

110 OA
14 ДЕК 1998

На правах рукописи

АНТОНОВ МИХАИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ШВЕЙНЫХ МАШИН ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ ЗАГОТОВОК
ОБУВИ

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

Санкт-Петербург
1998

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете технологии и дизайна

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Карагеани Ю.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Мазин Л.С.
кандидат технических наук,
академик Санкт-Петербургской
инженерной академии
Голанд А.Л.

Ведущее предприятие: ОАО "Пролетарская победа"

Захита состоится 29 декабря 1998 г. в 15⁰⁰ час на заседании диссертационного совета Д 063.67.02 при Санкт-Петербургском государственном университете технологии и дизайна, ауд. 241.

Адрес: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан 25 ноября 1998 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 063.67.02, доктор
технических наук, профессор

Л.Н. Никитина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время промышленное освоение гибких автоматизированных систем является одним из основных направлений развития обувного производства. Решение данной задачи особенно актуально для участков сборки обуви, на долю которых приходится до 50 % общих трудовых затрат. Оснащение обувного производства более современной техникой должно обеспечить значительный рост производительности труда, необходимое разнообразие моделей и фасонов выпускаемой продукции, высокое ее качество, снижение себестоимости и улучшение условий труда.

Для достижения этих целей на участках сборки обуви необходимо расширенное использование швейных машин общего назначения, оборудованных средствами автоматизации, специализированными на выполнении вспомогательных приемов работы швей-мотористки, а также встроенными микропроцессорными системами управления работой исполнительных механизмов, что позволит рационально сочетать универсальность швейных машин общего назначения с высокой производительностью полуавтоматов при стабильных показателях качества выполнения технологических операций. При этом швейные машины должны быть оснащены узлами и механизмами, выполняющими специфические функции технологического обеспечения: механизмами автоматической обрезки ниток и подъема прижимной лапки, механизмами выполнения закрепок, средствами для позиционирования иглы в заданном положении и, что особенно важно, автоматизированным электроприводом.

В процессе технологической подготовки участков сборки обуви с использованием автоматизированных швейных машин становится необходимым выполнение дополнительного этапа, заключающегося в разработке комплекса программ, управляющих режимами работы электропривода, включением и выключением вспомогательных механизмов и движением кассет со скрепляемыми заготовками в соответствии с заданной формой строчки.

При этом для создания эффективных алгоритмов управления требуется проведение анализа характера взаимодействия привода и швейной машины, а также учет многообразия форм геометрических контуров строчек, представляющих собой лекальные кривые, вид которых диктуется строением стопы, модой и вкусом модельера.

В настоящей работе основные аспекты этих актуальных задач решаются посредством моделирования на ПЭВМ условий эксплуатации швейных машин с регулируемым приводом и технологических процессов выполнения криволинейных швейных строчек с заданными параметрами, что в перспективе способствует повышению уровня автоматизации обувного производства.

Цели, задачи и методы исследования. Целью диссертации является разработка математических и численных моделей для выполнения технологических и технических расчетов швейных машин, используемых на участках сборки заготовок обуви. Результаты этих расчетов ориентированы в основном на получение исходных данных для разработки управляющих программ.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие частные задачи:

- проведен анализ современного состояния и тенденций развития техники и технологии сборки заготовок обуви;
- выполнено теоретическое исследование приводов швейных машин с фрикционными муфтами и разработаны рекомендации по их практическому применению;
- исследованы режимы работы швейной машины с амплитудно-частотным регулированием скорости асинхронного приводного двигателя;
- произведено моделирование технологической операции выполнения швейной строчки произвольной формы.

При исследованиях использованы современные методы математического моделирования с применением ЭВМ.

Научная новизна. В диссертации получены следующие новые результаты, использование которых позволяет решать ряд конкретных проблем, возникающих при эксплуатации и проектировании автоматизированных швейных машин.

1. На основе анализа определены основные типы приводных устройств швейных машин и предложены варианты их модернизации.
2. Получена система дифференциальных уравнений, описывающая различные этапы работы привода с управляемыми фрикционными муфтами различных типов.
3. Получены необходимые кинематические и динамические характеристики переходных процессов в швейных машинах, анализ которых дает возможность установления взаимосвязи между конструк-

тивными параметрами машины и характеристиками системы управления работой машины.

4. Разработаны для всех рассмотренных типов муфт алгоритмы их анализа и синтеза, программы реализованные на ПЭВМ.

