

На правах рукописи

ЩЕРБАНЬ ЮРИЙ ЮРЬЕВИЧ

УДК 687.053.42.001.5

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ РЕЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

МАТЕРИАЛА СКОРОСТНЫХ ПЛЕВЕННЫХ МАШИН

Специальность 05.02.13

Машины и агрегаты легкой промышленности

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

КИЕВ - 1987

Работа выполнена в Киевском технологическом институте
легкой промышленности

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор СКАТЕРНОЙ В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор ЛОПАНДИН И.В.
кандидат технических наук
ГЛОБЕНКО С.М.

Ведущее предприятие : Центральное специальное проектно-
конструкторско-технологическое бюро
Минлегпрома СССР

Защита состоится "25" ноября 1987 г. в 10 часов
на заседании специализированного совета К 068.30.02 при
Киевском технологическом институте легкой промышленности по
адресу:

252011 г. Киев-11, ул. Немировича-Данченко, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского
технологического института легкой промышленности.

Автореферат разослан "21" октября 1987 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять в специализированный совет.

Ученый секретарь

специализированного совета К 068.30.02

кандидат технических наук, профессор


В. П. Сердюк

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года ставится задача вывести легкую промышленность на передовые рубежи технического прогресса.

Решение данной задачи в швейной промышленности базируется на внедрении комплексно-механизированных потоков первого и особенно второго поколений. При этом основная роль отводится швейным машинам, значительная часть которых скоростные и оснащены комбинированным /верхняя и нижняя транспортирующие рейки/ механизмом перемещения материала. В настоящее время потребность в подобном классе машин, в основном, удовлетворяется за счет поставок зарубежных фирм.

Применение машин с комбинированным реечным механизмом перемещения материала позволяет выполнять технологические операции по обработке швейных изделий без посадки или с заданной величиной посадки - в первую очередь из труднотранспортируемых материалов /синтетические плащевые, капроновые ткани, прорезиненные материалы и т.д./. Кроме того, использование комбинированных реечных движителей обеспечивает получение лучшего качества строчки в сравнении с той, которая получена на швейной машине с однореечным двигателем.

В литературе сведения относящиеся к машинам с комбинированным реечным двигателем носят описательный характер, а теоретические и практические вопросы процесса транспортирования материала, взаимодействие рабочих органов /верхняя, нижняя транспортирующие рейки, прижимная лапка/ не изучены.

Отсутствие, по-существу, методов анализа и синтеза механизмов комбинированного реечного перемещения материала, работающих в скоростном режиме, затрудняет проведение модернизации известных и разработку новых оптимальных конструкций механизмов, расширяющих их технологические возможности, позволяя при этом обрабатывать мате-

риал с различными физико-механическими свойствами.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Основной целью настоящей работы является разработка новых модификаций механизмов комбинированного реечного перемещения материала швейной машины, расширяющих ее технологические возможности и позволяющих повысить качество обработки материала.

В соответствии с целью диссертационной работы впервые поставлены и решены следующие задачи:

- дана характеристика основных способов скоростного комбинированного перемещения материала и проведено экспериментальное исследование эффективности их использования на швейных машинах;
- разработаны новые кинематические структуры механизмов комбинированного реечного перемещения материала для реализации основных способов транспортирования в скоростном режиме;
- разработан метод анализа взаимодействия рабочих органов механизма комбинированного реечного перемещения материала при наличии в кинематической структуре трехводковых групп с неголономными связями в кинематических парах;
- аналитически исследована работа упругих элементов кинематической структуры модификаций механизмов и экспериментально исследовано конструкционное демпфирование механизмов;
- выполнено динамическое исследование и оптимизация параметров механизмов по критерию минимального рассогласования движения рабочих органов /верхняя и нижняя транспортирующие рейки, прижимная лапка/ на фазе перемещения материала;
- на основании теоретических исследований определены оптимальные упругие и массо-инерционные параметры звеньев модификаций механизмов комбинированного реечного перемещения материала на базе маши-

ны 897 класса ПО "Промшвеймаш";

- экспериментально проверены результаты параметрической оптимизации и проведена оценка качества обработки полуфабрикатов изделий новыми механизмами комбинированного реечного перемещения материала по критериям нестабильности длины стежка и посадки материала;
- проведено экспериментальное исследование упруго-диссипативных свойств транспортируемых материалов в кинематической структуре "верхняя рейка - игольная пластина".

