

На правах рукописи

КОРОЛЕВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДОВ РОТАЦИОННЫХ
РЕМИЗОПОДЪЕМНЫХ КАРЕТОК**

05.02.13 – машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА – 2014

Работа выполнена на кафедре «Технологические машины и оборудование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Терентьев Владимир Ильич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Проталинский С.Е. профессор кафедры
теории механизмов и машин, ДМ и ПТМ
ФГБОУ ВПО «Костромской
государственный технологический
университет»

Ведущая организация: кандидат технических наук, доцент
Озерский О.Н. ведущий технолог ФГБУН
института проблем механики им. А.Ю.
Ишлинского РАН
Открытое акционерное общество
«Центральный научно-исследовательский
институт технологической оснастки
текстильного оборудования», (ОАО
ЦНИИМашдеталь)

Защита диссертации состоится «30» марта 2015 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета **Д.212.144.03** при ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Отзыв на автореферат просьба направлять в двух экземплярах по вышеуказанному адресу ученому секретарю диссертационного совета **Д.212.144.03.**

Автореферат разослан «__» _____ 2015 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук

Е.В. Андреенков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Современные рапирные и струйные (пневматические и гидравлические) ткацкие машины имеют скоростной режим от 500 до 1100 об/мин главного вала. Для расширения ассортиментных возможностей скоростных ткацких машин используются ротационные ремизоподъемные каретки зарубежных производителей. Каретки отечественного производства предназначены для ткацких машин типа СТБ, частота вращения главного вала которых не превышает 350 об/мин.

Четкость и надежность переключения программы перемещения ремизок в соответствии с заданным рисунком переплетения основы и утка в ткани зависит от цикловой диаграммы и закона вращения главного вала (ротора) каретки, который предусматривает уменьшение скорости в период переключения программы. Данную функцию выполняет специальный привод ротора, который у кареток ВНИИЛТЕКМАШа, в том числе КРУ-20, имеет многозвенную структуру, в результате накопленных в ней зазоров, искажающую заданную цикловую диаграмму.

В предлагаемой диссертационной работе предполагается на основе исследования и анализа существующих конструкций привода ротора каретки предложить методику его проектирования с использованием сплайн-функции, исходные данные для которой основаны на расчете координат положений нитей основы, которые зависят от величины зазоров между нитями основы и прокладчиками уточных нитей.

Проектирование по данной методике упрощает механизм привода ротора каретки, за счет исключения из его схемы дифференциального механизма сложения скоростей главного вала станка и ведомого звена дифференциала, что позволит создать конструкцию ротационной ремизоподъемной каретки, способной обеспечить высокую производительность ткацких машин.

Цель работы и задачи исследования. На основе разработанной методики спроектировать конструктивную схему привода ротационной ремизоподъемной каретки, способную обеспечить высокую

производительность ткацкой машины на скоростях 500 об/мин и более главного вала.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие основные задачи:

1. Определение критериев оценки технико-экономического уровня современных ткацких машин.
2. Анализ конструкций приводов ротационных кареток.
3. Разработка классификации механизмов ремизного движения и механизмов переключения программы узорообразования (механизма рисунка) вырабатываемых тканей.
4. Разработка методики определения координат положений нитей основы в процессе зевобразования для создания их условного выстоя в период прокладывания утка и переключения программы механизма рисунка.
5. Расчет закона движения ремизок по расчетным координатам с использованием сплайн-функции. Построение профиля кулачков привода по данному закону.
6. Разработка эксплуатационных требований к механизмам образования зева и ротационным кареткам в частности.
7. Разработка цикловой диаграммы ротационных ремизоподъемных кареток.
8. Кинематический и силовой анализ привода ротационной ремизоподъемной каретки.
9. Кинематический и силовой анализ механизма ремизного движения ротационной каретки.
10. Кинематический и силовой анализ механизма рисунка ротационной ремизоподъемной каретки.
11. Анализ конструкций ремизок с демпфирующими устройствами и разработка усовершенствованной конструкции ремизной рамки.

