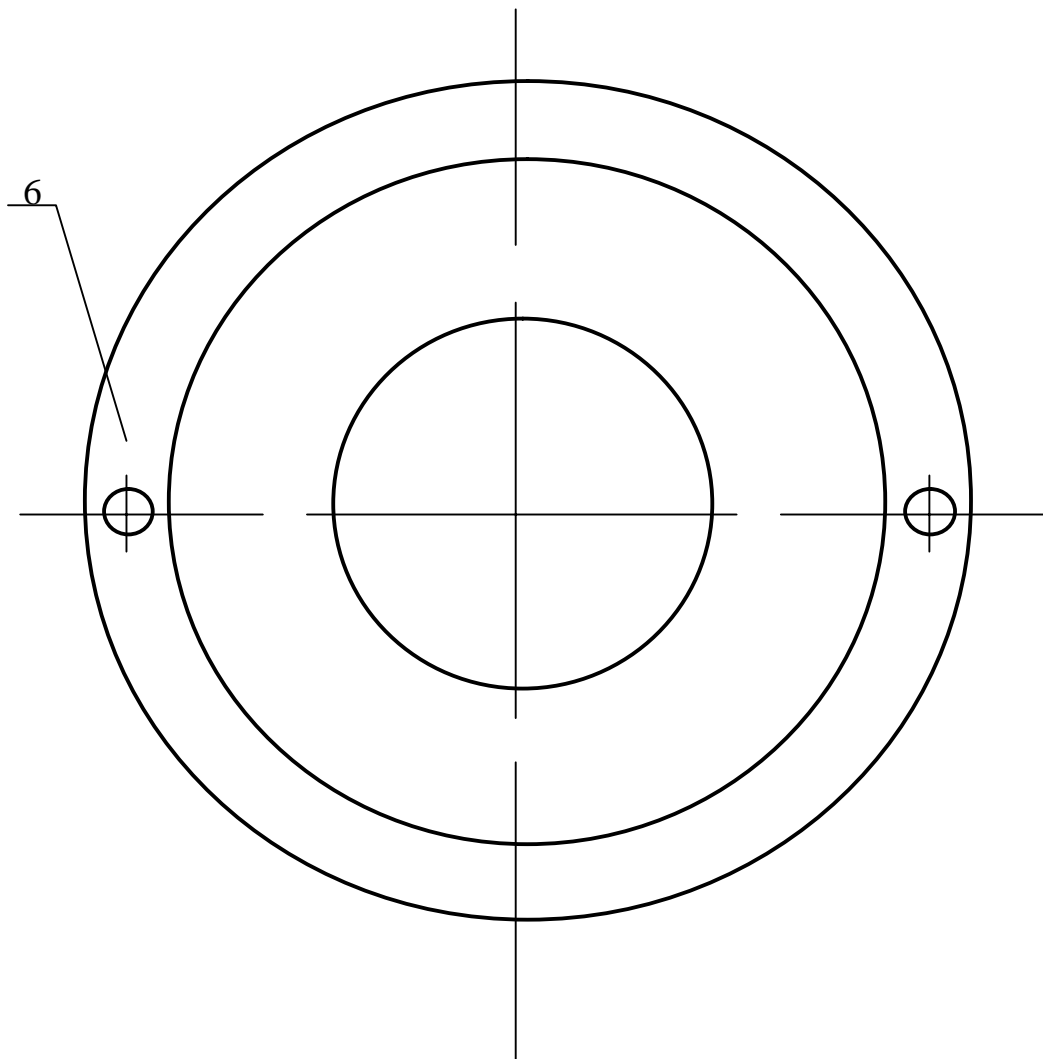


Рисунок 3.8. Крышка устройства - вид сверху

Устройство работает следующим образом: вращение кольца 1, установленного на втулке 2, снизу выполненной в виде турбины с лопастями 3, происходит за счет подачи сжатого воздуха от компрессора 13 по гибкому шлангу 14 в отверстие 7 крышки 6 на лопасти 3 втулки 2. Компрессор 13 работает от генератора переменного тока 10, который вырабатывает электрический ток благодаря ременной передаче 11 - 12 от фланца 8 веретена 9 к шкиву генератора 10. Втулка 2 крепится на кольцевой планке 4 при помощи подшипника 5, благодаря чему происходит вращение без трения.

Конструкция устройства позволяет сохранить долговечность бегунка, вследствие чего повысить производительность прядильной машины.

В период разработки представляемой конструкции крутильно-мотального устройства была рассчитана мощность генератора, необходимого для работоспособности компрессора и подобран аккумулятор. Так, например, если частота вращения веретена прядильной машины достигает  $10000 - 15000 \text{ мин}^{-1}$ , то подбирается генератор мощностью примерно равной 1000 Вт с учетом коэффициента при запуске (коэффициент равен 3), исходя из частоты вращения ротора генератора, что будет достаточно для среднего компрессора мощностью 120 - 800 Вт, который перекачивает воздух со скоростью 30 – 120 л/мин. Данного воздушного потока хватит для работоспособности одной представленной конструкции крутильно-мотального механизма кольцевой прядильной машины.

### **3.2. Методика исследования натяжения нити в зоне "бегунок - паковка" устройства с узлом вращающегося прядильного кольца**

В ходе анализа устройства рисунке 3.4 были исследованы технологические операции наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине отечественного производства, а именно было рассчитано и экспериментально выявлено натяжение нити, при которых соблюдаются законы наматывания пряжи при работе с разработанным узлом крутильно-мотального механизма [61; 62; 63].

Расчет производился по формуле Щербакова, адаптированной под работу с вращающимся прядильным кольцом [36; 50]:

$$T_1 = \frac{m_b(0,1(n_b - n_k))^2 R \mu_{b-k}}{\frac{r}{R} - \frac{\mu_{b-k}}{(1 + 0,7\mu_{n-b})^2}}, \quad (3.1)$$

где  $m_b$  - масса бегунка, мг;

$\omega^2$  - частота вращения бегунка,  $c^{-1}$ ;

$\mu_{b-k}$  - коэффициент трения бегунок - кольцо;

$\mu_{n-b}$  - коэффициент трения нить - бегунок;

$r$  - радиус намотки, м;

$R$  - радиус кольца, м;

$T_1$  - натяжение нити в точке касания нити бегунка, Н;

$n_k$  - частота вращения прядильного кольца устройства,  $мин^{-1}$ ;

$n_b$  - частота вращения веретена,  $мин^{-1}$ .

Из выражения (3.1) видно, что натяжение зависит от разности  $n_b - n_k$  и эта формула справедлива для прямолинейного участка натяжения в зоне "бегунок - паковка" при вращающемся прядильном кольце, так же как и при фиксированном кольце [64].

На данном этапе исследования стоит задача подобрать такое значение частоты вращения веретена и частоты вращения прядильного кольца, при котором натяжение нити в зоне "бегунок - паковка" будет оптимально для процесса наматывания пряжи с минимальной обрывностью.

Исходные данные выбирались, согласно характеристике кольцевой прядильной машины П-66-5М:

1) Пряжа кардная основная из средневолокнистого хлопка 4 - 7 типов, I сорта;  $T_n$  - линейная плотность пряжи:  $T_n=25$  текс;  $P_y$  - удельная разрывная нагрузка:  $P_y = 11,6$  сН/текс;

2) Пряжа основная гребенная из тонковолокнистого хлопка 1 - 3 типа, I сорта;  $T_n=15$  текс;  $P_y = 15,9$  сН/текс;

3) Пряжа кардная основная из средневолокнистого хлопка 4 - 7 типов, I сорта  $T_n=34$  текс;  $P_y = 12$  сН/текс.

Согласно ГОСТ 17 - 96 - 86, получаем предельное натяжение нити или предельная разрывная нагрузка, выше которого происходит обрыв нити,  $P_{25} = 290$  сН,  $P_{15}=238$  сН,  $P_{34}=408$  сН, масса бегунка  $m_b = 0,000056$  кг, для радиуса кольца  $R = 45$  мм, рабочая частота веретен  $n = 7900$  мин<sup>-1</sup>. Известно, что натяжение нити между бегунком и паковкой неодинаково, поэтому расчет будет вестись по максимальному радиусу намотки  $r_{max}=18,5$  мм и минимальному радиусу намотки  $r_{min}=10,5$  мм. Коэффициент трения бегунка о кольцо  $\mu_{б-к} = 0,15$ ; коэффициент трения нити о бегунок  $\mu_{н-б}=0,3$ . Допускаемое натяжение применяемое на практике при наматывании с учетом коэффициента запаса 0,1 будет равняться  $P_{25} = 29$  сН,  $P_{15}=23,8$  сН,  $P_{34}=40,8$  сН.

1. Расчет натяжения  $T_1$  между бегунком и паковкой с фиксированным прядильным кольцом.

Для минимального радиуса намотки  $r_{min}=10,5$  мм:

$$T_1 = \frac{0,000056(0,1 \cdot 7900)^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}{\frac{0,0105}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 32,7 \text{ сН};$$

Для максимального радиуса намотки  $r_{max}=18,5$  мм:

$$T_1 = \frac{0,000056(0,1 \cdot 7900)^2 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}{\frac{0,0185}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2}} = 16,3 \text{ сН}.$$

Из расчетов видно, что натяжение нити в точке касания с бегунком  $T_1$ , между бегунком и паковкой, с фиксированным прядильным кольцом, снижается, с увеличением радиуса намотки.

Для того чтобы допускаемое натяжение пряжи  $P$ , рассматриваемых линейных плотностей, находилось в оптимальном диапазоне, необходимо оптимизировать скачки натяжения нити  $T_1$  в данной зоне.

2. Расчет разности между частотой вращения веретена и вращающегося прядильного кольца  $n_B - n_K$ :

$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{T_1 \left( \frac{r}{R} - \frac{\mu_{6-K}}{(1 + 0,7 \cdot \mu_{H-6})^2} \right)}{m_6 \cdot R \cdot \mu_{6-K}}} . \quad (3.2)$$

Для пряжи  $T=25$  текс с минимальным радиусом намотки  $r_{\min}=10,5$  мм:

$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{0,29 \cdot \left( \frac{0,0105}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} \right)}{0,000056 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}} = 7274 \text{ мин}^{-1} ,$$

выражая частоту вращения кольца, получаем:

$$n_K = 7900 - 7274 = 626 \text{ мин}^{-1} .$$

Для пряжи  $T=25$  текс с максимальным радиусом намотки  $r_{\max}=18,5$  мм:

$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{0,15 \cdot \left( \frac{0,0185}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} \right)}{0,000056 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}} = 7559 \text{ мин}^{-1} ,$$

$$\text{т.е. } n_K = 7900 - 7559 = 341 \text{ мин}^{-1} .$$

Среднее число оборотов прядильного кольца составляет  $n_K = 484 \text{ мин}^{-1}$  для оптимального наматывания пряжи линейной плотности  $T = 25$  текс.

Для пряжи  $T=15$  текс с минимальным радиусом намотки  $r_{\min}=10,5$  мм:

$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{0,238 \cdot \left( \frac{0,0105}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} \right)}{0,000056 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}} = 6733 \text{ мин}^{-1} ,$$

$$\text{т.е. } n_K = 7900 - 6733 = 1167 \text{ мин}^{-1} .$$

Для пряжи  $T=15$  текс с максимальным радиусом намотки  $r_{\max}=18,5$  мм:



$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{0,12 \cdot \left( \frac{0,0185}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} \right)}{0,000056 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}} = 6771 \text{ мин}^{-1},$$

$$\text{т.е. } n_K = 7900 - 6771 = 1129 \text{ мин}^{-1}.$$

Среднее число оборотов прядильного кольца составляет  $n_K=1148 \text{ мин}^{-1}$  для оптимального наматывания пряжи линейной плотности  $T = 15$  текс.

