

На правах рукописи

Гаврилов Алексей Николаевич



**ИССЛЕДОВАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
РЫЧАЖНО-СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ РЕМИЗНОГО
ДВИЖЕНИЯ ТКАЦКИХ МАШИН**

Специальность 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы
(легкая промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» на кафедре «Технологические машины и оборудование».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Хозина Елена Николаевна

Официальные оппоненты: кандидат технических наук, доцент
Озерский Олег Николаевич, ведущий технолог
ФГБУН института проблем механики
им. А.Ю. Ишлинского РАН

доктор технических наук
Рудовский Павел Николаевич, профессор, и.о.
заведующего кафедрой «Инженерной графики,
теоретической механики и прикладной механики»,
ФГБОУ ВПО «Костромской государственной
Технологический университет»

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Центральный
научно-исследовательский институт
технологической оснастки текстильного
оборудования», (ОАО «ЦНИИМашдеталь»)

Защита состоится «27» июня 2014 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.03 при ФГБОУ ВПО «Московском государственном университете 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 «26» мая 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат технических наук



Е.В. Андреев

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Высокоскоростная ткацкая машина (ТМ) с микропрокладчиком уточной нити типа СТБ(У) предназначена для выработки широкого ассортимента тканей. Опыт эксплуатации ТМ типа СТБ(У) выявил недостатки в работе отдельных механизмов, в частности, зевообразующего. Зевообразующий механизм (ЗОМ) осуществляет первую фазу рабочего процесса ткачества. Он представляет собой многозвенный кулачково-рычажный механизм, состоящий из большого числа (до 24) параллельно работающих звеньев. От работы ЗОМа зависит качество вырабатываемой ткани и производительность ТМ. Кроме того надежность и работоспособность ЗОМа является определяющим фактором функционирования остальных тканеобразующих механизмов ТМ. Конструктивно ЗОМ ТМ состоит из двух механизмов: механизма привода, обеспечивающего заданный технологический закон, и передаточного механизма, приводящего в движение ремизные рамы (МРД) и, тем самым, обеспечивающего требуемые технологические параметры зева. Основная функция МРД – осуществлять передачу движения к ремизной раме с ремизками с минимальным искажением закона перемещения. Кроме того механизм привода должен преодолевать значительные инерционные и технологические нагрузки. Как к приводу, так и к МРД должны предъявляться жесткие требования. Для удовлетворения всех требований, предъявляемых к ЗОМ, необходимо провести его усовершенствование, поэтому диссертационная тема «Исследование и усовершенствование рычажно-стержневых систем ремизного движения ткацких машин» является актуальной.

Цель и задачи исследования. Исследование и усовершенствование рычажно-стержневой системы, приводящей в движение ремизные рамы ТМ типа СТБ(У), с целью обеспечения заданного закона движения ремизок, снижения инерционных и технологических нагрузок, расширения ассортиментных возможностей ТМ, а также повышения ее производительности.

Исследования проводились по следующим основным направлениям:

- обобщение опыта проектирования ЗОМов, полученного предыдущими исследователями;
- классификация ЗОМов по количеству групп Ассура и избыточных связей, степени подвижности и передаточным отношениям;
- рассмотрение взаимодействия нити основы с глазком галева и выявление его влияния на движение ремизки;
- оценка влияния избыточных связей псевдоплоского механизма привода ремиз;
- разработка методики распределения общего передаточного отношения по всем ступеням механических передач для мультипликатора и редуктора;
- исследование влияние типоразмеров ремизных рам, галев и галевоносителей на процесс зевобразования;
- кинестатический анализ ЗОМа с учетом технологических и инерционных нагрузок;
- разработка новой кинематической схемы рычажно-стержневой системы и модернизация узлов и деталей ЗОМа для ТМ типа СТБ и СТБУ;
- динамическое исследование ЗОМа.

Объект и методика исследования. За объект теоретического исследования принят зевобразующий механизм ТМ. При проведении теоретических исследований использовались методы теории машин и механизмов, аналитической и вычислительной математики и компьютерного моделирования в среде MathCad с использованием встроенных численных методов. Экспериментальные исследования выполнены на Монинском хлопчатобумажном комбинате с использованием стандартной измерительной аппаратуры. Достоверность полученных результатов обусловлена логической непротиворечивостью и аргументированностью доказательств, обоснованным использованием законов физики и математики при моделировании исследуемых процессов, удовлетворительным соответствием полученных результатов с экспериментальными данными.

Научная новизна. В работе впервые теоретически обосновано распределение передаточных отношений по степеням для механических передач типа

редукторов и мультипликаторов, обеспечивающих снижение нагрузок. Предложена методика расчета рабочих нагрузок в ремизной раме ТМ типа СТБ и СТБУ для всей гаммы заправочных ширин с учетом ассортимента. Теоретически обоснован выбор ремизных рам, галев и галевоносителей. Предложена методика определения суммарного приведённого момента на любом базовом звене с использованием передаточных отношений. Разработана новая кинематическая схема рычажно-стержневой системы, приводящей в движение ремизные рамы ТМ типа СТБ и СТБУ, с оптимальным распределением передаточного отношения, позволяющая снизить нагрузки в приводе и уменьшить искажения заданного закона движения.