Объект и методика исследования. Объектом исследования является привод ротационной ремизоподъемной каретки. При проведении теоретических

исследований использовались методы теории машин и механизмов, аналитической и вычислительной математики и компьютерного моделирования в среде MathCad с использованием встроенных числовых методов. Экспериментальные исследования выполнены в МГУДТ на кафедре «Технологические машины и оборудование» на опытном образце ротационной каретки. Достоверность полученных результатов обусловлена логической непротиворечивостью и аргументированностью доказательств, обоснованным использованием законов физики и математики при моделировании исследуемых процессов, удовлетворительным соответствием полученных расчетных результатов с экспериментальными данными.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые разработаны:

- методика проектирования привода ротационной каретки в виде кулачково-рычажного механизма, профиль кулачка которого спроектирован с использованием сплайн-функции;
- методика расчета координат положений нитей основы, при прохождении через которые они в процессе образования зева не контактируют с прокладчиками утка, что исключает обрывность нитей основы;
- цикловая диаграмма работы предлагаемого привода ротационной каретки;
- методика кинематического и силового анализа механизмов привода и ремизного движения ротационной каретки;
- эксплуатационные требования к скоростным ротационным кареткам;
- методика расчета демпфирующих устройств для ремизных рамок.

Практическая значимость и реализация результатов. На основе анализа конструкций современных ротационных ремизоподъемных кареток определены направления проектирования их приводов.

Методика проектирования привода ротационных кареток с использованием сплайн-функции на основе координат положений нитей основы в процессе зевообразования, исключая их контакт с прокладчиками утка, позволила разработать конструкцию привода без сложного дифференциального механизма.

Предлагаемый привод можно рекомендовать для модернизации ротационных кареток КРУ-20, серийно выпускаемых ОАО «Текстильмаш», г. Чебоксары, что позволит уменьшить затраты на их производство, увеличить производительность за счет повышения скоростного режима в 500 об/мин и выше.

Анализ демпфирующих устройств ремизных рамок по патентным материалам показал их сложность и недостаточную эффективность. Предложена конструкция пружинного демпфера, уменьшающая колебания галевоносителя, простая в реализации и способная найти применение на скоростной ткацкой машине СТБУ1-180.

Разработанные в диссертации технические предложения и методика проектирования привода скоростных ротационных кареток предполагается передать для практической реализации ОАО «Текстильмаш».

Апробация результатов работы. Основные положения работы доложены и получили положительную оценку на:

– на семинарах кафедры «Технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВПО «Московского государственного университета дизайна и технологии»;

– на Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль — 2012). М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина;

– на Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности 2013». М.: МГУДТ;

– на Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс – 2013). ИВГПУ, Иваново;

– на научно-практической конференции аспирантов университета на иностранных языках. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2012 г.

Реализация результатов осуществлена в учебном процессе и в планах НИР кафедры «Технологические машины и оборудование» Московского государственного университета дизайна и технологии, в предложениях по формированию программ НИР и ОКР для текстильных фабрик и машиностроительных предприятий, при эксплуатации и модернизации бесчелночных ткацких машин, оснащенных ротационными ремизоподъемными каретками.

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах из перечня ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, приложений и библиографии из 58 наименований, изложенных на 159 страницах машинописного текста, из которых 19 страниц занимают приложения, и включает 79 рисунков и 20 таблиц.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследований, отмечены научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе представлен обзор научно-технической литературы по вопросам исследования и проектирования ротационных ремизоподъемных кареток ткацких машин.

Указанной тематике посвящены работы Малышева А. П., Талавашека О., Сватых В., Торицына С.В., Терентьева В.И. и других авторов. Отмечается, что данные работы не полностью решают поставленную задачу для современных высокоскоростных ткацких машин.

Рассмотрены конструкции приводов ротационных ремизоподъемных кареток фирм Staubli (Швейцария), Zangs (Германия), привод некруглыми колесами и другие. Определено, что в настоящее время принятым направлением проектирования приводов ротационных кареток являются кулачково-дифференциальные механизмы, которые значительно усложняют

конструкцию каретки и ограничивают ее скоростной режим. Поэтому целесообразна разработка привода ротационной ремизоподъемной каретки с условным выстоем главного вала за счет применения кулачкового привода, спроектированного с использованием сплайн-функции.