При частоте вращения веретена  $n_B = 7900 \text{ мин}^{-1}$  процесс прядения пряжи линейной плотности 34 текс невозможен, т.к. натяжение нити слишком мало для формирования баллона.

Для пряжи  $T=34$  текс с минимальным радиусом намотки  $r_{\min}=10,5$  мм:

$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{0,4 \cdot \left( \frac{0,0105}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} \right)}{0,000056 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}} = 8728 \text{ мин}^{-1},$$

$$\text{т.е. } n_K = 12400 - 8728 = 3672 \text{ мин}^{-1}.$$

Для пряжи  $T=34$  текс с максимальным радиусом намотки  $r_{\max}=18,5$  мм:

$$n_B - n_K = 10 \sqrt{\frac{0,2 \cdot \left( \frac{0,0185}{0,0225} - \frac{0,15}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} \right)}{0,000056 \cdot 0,0225 \cdot 0,15}} = 8835 \text{ мин}^{-1},$$

$$\text{т.е. } n_K = 12400 - 8728 = 3565 \text{ мин}^{-1}.$$

Среднее число оборотов прядильного кольца составляет  $n_K=3565 \text{ мин}^{-1}$  для оптимального наматывания пряжи линейной плотности  $T = 34$  текс.

Для сравнения был произведен аналогичный расчет частоты вращения прядильного кольца для иностранной машины FA1520 (таблица 3.2).

Установлено, что вращающееся прядильное кольцо снижает натяжение нити в зоне "бегунок - паковка", за счет снижения силы трения бегунка по кольцу.

Расчеты показали, для того чтобы оптимизировать процесс формирования и наматывания пряжи на паковку, необходимо подобрать такое число оборотов

прядельного кольца, с учетом коэффициента запаса, чтобы действительное натяжение пряжи соответствовало диапазону допустимых натяжений на заданном участке.

Зная значение числа оборотов прядельного кольца в минуту  $n_k$ , для пряжи определенной линейной плотности, можно повышать число оборотов веретена  $n_v$  в соответствии с числом  $n_k$ , что дает нам значительное увеличение производительности прядельной машины.

Таблица 3.2. Расчет частоты вращения кольца  $n_{ксп}$  прядельной машины FA1520

<b>1. Аналитическое исследование натяжения <math>T_1</math> между бегунком и паковкой с фиксированным прядельным кольцом иностранной прядельной машины FA1520</b>					
Линейная плотность $T$ , текс	$n_v - n_k$ , мин <sup>-1</sup>	$n_k$ , мин <sup>-1</sup>	$n_{ксп}$ , мин <sup>-1</sup>	Для радиуса намотки $r_{min}=10,5$ мм:	Для радиуса намотки $r_{max}=18,5$ мм:
Натяжение $T_1$ , при $T=25$ текс, сН, $n_v = 12000$ мин <sup>-1</sup>	—	—	—	75,2	32,3
<b>2. Расчет разности между частотой вращения веретена и вращающимся прядельным кольцом</b>					
25 текс, $n_v = 12000$ мин <sup>-1</sup>	8447	3553	<b>3429</b>	10,5	—
	8695	3305		—	18,5

15 текс, $n_b = 12000$ $\text{мин}^{-1}$	7645	4355	<b>4327</b>	10,5	–
	7701	4299		–	18,5
34 текс, $n_b = 25000$ $\text{мин}^{-1}$	18652	6348	<b>6263</b>	10,5	–
	18821	6179		–	18,5

Продолжение таблицы 3.2

### 3.3. Выводы по главе

1. Разработан ряд крутильно-мотальных устройств (Патент: №128619, Патент: №129934, Патент: №115783, Патент: №103809), которые позволяют улучшить условия работы пары "кольцо - бегунок" и значительно повысить частоту вращения веретен на 3000 - 5000  $\text{мин}^{-1}$ .

2. В результате аналитического исследования было установлено, вращающееся прядильное кольцо позволяет снизить натяжение нити в зоне "бегунок - паковка" до 20%, за счет снижения силы трения бегунка о кольцо, в зависимости от задаваемой частоты вращения прядильного кольца, что доказывает сравнительный анализ натяжения нити с фиксированным и вращающимся кольцом. Например, при вращающемся прядильном кольце и частоте вращения веретен  $n_b = 12400 \text{ мин}^{-1}$  и массой бегунка  $m_b = 155 \text{ мг}$ ,

натяжение нити в зоне бегунок - паковка в точке касания нити и бегунка равно  $T_1 = 158,2$  сН, в то время как, при фиксированном кольце при той же частоте вращения веретен натяжение нити равно  $T_1 = 243,6$  сН. При этом частота вращения кольца равна  $5000 \text{ мин}^{-1}$ .

3. В результате преобразования получена формула определения натяжения нити  $T_1$  в точке касания нити бегунка в зоне "бегунок - паковка" с учетом вращающегося кольца  $n_k$ :

$$T_1 = \frac{m_b(0,1(n_b - n_k))^2 R \mu_{b-k}}{R - \frac{\mu_{b-k}}{(1 + 0,7\mu_{n-b})^2}}$$

4. Представлено устройство вращающегося прядильного кольца (Пат. №129934) и определены его конструктивные размеры (радиус кольца, масса бегунка, частота вращения веретена).

5. Установлены параметры работы, при котором натяжения нити будет оптимальным на всей зоне "бегунок - паковка".

6. Определены условия работы нового крутильно-мотального устройства при выработке пряжи различных линейных плотностей, например, для пряжи 15 текс, при минимальной частоте вращения веретен  $n_b = 7900 \text{ мин}^{-1}$ , массы бегунка  $m_b = 56$  мг, радиуса кольца  $R = 22,5$  мм, частота вращения прядильного кольца равна  $n_k = 1148 \text{ мин}^{-1}$ , при допусаемом натяжении нити  $T_1 = 23,8$  сН, что в 10 раз меньше предельного натяжения, после которого происходит обрыв нити.

## **ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ПРЯДИЛЬНЫМ КОЛЬЦОМ**

### **4.1. Лабораторные исследования разработанного крутильно-мотального устройства**

Важное значение для оптимального процесса наматывания пряжи и формирования початка является выбор конкретных деталей устройства: кольцо, бегунок, опора прядильного кольца. Для экспериментального исследования опытного образца, исполнение прядильного кольца устройства выбиралось исходя из конструктивных особенностей прядильной машины: кольцевой планки, скорости вращения веретена, предполагаемого диаметра намотки пряжи.

Установленное прядильное кольцо на разработанном устройстве имеет параметры: внешний диаметр равен  $D = 48$  мм, внутренний с отполированной поверхностью  $d = 45$  мм. Согласно ГОСТ 11031 - 76, был подобран бегунок, масса которого равна  $m_6=56$  мг, также исходя из конструктивных особенностей устройства, выбрана опора прядильного кольца в виде однорядного радиального шарикового подшипника закрытого типа 107, по ГОСТ 8338-75. Внутренний диаметр подшипника составляет  $d=35$  мм, внешний  $D = 62$  мм, масса  $m = 154$  г, ширина  $B=14$  мм. Подшипник был выбран закрытого типа с целью предотвращения попадания сора, пыли [65; 66] .

С целью оптимизации условий проведения эксперимента, был использован обычный малогабаритный компрессор 12 В, мощностью 120 Вт, производительностью 35 л/мин [67].

На рисунке 4.1 показана конструкция подшипника, на рисунок 4.2 подшипник на втулке с лопастями, на рисунке 4.3 изображено разработанное устройство в сборе.



Рисунок 4.1. Конструкция подшипника 107 закрытого типа



Рисунок 4.2. Конструкция подшипника на втулке с лопастями



Рисунок 4.3. Конструкция в сборе

На рисунке 4.4 показано устройство в процессе работы кольцевой прядильной машины во время проведения лабораторных экспериментальных испытаний, на рисунке 4.5 представлен увеличенный вид конструкции.



Рисунок 4.4. Экспериментальные испытания



Рисунок 4.5. Увеличенный вид устройства

#### **4.1.1. Устройство для измерения натяжения нити**

Для экспериментального исследования крутильно-мотального устройства, возникла необходимость в использовании специальных устройств контроля и измерения натяжения нити в зоне "бегунок-паковка". Исходя из этого, было решено использовать устройство для измерения натяжения нити между бегунком и паковкой кольцевой прядильной машины, на которое получен Патент РФ №2485226 [68].



Устройство изготовлено на базе веретена кольцевой прядильной машины П-76-5М и представлено на рисунке 4.6.

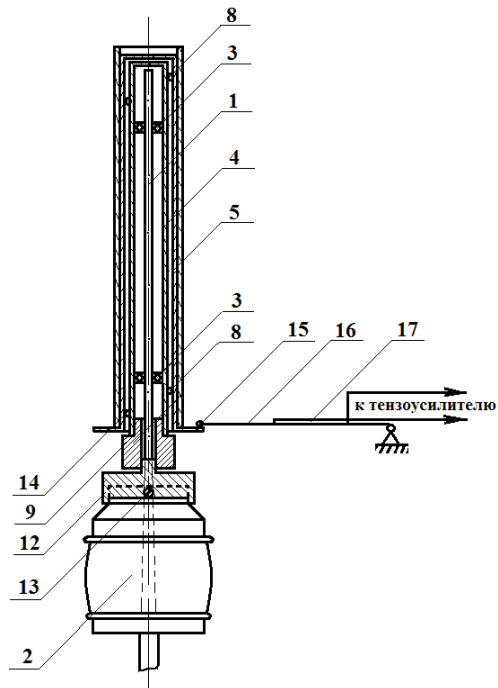


Рисунок 4.6. Общий вид устройства для измерения натяжения нити в зоне "бегунок - паковка"

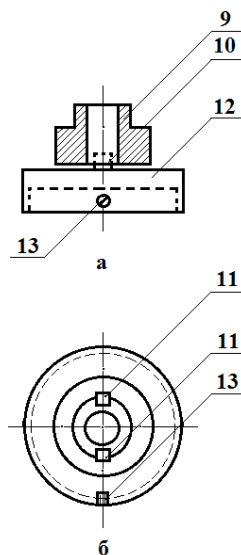


Рисунок 4.7. Переходная втулка с дополнительным шкивом устройства для измерения натяжения нити в зоне бегунок-паковка