Полученные в работе результаты являются основой для разработки последующих технических решений на этапах проектирования и модернизации механических передач.

Практическая значимость и реализация результатов. Разработана методика распределения общего передаточного отношения по всем ступеням механической передачи, позволяющая обеспечить минимизацию приведённой силы в приводе механизма. Проведена модернизация кинематической схемы ЗОМа ТМ типа СТБ и СТБУ, позволившая снизить инерционные и технологические нагрузки и, тем самым, повысить надежность и долговечность механизма. В модернизированной конструкции ЗОМа предложено существенно снизить количество избыточных связей путем установки шарниров с большим числом степеней свободы. Рекомендована модернизация конструкции ремизных рам из условия, что их масса не превышает массы ремизок с витыми галевами и для их изготовления используются композитные материалы. Обоснована возможность повышения производительности ТМ типа СТБ и СТБУ за счет предлагаемой модернизации.

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

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

логии»;

– на Всероссийской научно-технологической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль — 2011, 2012). М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина;

– на Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые учёные – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК – 2013). ИВГПУ, Иваново;

– на 65-ой межвузовской научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Студенты и молодые ученые КГТУ производству». Кострома, КГТУ, 2013;

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

Реализация результатов осуществлена в учебном процессе и в планах НИР Московского государственного университета дизайна и технологии, в предложениях по формированию программ НИР для текстильных машиностроительных предприятий при наладке, эксплуатации и модернизации ТМ типа СТБ(У).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 3 статьи в журналах из списка ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, приложений и библиографии из 108 наименований, изложенных на 210 страницах, из которых 23 занимают приложения, и включает 70 рисунка и 79 таблицу.

Основное содержание работы

Во **введении** сформулированы актуальность, цель и задачи работы, ее теоретическая новизна и практическая значимость, а также методология проведения исследований.

Первая глава. С целью выявления основных направлений исследования проведен обзор научной и патентной литературы. По результатам литературно-

го обзора выявлены три направления исследований: анализ кинематических схем кулачково-рычажных механизмов привода ЗОМ; анализ связи натяжения нитей основы с параметрами зева; анализ кинематики, кинетостатики и динамики ЗОМа.

По первому направлению рассмотрены кинематические схемы кулачково-рычажных механизмов, используемых в приводах ЗОМ ТМ типа АТПР, СТБ(У), а также некоторые зарубежные схемы, предлагаемые в патентах.

По второму направлению выявлена связь настройки параметров ЗОМа с параметрами зева и натяжением нити основы. Данная проблема потребовала подробно рассмотреть вопросы, связанные с технологией процесса зевобразования, которые наиболее подробно отражены в работах В.А. Гордеева и Е.Д. Ефремова.

По третьему направлению вопросы кинематического и кинетостатического анализа без использования ЭВМ представлены в работах В.А. Орнатской, М.С. Селиверстовой, О.Я. Седедя. Вопросы динамического анализа ремизных рам с использованием ЭВМ рассмотрены Ж.В. Пекарем.

Проведенный литературный обзор позволил определить возможные пути дальнейших исследований и необходимость применения комплексного подхода к проектированию новых и модернизации существующих рычажных ЗОМов ТМ типа СТБ(У).

Вторая глава. В процессе зевобразования движение галев и основных нитей носит нелинейный характер и не может быть описано непрерывными функциями, соответствующими движению ремизной рамы. В области заступа перемещение основной нити ремизкой прерывается на определенном цикловом угле ($ДФ_{НО}$). Высота технологического зева ($H_{ЗЕВ}$) всегда меньше перемещения ремизной рамы ($S_{РЕМ}$) на величину суммарного зазора «ремизная рама – нить основы». Ремизка, приводимая в движение кулачковым механизмом или ремизоподъемной кареткой, перемещается непрерывно, а нить основы останавливается и, колеблясь, выстаивает во время прохода ремизкой и галевом линии заступа основы (ЛЗО). В этот период кинематическая и силовая связь нити основы с ЗОМом прерывается.

На графиках (рис. 1) видно, что в области заступа движение основной нити прерывается на фазовом угле ($\Delta\Phi_{НО}$) и поэтому общее перемещение основной нити ($H_{ЗЕВ}$) меньше, чем перемещение ремизной рамы ($S_{РЕМ}$). Высота образуемого зева ($H_{ЗЕВ}$) меньше перемещения ремизки ($S_{РЕМ}$) на величину суммарного зазора «ремиз – основа» ($CЗРО$).