Приведены критерии для оценки технико-экономического уровня современных ткацких машин с различными способами прокладки утка и этапы, в процессе которых они определяются.

Анализ приведенных критериев, оценивающих технико-экономические показатели современных ткацких машин, подтверждает необходимость проектирования высокоскоростных ротационных кареток с приводом указанной конструкции.

Во второй главе предложены качественные и количественные конструктивно-технологические параметры оценки технического уровня зевобразовательных механизмов, которые позволили определить недостатки отечественных ротационных ремизоподъемных кареток, ограничивающие их скоростной режим.

Разработаны эксплуатационные требования к зевобразовательным механизмам с использованием факторного анализа, которые могут быть включены в техническое задание на проектирование кулачковых механизмов образования зева и ротационных ремизоподъемных кареток.

С помощью анализа разработанной причинно-следственной диаграммы выявлены наиболее значимые вероятные причины брака при выработке ткани с использованием ротационных кареток: нарушение заданного рисунка переплетения, высоты и чистоты зева. Для исключения возможного нарушения заданного рисунка переплетения необходимо оптимизировать механизм обратной связи между фактическим и заданным положениями ремизки.

Выполнен сравнительный анализ циклограмм ротационных кареток конструкции ВНИИЛТЕКМАШа и МГТУ им. А.Н. Косыгина и ОАО «Текстильмаш», который показал, что в обе конструкции заложена возможность обеспечения условного выстоя ремизок в течение 90-95° поворота

главного вала ткацкой машины, что достаточно для надежной прокладки утка в зеве при скоростном режиме до 500 прокидок утка в минуту.

В третьей главе разработаны методики экспериментальных исследований кинематических и силовых параметров привода и механизма ремизного движения ротационной ремизоподъемной каретки.

Анализ полученных экспериментальных данных позволил определить фактическую цикловую диаграмму ротационной ремизоподъемной каретки, из которого следует, что:

- указанные механизмы обеспечивают условный выстой ремизок в пределах от 80° до 140° поворота главного вала, способствуя надежной прокладке утка через зев. Оптимальной величиной выстоя ремизок для ткацких машин типа СТБ является 95° - 110° из требований кинематики и динамики процесса зевобразования. Для скоростных ткацких машин с другими принципами прокладки утка условный выстой должен быть увеличен до 130° - 140° главного вала;
- характер изменения нагрузок на нити основы, определенный с помощью тензогалев, соответствует закону движения ремизок и зависит от длительности условного выстоя ремизок. Среднее натяжение одиночной нити основы при образовании нижней части зева составляет 0,27 Н, а при образовании верхней части зева – 0,3 Н;
- минимальные нагрузки на выходное звено ротационной каретки имеют место при коэффициентах уменьшения скорости 0,4 и 0,5.

Выполнен сравнительный кинематический анализ ротационной ремизоподъемной каретки, у которой ускорение ротора описывается кусочно-гладкой кривой, гармонической по концам, наклонной прямой и наклонной синусоидой. Уравнения ускорений ротора по участкам для кусочно-гладкой кривой представлены в виде: 1-ый участок: $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}$, $\varepsilon_1 = 16 \frac{\zeta}{7} \omega_0^2 \sin 4\theta$ (1); 2-ой участок: $\frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{7\pi}{4}$, $\varepsilon_2 = 0$ (2); 3-ий участок, $\frac{7\pi}{4} \leq \theta \leq 2\pi$, $\varepsilon_3 = 16 \frac{\zeta}{7} \omega_0^2 \sin 4 \left(\theta - \frac{7\pi}{4} \right)$ (3).

Анализ полученных кривых ускорений ротора каретки показывает возможность применения закона движения ротора каретки, синтезированного по кусочно-гладкой кривой, гармонической по концам для ротационных ремизоподъемных кареток ткацких машин со скоростным режимом до 500 об/мин главного вала (рис.1).