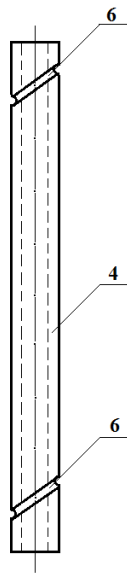


Рисунок 4.8 - а

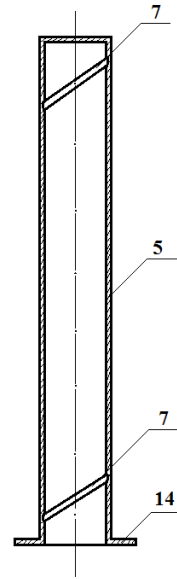


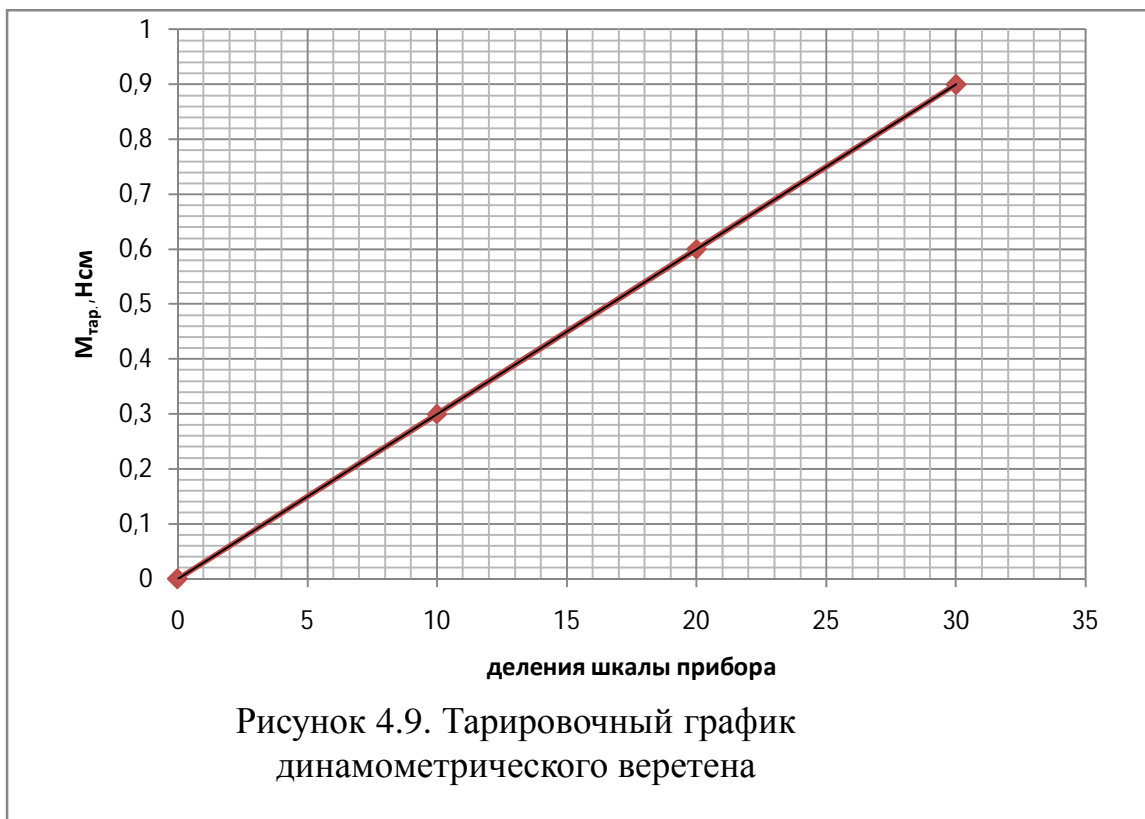
Рисунок 4.8 - б

Рисунок 4.8: а – втулка; б – патронодержатель устройства

Устройство для измерения натяжения нити между бегунком и паковкой кольцевой прядильной машины работает следующим образом: при осуществлении процесса наматывания пряжи на патрон на кольцевой прядильной машине вследствие различных причин может изменяться натяжение нити между бегунком и паковкой. При использовании устройства вращательное движение от приводного шкива 2 при помощи дополнительного шкива 12, связанного с переходной втулкой 9 с выполненными на ней шлицами 10, шпильками 11, вращательное движение передаётся втулке 4 посаженной на шпинделе 1 с помощью подшипников 3. С наружной стороны, в верхней и нижней частях, втулка 4 имеет канавки 6, выполненные под углом к оси шпинделя, в которых размещаются металлические шарики 8, осуществляющие связь с патронодержателем 5, в котором выполнены канавки 7, расположенные напротив канавок 6 втулки 4. При повышении натяжения нити между бегунком и паковкой нить воздействуя на паковку и патронодержатель 5 вызывает перемещение последнего вверх вдоль оси шпинделя. Подшипник 15, контактируя с бортиком 14 патронодержателя 5, перемещается вместе с ним и сообщает деформацию

упругой балочке 16, изгибая тензорезистор 17, включённый в измерительную схему, изменяя при этом его электрическое сопротивление. Электронный блок преобразует сигнал в информацию о величине натяжения нити. При снижении натяжения нити патронодержатель 5 вместе с паковкой под действием собственной массы опускается в начальное положение.

В работе при проведении экспериментов по замеру натяжения нити в зоне "бегунок-паковка" на кольцевой прядильной машине использовался датчик, включённый в традиционную электрическую измерительную схему для проведения тензометрических измерений, а также в более совершенную электронную схему [69]. На рисунке 4.9 изображен тарировочный график динамометрического веретена.



Величину момента от силы аэродинамического сопротивления воздуха определяем экспериментальным путём при вращении паковки без наматывания нити. Величину момента от силы натяжения нити определяем:

$$M_H = Tr, \quad (4.1)$$

где  $T$  - натяжение нити в точке наматывания, сН;

$r$  - радиус паковки в точке наматывания, мм.

Тогда получаем натяжение нити между бегунком и паковкой равно:

$$T = (M - M_{A.C.}) / r. \quad (4.2)$$

При определении момента силы аэродинамического сопротивления воздуха оказалось, что его величина очень незначительна, поэтому решено  $M_{A.C.}$  не учитывать. Тогда:

$$T = M / r. \quad (4.3)$$

## **4.2. Производственные исследования**

### **4.2.1. Экспериментальное исследование технологических операций формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине**

Экспериментальные исследования технологических процессов формирования и наматывания пряжи при помощи нового крутильно-мотального устройства [5] производилась в производственных условиях ООО "Ветка - Текстиль" г. Кинешма на кольцевых прядильных машинах П-66-5М при выработке хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 15,4 текс. Для исследования процесса формирования и наматывания пряжи было применено устройство и методика измерения натяжения нити между бегунком и паковкой,

разработанное на кафедре прядения ИГТА (ныне ИВГПУ) (Патент РФ №2485226 РФ, МПК<sup>7</sup> D01H13/26.Бюл.№17. Устройство для измерения натяжения нити между бегунком и паковкой кольцевой прядильной машины/ Столяров А.А.; опубл.20.06.13). Результаты испытаний, полученные экспериментальным путем, сопоставимы результатам аналитического исследования приведенных в 3 главе данной работы и были занесены в таблицу 4.1. Узел вращающегося кольца имеет: радиус кольца  $R = 45$  мм, массу бегунка  $m_6 = 56$  мг. Частота прядильного кольца  $n_k = 1000$  мин<sup>-1</sup>, при частоте вращения веретена  $n_b = 7900$  мин<sup>-1</sup>,  $n_k = 1500$  мин<sup>-1</sup> при  $n_b = 12400$  мин<sup>-1</sup>. Результаты эксперимента показали, что с внедрением узла вращающегося прядильного кольца, натяжение в исследуемой зоне снизилось.

Таблица 4.1 Результаты измерения натяжения пряжи 15,4 текс

Частота вращения веретён, мин <sup>-1</sup>	С вращающимся кольцом			С фиксированным кольцом		
	Радиус намотки, мм	Крутящий момент, Нм	Натяжение в точке намот-я, сН	Радиус намотки, мм	Крутящий момент, Нм	Натяжение в точке намот-я, сН
7900	10,5	0,012	119,5	10,5	0,013	138,6
	12,5	0,0123	98,6	12,5	0,0134	109,3
	14,5	0,0124	85,2	14,5	0,0135	96,7
	16,5	0,0126	73,2	16,5	0,0136	85,1
	18,5	0,0128	64,5	18,5	0,0139	77,2
	20,5	0,013	57,8	20,5	0,0141	68,3
	22,5	0,0131	52,2	22,5	0,0142	63,3
	23,5	0,0132	49,1	23,5	0,0144	57,4
12400	10,5	0,0166	162,1	10,5	0,0169	173,2
	12,5	0,0168	136,5	12,5	0,0175	149,1

	14,5	0,0169	113,9	14,5	0,0178	123,2
	16,5	0,017	103,7	16,5	0,0182	115,5
	18,5	0,0171	93,7	18,5	0,0183	105,7
	20,5	0,0172	84,1	20,5	0,0184	93,1
	22,5	0,0173	77,5	22,5	0,0185	85,4
	23,5	0,0174	74,2	23,5	0,0186	86,3

Продолжение таблицы 4.1

Расчеты, представленные в таблице 4.1, были проведены при помощи формул 4.1 и 4.3. Установлено, что с узлом вращающегося прядильного кольца, натяжение в точке наматывания меньше на 15 - 20% по сравнению с результатами, полученными экспериментальным путем с фиксированным прядильным кольцом.

### 4.3. Определение физико-механических свойств пряжи

В соответствии с ОСТом 17 - 96 - 86 пряжа должна соответствовать определенным физико-механическим свойствам такие как [71]:

1. Заданная линейная плотность - пряжа должна быть ровной по толщине;
2. Определенная жесткость и прочность - зависит от толщины пряжи, неровноты и крутки, которая должна быть равномерной по всей длине пряжи.

Сравнительный анализ и лабораторные испытания выработанной пряжи без внедренного устройства вращающегося кольца и полученной пряжи с разработанным узлом крутильно-мотального механизма показали, что физико-механические свойства обоих видов пряжи близки по своим характеристикам.

Определение крутки пряжи после экспериментальных исследований и наблюдений проводились в лабораторных испытаниях. Сравнительный анализ показал, что число кручений на 1 метр пряжи, при внедрении устройства и до

усовершенствования механизма, изменяется на 1 - 3,5 % , что является приемлемым показателем для данного вида пряжи [72].

Разрывная нагрузка или прочность пряжи на разрыв, одна из важнейших характеристик, определялась путем растяжения и дальнейшего обрыва пряжи. Опыты показали, что отклонение от нормы составляет порядка 1 - 2% в сторону увеличения прочности.

Методом спектрального анализа был произведен сравнительный анализ неровноты пряжи по линейной плотности продуктов, до и после усовершенствования крутильно-мотального механизма кольцевой прядильной машины. Испытания показали, что образец, который был выработан с внедренным устройством, имеет более ровную структуру по всей длине, что является следствием оптимального натяжения нити при вращающемся прядильном кольце.

Каждый вид пряжи имеет свои свойства и от них зависит качество продукта и обрывность при выработке.

Исследования свойств пряжи, выработанной с вращающимся и фиксированным прядильным кольцом, показали, что отличия значений по характеристикам, являются минимальными. Отклонение полученных результатов от нормы нормативных документов по критерию Стьюдента составляет не более 5 % [81].

Результаты исследований свойств пряжи приведены в таблице. 4.2.

Таблица. 4.2 Результаты исследований свойств пряжи

№	Выработка пряжи без вращающегося прядильного кольца			Выработка пряжи с вращающимся прядильным кольцом		
	Вид пряжи и линейная плотность, текс	Крутка, кр. на 1 метр	Удельная разрывная нагрузка, сН	Коэф. вариации по разр.нагр%	Крутка, кр. на 1 метр	Удельная разр.нагр узка, сН
Кардная $T_n=25$	873	11,6	12	865	11,9	11,8
Основная гребенная $T_n=15,4$	<b>785</b>	<b>15,9</b>	<b>15,5</b>	<b>778</b>	<b>16,1</b>	<b>14,8</b>
Кардная основная $T_n=34$	632	12	9,3	623	12,3	8,8

#### 4.4. Анализ качества намотки пряжи

В данном разделе аналитически исследуются характеристики и качество намотки пряжи, полученной в результате производственных испытаний узла вращающегося прядильного кольца крутильно-мотального устройства, по известным формулам [37].

1. Расчет объема пряжи на початке можно также рассчитывать по сокращённой формуле И.Г.Обухова [36, с.389], формула (4.4) - для основной кардной пряжи, (4.5) - для точной гребенной пряжи:

$$V=0,785(H_0 - 0,9D)(D^2 - d^2); \quad (4.4)$$



$$V=0,785(H_0 - 1,21D)(D^2 - d^2); \quad (4.5)$$

$$d = (d_1 + d_2)/2; \quad (4.6)$$

$$d = (2,4 + 1,8)/2 = 2,1 \text{ (см)},$$

$D$  – диаметр тела початка, см;

$d_1$  и  $d_2$  – диаметры соответственно нижней и верхней части патрона или шпули, ( $d_1=2,4$ см;  $d_2=1,8$ см);

$H_0$  – полная высота намотки, ( $H_0=16,20,22,24$ см).