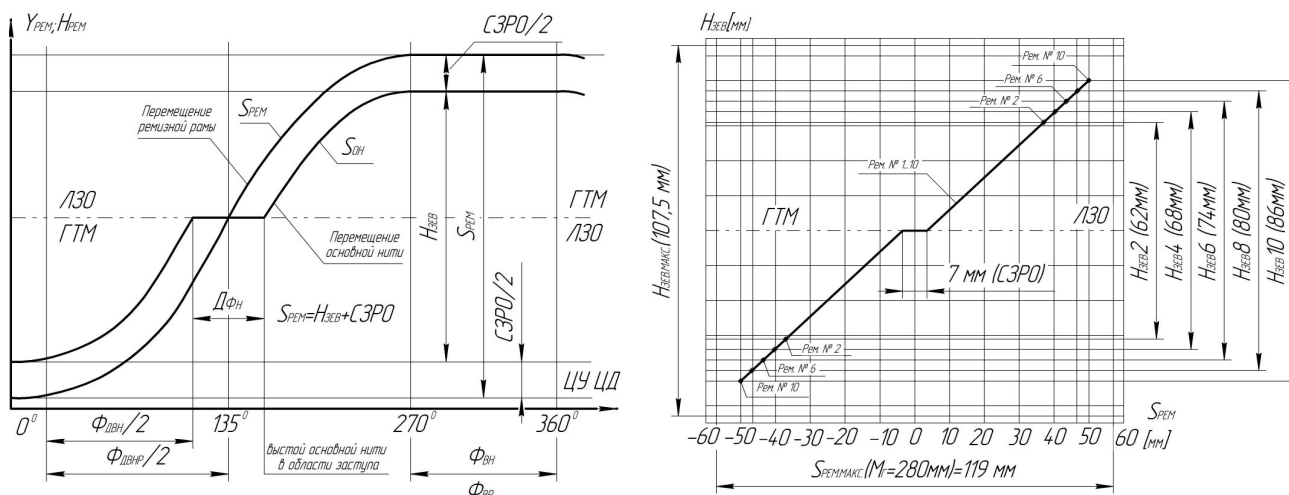


Рис.1

Установлено, что для всего работающего блока ремиз ТМ суммарный зазор «ремизная рама – нить основы» одинаков и не зависит от настройки механизма ремизного движения, номера ремизки и её функции (кромочная, фоновая, закреповая), а зависит от вида и типоразмера галев и конструкции ремизной рамы.

Выявлено, какое относительное удлинение и дополнительное натяжение приобретает основа при зевобразовании, а также исследовано влияние параметров зевобразовании на величину абсолютного и относительного принудительного удлинения основной пряжи в ткацкой заправке.

Было установлено, что абсолютное удлинение увеличивается с возрастанием угла зева и номера ремизки. Величина абсолютного удлинения основной нити при зевобразовании Δl_{zi} зависит от номера ремизки, длины переднего и заднего зевов и от угла установленного зева. Относительное удлинение увеличивается с возрастанием угла зева и номера ремизки. Величина относительного удлинения основной нити при зевобразовании (ϵ_{zi}) зависит от общей длины основной нити в заправке ТМ и от абсолютного удлинения основной нити при зевобразовании. Величина технологической нагрузки на галево и ремизную

рамку зависит от параметров установленного зева, общей длины основной нити в заправке и физико-механических параметров основной пряжи.

В третьей главе проведены исследования рычажно-стержневых систем ремизного движения. Проведена классификация ЗОМов по структурным звеньям и избыточным кинематическим связям. Установлено, что ЗОМы ТМ не являются плоскими: они представляет собой некую пространственную систему с незначительными отклонениями ряда шарниров и звеньев от горизонтали, имеют избыточные связи, ограничивающие подвижность механизма, что приводит звенья и шарниры механизма в упруго-напряжённое состояние при монтаже и работе.

В кинематических схемах (КС) ЗОМа рекомендуется заменять кинематические пары 5-го класса на кинематические пары 3-го класса, либо добавлять в звено шарнир, обеспечивающий устранение избыточной связи. Необходимо сокращать или полностью устранять в КС ЗОМа замкнутые кинематические контуры.

Предложена классификация четырёхзвенников; разработана методика анализа кинематических схем, где четырёхзвенники используются в качестве преобразователей (редуцирования и мультиплицирования) движения ведущего звена механизма в движение рабочего органа с определённым направлением искажения и степенью точности.

Построены номограммы передаточных отношений в механизмах, позволяющие выбирать виды и формы четырёхзвенников с наименьшей степенью искажения передаваемого ими движения от ведомых звеньев (рис. 2). С их помощью с учетом передаточного отношения и заданного угла качения ведущего звена можно выявить искажение заданной функции передачи.

Обосновано, что равномерное распределение общего передаточного отношения по всем ступеням механической передачи не обеспечивает минимизации приведённой силы в приводе механизма.

Наименьшая величина приведённой силы в приводе передачи будет при сосредоточении передаточного отношения ($i_{\text{Общ}}$) в одной из ступеней в зависимости от вида передачи и при экспоненциальном законе распределения (рис. 3).