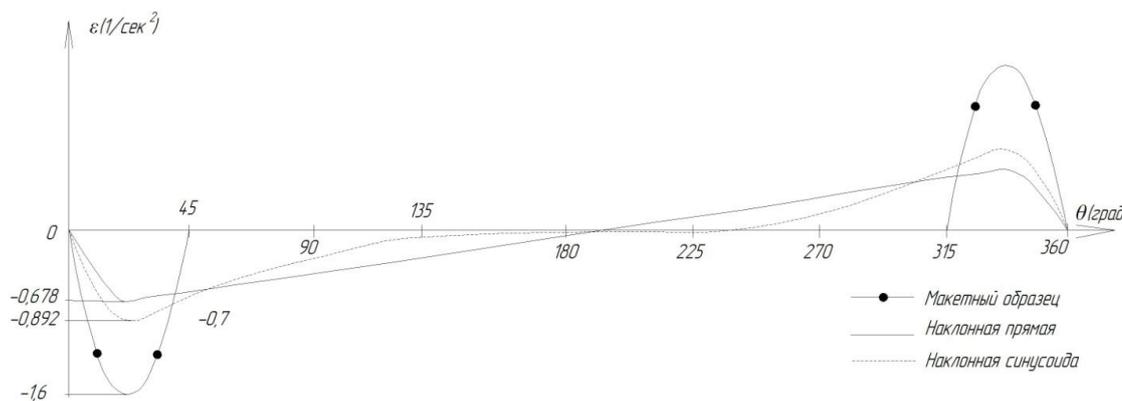


Рис. 1 Кривые изменения ускорения ротора каретки

Разработаны классификации:

- механизмов ремизного движения. Данная классификация позволяет обосновать выбор механизма ремизного движения для конкретной модели ткацкой машины;
- типов механизма переключения фиксаторов механизма рисунка ремизоподъемных кареток. Данная классификация показывает направление повышения скоростных режимов и надежности кареток: уменьшение момента инерции фиксаторов, использование пружинной нагрузки для их перемещения.

Обоснован принцип пружинного переключения планетарных муфт по критериям быстродействия и энергоемкости. Время срабатывания фиксатора определено из анализа уравнения его движения в период разрядки пружины 2 (рис.2) в виде

$$M_{и} + M_{y} = 0, \quad (4)$$

где $M_{и}$ – момент инерции фиксатора; M_{y} – упругий момент пружины

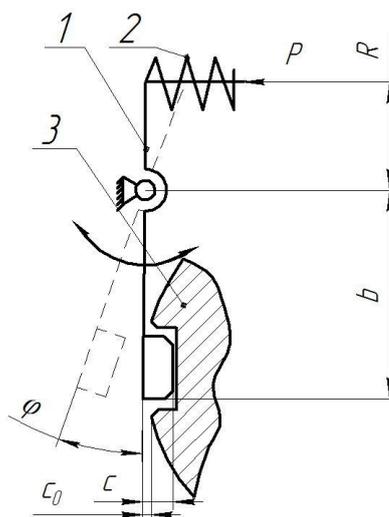


Рис. 2 Схема для определения времени срабатывания фиксатора, где: 1- фиксатор, 2 – пружина сжатия, 3 – ротор каретки с пазом для фиксации.

В результате решения уравнения (4) получена зависимость для определения времени срабатывания фиксатора (5).

$$T = \frac{\pi}{2k}, \quad (5)$$

где $k = \sqrt{\frac{CR^2}{\varphi}}$, C – коэффициент жесткости пружины фиксатора.

Время срабатывания фиксатора составляет 0,001 с, что существенно меньше времени условного выстоя ротора каретки.

Оценка энергоемкости выполнена на основе определения мощности по преодолению сил трения между фиксаторами и дисками планетарных муфт. Средние за цикл потери мощности на трение фиксаторов равны 68,5 Вт. Ожидаемая энергоемкость каретки на 20 ремизок не превышает 500 Вт.

В четвертой главе на основе анализа цикловых диаграмм зевообразовательного, боевого и батанного механизмов (рис. 3) разработана методика определения координат положений нитей основы в период прокладки утка на скоростной пневматической ткацкой машине, оснащенной ротационной ремизоподъемной кареткой.

Рассчитаны координаты положений нитей основы в процессе прокладки утка, которые использованы для проектирования закона движения ремизок с применением сплайн-функции.