Зависимость объёма пряжи  $V$  на початке от диаметра кольца  $D_k$ :

$$V=0,785(16 - 0,9 \cdot 3,5)(3,5^2 - 2,1^2) = 79 \text{ (см}^3\text{)};$$

$$V=0,785(20 - 0,9 \cdot 3,9)(3,9^2 - 2,1^2) = 139,7 \text{ (см}^3\text{)};$$

$$V=0,785(22 - 0,9 \cdot 4,3)(4,3^2 - 2,1^2) = 200,3 \text{ (см}^3\text{)};$$

$$V=0,785(24 - 0,9 \cdot 4,7)(4,7^2 - 2,1^2) = 274,2 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Для основной кардной пряжи 15,4 Текс (таблица 4.3.)

Таблица 4.3 Расчёт характеристик для кардной пряжи для  $T = 15,4$  текс

Высота намотки, см	Диаметр кольца, см	Объём пряжи на початке при вращ. кольце см <sup>3</sup>	Объём пряжи на початке, при фикс. кольце см <sup>3</sup>	Масса пряжи на початке, при вращ. кольце, г	Масса пряжи на початке, при фикс. кольце, г	Длина пряжи на початке, при вращ. кольце L, м	Длина пряжи на початке, при вращ. кольце L, м
16	3,8	79	73,9	35,6	34,7	2311	2253
20	4,2	139,7	136,2	62,5	61,4	4058	3987
22	4,6	200,3	198,4	89,4	88,1	5805	5720
24	5,0	274,2	269,7	128,7	126,8	8363	8231

2. Определение массы пряжи 15,4 Текс на початке (4.7):

$$M = V \Delta \quad (4.7)$$

$$M = 274,2 \cdot 0,47 = 128,8 \text{ (г)}$$

$\Delta$  - плотность тела початка, г/см<sup>3</sup>;

$V$  - объёма пряжи на початке, см<sup>3</sup>.

3. Плотность тела початка для разной линейной плотности пряжи приведена в табл.4.4 и рассчитывается по формуле (4.8).

$$\Delta = T(1 + 1/b) \cos a / (10^3 h_c p), \quad (4.8)$$

где  $b$  - отношение длины нити слоя к длине нити в прослойке;

$h_c$  - шаг витков намотки слоя тела початка, мм.

В таблице 4.4 приведена объемная плотность намотки в зависимости от линейной плотности.

Таблица 4.4 Плотность паковки х/б пряжи

Линейная плотность пряжи, текс	Назначение пряжи	Объемная плотность намотки, г/см <sup>3</sup>
5,9 – 8,5	Основа	0,47 – 0,46
10 – 21	>>	0,48 – 0,47
25 – 84	>>	0,49 – 0,48
15,4 и более	Уток	0,44 – 0,43
Менее 15,4	>>	0,42 – 0,41

4. Определение длины пряжи на початке:

$$L_n = 10^3 M / T; \quad (4.9)$$

$$L_n = 10^3 \cdot 128,8 / 15,4 = 8363 (\text{м}).$$

Аналитическое исследование параметров паковки показал, что ее физические характеристики не уступают характеристикам пряжи выработанной при использовании классического крутильно-мотального устройства.

#### 4.5. Анализ обрывности пряжи

Во время эксперимента для процесса прядения создавались условия максимально приближенные к техническим условиям и требованиям производства, а также классическим законам наматывания и формирования пряжи на кольцевой прядильной машине [39; 73; 74; 75].

Испытания проводились путем анализа процесса выработки пряжи линейной плотности  $T=15,4$  текс на кольцевой прядильной машине П - 66 - 5М, исследовалось поведение нити в баллоне, проводилось наблюдение и оценка процесса наматывания, фиксировалась обрывность нити в зоне "бегунок - паковка".

На производстве, в процессе выработки пряжи линейной плотности  $T_{пр}=15,4$  текс, в результате наблюдения 480 веретен, двух кольцевых прядильных машин с классическим крутильно-мотальным устройством, в течение 5 часов при различных частотах вращения веретен ( $7900 - 12500 \text{ мин}^{-1}$ ). Наблюдение за обрывностью велось за всеми веретенами на прядильной машине до внедрения нового крутильно-мотального устройства.

В таблице 4.5 приведены результаты наблюдения за работой двух кольцевых прядильных машин П - 66 - 5М, при частоте вращения веретен  $7900 \text{ мин}^{-1}$ . Было выявлено 110 обрывов: 50 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 60 по другим причинам. В расчете за 60 мин было выявлено 22 обрыва, из них 10 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 12 по другим причинам.

Таблица 4.5 Обрывность пряжи за 60 мин. с классическим устройством

Причина обрывности или зона обрывности	Вылет бегунка	Обрыв нити в зоне "бегунок-паковка"	Обрыв в баллоне	Необъяснимые причины
Число обрывов	3	10	2	7

При исследовании внедренных 10 опытных образцов, разработанного узла вращающегося прядильного кольца, наблюдались 480 веретен в течение 5 часов,

при частоте вращения веретен  $7900 \text{ мин}^{-1}$ , было зафиксировано 109 обрывов: 45 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 64 обрыва по другим причинам. В расчете за 60 мин: 20 обрывов, 9 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 13 по другим причинам. В результате аналитического исследования, был произведен расчет обрывности с учетом внедрения 480 новых разработанных крутильно-мотальных устройств: 18 обрывов, 7 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 11 по другим причинам (таблица 4.6).

Таблица 4.6 Обрывности пряжи за 60 мин. с новым устройством

Причина обрывности или зона обрывности	Вылет бегунка	Обрыв нити в зоне "бегунок-паковка"	Обрыв в баллоне	Необъяснимые причины
Число обрывов	1	7	3	7

При частоте вращения веретен  $12500 \text{ мин}^{-1}$ , за 5 часов наблюдения было выявлено 174 обрыва: 81 обрыв в зоне "бегунок - паковка", 93 по другим причинам, в расчете за 60 мин, было выявлено 35 обрывов, из них 17 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 18 по другим причинам (таблица 4.7).

Таблица 4.7 Обрывность пряжи за 60 мин. с классическим устройством

Причина обрывности или зона обрывности	Вылет бегунка	Обрыв нити в зоне "бегунок-паковка"	Обрыв в баллоне	Необъяснимые причины
Число обрывов	5	17	3	10

С внедрением 10 опытных образцов разработанного устройства вращающегося прядильного кольца, результаты наблюдения 480 веретен в течение 5 часов, при частоте вращения веретен  $12500 \text{ мин}^{-1}$ : 160 обрывов, 60 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 90 обрывов по другим причинам. В расчете за 60 мин: 32 обрывов, 14 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 18 по другим причинам. В результате аналитического исследования, был произведен расчет обрывности с учетом внедрения 480 новых разработанных крутильно-мотальных

устройств: 31 обрывов, 13 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 18 по другим причинам (таблица 4.8).

Таблица 4.8 Обрывность пряжи за 60 мин. с новым устройством

Причина обрывности или зона обрывности	Вылет бегунка	Обрыв нити в зоне "бегунок-паковка"	Обрыв в баллоне	Необъяснимые причины
Число обрывов	4	13	4	10

Обрывность нити на 1000 веретен в час [74, с.246]:

$$Ч_о = r \cdot 60 \cdot \frac{1000}{t \cdot n}, \quad (4.10)$$

где  $Ч_о$  - обрывность на 1000 веретен в час;  $r$  - наблюдаемое число обрывов за промежутки времени;

$t$  - время наблюдения, мин;

$n$  - количество веретен в работе.

На производстве в результате наблюдения 480 веретен двух кольцевых прядильных машин в течение 60 мин, при частоте вращения веретен  $7900 \text{ мин}^{-1}$  было выявлено 22 обрыва, из них 10 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 12 по другим причинам [6].

$$Ч_о = 10 \cdot 60 \cdot \frac{1000}{60 \cdot 480} = 21.$$

С внедрением опытного образца разработанного устройства вращающегося прядильного кольца, результаты наблюдения 480 веретен в течение 60 мин: 18 обрывов, 7 обрывов в зоне "бегунок - паковка", 11 по другим причинам.

$$Ч_о = 7 \cdot 60 \cdot \frac{1000}{60 \cdot 480} = 15.$$

Исходя из эксперимента и расчетов, обрывность сократилась примерно на 15 - 25 %, что доказывают расчеты факторного изменения натяжения (см.глава 5).

Во время испытания устройства проводился анализ поведения баллона нити при частоте вращения веретен  $n = 7900, 12500 \text{ мин}^{-1}$ . Эксперимент показал, что баллон нити, с внедренным устройством, стал более выпуклым, как показано на рисунке 4.12 а, б. Это объясняется снижением натяжения нити в точке касания нити с бегунком в зоне "бегунок - паковка", по результатам проведенного эксперимента и аналитического исследования (см. таблица 1.11 и таблица 3.1) [76; 77; 78].



Рисунок 4.12. Форма баллона: а) с вращающимся кольцом, б) с фиксированным

Известно, что процесс прядения возможен, если [36, с. 30]:

$$T_2 > 0,0727 \cdot m_0 \cdot \omega^2 \cdot H_{\max}^2, \quad (4.11)$$

где  $T_2$  - вертикальная составляющая натяжения нити в баллоне, Н;

$m_0$  - масса единицы длины нити, кг;

$\omega$  - угловая скорость вращения веретена,  $\text{с}^{-1}$ ;

$H_{\max}$  - максимально возможное расстояние от крючка до плоскости кольца, м;

$T_2 > 0,0727 \cdot 0,000025 \cdot 827^2 \cdot 0,28^2 > 0,09 \text{ Н}$  - для частоты вращения веретен  $n = 7900 \text{ мин}^{-1}$ .

$T_2 > 0,0727 \cdot 0,000025 \cdot 1240^2 \cdot 0,28^2 > 0,2 \text{ Н}$  - для частоты вращения веретен  $n = 12400 \text{ мин}^{-1}$ .

Исходя из приведенных ранее расчетов натяжения нити в точке касания бегунка в зоне "бегунок - паковка"  $T_1$ :

$T_1^{15} = 0,12 \text{ Н}$  - при минимальном радиусе намотки;

$T_1^{15} = 0,238 \text{ Н}$  - при максимальном радиусе намотки;

$T_1^{15} = 0,18 \text{ Н}$  – с внедрением устройства на всей зоне;

$T_1^{25} = 0,15 \text{ Н}$  - при минимальном радиусе намотки;

$T_1^{25} = 0,29 \text{ Н}$  - при максимальном радиусе намотки;

$T_1^{25} = 0,22 \text{ Н}$  – с внедрением устройства на всей зоне;

$T_1^{34} = 0,4 \text{ Н}$  - при минимальном радиусе намотки;

$T_1^{34} = 0,2 \text{ Н}$  - при максимальном радиусе намотки;

$T_1^{25} = 0,3 \text{ Н}$  – с внедрением устройства на всей зоне.

Получаем:

$$T_2^{15} = \frac{0,18}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 0,12 \text{ Н};$$

$$T_2^{25} = \frac{0,22}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 0,15 \text{ Н};$$

$$T_2^{34} = \frac{0,3}{(1 + 0,7 \cdot 0,3)^2} = 0,2 \text{ Н}.$$

Все посчитанные вертикальные составляющие  $T_2$ , по разным линейным плотностям вырабатываемой пряжи, удовлетворяют условиям существования баллона нити в процессе прядения с вращающимся прядильным кольцом. Результаты проведенных расчетов подтверждают экспериментальные испытания.

#### 4.6. Выводы по главе

1. Экспериментально доказано, что разработанное устройство позволяет повысить производительность машины, за счет снижения обрывности нити в зоне "бегунок - паковка", порядка 15 - 25 %, например, при частоте вращения веретена  $n_b = 12500 \text{ мин}^{-1}$ , обрывность, с узлом вращающегося кольца по сравнению с фиксированным кольцом, уменьшилась с 17 до 13 обрывов в зоне "бегунок - паковка".