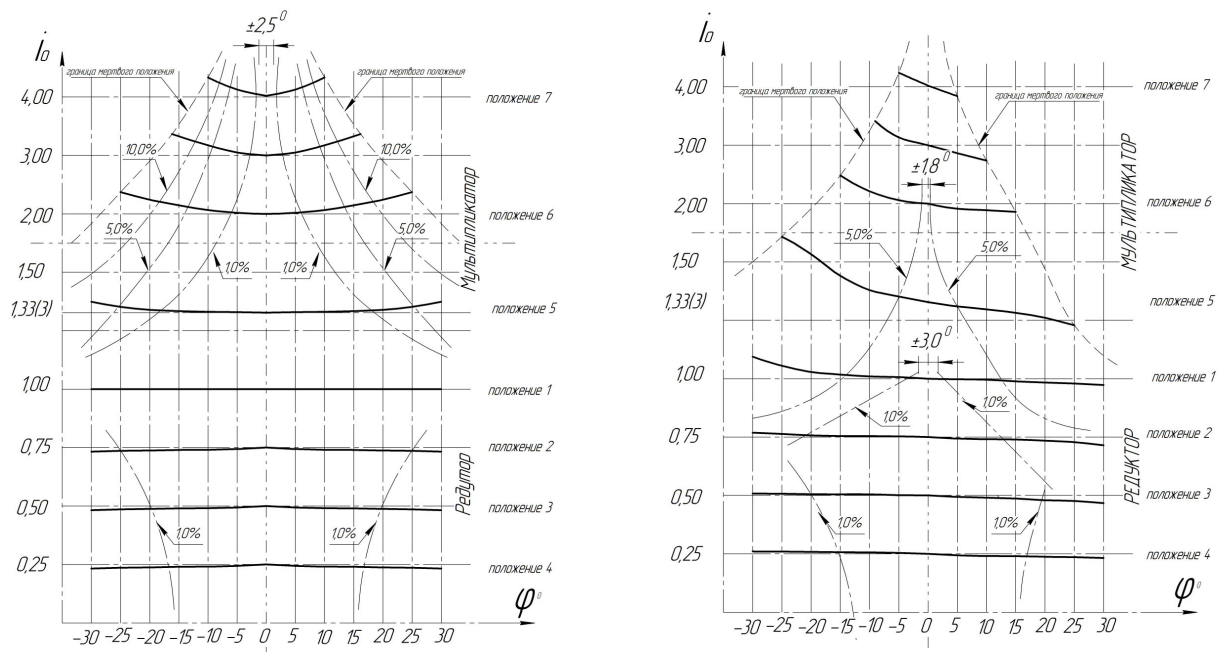


Рис.2

В мультипликаторах частные передаточные отношения ($i_{\text{частн}}$) отдельных последовательно-расположенных ступеней передачи должны экспоненциально увеличиваться, а в редукторах – экспоненциально уменьшаться.

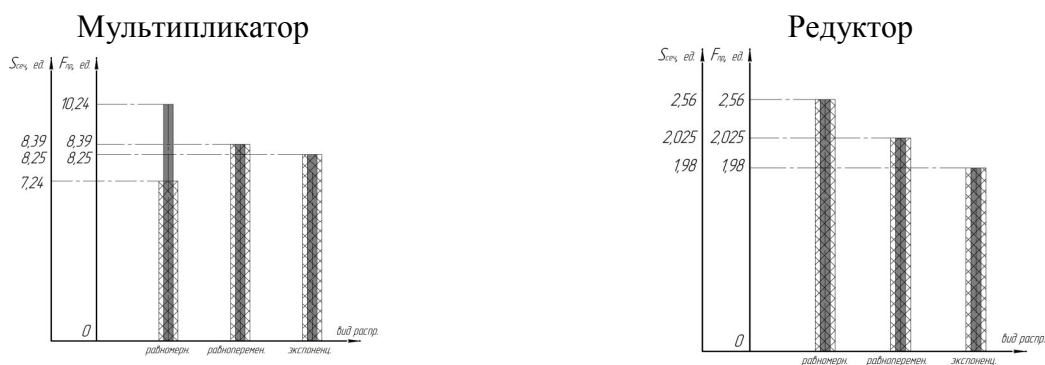


Рис.3

Предложена методика определения суммарного приведённого момента J_i $\Sigma^{ПРВ}$ на любом предыдущем базовом звене РСМ N_i .