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Заключается в том, что разработаны новые кинематические структуры механизмов комбинированного реечного перемещения материала для реализации основных способов транспортирования в скоростном режиме. При аналитическом исследовании получены дифференциальные уравнения, описывающие движения звеньев приведения механизмов комбинированного реечного двигателя с учетом упруго-диссипативных свойств транспортируемого материала. Проведено теоретическое исследование процесса взаимодействия рабочих органов механизма комбинированного реечного перемещения материала при наличии в кинематической структуре трехводковых групп с неголономными связями в кинематических парах. Разработана аналитическая модель кусочно-линейной аппроксимации жесткости упругих элементов кинематической структуры модификаций механизмов и экспериментально исследовано конструкционное демпфирование. Проведено динамическое исследование движения верхней и нижней транспортирующих реек, прижимной лапки на интервале угла поворота главного вала, соответствующего фазе транспортирования материала.

Проведено экспериментальное исследование процесса комбинированного перемещения материала с помощью специально разработанной электрогензометрической установки. Получены величины динамических усилий, возникающих при скоростном транспортировании материала.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. При теоретическом исследовании движения рабочих органов механизма комбинированного реечного перемещения материала использовались элементы теоретической механики, теории машин и механизмов, векторной алгебры, дифференциальной геометрии и нелинейного программирования.

При исследовании упруго-диссипативных свойств транспортируемых материалов использовались элементы прикладной теории упругости.

Дифференциальные уравнения описания движения механизмов комбинированного реечного транспортирования материала решались путем численного интегрирования на ЭВМ.

Экспериментальные исследования проводились методом тензостратирования с применением математических методов планирования и анализа эксперимента.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Разработаны оптимальные конструкции механизмов, реализующих основные способы комбинированного реечного транспортирования материала на базе швейной машины 897 класса ПО "Промшвеймаш".

На основе теоретических исследований определены оптимальные упругие и массо-инерционные параметры звеньев модификаций механизмов комбинированного реечного движителя. Получены исходные данные для улучшения технологических и динамических характеристик работы механизма, в частности, предложен метод уменьшения виброактивности механизма, состоящий в изменении угла сдвига фаз взаимодействия между ведущими звеньями кинематических цепей вертикального перемещения верхней и нижней транспортирующих реек.

Разработаны рекомендации по изменению частоты собственных колебаний пластинчатой пружины механизма верхней рейки в зависимости от физико-механических свойств перемещаемых материалов.

Разработаны пакеты прикладных программ параметрической оптимизации механизмов транспортирования с упругими звеньями.

Внедрение модификаций механизмов комбинированного перемещения материала, на базе швейной машины 897 класса ПО "Промшвеймаш", позволяет исключить использование импортных швейных машин, работающих по способам не реализованным в отечественных машинах.

Разработана и изготовлена швейная машина с комбинированным реечным движителем, которая успешно прошла производственную проверку. Результаты промышленной апробации подтвердили практическую полезность и работоспособность машины с комбинированным реечным движителем в условиях современного производства.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты диссертационной работы доложены и получили положительную оценку:

- на второй Всесоюзной школе молодых ученых и специалистов "Проблемы оптимизации в машиностроении", г.Алматы, 1986 г.;

- на республиканской конференции "Пути интенсификации производства в отраслях легкой промышленности на основе применения автоматизированных машин и работотехники", г.Киев, сентябрь 1986 г.;

- на первой зональной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы повышения производительности и качества продукции в условиях автоматизации машиностроительного производства", г.Андропов, ноябрь 1986 г.;

- на XXXVII - XXXIX научных конференциях профессорско-преподавательского состава Киевского технологического института легкой промышленности, 1985 + 1987 г.;

- на заседании кафедры машин и аппаратов легкой промышленности Киевского технологического института легкой промышленности, декабрь 1986г.

ПУБЛИКАЦИИ. Основные материалы диссертации изложены в 14 опубликованных работах.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов по главам, общих выводов, списка литературы и приложений. Основное содержание диссертации изложено на 136 страницах машинописного текста. Рисунков 50, таблиц 44, библиография включает 130 наименований. Общий объем работы - 268 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность и необходимость проведенных в работе исследований, определена цель диссертации и задачи которые были решены для достижения поставленной цели.

I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первая глава посвящена сравнению способов комбинированного реечного перемещения материала и выбору из них наиболее эффективных, отвечающих скоростному режиму обработки полуфабрикатов изделий, анализу особенностей скоростного транспортирования реечными двигателями и проектированию механизмов реечной подачи.

Установлено, что описание комбинированного реечного перемещения материала, в основном, имеет место в зарубежных литературных источниках и характеризуется широким разнообразием способов их реализации /по характеру движения рабочих органов/.

Определяющими являются способы где материал, в первом случае, транспортируется под приподнятой над ним прижимной лопкой, во втором, протягивается верхней и нижней транспортирующими рейками между постоянно воздействующей на материал прижимной лопкой.

Практическое применение первого и особенно второго способов широко представлено в машинах зарубежного производства /*JUKI, PFAFF, ADLER, DÜRKOPP*/, которыми, в основном, оснащаются комплексно-механизированные потоки второго поколения. Отечественное машиностроение машин, работающих по второму способу не выпускает.