2. В результате проведенных опытов установлено, что новое крутильно-мотальное устройство позволяет уменьшить натяжение нити в зоне "бегунок - паковка", удовлетворяя законам формирования и наматывания пряжи (при частоте вращения веретена  $12400 \text{ мин}^{-1}$ , натяжение  $T_1 = 162,1 \text{ сН}$  - при вращающемся кольце,  $T_1 = 173,2 \text{ сН}$  - при фиксированном кольце).

3. В ходе экспериментального исследования выявлено, что разработанное крутильно-мотальное устройство работоспособно при частоте вращения веретен  $7900-12400 \text{ мин}^{-1}$ , для пряжи линейных плотностей 15,4 текс, что доказывает расчет вертикальной составляющей натяжения в баллоне  $T_2$ .

4. Установлено, что физико-механические свойства выработанной пряжи не уступают по показателям пряже, выработанной при классическом крутильно-мотальном устройстве, в соответствии с ОСТом 17 - 96 - 86 на пряжу (с вращающимся кольцом, для пряжи линейных плотностей 15,4 текс, крутка равна 778 кр/м, а удельная разрывная нагрузка 16,1 сН; при фиксированном кольце, крутка 785 кр/м, а удельная разрывная нагрузка 15,9 сН).



## ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО УЗЛА КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Расчет экономической эффективности усовершенствованного крутильно-мотального механизма в этом разделе производится по нескольким показателям, а именно: темп изменения натяжения, расчет факторного изменения натяжения. Данный анализ произведен для того чтобы выявить положительные стороны разработанного устройства, благодаря которым возрастает производительность кольцевой прядильной машины, также был произведен сравнительный анализ по показателям крутильно-мотального механизма до и после усовершенствования.

### 5.1. Расчет темпа изменения натяжения нити из результатов аналитического расчёта и экспериментальных исследований

1) Расчёт изменения натяжения нити между бегунком и початком при изменении диаметра намотки от меньшего к большему, при диаметре кольца 50 мм и массе бегунка 155мг, частоте вращения веретён  $n_v=12400, 11000 \text{ мин}^{-1}$ . Произведенный анализ производился на кольцевой прядильной машине П-66-5М с фиксированным прядильным кольцом. Исходные данные по натяжению нити были взяты из таблицы 1.11.

$$X_n = X_{n+1} / X_1 \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

где  $X$  - переменная натяжения, %

При  $n=12400 \text{ мин}^{-1}$ :

$P_1 = 243,643 \text{ сН} - 100\%$ ;	$\Delta P_1 = 0\%$ ;
$P_2 = 204,660 / 243,643 \cdot 100\% = 83,9\%$ ;	$\Delta P_2 = 100 - 83,9 = 16,1\%$ ;
$P_3 = 176,431 / 243,643 \cdot 100\% = 72,4\%$ ;	$\Delta P_3 = 83,9 - 72,4 = 11,5\%$ ;
$P_4 = 155,045 / 243,643 \cdot 100\% = 63,63\%$ ;	$\Delta P_4 = 72,4 - 63,63 = 8,77\%$ ;
$P_5 = 138,283 / 243,643 \cdot 100\% = 56,75\%$ ;	$\Delta P_5 = 63,63 - 56,75 = 6,88\%$ ;
$P_6 = 124,792 / 243,643 \cdot 100\% = 51,21\%$ ;	$\Delta P_6 = 56,75 - 51,21 = 5,54\%$ ;
$P_7 = 113,7 / 243,643 \cdot 100\% = 46,6\%$ ;	$\Delta P_7 = 51,21 - 46,6 = 4,61\%$ ;
$P_8 = 108,861 / 243,643 \cdot 100\% = 44,6\%$ .	$\Delta P_8 = 46,6 - 44,6 = 2\%$ .

При  $n = 11000 \text{ мин}^{-1}$ :

$P_1 = 191,87 \text{ сН} - 100\%$ ;	$\Delta P_1 = 0\%$ ;
$P_2 = 161,38 / 191,87 \cdot 100\% = 84,1 \%$ ;	$\Delta P_2 = 100 - 84,1 = 15,9\%$ ;
$P_3 = 139,12 / 191,87 \cdot 100\% = 72,5\%$ ;	$\Delta P_3 = 84,1 - 72,5 = 11,6\%$ ;
$P_4 = 122,26 / 191,87 \cdot 100\% = 63,7\%$ ;	$\Delta P_4 = 72,5 - 63,7 = 8,8\%$ ;
$P_5 = 109,04 / 191,87 \cdot 100\% = 56,8\%$ ;	$\Delta P_5 = 63,7 - 56,8 = 6,2\%$ ;
$P_6 = 98,4 / 191,87 \cdot 100\% = 51,28\%$ ;	$\Delta P_6 = 56,8 - 51,28 = 5,52\%$ ;
$P_7 = 89,65 / 191,87 \cdot 100\% = 46,7\%$ ;	$\Delta P_7 = 51,28 - 46,7 = 4,58\%$ ;
$P_8 = 85,84 / 191,87 \cdot 100\% = 44,73\%$ ;	$\Delta P_8 = 46,7 - 44,73 = 1,97\%$ .

Все расчеты приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Расчёт темпа изменения среднего натяжения

Частота вращения веретён, мин <sup>-1</sup>	Радиус намотки, мм	Темпы изменения натяжения $\Delta P$ , %
12400	10,5	0
	12,5	16,1
	14,5	11,5
	16,5	8,77
	18,5	6,88
	20,5	5,54
	22,5	4,61
	23,5	2
11000	10,5	0
	12,5	15,9
	14,5	11,6
	16,5	8,8
	18,5	6,2
	20,5	5,52
	22,5	4,58
	23,5	1,97

2) Расчёт изменения натяжения нити между бегунком и початком разработанного нового устройства Пат. №129934 при изменении диаметра намотки от меньшего к большему, при диаметре кольца 50мм и массе бегунка 155мг, частоте вращения веретён  $n_b=12400, 11000$  мин<sup>-1</sup>, исходя из данных (см.таблица 3.1).

При  $n=12400 \text{ мин}^{-1}$ :

$$P_1 = 158,2 \text{сН} - 100\%;$$

$$\Delta P_1 = 0\%;$$

$$P_2 = 132,8/158,2 \cdot 100\% = 83,94\%;$$

$$\Delta P_2 = 100 - 83,94 = 16,06\%;$$

$$P_3 = 114,5/158,2 \cdot 100\% = 72,37\%;$$

$$\Delta P_3 = 83,94 - 72,37 = 11,57\%;$$

$$P_4 = 100,6/158,2 \cdot 100\% = 63,59\%;$$

$$\Delta P_4 = 72,37 - 63,59 = 8,77\%;$$

$$P_5 = 89,7/158,2 \cdot 100\% = 56,7\%;$$

$$\Delta P_5 = 63,59 - 56,7 = 6,83\%;$$

$$P_6 = 81/158,2 \cdot 100\% = 51,2\%;$$

$$\Delta P_6 = 56,7 - 51,2 = 5,5\%;$$

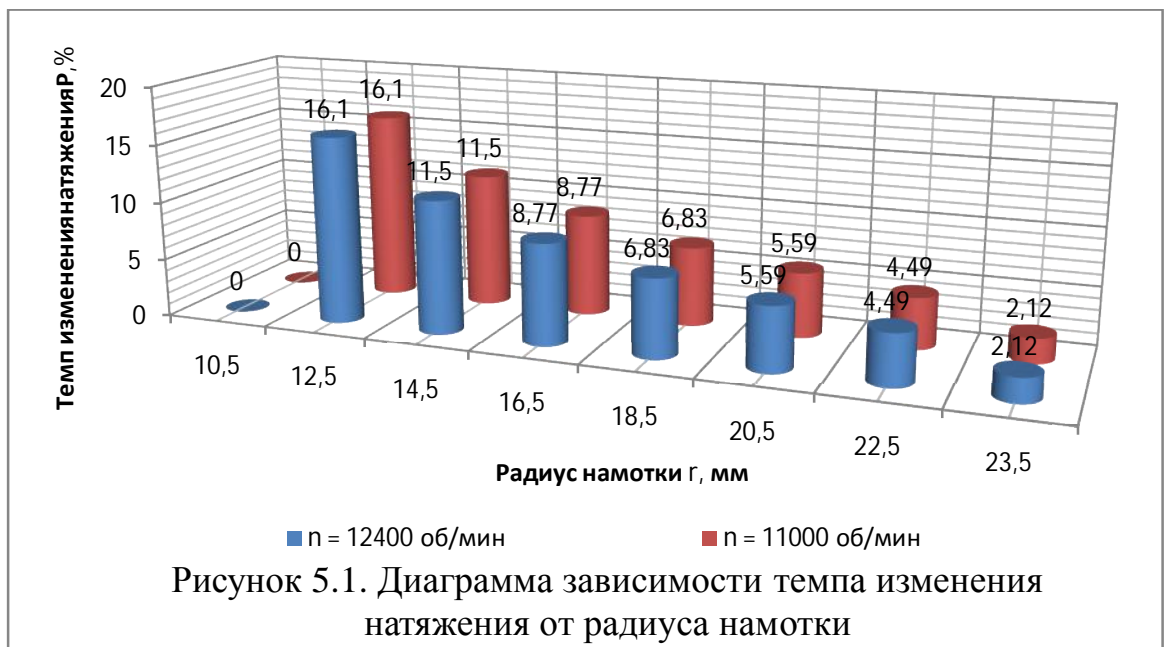
$$P_7 = 73,8/158,2 \cdot 100\% = 46,6\%;$$

$$\Delta P_7 = 51,2 - 46,6 = 4,6\%;$$

$$P_8 = 70,6/158,2 \cdot 100\% = 44,6\%.$$

$$\Delta P_8 = 46,6 - 44,6 = 2\%.$$

При расчёте темпа изменения натяжения нового устройства ( $n=11000, 12400 \text{ мин}^{-1}$ ) выявлена та же зависимость, что и в таблице 5.1. На рисунке 5.1 показана диаграмма зависимости темпа изменения натяжения от радиуса катушки.



В результате расчетов видно, что темпы изменения натяжения при разных частотах вращения веретена одинаковы, что при фиксированном прядильном

кольце и что при вращающемся ко, так как изменение радиуса намотки в расчете всегда было 2 мм.

## 5.2. Расчёт факторного изменения натяжения из результатов аналитического расчёта и экспериментальных исследований

Одним из следующих показателей эффективности является расчет факторного изменения натяжения нити между бегунком и паковкой. За фактор изменения примем радиус намотки  $r_n$ . Формула расчета для кольцевой прядильной машины имеет вид:

$$P = f \cdot m_b \cdot R_k^2 \cdot \omega^2 \cdot 100/981 \cdot (r_n - r_{n-1}), \quad (5.2)$$

где  $f$  - коэффициент трения бегунка о кольцо;  $m_b$  - масса бегунка, мг;

$R_k$  - радиус прядильного кольца, мм;

$\omega$  - угловая скорость веретена,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$r_n$  - радиус намотки на початок, является изменяющимся фактором, мм.

Формула 5.2 является адаптированной формулой В.А.Ворошилова для расчета среднего натяжения нити между бегунком и паковкой (см. формула 1.38).

1) Факторное изменение натяжения  $P$  за счёт постепенного изменения радиуса намотки початка, при диаметре кольца 50 мм, шаг намотки 2 мм, масса бегунка 155 мг.