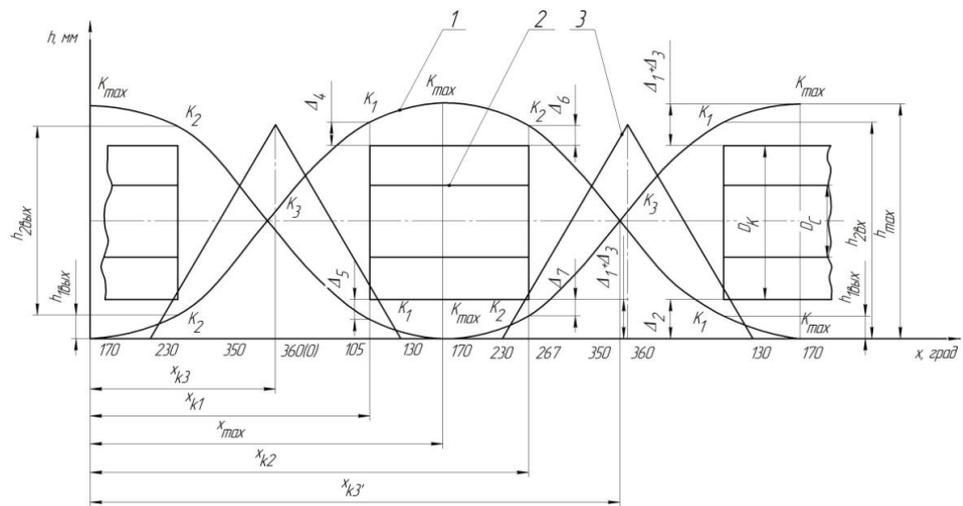


Рис. 3 Цикловые диаграммы механизмов пневматической ткацкой машины: 1 – зевообразовательного, 2 - боевого, 3 - батанного.

С помощью расчетной программы в среде MathCad определены кинематические параметры перемещения ремизок по закону кубического сплайна, которые обеспечивают надежное прокладывание уточной нити в зеве скоростной ткацкой машины (рис. 4, 5, 6). Получены рабочий и эквидистантный профили кулачка и разработана программа для изготовления кулачка на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ.