Имеются практические рекомендации по использованию машин с ком-

бинированным реечным перемещением материала неоднозначны.

Анализ исследований скоростного режима перемещения материала показал, что в литературе рассмотрены только особенности характерные для однореечного двигателя, режим работы которого обусловлен неустойчивым характером взаимодействия между прижимной лопкой и рейкой.

Проведенный обзор методов проектирования реечных механизмов перемещения материала показал, что ориентированы они, в основном, на однореечный двигатель, кинематическая структура которого характеризуется отсутствием неголономных связей, а основное условие синтеза заключается в создании прямолинейной траектории рабочего органа транспортирования на фазе перемещения материала. Эта траектория достигается за счет введения в конструкцию механизма дополнительных звеньев, что усложняет его и снижает работоспособность.

На основании обзора литературы и в соответствии с поставленной целью работы, в качестве основных, выдвинуты следующие задачи:

- определить эффективность использования различных способов комбинированного реечного перемещения материала при скоростном режиме транспортирования и по полученным данным сформулировать требования к условиям перемещения различных групп материалов;
- на основании требований к условиям перемещения материала разработать новые и модернизировать известные модификации кинематических структур механизмов комбинированного реечного двигателя для различных способов транспортирования, на базе одной швейной машины, с возможностью быстрого перехода с одного способа транспортирования на другой;
- разработать метод анализа взаимодействия рабочих органов комбинированного реечного двигателя с учетом упруго-диссипативных свойств транспортируемого материала, а также особенностей кинематических структур механизмов;

- выполнить параметрическую оптимизацию модификаций механизма по критериям минимального рассогласования движения рабочих органов на фазе транспортирования материала и прямолинейности их траекторий на той же фазе;

- провести экспериментальную проверку параметрической оптимизации механизма и определить соотношение эффективности разработанных конструкций базовым моделям машин по технико-эксплуатационным параметрам.

2. АНАЛИЗ СПОСОБОВ КОМБИНИРОВАННОГО РЕЕЧНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА И РАЗРАБОТКА СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Во второй главе дана характеристика основным способам скоростного комбинированного реечного перемещения материала.

Способ "захват-перемещение" отражает транспортирование материала, где реализуется только силовое замыкание между верхней и нижней рейками, а способ "волочение" характеризуется силовым замыканием между прижимной лапкой и нижней рейкой, с одной стороны, верхней и нижней рейками с другой.

Для оценки эффективности рассмотренных способов комбинированного реечного перемещения материала и разработки требований к созданию нового мобильного механизма, проведены эксплуатационные наблюдения и экспериментальные исследования технико-эксплуатационных параметров /нестабильность длины стежка, посадка материала/ швейных машин с комбинированным реечным двигателем.

Исследования показали, что хотя наиболее эффективным способом транспортирования многослойных пакетов ткани, материалов обладающих повышенным значением коэффициента трения скольжения, а также на технологических операциях при частых переходах через встречные швы и локальные утолщения является "захват-перемещение", оптимальные

значения технико-эксплуатационных параметров соответствующие отраслевому стандарту, на этих машинах, не достигаются.

Для транспортирования немногослойных пакетов ткани, материалов с низким значением коэффициента трения скольжения наиболее приемлемым является способ "волочение", при этом положительные результаты были достигнуты на импортных машинах /в отечественных машинах этот способ не реализован/.

Обработка некоторых других материалов, например, ворсовых не привела к положительным результатам ни по одному из способов. Для этого потребовалось создание иных условий транспортирования.

На основании проведенных исследований сформулировано основное требование к новому механизму- это повышение качества обработки подфабрикатов изделий независимо от их физико-механических свойств за счет реализации на базе одной структуры механизма различных способов транспортирования, причем в качестве основного условия синтеза, для способа "волочение", предложено получение прямолинейной траектории верхней и нижней реек на фазе перемещения материала. С учетом этого разработан механизм /рис. I/, позволяющий получить помимо рассмотренных способов и способ "волочение" второй модификации, где осуществляется дополнительно упругая связь между нижней рейкой и валом ее подъема, обеспечивая при этом прямолинейность движения рабочих органов на фазе перемещения материала.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА, РАБОТАЮЩЕГО ПО СПОСОБУ "ЗАХВАТ-ПЕРЕМЕЩЕНИЕ"

В третьей главе приведено аналитическое исследование и оптимизация параметров механизма комбинированного реечного перемещения материала, работающего по способу "захват-перемещение".