Каждый частный момент инерции J_i^{Σ} следует умножить на квадрат соответствующего передаточного отношения приведения $[i_{(i/1)}]^2$ и/или $[i_{(i/N_i)}]^2$ и просуммировать все приводимые к нему частные суммарные приведённые моменты инерции (формула 1).

$$J_i^{\text{ПРВ}} = [J_i^{m(i-1)i} + J_i + J_i^{m(i+1)i}] \cdot i_{(i/1)}^2 = J_i^{\Sigma} \cdot [i_{(i/1)}]^2 \quad (1)$$

Анализ существующей кинематической схемы ЗОМа ТМ типа СТБ(У) показал, что механизм представляет собой мультипликатор со средним общим передаточным отношением $i_{\text{общ}} = 4,0$. Предложена новая кинематическая схема ЗОМа ТМ типа СТБ(У) (рис. 4) с рациональным распределением передаточных

отношений. Наибольшее значение i в настроечном четырехзвеннике (O_3BBO_5) принимаем равным 1,00, для четырехзвенника (O_5DFO_6) – 1,77, а наибольшее значение i - в последней ступени передачи. Для снижения искажения передачи движения в O_3BBO_5 рекомендуется использовать четырехзвенник канонической формы. Новая КС позволила снизить нагрузку в приводе на 30% и уменьшить искажение передачи.

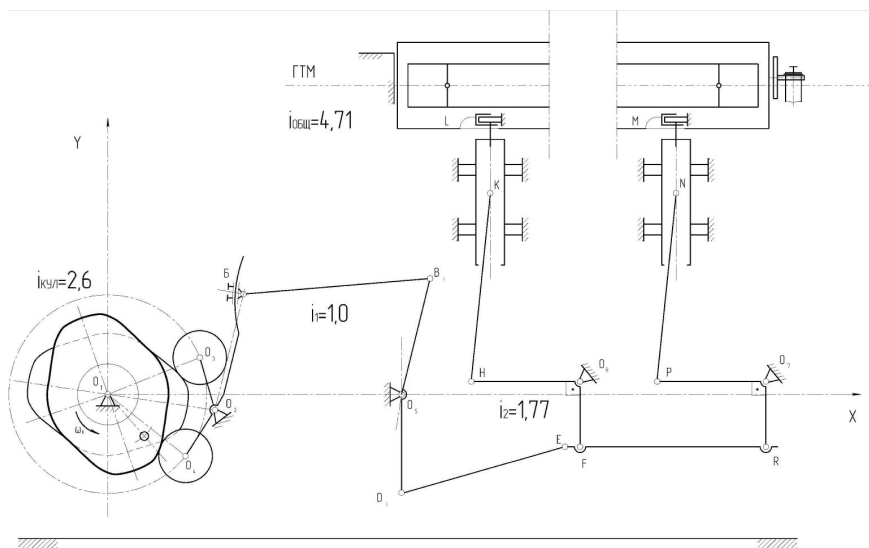


Рис.4

В связи с тем, что конструкция кулачкового привода является пространственной, а рычаги МРД служат переходными звеньями, то на осях этих рычагов возникают крутящие (опрокидывающие) моменты с плечами, равными смещениям плеч рычагов секции МРД.

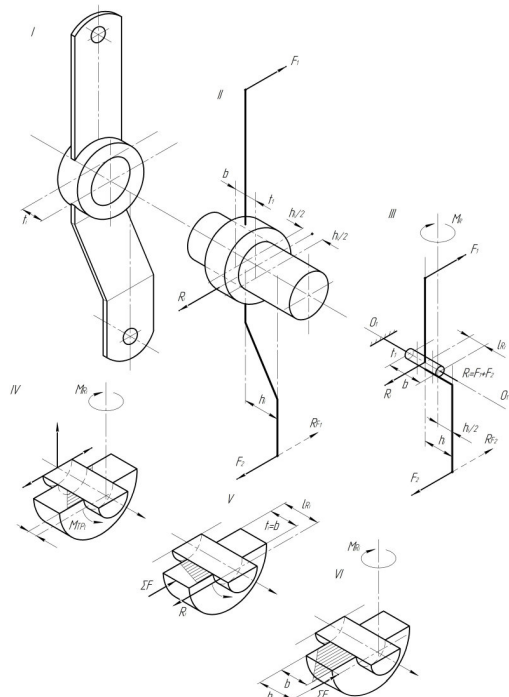


Рис.5

Был проведен расчет диссипативных моментов на рычагах рычажно-стержневой передачи ЗОМа (рис. 5). Данный анализ подтверждает необходимость, в первую очередь, устранить момент трения, который возникает на втулках выходного рычага настроечного четырехзвенника и коромысла. Их следует выполнить плоскими и оснастить шариковыми подшипниками. Рычаги приводных коромысел следует оснастить игольчатыми подшипниками и располагать с шагом ремизных

рам (12 мм), ролики коромысел выполнить толщиной 5 мм, сблизить, оставив между ними зазор не более 1 мм, и оснастить шаровыми опорами.

Четвертая глава. Проведен анализ конструкций современных ремизных рам (РР) под пластинчатые и витые галева, выпускаемые различными отечественными и зарубежными производителями. Определены виды профилей и материалы, из которых они изготавливаются: продольные планки ремизок под витые галева выполняются из Стали 20...35, а под пластинчатые - из алюминиевых сплавов (Д16Т; В-95; АД-31Т и АМГ-6) (рис. 6).