5. Разработана математическая модель для исследования режимов работы швейной машины с амплитудно-частотным регулированием скорости двигателя. Получено численное решение соответствующих уравнений движения швейной машины при ступенчатом регулировании характеристик двигателя и дана оценка влияния динамических характеристик на технологические аспекты работы швейной машины.

6. Разработана методика подготовки исходных данных для управляющих программ микропроцессорных систем швейных автоматов, обеспечивающих выполнение всех типов швейных строчек в автоматическом режиме.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Разработанные теоретические методы образуют в совокупности научную основу для расчета и проектирования приводных устройств обувных швейных автоматов с учетом их технологических особенностей.

Использование предложенных методов теоретического анализа и их программная реализация обеспечивают возможность оперативного анализа условий работы швейных машин в процессе их пуска и ступенчатого регулирования скорости.

Предложено использовать в приводе швейных машин управляемые магнитно-эмульсионные муфты, которые позволяют улучшить динамические характеристики привода в целом и расширить технологические возможности машины за счет более точного поддержания заданных ступеней рабочих скоростей машины.

Предложена методика расчета электромеханических систем со ступенчатым регулированием скорости двигателя. Она может быть использована для анализа процессов пуска, торможения и всех других технологических режимов работы швейной машины, а также служит базой при создании логических схем управления с применением микропроцессорной техники.

Разработаны методики подготовки исходных данных для управляющих программ, обеспечивающих выполнение швейных строчек заданной формы с требуемым количеством стежков, а также корректировку длины стежка.

Результаты работы внедрены на обувных предприятиях "Скороход" и "Ленвест" с ожидаемым экономическим эффектом более 5000 рублей от одной единицы оборудования.

Апробация работы. Результаты работы были доложены на научно-технических семинарах: 3-й международной выставке "Регионлегпром 95", Санкт-Петербург, 19.10.95; 4-ой международной выставке "Регион-легпром 96", Санкт-Петербург, 21.11.96; 6-ой международной выставке "Оборудование и технологические процессы в легкой промышленности", Инлэгмаш-97, М.1997; на обувных предприятиях "Виктория", "Скороход", "Ленвест" и на научных семинарах кафедры технологии и конструирования изделий из кожи Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна.

Публикации. По теме исследований опубликовано 5 научных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, библиографии и приложений. Работа изложена на 243 с. машинописного текста, содержит 3 таблицы, 51 рис., библиографию из 140 наименований, приложения на 39 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цели и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе проанализирована и систематизирована научно-техническая информация по вопросам техники и технологии сборки заготовок обуви. Рассмотрено технологическое оборудование для сборки заготовок обуви с электроприводами, управляемыми оператором и микропроцессорными системами. В результате проведенного анализа современного состояния изучаемой проблемы сделан вывод, что особое место занимают вопросы автоматизации процесса сборки заготовок обуви с применением оборудования с микропроцессорным управлением. При этом очень важен правильный выбор приводного устройства к машинам, от работы которого во многом зависит точность выполнения операций в автоматическом режиме.

В целом рассматриваемые в данной главе конструкции приводов и технологий сборки заготовок служат базой для разработки технологических и технических основ расчета автоматизированных швейных машин.

Вторая глава посвящена теоретическому анализу работы фрикционных муфт швейных машин обувного производства, управляемых оператором или автоматически.

Электродвигатель с закрепленными на его валу маховиком и фрикционным диском постоянно включен и работает в режиме, близком к номинальному. На первом этапе он разгоняется отдельно от машины под действием только собственного момента сопротивления M_1 и приобретает скорость, определяемую равенством:

$$\omega_{10} = \omega_0 - \frac{M_1}{M_n} (\omega_0 - \omega_n) = \omega_0 - \frac{M_1}{\beta}, \quad (1)$$

где ω_0 - синхронная угловая скорость двигателя;

ω_n - номинальная угловая скорость двигателя;

M_n - номинальный момент двигателя;

$\beta = \frac{M_n}{\omega_0 - \omega_n}$ - коэффициент, определяющий жесткость статической характеристики двигателя.

На втором этапе оператор, нажимая на педаль управления, соединяет фрикционные диски ведомой и ведущей систем, в результате чего начинается процесс разгона главного вала машины. Уравнения движения ведущей и ведомой частей привода с учетом линеаризованной динамической характеристики двигателя соответственно будут:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_d - (M_\phi + M_1), \\ \omega_1 = \omega_0 - \frac{1}{\beta} (M_d + T_1 \frac{dM_d}{dt}). \end{array} \right. \quad (2)$$

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_\phi - M_2, \quad (3)$$

где J_1 - момент инерции массы ведущей части, исключающей ротор двигателя, маховик и ведущий фрикционный диск;

J_2 - момент инерции массы ведомой части машины, приведенный к валу двигателя;

M_d - движущий момент;

M_2 - приведенный момент сопротивления ведомой части;

M_ϕ - фрикционный момент, величина которого в соответствии с практическими рекомендациями равна $(1,2 - 1,3)M_2$;

T_s - электромагнитная постоянная времени двигателя;

ω_2 - угловая скорость ведомой части.