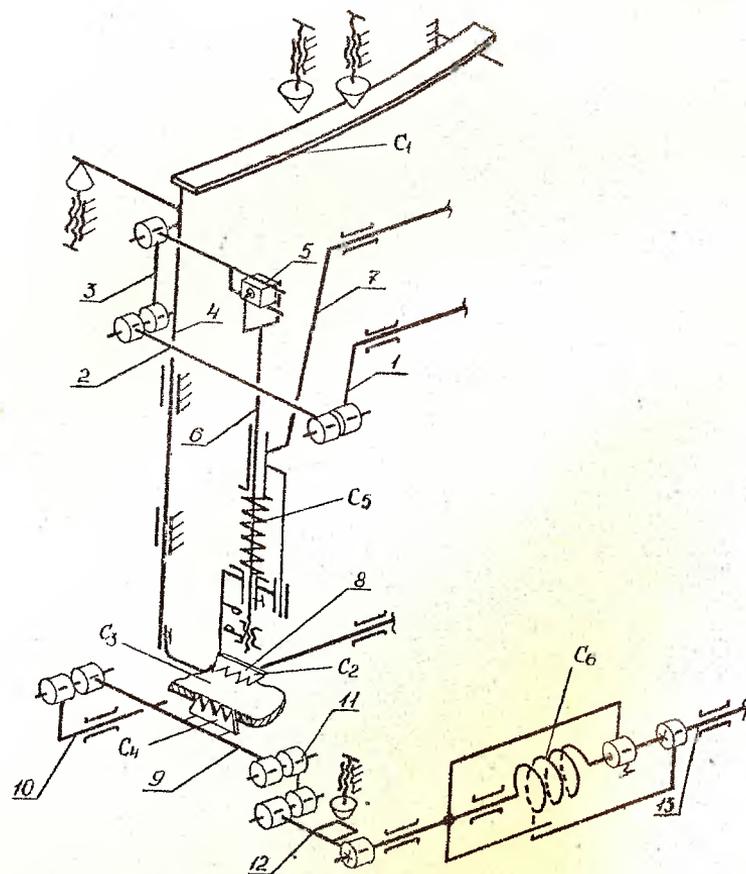


Рис. 1. Кинематическая схема механизма комбинированного реечного перемещения материала: 1-вал вертикальных перемещений верхней рейки; 2-патун; 3-коромысло; 4-стержень прижимной лапки; 5-кулисный камень; 6-стержень верхней рейки; 7-вал горизонтальных перемещений верхней рейки; 8-верхняя рейка; 9-рычаг нижней рейки; 10-вал горизонтальных перемещений нижней рейки; 11-соединительное звено; 12-коромысло подъема нижней рейки; 13-вал вертикальных перемещений нижней рейки

Особенность рассмотренной кинематической структуры механизма заключается в наличии трехпроводковой группы, неголономных связей и кинематических пар, а также использованием в качестве передаточного звена-транспортируемого материала с его упруго-диссипативной характеристикой.

При проведении кинематического анализа механизма, учитывая наличие в его структуре неголономных связей, обосновывались целесообразность введения условия "пересечения", которое определяло момент начала и конца взаимодействия рабочих органов, а также их состав.

Функция положения трехпроводковой группы описывалась трансцендентным уравнением, которое в совокупности с задачей об определении условия "пересечения", решено итерационным методом бисекции и секущих.

Проведенный кинематический анализ позволил получить "идеальные" законы движения, при определении которых не учитывались силы инерции в механизме, а звенья принимались абсолютно жесткими. Вместе с тем, реальная модель механизма обладает податливостью отдельных звеньев /в том числе и перемещаемый материал/, значительными силами инерции, особенно, если рассматривать скоростной режим транспортирования.

Упругие свойства материала, входящего в динамическую модель механизма, аппроксимировались кусочно-линейной функцией, при этом число линейных интервалов не превышало трех. Демпфирующие свойства материала определены экспериментальным путем, через коэффициент поглощения энергии. Конструктивное демпфирование механизма определялось по методу Г.Каудерера, по виброграммам свободных затухающих колебаний.

Дифференциальное уравнение движения динамической модели механизма относительно звена приведения 4 имеет вид