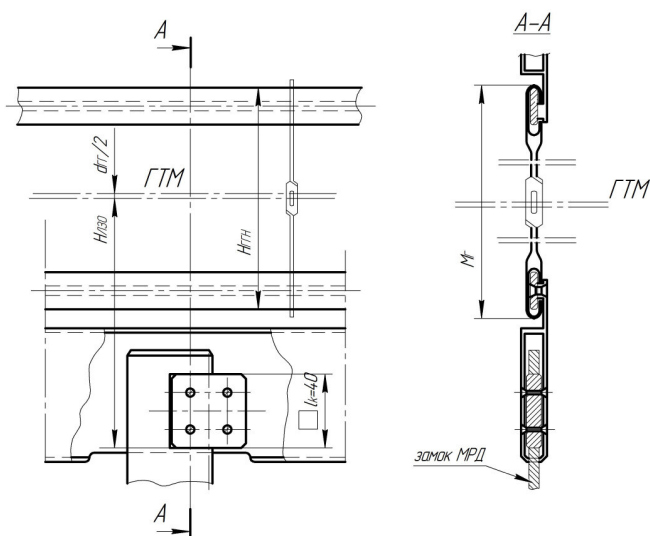


Рис.6

Для снижения массы РР с пластинчатыми галевами необходимо уменьшить массу их наиболее тяжелых элементов (галевоносителей и продольных профильных планок). Необходимо провести конструктивные изменения галевоносителей и продольных планок путем: перфорации указанных элементов РР

(уменьшение массы на 25%÷30%); выполнения галевоносителей и продольных планок из более лёгких алюминий-литевых сплавов ВБ-18 (Al-Li) (снижение массы на 40%÷50%) или из композитных материалов (снижение общей массы в 1,8÷2,2 раза). Возможно создание РР и витых галев новых поколений с уменьшенной массой ремизок в 3,0÷3,5 раза по сравнению с существующими ремизками с пластинчатыми галевами, выполненными из алюминиевого профиля, со сплошными стальными галевоносителями.

Предложены формулы расчёта кинетостатических нагрузок в опорном шарнире ремизки по восьми характерным участкам ее движения.

Показано, что максимальная нагрузка в опорном шарнире ремизки развивается при её подъёме от выстоя в нижнем положении до заступа и при опускании ремизки от заступа до положения нижнего выстоя.

Рекомендуется для снижения обрывности кромочной основы производить

заправку кромочных и закрепных нитей в ремизки, первые от берда, увеличивая их ход на 25÷30% от их перемещений, соответствующих установке «чистого зева».

Проведены экспериментальные исследования. Анализ полученных осциллограмм (рис. 7) показывает, что максимум нагрузки соответствует началу движения ремизки вверх из положения нижнего выстоя при образовании нижней ветви зева.

Изменения нагрузки носят ярко выраженный динамический характер. Коэффициент динамичности нагрузки при движении ремизки сверху вниз равен 0,6÷2,4, а при движении снизу вверх 2,42÷2,65.

Частота колебаний нагрузки в приводе МРД ТМ СТБУ1-220 при движении ремизки снизу вверх равна ≈50 Гц, а при верхнем выстое ≈45 Гц. Количество циклов максимальной нагрузки составляет 6÷9 за один оборот главного вала машины (ГВМ). Число циклов нагружения деталей ЗОМа за 1 час работы ТМ составляет $15 \cdot 10^4$ при частоте вращения ГВМ, равной 360 об/мин.