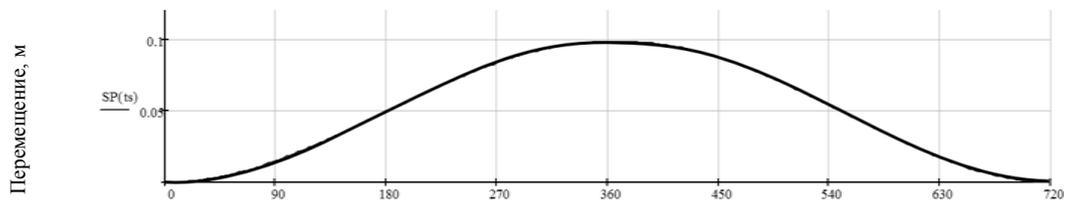


Рис. 4 Перемещение ремизки

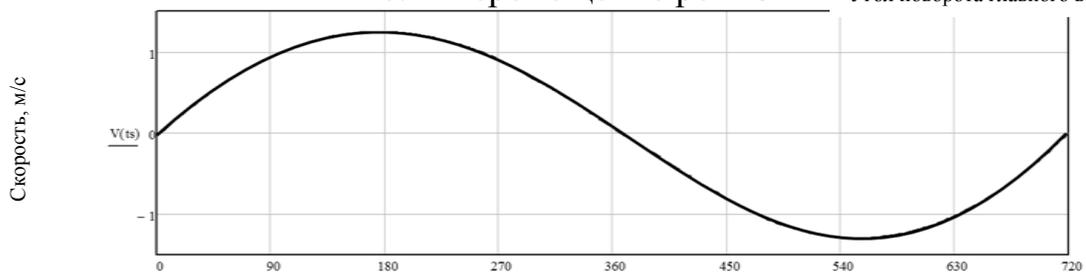


Рис. 5 Скорость ремизки

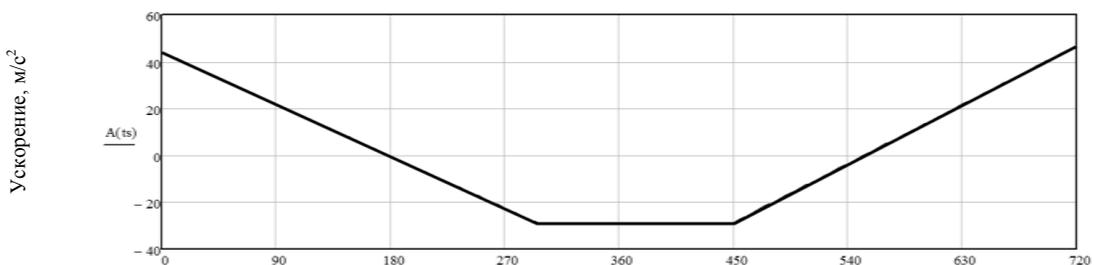


Рис. 6 Ускорение ремизки

Предложена кинематическая схема ротационной каретки с кулачковым приводом (рис.7), профиль кулачка которого спроектирован по закону кубического сплайна вида $f(x)=Ax^3+Bx^2+Cx+D$, которая существенно упрощает конструкцию каретки и способна обеспечить условный выстой ремизок в течение 140° поворота главного вала ткацкой машины, что соответствует скоростному режиму свыше 500 об/мин.

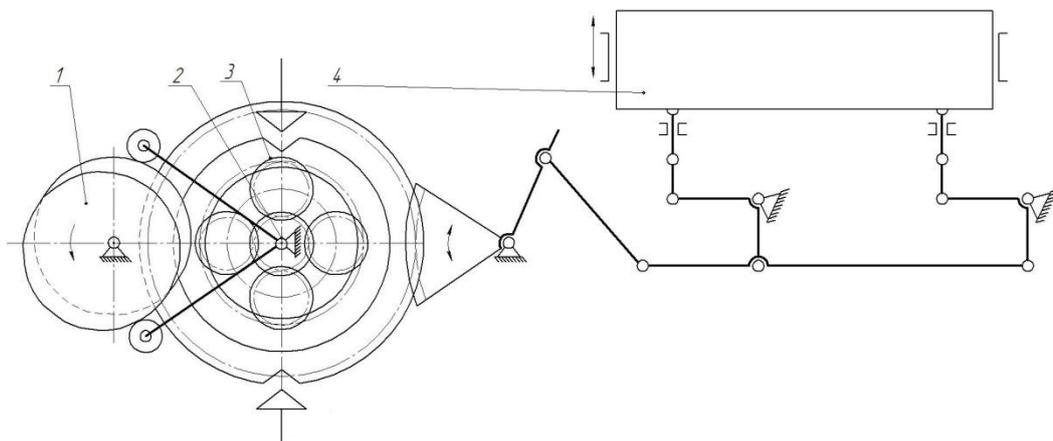


Рис. 7 Схема предлагаемого привода ротационной ремизоподъемной каретки: 1 – кулачки привода, 2 – ротор каретки, 3 – муфта переключения программы рисунка, 4 - ремизка

Для сравнения эффективности конструкции предлагаемого привода и существующих приводов рассчитаны графики максимальной скорости ремизок, задаваясь угловой скоростью главного вала ткацкого станка 1 сек^{-1} . Из них следует, что в предлагаемой схеме привода главного вала каретки максимальная скорость ремизок в 3,2 раза меньше, чем у ножевой каретки СКН-14(18), в 2,4 раза – чем у кулачкового привода ремизок станка СТБ, а в 2,1 раза – чем у ремизоподъемной каретки с кулисно-дифференциальным приводом.

В пятой главе рассмотрена проблема совершенствования ремизок высокоскоростных ткацких машин. В результате экспериментальных исследований выявлено значительное увеличение числа возмущающих воздействий на нити основы из-за зазоров в системе галевоносители-галевонити основы, что вызывает необходимость разработки эффективных демпфирующих устройств.

В главе рассмотрены основные способы демпфирования галев при скоростном ткачестве. Показано, что рассмотренные конструкции не способны демпфировать колебания, амплитуда которых превышает величину зазора между проушинами галева и планкой галевоносителя.