$$\begin{aligned}
 & M_{44} \ddot{y}_4 + \omega_1 \dot{y}_4 \partial M_{44} / \partial \dot{y}_4 + \omega_2 \dot{y}_4 \partial M_{44} / \partial \dot{y}_7 + 1/2 \dot{y}_4^2 \partial M_{44} / \partial \dot{y}_4 + \\
 & + J_4 \ddot{\varphi}_4 + \omega_1 \omega_7 (\partial J_4 / \partial \dot{y}_4 + \partial J_4 / \partial \dot{y}_7 - \partial J_7 / \partial \dot{y}_4) + J_7 \dot{\varphi}_7^2 + \\
 & + \omega_7^2 \partial J_4 / \partial \dot{y}_4 + \omega_7^2 \partial J_7 / \partial \dot{y}_7 + C_1 (y_4 + y_0) + C_{KM} \sum_{i=1}^4 c_i / [(C_2 + \\
 & + C_3 + C_{KM}) k_1 C_4 C_5 + (C_2 + C_4 + C_{KM}) k_2 C_3 C_5 + (C_4 + C_5 + C_{KM}) k_4 C_2 \times \\
 & \times C_3 + (C_3 + C_5 + C_{KM}) k_3 C_2 C_4] [y_4 - y_v (1 - k_3 - k_4)] \left\{ \left(\sum_{j=1}^{k-1} C_{jM} \times \right. \right. \\
 & \times \delta_j - C_{KM} \sum_{j=1}^{k-1} \delta_j \Big) / (y_4 C_{KM}) + (C_{KM} \sum_{j=1}^{k-1} \delta_j - \sum_{j=1}^{k-1} C_{jM} \delta_j) / (2 y_4 C_{KM}) \times \\
 & \times [y_4 - y_v (1 - k_2 - k_4)] + 1 \Big\} + 0,3667 \dot{y}_4 + 0,122 \dot{y}_4 + k_5 \varphi_7 C_{KM} / (2 \pi \omega) \times \\
 & \times (\dot{y}_4 - \dot{y}_v) = 0;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{44} = & m_2 U_{24}^2 + J_2 \dot{L}_{24}^2 + m_3 U_{34}^2 + J_3 \dot{L}_{34}^2 + \\
 & + m_4 + m_6 U_{64}^2 + J_6 \dot{L}_{64}^2;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_{14} = & m_2 U_{21} U_{24} + J_2 \dot{L}_{21} \dot{L}_{24} + m_3 U_{31} U_{34} + \\
 & + J_3 \dot{L}_{31} \dot{L}_{34} + m_6 U_{61} U_{64} + J_6 \dot{L}_{61} \dot{L}_{64};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_{74} = & m_2 U_{27} U_{24} + J_2 \dot{L}_{27} \dot{L}_{24} + m_3 U_{37} U_{34} + \\
 & + J_3 \dot{L}_{37} \dot{L}_{34} + m_6 U_{67} U_{64} + J_6 \dot{L}_{67} \dot{L}_{64};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_{17} = & m_2 U_{21} U_{27} + J_2 \dot{L}_{21} \dot{L}_{27} + m_3 U_{31} U_{37} + \\
 & + J_3 \dot{L}_{31} \dot{L}_{37} + m_4 U_{41} U_{47} + m_6 U_{61} U_{67} + \\
 & + J_6 \dot{L}_{61} \dot{L}_{67};
 \end{aligned}$$

где y_4 — обобщенная координата звена приведения;

φ_4, φ_7 — угловое перемещение звеньев I и 7;

ω_1, ω_7 — угловая скорость вращения звеньев I и 7;

y_v — вертикальная составляющая перемещения нижней рейки;

y_0 — предварительная деформация пластинчатой пружины;

$U_{ij}; \dot{L}_{ij}$ — аналоги соответственно линейных и угловых скоростей

i -го звена по обобщенной координате ведущего звена j ;

$m_i; J_i$ — масса и момент инерции i -го звена;

C_i — коэффициент жесткости соответствующего элемента;

δ_j — величина j -го кусочно-линейного участка транспортируемого материала;

C_{KM} — коэффициент жесткости транспортируемого материала на участке деформации, соответствующем обобщенной координате перемещения;

C_{jM} — коэффициент жесткости j -го кусочно-линейного участка транспортируемого материала;

γ_M — коэффициент поглощения энергии материалом;

k_n — коэффициент, определяющий состав элементов, взаимодействующих во второй упругой связи / $n=1$ прижимная лапка-нижняя рейка; $n=2$ верхняя рейка-нижняя рейка; $n=3$ игольная пластина-прижимная лапка; $n=4$ верхняя рейка-игольная пластина/.

Данное дифференциальное уравнение решалось численным методом с применением ЭВМ. Анализ полученных результатов показал, что имеет место существенное нарушение условий взаимодействия между рабочими органами на фазе транспортирования материала. Так при частоте вращения главного вала $\omega = 400 \text{ с}^{-1}$, амплитуда отскока верхней рейки и прижимной лапки составила от 0,6 до 1,1 мм в зависимости от физико-механических свойств перемещаемых материалов.