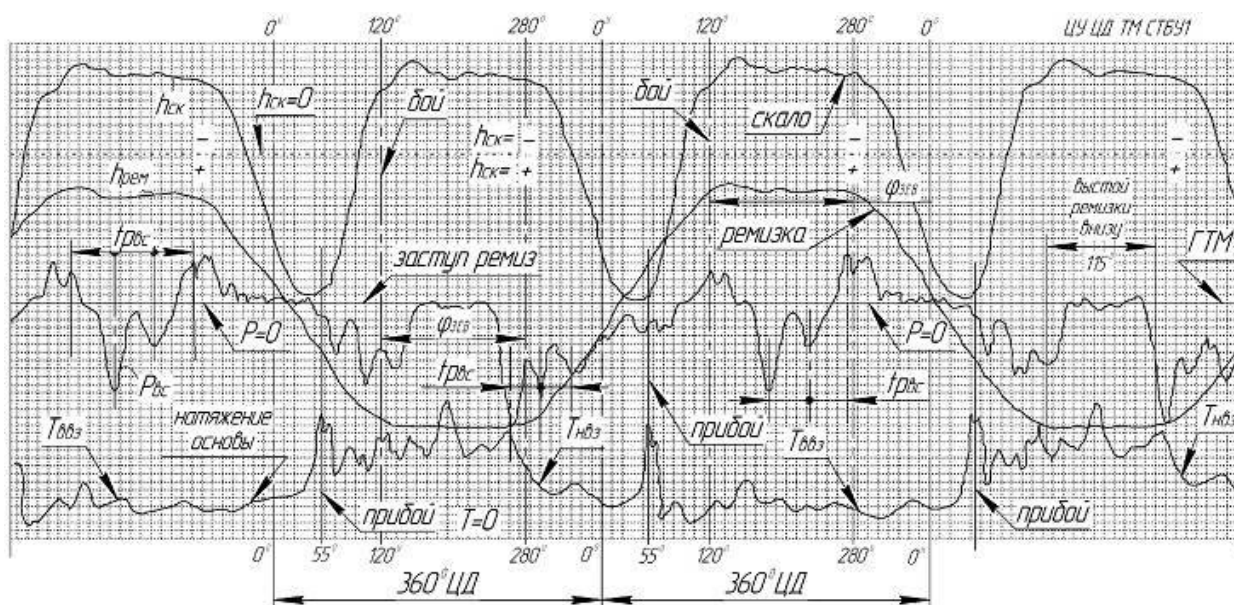


Рис.7

Пятая глава. Для проведения динамического анализа предложена двух-массовая модель (рис. 8), в которой в качестве функции возбуждения выбран закон движения кулачкового привода (формула 2), приложенный к основанию; значения жесткости определялись расчетным путем, а коэффициенты сопротивления - экспериментально.

$$\begin{cases} m_1 \cdot \ddot{x}_1 + b_1 \cdot \dot{x}_1 + b_2 \cdot (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot (x_1 - x_2) = b_1 \cdot \dot{f}(t) + k_1 \cdot f(t) \\ m_2 \cdot \ddot{x}_2 + b_2 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2 \cdot (x_2 - x_1) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

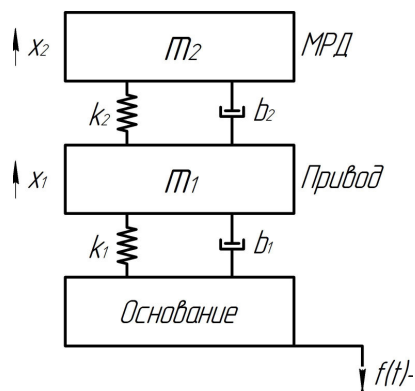


Рис.8

Определены амплитудно-частотные характеристики ЗОМ. Найдены значения собственных частот колебаний системы. Рассчитан коэффициент K_{Φ} , определяющий отстройку частоты возбуждения от собственной частоты при различных скоростях вращения ГВМ для трех законов. Наибольший коэффициент K_{Φ} получен для закона модифицированной трапеции с учетом так называемой «зоны нечувствительности» при всех скоростях ГВМ. Этот закон и рекомендуется для использования в приводе ЗОМа.

Проведен анализ вынужденных колебаний в зависимости от частоты вращения ГВМ для трех законов движения ЗОМ. Определены: диапазон критических динамических параметров ЗОМа; зависимость коэффициента динамичности от скорости вращения ГВМ и длительности кинематического возбуждения, определяемая тремя различными законами его движения; зависимость частотного коэффициента от частоты вращения ГВМ.

На рис. 9 представлен сравнительный анализ экспериментальных (кривая 1) и расчетных (кривая 2) колебаний ремизки. Анализ полученных результатов показал, что значения первых частот собственных колебаний близки по величине к экспериментальным значениям отклонения и составляют 8 %, что говорит об адекватности принятой модели.

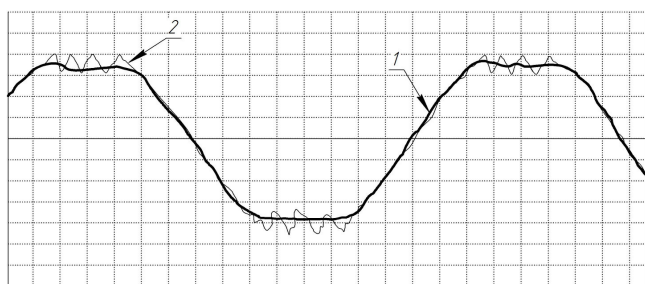


Рис.9

Установлено, что коэффициент динамичности K_d на всех скоростях вращения ГВМ не превышает допустимой величины. Коэффициент динамичности может быть понижен путем увеличения жесткости конструкции или коэффициента демпфирования.

В заключении представлены выводы и рекомендации:

1. Предложена методика расчета высоты технологического зева в зависимости от вида и типоразмера галев и конструкции ремизной рамы. Установле-

но, что основная нить при образовании зева подвержена циклически повторяющимся знакопеременным поперечным импульсным воздействиям от галева и ремизной рамы, а при заступе основы воздействию подвергаются сами галева. Высота технологического зева всегда меньше перемещения ремизной рамы на величину суммарного зазора «ремизная рама – нить основы».