При  $n = 12400 \text{ мин}^{-1}$ :

$$\Delta P_1 = 0\%;$$

$$\Delta P_2 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (12,5 - 10,5) = 1,27912\%;$$

$$\Delta P_3 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (14,5 - 12,5) = 1,27912\%;$$

$$\Delta P_4 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (16,5 - 14,5) = 1,27912\%;$$

$$\Delta P_5 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (18,5-16,5) = 1,27912\%;$$

$$\Delta P_6 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (20,5-18,5) = 1,27912\%;$$

$$\Delta P_7 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (22,5-20,5) = 1,27912\%;$$

$$\Delta P_8 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (23,5-22,5) = 2,55825\%.$$

При  $n = 11000 \text{ мин}^{-1}$ :

$$\Delta P_1 = 0\%;$$

$$\Delta P_2 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (12,5-10,5) = 1,007\%;$$

$$\Delta P_3 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (14,5-12,5) = 1,007\%;$$

$$\Delta P_4 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (16,5-14,5) = 1,007\%;$$

$$\Delta P_5 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (18,5-16,5) = 1,007\%;$$

$$\Delta P_6 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (20,5-18,5) = 1,007\%;$$

$$\Delta P_7 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (22,5-20,5) = 1,007\%;$$

$$\Delta P_8 = 0,154 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (23,5-22,5) = 2,014\%.$$

2) Факторное изменение натяжения  $P$  разработанного устройства Пат. №129934 за счёт постепенного изменения радиуса намотки початка на 2 мм.

При  $n = 12400 \text{ мин}^{-1}$ :

$$\Delta P_1 = 0\%;$$

$$\Delta P_2 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (12,5-10,5) = 0,83\%;$$

$$\Delta P_3 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (14,5-12,5) = 0,83\%;$$

$$\Delta P_4 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (16,5-14,5) = 0,83\%;$$

$$\Delta P_5 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (18,5-16,5) = 0,83\%;$$

$$\Delta P_6 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (20,5-18,5) = 0,83\%;$$

$$\Delta P_7 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (22,5-20,5) = 0,83\%;$$

$$\Delta P_8 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1297^2 \cdot 100/981 \cdot (23,5-22,5) = 1,6\%.$$

При  $n = 11000 \text{ мин}^{-1}$ :

$$\Delta P_1 = 0\%;$$

$$\Delta P_2 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (12,5-10,5) = 0,65\%;$$

$$\Delta P_3 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (14,5-12,5) = 0,65\%;$$

$$\Delta P_4 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (16,5-14,5) = 0,65\%;$$

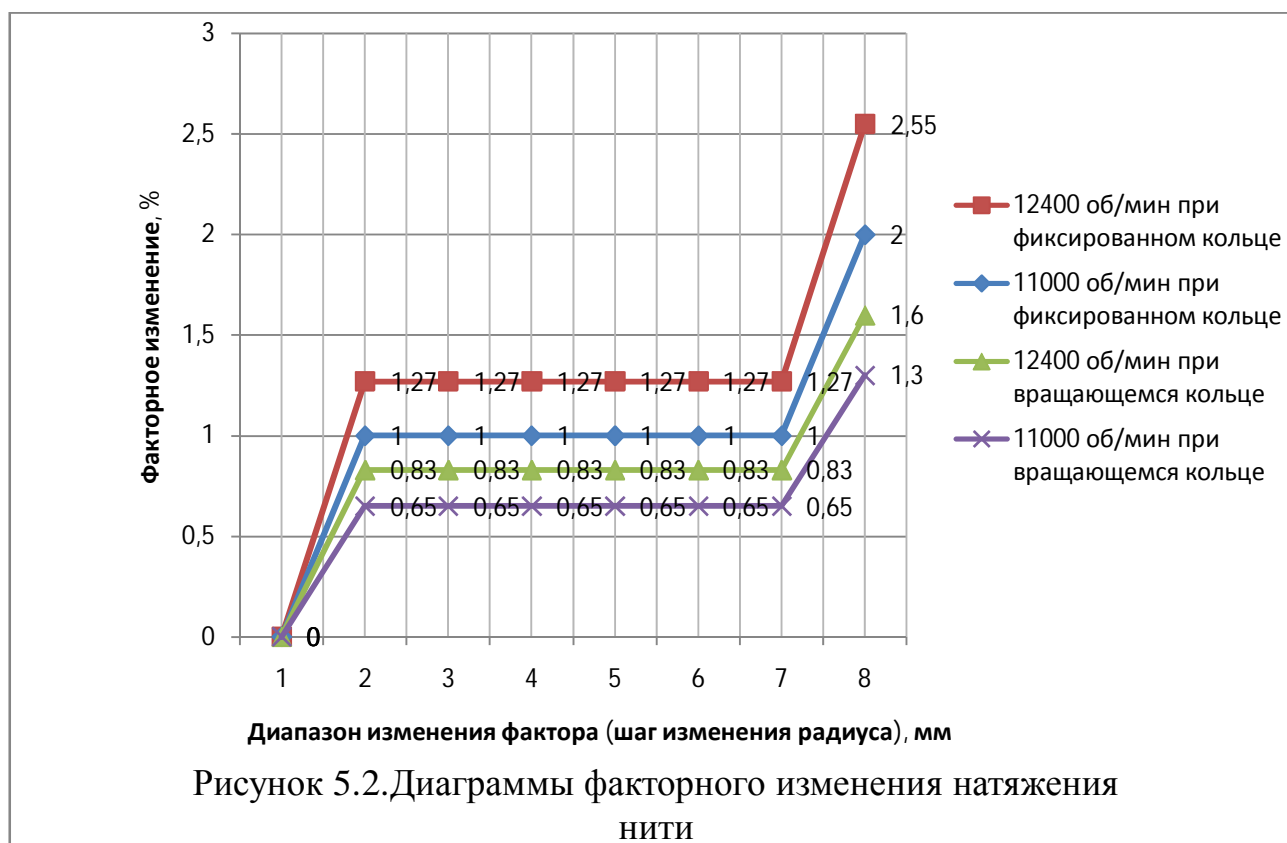
$$\Delta P_5 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (18,5-16,5) = 0,65\%;$$

$$\Delta P_6 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (20,5-18,5) = 0,65\%;$$

$$\Delta P_7 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (22,5-20,5) = 0,65\%;$$

$$\Delta P_8 = 0,1 \cdot 155 \cdot 25^2 \cdot 1151^2 \cdot 100/981 \cdot (23,5-22,5) = 1,3\%.$$

На рисунке 5.2. изображены диаграммы факторного изменения натяжения нити в которой фактором изменения является радиус намотки с шагом 2 мм. Синим цветом обозначена диаграмма факторного изменения натяжения при вращающемся прядильном кольце при частоте вращения веретен  $12400 \text{ мин}^{-1}$ , красным цветом диаграмма при вращающемся кольце  $11000 \text{ мин}^{-1}$ , зеленым цветом обозначена диаграмма факторного изменения натяжения при фиксированном прядильном кольце при частоте вращения веретен  $12400 \text{ мин}^{-1}$ , фиолетовым цветом обозначена диаграмма при фиксированном прядильном кольце при частоте вращения веретен  $11000 \text{ мин}^{-1}$ .



Из расчета факторного изменения натяжения нити между бегунком и паковкой при фиксированном и вращающемся прядильным кольцами видно, что изменение факторного натяжения при вращающемся прядильном кольце на 35 % ниже, чем изменение при фиксированном кольце, это доказывает, что амплитуда изменения натяжения нити между бегунком и паковкой от малого диаметра намотки пряжи на початок к большему значительно меньше, чем при фиксированном кольце, что приводит к меньшей обрывности в этой зоне порядка 15 - 20 % [79; 80].

### 5.3. Анализ экономического эффекта от внедрения разработанного устройства

Выше приведенные расчеты показывают, что при наличии вращающегося кольца, обрывность снижается порядка 15 - 20 %, так как вращение кольца



способствует снижению коэффициента трения между бегунком и кольцом, следствием чего является уменьшение натяжения пряжи, что приводит к увеличению производительности прядильной машины.

1. Теоретическая производительность рассчитывается согласно формуле (1.34):

$$P_T = 0,06 \cdot 12400 \cdot 15,4 / 874 = 12,7 \text{ (кг/ч)} - \text{ для } T = 15,4 \text{ текс};$$

$$P_T = 0,06 \cdot 12400 \cdot 25 / 624 = 29,8 \text{ (кг/ч)} - \text{ для } T = 25 \text{ текс};$$

$$P_T = 0,06 \cdot 12400 \cdot 34 / 724 = 34,3 \text{ (кг/ч)} - \text{ для } T = 34 \text{ текс}.$$

2. Действительная производительность:

$$P_d = P_T \cdot \text{КПВ} \cdot \text{КРО}, \quad (5.3)$$

где  $P_d$  - действительная производительность, кг/ч;

$P_T$  - теоретическая производительность, кг/ч;

КПВ - коэффициент полезного времени;

КРО - коэффициент рабочего времени [74, с. 50].

$$P_d = 12,7 \cdot 0,94 \cdot 0,96 = 11,4 \text{ кг/ч} - \text{ для } T = 15,4 \text{ текс};$$

$$P_d = 29,8 \cdot 0,95 \cdot 0,965 = 27,3 \text{ кг/ч} - \text{ для } T = 25 \text{ текс};$$

$$P_d = 34,3 \cdot 0,94 \cdot 0,96 = 33,5 \text{ кг/ч} - \text{ для } T = 34 \text{ текс};$$

3. Экономический эффект от внедрения разработанного устройства (табл. 5.2). В следствии увеличения скорости веретен, изменилась действительная производительность кольцевой прядильной машины:

$$P_d = 15,4 \text{ кг/ч} - \text{ для } T = 15 \text{ текс};$$

$$P_d = 32,4 \text{ кг/ч} - \text{ для } T = 25 \text{ текс};$$

$$P_d = 39,1 \text{ кг/ч} - \text{ для } T = 34 \text{ текс}.$$

Цены на кольцевую однониточную пряжу за 1 кг 2013 год с НДС:

15,4 текс - 150 руб;

25 текс - 141 руб;

34 текс - 134 руб.

Таблица 5.2 Экономический эффект от внедрения разработанного устройства.

Линейная плотность выработываемой пряжи, текс	П <sub>д</sub> , при фикс. кольце, кг	Стоимость выработанной пряжи за 1 час с фиксированным кольцом, руб.	П <sub>д</sub> , при вращ. кольце, кг	Стоимость выработанной пряжи за 1 час с вращающимся кольцом, руб.	Экономический эффект за 1 час в руб. на одну прядильную машину	Годовая прибыль с одной машины с учетом стоимости узла вр. кольца, энергопотребления и обслуживания руб.
15,4	11,4	1710	15,4	2322	612	28300
25	27,3	3849,3	32,4	4568,2	719	66840
34	33,5	4489	39,1	5239	750	78000

В таблице 5.2. указан экономический эффект без учета энергопотребления. Экономический эффект за 1 час в рублях с учетом энергопотребления компрессора и обслуживания устройства с одной кольцевой прядильной машины составил  $V_{15} = 3,2$  руб. в час,  $V_{25} = 7,7$  руб. в час,  $V_{34} = 9$  руб. в час.

#### 5.4. Выводы по главе

1. В результате проведённых расчётов, установлено, что темп изменения натяжения  $\Delta P$ , в зоне "бегунок - паковка", в зависимости от частоты вращения веретен и радиуса намотки пряжи при вращающемся прядильном кольце, не отличается от темпа изменения натяжения при фиксированном кольце, тем самым, доказывая работоспособность и технологичность разработанного устройства, например, при частоте вращения  $12400 \text{ мин}^{-1}$  и шаге намотки 2 мм показатели темпа изменения натяжения при радиусе намотки 12,5 мм, при фиксированном и вращающемся кольце равны 16,1 и 16,06 соответственно.

2. Аналитически исследовано, что амплитуда изменения натяжения в зоне "бегунок - паковка", так как показатель факторного изменения натяжения нити  $\Delta P$ , с новым крутильно-мотальным устройством, ниже на 15 - 25%, чем при работе с классическим устройством, что подтверждает экспериментальные исследования, при которых обрывность была снижена, примерно, на 15% (рис.5.2).