Для устранения негативного явления проведена параметрическая оптимизация механизма по критерию минимального рассогласования движения рабочих органов транспортирования материала на фазе его перемещения. В качестве варьируемых параметров приняты: собственная частота колебаний пластинчатой пружины и сдвиг фаз взаимодействия между верхней и нижней рейками. Задача оптимизации решена методом Нелдера-Мида. В результате период времени и амплитуда отрыва рабочих органов от материала сокращены более чем в 2 раза, при этом параметры механизма регулируются в пределах:

- собственная частота колебаний пластинчатой пружины - $1504+1586 \text{ с}^{-1}$, что соответствует длине ее активной части - $130+146 \text{ мм}$;
- сдвиг фаз взаимодействия - $0+6,5^\circ$.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ НОВОГО МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА, РАБОТАЮЩЕГО ПО СПОСОБУ "ВОЛОЧЕНИЕ"

В четвертой главе приводятся результаты динамического анализа двух модификаций механизма комбинированного реечного транспортирования материала, работающих по способу "волочение". Система дифференциальных уравнений, описывающих движение данных механизмов имеет следующий вид

$$\begin{aligned} & (J_{12} + J_{10}) \ddot{\varphi}_{12} + \omega_0 \omega_{12} \partial J_{12} / \partial \varphi_0 + 1/2 \omega_{12}^2 \partial J_{12} / \partial \varphi_{12} + \\ & + \omega_{10}^2 \partial J_{10} / \partial \varphi_0 + C_6 (\varphi_{12} - \varphi_{13}) + C_{km} (z_{v1} \vee z_{v3}) \times \\ & \times (l_{g10} l_{1012} + l_{g12}) [2(z_{v1} \vee z_{v3}) \Pi_{g12} \varphi_{12} - (\varphi_4 - \varphi_8)] k_1 + \\ & + \Psi_m C_{km} / (29T\omega) (z_{v1} \vee z_{v3}) l_{g12} [2(z_{v1} \vee z_{v3}) l_{g12} \varphi_{12} - \\ & - (\varphi_4 + \varphi_8) k_1] + 1,53 \cdot 10^{-4} |\dot{\varphi}_{12}|^{0,701} (\varphi_{12} - \varphi_{13}) + M_{12} = 0; \\ & m_8 \ddot{\varphi}_8 + C_{km} [\varphi_8 - (z_{v1} \vee z_{v3}) \varphi_{12} \Pi_{g12}] k_2 + C_5 \varphi_8 + \\ & + \Psi_m C_{km} / (29T\omega) [\varphi_8 - (z_{v1} \vee z_{v3}) l_{g12} \varphi_{12}] k_2 + 2,313 \cdot 10^{-2} \times \\ & \times |\dot{\varphi}_8|^{1,269} \dot{\varphi}_8 + F_8 = 0; \\ & M_{44} \ddot{\varphi}_4 + \dot{\varphi}_4 \omega_4 \partial M_{44} / \partial \varphi_4 + \ddot{\varphi}_4 \omega_4^2 \partial M_{44} / \partial \varphi_4 + 1/2 \dot{\varphi}_4^2 \partial M_{44} / \partial \varphi_4 + \\ & + J_{14} \ddot{\varphi}_4 + \omega_1 \omega_4 (\partial J_{14} / \partial \varphi_4 + \partial J_{17} / \partial \varphi_4) + J_{14} \ddot{\varphi}_4 + \\ & + \omega_1^2 \partial J_{14} / \partial \varphi_4 + \omega_4^2 \partial J_{17} / \partial \varphi_4 + C_{km} [\varphi_4 - (z_{v1} \vee z_{v3}) l_{g21} \times \\ & \times \Pi_{g12}] k_3 + C_4 \varphi_4 + \Psi_m C_{km} / (29T\omega) [\varphi_4 - (z_{v1} \vee z_{v3}) l_{g12} \varphi_{12}] \times \\ & \times k_3 + 0,3667 |\dot{\varphi}_4|^{0,122} \dot{\varphi}_4 + F_4 = 0; \end{aligned}$$

где $\varphi_4, \varphi_8, \varphi_{12}$ - обобщенные координаты звеньев приведения;

z_{v1}, z_{v3} - длина рычага нижней рейки соответственно для первого и последнего зуба;

\vee - логический знак "или", устанавливающий в момент взаимодействия с материалом длину рычага нижней рейки;

Π_{g12} - передаточная функция от звена 12 к звену 9;

F_4, F_8 - усилие предварительной деформации пластинчатой пружины / C_I / и цилиндрической пружины / C_6 /;

M_{12} - момент от предварительно заведенной пружины кручения на угол φ_0 ;

k_1, k_2, k_3 - коэффициенты характеризующие взаимодействие рабочих органов механизма с материалом, соответственно для нижней и верхней транспортирующих реек, прижимной лапки.