Предложена конструкция ремизной рамки с демпфером (рис. 10), устраняющая данный недостаток, которая защищена патентом на полезную модель и разработана методика расчета пружинных демпферов для ремизных рамок.

Выводы

1. Разработаны: качественные и количественные конструктивно-технологические параметры оценки технического уровня зевообразовательных механизмов, эксплуатационные требования к зевообразовательным механизмам с использованием факторного анализа.

2. Выполнен анализ конструкций приводов ротационных кареток, позволяющих создать условный выстой ремизок для получения надежной прокладки уточных нитей и для переключения программы узоробразования.

3. Разработаны методики экспериментальных исследований кинематических и силовых параметров механизма ремизного движения и механизма рисунка ротационной ремизоподъемной каретки.

4. Анализ полученных экспериментальных данных показывает:
- указанные в п.3 механизмы обеспечивают необходимый условный выстой ремизок в пределах от 80° до 140° поворота главного вала ткацкой машины;
- минимальные нагрузки на выходное звено ротационной каретки имеют место при коэффициентах уменьшения скорости 0,4 и 0,5.

5. Разработаны классификации механизмов ремизного движения и переключения фиксаторов механизма рисунка.

6. Обоснован принцип пружинного переключения планетарных муфт по критериям быстродействия и энергоемкости. Показана его эффективность при скоростном режиме ткацкой машины более 600 об/мин главного вала.

7. В соответствии с разработанной методикой определены координаты положений нитей основы в процессе образования, которые использованы для проектирования закона движения ремизок с применением сплайн-функции.

8. Предложена конструктивная схема ротационной каретки с усовершенствованным приводом, которая способна обеспечить условный выстой ремизок в течении 140° поворота главного вала ткацкой машины, что соответствует скоростному режиму 500 об/мин и выше.

9. Экспериментально подтверждено значительное увеличение числа возмущающих воздействий на нити основы из-за зазоров в системе галевоносители-галева-нити основы.

10. Предложена конструкция ремизки с пружинным демпфированием системы галев, защищенная патентом на полезную модель, и методика расчета демпферов для ремизной рамки на основе пружин растяжения-сжатия.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях:

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Королев А.Н. Терентьев В.И. Исследование натяжения основы на скоростном ткацком станке.// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012, №3, с. 100–101.

2. Королев А.Н. Терентьев В.И. Разработка эксплуатационных требований к механизмам образования зева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012, №6, с. 124–125.

3. Королев А.Н. Терентьев В.И. Исследование привода ротационной ремизоподъемной каретки// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013, №5, с. 109–112.

4. Королев А.Н. Терентьев В.И. Исследование и расчет кинематических и силовых факторов механизмов образования зева пневматических ткацких машин // Дизайн и технологии. 2013, №35, с. 75–81.

В других изданиях:

5. Королев А.Н. Терентьев В.И. Классификация приводов ротационных ремизоподъемных кареток// Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2012): тезисы докладов. Часть 2. М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012. С. 11.

6. Королев А.Н. Терентьев В.И. Анализ механизмов переключения программы зевобразования ротационных ремизоподъемных кареток// Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности»: тезисы докладов. М.: ФГБОУ ВПО МГУДТ, 2013. с. 192-193.

7. Королев А.Н. Терентьев В.И. Влияние изменения масс звеньев на реакцию в паре кулачок-ролик зевобразовательного механизма ткацкого станка// «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс – 2013): сборник материалов международной научно-технической конференции. Часть 2. ИВГПУ, Иваново, 2013. с.173-174.

8. Королев А.Н., Новикова Н.В., Терентьев В.И. The issues of modern weaving looms healds// Научно-практическая конференция аспирантов университета на иностранных языках: тезисы докладов. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2012, с. 13.

9. Королев А.Н., Терентьев В.И. Применение дифференциальных механизмов в приводах скоростных ротационных кареток// Сборник научных трудов аспирантов, выпуск 19. М.: ФГБОУ ВПО МГУДТ, 2013. С.236-241.

10. Патент на полезную модель №134537 (заявка 2013127595/12 от 18.06.2013) Ремизная рамка ткацкой машины. Королев А.Н., Терентьев В.И. МПК D03C9/06. Приоритет от 18.06.2013.