3. По итогам анализа полученных данных было установлено, что годовая прибыль с одной кольцевой прядильной машины, вырабатываемой пряжу линейной плотности  $T=15,4; 25;34$  текс, составила  $V_{15} = 28300$  руб.,  $V_{25} = 66840$  руб.,  $V_{34} = 78000$  руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Итоги выполненной работы

В ходе решения задач, поставленных в диссертационной работе, были получены следующие основные выводы и рекомендации:

1. Установлено, что кольцевая прядильная машина по-прежнему является универсальной, также в ходе анализа подтверждено, что основной причиной низкой производительности кольцевой прядильной машины является несовершенство крутильно-мотального устройства.

2. Уточнены зависимости натяжения пряжи в процессе наматывания ее на патрон от массы бегунка, диаметра кольца, высоты намотки и радиуса кольца.

3. Разработан ряд крутильно-мотальных устройств (патент №128619; патент №129934; патент №115783; патент №103809), позволяющих повысить производительность кольцевой прядильной машины.

4. Аналитически установлено и экспериментально подтверждено, что применение крутильно-мотального устройства с вращающимся прядильным кольцом позволяет улучшить условия работы пары «кольцо - бегунок» (снижая трение), что дает возможность повысить частоту вращения веретен на 3000 – 5000 мин<sup>-1</sup>.

5. Разработан энергосберегающий привод прядильного кольца. Определено, что вращение прядильного кольца с частотой порядка 1000 - 5000 мин<sup>-1</sup>, осуществляется за счет компрессора при малом расходе воздуха  $G = 2 - 10$  г/с.

6. Уточнены методы и средства теоретического и экспериментального исследований крутильно-мотальных устройств на основе вращающегося прядильного кольца.

7. Определены конкретные конструктивные параметры крутильно-мотального устройства с вращающимся прядильным кольцом.

8. В ходе проведения опытов было выявлено, что новое крутильно-

мотальное устройство позволяет уменьшить колебание натяжения нити в зоне "бегунок - паковка" на 10 - 15%, способствуя значительному снижению обрывности пряжи;

9. Установлено, что физико-механические свойства выработанной пряжи не уступают по показателям свойств пряже, выработанной с использованием классического крутильно-мотального устройства.

10. В результате применения методик оценки экономической эффективности было установлено, что разработанное крутильно-мотальное устройство работоспособно и, благодаря снижению обрывности на 15 - 25 % в зоне "бегунок - паковка", может дать годовую прибыль с одной машины с учетом энергопотребления, стоимости разработанного узла вращающегося кольца, обслуживания:  $V_{15}=28300$  руб.,  $V_{25}=66840$  руб.,  $V_{34}=78000$  руб., в зависимости от линейной плотности пряжи.

В данной диссертационной работе были решены все поставленные задачи. По итогам аналитического и экспериментального исследования, разработано новое крутильно-мотальное устройство с узлом вращающегося прядильного кольца, которое приводится во вращение благодаря индивидуальному энергосберегающему приводу, которому нет аналогов в мире, также выведена формула расчета натяжения нити, справедливая для крутильно-мотального устройства с вращающимся прядильным кольцом. Все эти достижения позволяют повысить производительность кольцевой прядильной машины за счет ускорения частоты вращения веретен.

### **Рекомендации**

Материалы изложенные в данной диссертационной работе рекомендованы к дальнейшим научным исследованиям, лабораторным работам. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе в курсе «Прядение натуральных и химических волокон», «Методы и средства исследований», а также при выполнении научно-исследовательских дипломных проектов.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В настоящее время актуальность совершенствования кольцевого способа прядения возрастает, поскольку пути повышения производительности пневмомеханической прядильной машины, а также ассортимента выработанной пряжи этим способом практически утрачены. В России парк кольцевых прядильных машин на 80% состоит в основном из устаревшего отечественного оборудования, поэтому существует необходимость замены или усовершенствования его. Устройства и результаты, представленные в диссертации своевременны и в дальнейшем могут быть полезны для применения, а также модифицирования для последующего использования их в научных целях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проспект фирмы Schlafhors.[Электронный ресурс]-2015.-Режим доступа: <http://www.schlafhorst.oerlikontextile.com/en/start/>.
2. Привалов, А.С. Проблемы кольцевого способа прядения / А.С.Привалов, Л.Б. Рубенштейн // Текстильная промышленность.-М., 1989. -№4.- С.29.
3. Петрова, Е.А. Обзор направлений усовершенствования крутильно-мотальной пары кольцо-бегунок / Е.А.Петрова, Е.Я.Пигалёв // Юбилейный сборник научных трудов «Теория и практика процессов прядения». ИГТА. - Иваново, 2002. - С.64.
4. Пат. на полезную модель №128619 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>, D01H1/02. Узел вращающегося кольца текстильной машины / Охлопков Д.С., Столяров А.А. - Оpubл.03.05.11, Бюл.№8. - 2с.:ил
5. Пат. на полезную модель №129934 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>, D01H1/02. Узел вращающегося кольца прядильной машины / Охлопков Д.С., Столяров А.А. - Оpubл.21.12.11, Бюл.№12. - 2с.:ил
6. Беляев, Е.И. Влияние различных конструктивных параметров на динамические характеристики прядильно-крутильных веретен./ Е.И. Беляев // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности, 1970. -№ 2.- С.136- 139.
7. Гусев, И.В. Влияние вибрации кольцевой планки прядильной машины на обрывность Текст. / И.В.Гусев, М.М.Шукуров // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - М., 1973. - №1.- С.88.
8. Ерченко, П.Ф. Теория кольцевого ватера. / П.Ф.Ерченко // Известия общества содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности. - М., 1906.- №2,3.- С.23 - 25.

9. Характеристика прядильной машины F1520 [Электронный ресурс].-2013. - Режим доступа:  
<http://www.newmash.ru//> Кольцевая прядильная машина.
10. Фомченкова Л.Современное оборудование для прядильного производства. [Электронный ресурс]/ Фомченкова Л.-2012. - Режим доступа:  
[http://легпромбизнес.рф/index.php/component/content/article?id=401.](http://легпромбизнес.рф/index.php/component/content/article?id=401)
11. Шитова Т.И.Сборник научных тезисов. [Электронный ресурс]/ Шитова Т. .- 2013.-Режимдоступа:  
[http://www.msta.ac.ru/web2/naukan/sci\\_tech\\_info/izdat/konf2008/teh\\_d1\\_31.aspx.](http://www.msta.ac.ru/web2/naukan/sci_tech_info/izdat/konf2008/teh_d1_31.aspx)
12. Проспект фирмы Ритер. Кольцевые прядильные машины. [Электронный ресурс] - 2015. - Режим доступа:  
[http://www.rieter.com/G\\_35\\_ring\\_spinning\\_machine\\_brochure\\_2161-v2\\_ru\\_32462.](http://www.rieter.com/G_35_ring_spinning_machine_brochure_2161-v2_ru_32462)
13. Бархоткин, Ю.К.Способ натяжения нити на кольцевой прядильной машине в зоне бегунок – паковка/ Ю.К .Бархоткин, А.А.Столяров// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.-Иваново, 2003. - №5. - С. 28 - 31.
14. Вакс, Е.Э. Измерение натяжения нитей / Е.Э.Вакс// Лёгкая индустрия. - М., 1966.- С.43.
15. Вакс, Е.Э. Измерение натяжения нитей на машинах прядильного производства/Е.Э.Вакс, А.А. Мартиросов//в сборнике «Прядение». ЦНИИТЭИлегпром.-М.,1971, - №1, С.25-28.
16. Полякова, Д.А. Проблемы высокоскоростного прядения и их пути решения/ Д.А. Полякова // Текстильная промышленность. - М.,1993. - №3. - С. 5 - 8.
17. Плеханов, Ф.М. /Прядение: прошлое и настоящее/ Ф.М.Плеханов, А.Ф. Плеханов // Курс лекций - Иваново, 2000. - С.224.
18. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя. / В.И.Анурьев //В 3 - х т. 5- е изд. перераб. и доп. Машиностроение .- М., 1978. - С. 64.
19. Решетников, Я.Я. Современная концепция модернизации кольцепрядильных машин./ Я.Я. Решетников // Текстильная промышленность.- М.,1992. -№ 7.- С. 23-24.



20. Будников, В.И. О вероятности обрыва пряжи./В.И.Будников // Труды МТИ. Лёгкая индустрия. - М., 1969.- С.132.
21. Авроров, В.А. Использование кольцевых ограничителей баллона при выработке смешанной пряжи/ В.А. Авроров //Научно-исследовательские труды. ВНИИЛТекмаш. - М., 1978. - том 34.- С.76.
22. Григорьева, К.А. Развитие кольцевого прядения с использование вращающихся колец/ К.А.Григорьева, В.П.Аксман //Вопросы исследования новых способов прядения и конструирования машин прядильного производства. -М., 1985, С. 45 –53.
23. Травин, Г.М. Концепция совершенствования системы технической эксплуатации оборудования текстильной и лёгкой промышленности/ Г.М.Травин, Е.А.Грошевик // Проблемы регионоведения: Сборник статей, вып. 2. ИвГУ. - Иваново,1999. - С.274-277.
24. Сталдер, Х. Совершенствование кольцевого прядения. / Х. Сталдер // Textil Asia. Перевод №1595.- Пенза, 1983.- №7.- С.50-63.
25. Башков, А.П. Особенности современных кольцевых прядильных машин для хлопка / А.П. Башков // Каталог «В мире оборудования». - Иваново, 2004. - №10.- С.28.
26. Новые разработки НИИКИПмаш [Электронный ресурс]. - 2001.- Режим доступа:  
<http://prom.net.ru/info/389>.
27. Каган, В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин/ В.М. Каган //Легкая и пищевая промышленность. - М.,1984. - С.119.
28. Севостьянов, А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности / А.Г.Севостьянов. // Лёгкая индустрия. - М., 1982.- С. 186.
29. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента/ В.Б. Тихомиров //Легкая индустрия. - М.,1974.- С.174.

30. Фролов, В.Д. Технология и оборудование текстильного производства /Учебное пособие Ч. 1..// В.Д.Фролов, Г.В. Башкова, А.П. Башков // Производство пряжи и нитей. ИГТА. - Иваново, 2006. - С.243.
31. Мигушов, И.И. Монография «Механика текстильной нити и ткани»/ И.И. Мигушов// Лёгкая индустрия. - М., 1980.- С.160.
32. Кузнецов, Г.К. О возможности замены трения скольжения в паре бегунок-кольцо на трение качения / Г.К.Кузнецов, В.В. Курков, С.Н.Титов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2004. - №1. - С.82.
33. Рассказова, Е.А. Регулирование натяжения нити на кольцепрядильных машинах/ Рассказова Е.А.: дис. канд. техн. наук. - М., МТИ, 1971.С.152.
34. Пат. на изобретение №2202662 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>,D01H13/26. Динамометрическое веретено/ Бархоткин Ю.К., Столяров А.А.- Оpubл.20.04.03.
35. Осадчий, Е.П. Проектирование датчиков для измерения механических величин: Учебное пособие для вузов / Е.П.Осадчий и др. под ред. Е.П.Осадчего. Машиностроение.-М., 1979. – С.480.
36. Столяров А. А. Совершенствование технологических операций формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машины: дис. д.т.н./ Столяров А.А. - Иваново, 2006.- С.178.
37. Бадалов, К.И. Лабораторный практикум по прядению хлопка и химических волокон. / К.И.Бадалов, И.Г. Борзунов // Учебное пособие для студентов вузов текстильной промышленности. «Лёгкая индустрия» - М., 1978.-С.245.
38. Бархоткин Ю.К. Развитие теоретических основ и технологии получения пряжи на кольцевой прядильной машине: дисс. д.т.н/ Бархоткин Ю.К. Иваново, 2005.- С.146.
39. Павлов, Ю.В. Теория процессов, технология и оборудование прядения хлопка и химических волокон/ Ю.В.Павлов, А.Б. Шапошников, Плеханов, А.Ф. Минофьев А.А.// Учебник. ИГТА. – Иваново, 2000.- С.392.
40. Пат. на изобретение №62-134382 Япония, МКИ4, D 01 H 7/56. Вращающееся кольцо кольцевой прядильной машины /Ямагути Хироси .- Оpubл. 26.12.87.