Значения инерционных коэффициентов равны

$$\begin{aligned} J_{12} &= m_4 l_{m12}^2 + J_m l_{m12}^2 + J_9 l_{g12}^2 + m_8 l_{g12}^2 + J_{12}; \\ J_{10} &= m_9 l_{g10} l_{g12} + J_9 l_{g10} l_{g12} + m_{11} l_{m10} l_{m12} + \\ & + J_{11} l_{m10} l_{m12}; \end{aligned}$$

Критериями оптимизации модификаций механизма, работающего по способу "волочение" приняты: минимизация значения максимального суммарного рассогласования вертикальных составляющих и отклонение от прямолинейной траектории верхней и нижней транспортирующих реек. Вектор варьируемых параметров включал: жесткость пластинчатой пружины / C_I /; жесткость пружины кручения / C_6 /; момент инерции звена 12 / J_{12} /; массу верхней рейки / m_8 /; зазор между игольной пластиной и прижимной лапкой / δ_0 /; частоту вращения главного вала / ω /.

Для оптимизации механизма, представляющего собой многофакторную систему, параметры которой не могут быть определены аналитически без дополнительных экспериментов, необходимо проведение исследований с применением математических методов планирования. В диссертации для этого реализован дробный факторный эксперимент, а в качестве метода экстремального поиска применен метод крутого восхождения.

Полученные оптимальные значения параметров позволили полностью исключить явление отрыва рабочих органов на фазе перемещения материала для различных видов тканей.

В заключении проведено аналитическое исследование допустимых пределов отклонения полученных значений параметров: установлено, что их максимальное отклонение не должно превышать 5%.

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА КОМБИНИРОВАННОГО РЕЕЧНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Целью данного исследования является экспериментальная проверка оптимальности полученных параметров механизма для двух способов транспортирования и функциональная оценка их влияния на качество обработки полуфабрикатов изделий.

Для проверки адекватности расчетных динамических моделей механизма и параметров в них входящих, оценки влияния принятых допущений, проведено экспериментальное определение усилий воздействующих на звенья привода механизма и сравнение их с теоретическими значениями.

Для проведения эксперимента была разработана и сконструирована специальная электротензометрическая установка, состоящая из осциллографа, блока питания, специальных датчиков для измерения усилий

в рабочих органах, отметок положения главного вала швейной машины. Чтобы погасить запись собственных колебаний звеньев привода, которые могут накладываться на запись кривых усилий в этих же звеньях, использовался фильтр низких частот.

В результате проведенных экспериментальных исследований подтверждена адекватность расчетных динамических моделей реальной механической системе и корректность принятых допущений.

Функциональная оценка разработанной конструкции механизма включала производственную апробацию и экспериментальное исследование ее технико-эксплуатационных параметров и сравнения их с известными, полученными на базовом оборудовании.

По результатам производственной апробации и экспериментальных исследований установлено, что реконструкция швейного оборудования и рекомендации по его использованию на Броварской фабрике верхнего детского трикотажа, Киевской лентоткацкой фабрике позволили сократить посадку материала на 30-40%, нестабильность длины стежка уменьшить до 40-55%, что повысило качество изделий.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Анализ литературы по теме диссертационной работы позволил установить следующее:

- разработка и создание прогрессивных технологий, внедрение новых материалов с искусственными волокнами предполагает для обеспечения высокого качества обработки полуфабрикатов изделий широкое использование машин с комбинированным реечным движителем, работающих в скоростном режиме; потребность в данных машинах удовлетворяется, в основном, за счет поставок зарубежных фирм;

- отсутствие по существу теоретических и экспериментальных исследований процесса перемещения материалов комбинированным речным двигателем делает невозможным разработку требований к созданию мобильных механизмов транспортирования и рекомендаций по их применению в зависимости от физико-механических свойств материалов;

- теоретические и экспериментальные исследования процесса перемещения материала, вопросы проектирования механизмов транспортирования ориентированы исключительно на одноречный двигатель, причем в известных методах не учитывается наличие неголономных связей в кинематических парах и податливость отдельных звеньев;

- транспортируемый материал не рассматривается как передаточное звено с его упруго-диссипативными свойствами; отсутствует методика их определения.

2. В процессе эксплуатационных наблюдений и экспериментальных исследований выполнено:

- классификация основных способов комбинированного речного транспортирования по характеру воздействия рабочих органов на материал - "захват-перемещение" и "волочение", предложены рекомендации по их применению;

- разработаны требования к проектированию мобильного механизма, сочетающего различные способы транспортирования.

3. По результатам предварительных экспериментальных и теоретических исследований разработана мобильная структура механизма, реализующая два способа транспортирования "захват-перемещение" и "волочение" в двух модификациях / в скоростном режиме.

4. При реализации способа транспортирования "волочение", движение рабочих органов /верхней и нижней реек/, для улучшения качества обработки изделий, осуществляется по прямолинейной траектории.