2. Проведен анализ конструкции ЗОМа ТМ типа СТБ(У), выявивший, что рассматриваемый механизм не является плоским и представляет собой некую пространственную систему с незначительными отклонениями ряда шарниров и звеньев от горизонтали. Даны рекомендации: заменять кинематические пары с малым числом подвижности (пары 5-го класса) на пары с увеличенным числом подвижности (пары 3-го класса), либо добавлять в кинематическое звено шарнир, обеспечивающий устранение определённой избыточной связи; сокращать или полностью устранять в КС ЗОМа замкнутые кинематические контуры.

3. Предложена классификация четырёхзвенников, используемых в качестве элементов кинематических схем в приводах рабочих органов. Построены номограммы передаточных отношений в механизмах, с помощью которых можно выбирать виды и формы четырёхзвенников с наименьшей степенью искажения передаваемого ими движения от ведомых звеньев.

4. Разработана методика оптимального распределения общего передаточного отношения по всем ступеням механической передачи, обеспечивающая минимизацию приведённой силы в приводе механизма.

5. Предложена методика определения суммарного приведённого момента на любом предыдущем базовом звене рычажно-стержневого механизма. Даны рекомендации для разработки новой конструкции рычагов приводных коромысел для снижения диссипативных нагрузок на коромысле привода МРД.

6. Проведен анализ видов и конструкций современных ремизных рам (РР) под пластинчатые и витые галева, выпускаемые различными производителями. Для всего типоразмерного ряда ТМ определены нагрузки от веса РР и ремизок (РР + комплект галев) на замки МРД. Выявлено, что весовые и инерционные нагрузки на замки РР распределены неравномерно, что необходимо учитывать

при расчете и проектировании ремизных рам и МРД всего типоразмерного ряда ТМ типа СТБ(У).

7. Предложены формулы расчёта кинетостатических нагрузок в опорном шарнире ремизки по восьми характерным участкам ее движения. Показано, что максимальная нагрузка в опорном шарнире ремизки развивается при её подъёме от выстоя в нижнем положении до заступа и при опускании ремизки от заступа до положения нижнего выстоя.

9. Проведен динамический анализ для двухмассовой модели. Определены амплитудно-частотные характеристики, коэффициент динамичности и коэффициент K_{ϕ} , определяющий отстройку частоты возбуждения от собственной частоты в зависимости от скорости вращения ГВМ для трех законов движения ЗОМ. Рекомендуется использовать в приводе ЗОМа закон модифицированной трапеции с учетом «зоны нечувствительности».

10. Предложена новая кинематическая схема ЗОМа ТМ типа СТБ(У) с учетом оптимального передаточного отношения и снижения числа избыточных связей и модернизированные конструкции узлов МРД, обеспечивающие большую устойчивость, надежность и долговечность работы механизма.

Основные публикации по теме диссертации

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Классификация зевобразовательных механизмов по структурным звеньям // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012, №2, с. 120–125.

2. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Использование четырёхзвенников в качестве элементов рычажно-стержневой трансмиссии зевобразующих механизмов ткацких машин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012, №3, с. 102–108.

3. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Анализ распределения передаточного отношения по ступеням механизма привода ремиз // Химические волокна. 2013, №4, с. 46–51.

Публикации в других изданиях:

4. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Классификация зевобразовательных механизмов по структурным звеньям // Тезисы докладов Всероссий-

ской научно-технологической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль — 2011). М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011, с. 192–193.

5. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Использование четырёхзвенников в качестве элементов рычажно-стержневой трансмиссии зевобразующих механизмов ткацких машин // Тезисы докладов Всероссийской научно-технологической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль — 2012). М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2012. с. 48.

6. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Использование передаточных отношений в приведении инерционных моментов и моментов инерции при силовом анализе зевобразующего механизма ткацкой машины типа СТБ(У) // Тезисы докладов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые учёные – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК – 2013). Иваново: текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВ-ГПУ», 2013. с. 163–164.

7. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Силовой анализ зевобразовательного механизма ткацкой машины типа СТБ(У) // Тезисы докладов 65-ой межвузовской научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Студенты и молодые ученые КГТУ производству», Кострома, 2013. с. 87–88.

8. Гаврилов А.Н., Новикова Н.В. Filter fabrics // Научно-практическая конференция аспирантов университета на иностранных языках: тезисы докладов. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011, с. 14–15.

9. В.А. Макаров, Е.Н. Хозина, А.Н. Гаврилов. Оптимальное распределение передаточного отношения в редукторе и мультипликаторе // Сборник научных трудов семинара «Современные технологии в горном машиностроении». – М.: МГТУ. – 2014. с. 353–359.

10. В.А. Макаров, Е.Н. Хозина, А.Н. Гаврилов. О приведении моментов инерции и инерционных масс к ведущему звену в передаточном механизме привода ремиз // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности». М.: МГУДТ, 2013, с. 210.