41. Пат. на изобретение № 63-223249 Япония, МКИ5, D 01 H 7/56. Узел вращающегося кольца /Ямагути Хироси, Ямагути Масаси ; Ямагути Хироси, Кимуре Хироси //Кокай токконохо. Сер. 3(5) . - Оpubл.14.03.90.
42. Пат. на изобретение № 4760689 США, МКИ<sup>4</sup> D01 H 7/56. Вращающееся кольцо. Improvements in spinning ring assembly for textile twisting apparatus /Arce Raul O. - Оpubл. 02.08.88.
43. Пат. на полезную модель №209067 Российская Федерация, D01H7/54, D01H1/02. Пара кольцо – бегунок текстильной машины/ Курков В.В. - Оpubл.20.09.1997.
44. Пат. на полезную модель №116733. Российская Федерация, D01H1/06, D01H7/66. Способ кручения и наматывания пряжи/ Мовшович П.М., Мурзин О. В., - Оpubл.27.03.1998. - 2с.:ил.
45. Пат. на полезную модель №115783 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>, D01H1/02. Узел вращающегося кольца текстильной машины/ Столяров А.А., Охлопков Д.С., Столяров А.А. - Оpubл.28.12.12, Бюл.№10. - 2с.:ил.
46. ГОСТ 11031 - 76. Бегунки металлические для колец прядильных и крутильных машин. Технические условия/ Изд.официальное Е. -М.,1978.- С.9.
47. ГОСТ 3608 - 78(СТ СЭВ 4984 - 85). Кольца прядильных и крутильных машин/ Изд. официальное Е. - М.,1978.- С.3.
48. Бегунки пластмассовые для колец прядильных и крутильных машин [Электронный ресурс].- Режим доступа:  
<http://www.mez1.ru/product-rig-begunki.html>.
49. Щедров, В. С. Основы механики гибкой нити/ В. С. Щедров// Машгиз. -М., 1961.- С. 172.
50. Щербаков, В.П. Прикладная механика нити/ В.П. Щербаков// РИО МГТУ им. Н.А.Косыгина. - М., 2001- С.300.
51. Слесарева, С.П. Влияние радиуса намотки на натяжение нити на кольцепрядильных машинах/С.П.Слесарева// Реферативный сборник «Прядение»: ЦНИИТЭИЛегпром - 1971, -№2.- С.243.

52. Ефремов, Е. Д. Основы теории наматывания нити на паковку/ Е. Д. Ефремов, Б. Д. Ефремов// Легкая и пищевая промышленность. - М., 1982. - С.143.
53. Ефремов Е.Д. Движение нити в процессе её наматывания на паковку/ Дисс. д. т. н./ Е.Д. Ефремов// ЛТИ- Л.,1971.- С.152.
54. Щербаков В.П. Баллонирование и натяжение на кольцевых прядильных машинах/ В.П.Щербаков, А.П. Болотный// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности,2009.-№1. - С.116-121.
55. Патент на полезную модель № 2421557 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>, D01H1/02.// Крутильно-мотальное устройство текстильной машины/ Столяров А.А., Павлов Ю.В., Столяров А.А. - Оpubл.12.05.13, Бюл.№17. - 2с.:ил.
56. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов/ И.Н.Бронштейн, К.А. Семендяев// Наука.М.,1986. – С.544.
57. Буданов, К.Д. Прядильные машины/К.Д. Буданов// Учебное пособие. Машиностроение. М., 1975. - С.390.
58. Охлопков Д.С. Исследование крутильно-мотального механизма с вращающимся прядильным кольцом./Охлопков Д.С., Столяров А.А. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2012.- № 6.-С.51-52.
59. Охлопков Д.С. Крутильно-мотальное устройство текстильной машины./ Д.С.Охлопков, А.А. Столяров // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2011.- № 4.- С. 51 – 53.
60. Патент на полезную модель №103809 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>, D01H1/02. Узел вращающегося кольца прядильной машины/ Охлопков Д.С., Столяров А.А. - Оpubл.13.05.13, Бюл.№18. - 2с.:ил.
61. Иванова, М.И. Формирование пряжи./ М.И. Иванова// Учебное пособие для вузов / ЦНИИТЭИЛегпром. М., 1971.- С.32.
62. Морозов, К.Н. Базисное регулирование натяжения нити на прядильных машинах/ К.Н.Морозов // «Механика и энергетика». ЦНИИТЭЛегпром. - М., 1959. - С. 15.

63. Меркин, Д.Р. Введение в механику гибкой нити. / Д.Р. Меркин // Главная редакция физико-математической литературы. Наука. -М., 1980. - С. 240.
64. Патент СССР. SU 1130750 А (Ивановский Орден Трудового Красного Знамени текстильного института им. М.В. Фрунзе). Оpubл. 23.12.1984.
65. ГОСТ 8338 - 75. Подшипники шариковые радиальные однорядные/ Основные размеры. С.7.
66. Попов Э.А. Погрешность геометрии подшипников и динамика веретен./ Попов Э.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1978. - № 4. С.124 - 127.
67. Охлопков Д.С. Крутильно-мотальное устройство текстильной машины./ Охлопков Д.С., Столяров А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2013.- № 4. С. 56 – 58.
68. Патент на полезную модель 2485226 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> D01 Н13/26. Устройство для измерения натяжения нити между бегунком и паковкой кольцевой прядильной машины/ Столяров А.А.- Оpubл.20.06.13, Бюл.№17. - 2с.:ил.
69. Столяров, А. А. Разработка технологии формирования пряжи повышенной прочности в условиях высокоскоростного кольцепрядения: дис. ...д.т.н./ Столяров Анатолий Александрович - Иваново, 2012.
70. Основные причины обрывности нитей на кольцепрядильных машинах Сборник «Текстильная и трикотажная промышленность» - М.: ЭИВИНИТИ, 1969г.-№34.- реф.215.
71. ОСТ 17 - 96 - 86 Пряжа хлопчатобумажная и смешанная суровая кардная и гребенная одиночная для ткацкого производства. Технические условия. ОКП 90 1010.
72. Проталинский, С.Е. Натяжение и крутка пряжи при ее формировании./ С.Е. Проталинский, Л.С. Ильин, С.Л. Смирнов //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2002. - № 4 – 5.- С.56.

73. Ицкович, А.А. Обоснование программ технического обслуживания и ремонта машин. / А.А.Ицкович // Знание. -М., 1983. - С. 118.
74. Широков, В.П. Справочник по хлопкопрядению / В.П.Широков // Лёгкая и пищевая промышленность. - М., 1985. - С. 472.
75. Травин, Г. М. Организация технического обслуживания и ремонта текстильных машин в условиях комплексной автоматизации. / Г. М. Травин, В.М.Журавков, С.Ю Щелкунов// Легпромбытиздат.- М., 1989. - С. 40.
76. Курилко, В.Н. Исследование баллонирования нити: автореферат дис. канд. техн. наук / В.Н. Курилко М., МТИ, 1970.
77. Шапошников А.Б. Влияние формы баллона на условия формирования пряжи / А.Б. Шапошников, А.А. Минофьев // Межвузовский сборник научных трудов ИвТИ - Иваново, 1991.- С.82.
78. Чистобородов, Г.И. О влиянии формы поверхности баллона на натяжение нити/ Г.И.Чистобородов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности- Иваново, 2001.- №4- С. 56.
79. Плотникова, Л.А. Метод определения влияния натяжения нити и его дисперсии на вероятность обрыва в прядении / Л.А.Плотникова, К.И. Бадалов // Сборник изд. МВ ССО УССР, 1973. - С. 274.
80. Плотникова, Л.А. Исследование натяжения нити и его дисперсия на кольцевых прядильных машинах: дисс. к.т.н./ Л.А. Плотникова - М., МТИ, 1976. - С. 43.
81. Критерий Стьюдента [Электронный ресурс]. - 2015.- Режим доступа: <http://math.semestr.ru/corel/student.php>

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер

ООО «Ветка - Текстиль»

Косарева Л.И.

10 декабря 2013г.



## АКТ

о проведении научно-исследовательской работы

Мы нижеподписавшиеся, представители ООО «Ветка-Текстиль» с одной стороны, и представители Текстильного института Ивановского государственного политехнического университета – с другой, подтверждаем, что в период со 2 сентября 2013г. по 10 декабря 2013г. проведена научно-исследовательская работа по исследованию технологической эффективности применения нового крутильно-мотального устройства (Патенты на полезную модель Российской Федерации № 128619, №103809 «Узел вращающегося кольца прядильной машины», №129934 «Устройство вращающегося кольца прядильной машины», авторы: Охлопков Д.С., Столяров А.А.), на кольцевых прядильных машинах в условиях прядильного производства ООО «Ветка-Текстиль» (г. Кинешма, Ивановской области).

Использование усовершенствованного крутильно-мотального устройства с вращающимся прядильным кольцом на машинах П-66-5М при выработке пряжи линейной плотности 15,4 Текс позволило за счёт увеличения скоростного режима работы прядильных машин повысить производительность оборудования на 18-20%.

От предприятия:

Начальник отдела контроля качества Смирнова Н.Л.Смирнова

Начальник технического отдела Волкова Н.Н.Волкова

От Текстильного института ИВГПУ:

Профессор кафедры ТТИ, д.т.н. Столяров А.А.Столяров

Аспирант кафедры ТТИ Охлопков Д.С.Охлопков

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер  
ООО «Ветка - Текстиль»  
Косарева Л.И.  
10 августа 2013г.



### ТЕХНИЧЕСКИЙ АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы нижеподписавшиеся, представитель ООО «Ветка-Текстиль» (г. Кинешма, Ивановской области) с одной стороны, и представители Текстильного института Ивановского государственного политехнического университета – с другой, составили настоящий акт о том, что использование нового крутильно-мотального устройства (Патент на полезную модель Российской Федерации №129934 «Устройство вращающегося кольца прядильной машины», авторы: Охлопков Д.С., Столяров А.А.) на кольцевых прядильных машинах П-66-5М привело к следующим результатам:

- производительность прядильной машины повысилась на 20%;
- обрывность пряжи снизилась на 15,5%;

Расчётный экономический эффект от модернизации прядильных машин П-66-5М составил 495 рублей на 1 тонну пряжи линейной плотности 15,4 текс.

От предприятия:

Начальник отдела контроля  
качества Смирнова Н.Л.Смирнова

Начальник технического отдела

Волкова Н.Н.Волкова

От Текстильного института ИВГПУ:

Профессор кафедры ТТИ, д.т.н.  
Столяров А.А.Столяров

Аспирант кафедры ТТИ

Охлопков Д.С.Охлопков





# ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 129934

## УСТРОЙСТВО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Патентообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ивановская государственная текстильная академия" (ИГТА) (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013106046

Приоритет полезной модели **12 февраля 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **10 июля 2013 г.**

Срок действия патента истекает **12 февраля 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 103809

**УЗЕЛ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА ПРЯДИЛЬНОЙ  
МАШИНЫ**

Патентообладатель(и): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ивановская государственная текстильная академия" (ИГТА) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010149197

Приоритет полезной модели 30 ноября 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 27 апреля 2011 г.

Срок действия патента истекает 30 ноября 2020 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам*



Б.И. Симонов

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 128619

**УЗЕЛ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА ПРЯДИЛЬНОЙ  
МАШИНЫ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ивановская государственная текстильная академия" (ИГТА) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012153745

Приоритет полезной модели 12 декабря 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 27 мая 2013 г.

Срок действия патента истекает 12 декабря 2022 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

Б.П. Симонов