5. Проведено исследование и параметрическая оптимизация механизма,

работающего по способу "захват-перемещение", в рамках этой задачи:

- разработан метод и установка для определения упруго-диссипативных свойств транспортируемых материалов;

- экспериментально определено конструктивное демпфирование механизма;

- предложен метод анализа взаимодействия рабочих органов транспортирования при наличии неголономных связей в кинематической структуре механизма;

- разработан метод устранения явления отрыва рабочих органов от транспортируемого материала, путем целенаправленного изменения собственных частот колебаний замыкающей пластинчатой пружины и сдвиг фаз взаимодействия верхней и нижней транспортирующих реек;

- разработано основное условие синтеза и проведена параметрическая оптимизация механизма; в результате период времени и амплитуда отрыва рабочих органов от материала сокращена в 2,2 раза.

6. Проведена параметрическая оптимизация механизма комбинированного перемещения материала, работающего по способу "волочение" в двух модификациях, при этом:

- разработано основное условие синтеза механизма по критериям безотрывного режима движения рабочих органов транспортирования и прямолинейности их траекторий на фазе перемещения материала;

- определены оптимальные конструкционные параметры $C_1, C_6, J_{12}, m_8, \delta_0, \omega$ и пределы технологического регулирования механизма.

7. Технико-эксплуатационные параметры нового механизма позволили повысить качество изделий, за счет снижения посадки материала на $30 \pm 40\%$ и нестабильности длины стежка на $40 \pm 55\%$.

8. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения машины с комбинированным реечным двигателем составит 620 рублей.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Щербань Ю.Ю., Щербань В.Ю., Скатерной В.А., Горобец В.А. Форма равновесия шиваемых материалов перед прижимной лапкой. - Киев, 1985. - 15 с. - Рукопись предст. Киевск. техн. ин-том легкой пром. Деп. в ЦНИИТЭИЛегпром 20.08.85 г., № 1423 лп-85.
2. Щербань Ю.Ю., Щербань В.Ю., Скатерной В.А., Горобец В.А. Влияние предварительного усилия деформации шиваемых материалов на форму равновесия игольной нити при образовании петли напуск. - Киев, 1985. - 14 с. - Рукопись предст. Киевск. техн. ин-том легкой пром. Деп. в ЦНИИТЭИЛегпром 20.08.85 г., № 1422 лп-85.
3. Щербань Ю.Ю., Горобец В.А. Исследование механизмов перемещения материала швейной машины с верхней и нижней транспортирующими рейками. Сообщ. I // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1986, № 2, с. 119-122.
4. Щербань Ю.Ю., Горобец В.А. Исследование механизмов перемещения материала швейной машины с верхней и нижней транспортирующими рейками. Сообщ. 2 // Изв. вузов. Технология легкой пром-сти. - 1986, № 3, с. 105-110.
5. Мельниченко В.И., Щербань Ю.Ю., Горобец В.А. Повышение качества шивания тканей на скоростных швейных машинах // Легка пром-сть. - 1986, № 1, с. 57-58.

6. Щербань Ю.Ю., Горобец В.А. Применение швейных машин с комбинированной подачей материала // Легка пром-сть. - 1986, № 4, с. 23.
7. Щербань Ю.Ю., Скатерной В.А. Разработка пакета прикладных программ параметрической оптимизации механизмов перемещения материала швейных машин. - Киев, 1986. - 6 с. - Рукопись предст. Киевск. техн. ин-том легкой пром. Деп. в ЦНИИТЭИЛегпищемаш, 09.07.86 г., № 644 - МЛ.
8. Щербань Ю.Ю., Горобец В.А., Скатерной В.А. Исследование механизмов комбинированной реечной подачи материала швейной машины. - Киев, 1986. - 11 с. - Рукопись предст. Киевск. техн. ин- том легкой пром. Деп. в ЦНИИТЭИЛегпищемаш 09.07.86 г., № 646 - МЛ.
9. Щербань Ю.Ю., Горобец В.А. Исследование привода нижней рейки с упругим звеном. - Киев, 1986. - 12 с. - Рукопись предст. Киевск. техн. ин - том легкой пром. Деп. в ЦНИИТЭИЛегпищемаш 09.07.86 г., № 645 - МЛ.
10. Щербань Ю.Ю., Горобец В.А., Носов М.С. Исследование работы упругого элемента механизма транспорта швейной машины // Изв. вузов. Технология легкой пром-сти. - 1986, № 6, с. 95-98.
11. Щербань Ю.Ю. Классификатор математического обеспечения. Программное обеспечение систем автоматизированного проектирования. - Харьков, 1986, с. 12.
12. Щербань Ю.Ю. Параметрическая оптимизация механизмов комбинированного перемещения материалов. : Тезисы докладов второй Всесоюзной школы молодых ученых и специалистов "Проблемы оптимизации в машиностроении", Харьков, Алушта, 1986, с. 180.