Начальные условия: $\omega_1(0)=\omega_{10}$, $\omega_2(0)=0$.

Второй этап длится до момента $t=t_1$ выравнивания угловых скоростей ведущей и ведомой систем, который находится из решения уравнения:

$$\omega_1(t)=\omega_2(t). \quad (4)$$

Третий этап процесса пуска описывается уравнениями:

$$\begin{cases} (J_1 + J_2) \frac{d\omega}{dt} = M_d - (M_1 + M_2), \\ \omega = \omega_0 + \frac{1}{\beta} (M_d + T_s \frac{dM_d}{dt}). \end{cases} \quad (5)$$

Здесь через $\omega=\omega(t)$ обозначена общая угловая скорость ведущей и ведомой частей ($t \geq t_1$). Начальные условия: $\omega(t_1)=\omega_1(t_1)=\omega_2(t_1)$.

Решая уравнения движения (2), (3) и (5), получаем характер изменения скорости двигателя:

- для второго этапа разгона ведущей части:

$$\omega_1 = e^{-\frac{t}{2T_s}} (C_1 \cos pt + C_2 \sin pt) + \omega_0 - \frac{M_\phi + M_1}{\beta}, \quad (6)$$

$$\text{где } C_1 = \omega_{10} - \omega_0 + \frac{M_\phi + M_1}{\beta}; \quad C_2 = \frac{1}{p} \left(\frac{1}{2T_s} C_1 + \frac{M_\phi}{J_1} \right); \quad p = \sqrt{\frac{\beta}{J_1 T_s} - \frac{1}{4T_s^2}};$$

- для второго этапа разгона ведомой части:

$$\omega_2 = -\frac{M_\phi - M_2}{J_2} t. \quad (7)$$

Характер изменения скорости на третьем этапе найдем, решая систему уравнений (5) с начальными условиями:

$$\omega(t_1)=\omega_1(t_1)=\omega_2(t_1) \quad \text{и} \quad \frac{d\omega(t_1)}{dt} = \frac{d\omega_1(t_1)}{dt}$$

$$\omega_1 = e^{-\frac{1}{2\Gamma_2}(t-t_1)} (C_3 \cos p_1(t-t_1) + C_4 \sin p_1(t-t_1)) + \omega_0 - \frac{M_1 + M_2}{\beta}, \quad (8)$$

где $C_3 = \omega_2(t_1) - \omega_0 + \frac{M_1 + M_2}{\beta}; \quad C_4 = \frac{1}{p_1} \left[\frac{1}{2\Gamma_2} C_3 + \frac{d\omega_1(t_1)}{dt} \right].$

$$p_1 = \sqrt{\frac{\beta}{(J_1 + J_2)\Gamma_2}} = \frac{1}{4\Gamma_2^2}.$$

Из равенства (8) видно, что скорость установившегося движения при достаточно больших значениях времени t будет равна:

$$\omega_y = \omega_0 - \frac{M_1 + M_2}{\beta}. \quad (9)$$

Кроме динамической характеристики в расчетах учитывалась также статическая характеристика двигателя, для чего в уравнениях (2), (5) принималось: $T_3=0$.

Характер изменения скоростей ведущей и ведомой систем изображается графиками (рис.1), полученными в результате численной реализации полученных выше решений для конкретных значений параметров, соответствующих исследуемому типу швейной машины, где ас, abc - второй этап разгона ведущей части при учете соответственно статической и динамической характеристик двигателей; се, cde - третий этап разгона системы как единого целого при учете соответственно статической и динамической характеристик двигателей; fc - второй этап разгона ведомой системы при учете статической и динамической характеристик.

Наибольшая разница скоростей наблюдается на втором этапе и составляет порядка $2,5 \text{ с}^{-1}$ или $0,8\%$, чем в большинстве практических расчетов можно пренебречь и считать результаты, получаемые при учете статической и динамической характеристик одинаковыми.

В то же время, графики изменения движущих моментов (рис.2) показывают, что при учете динамической характеристики (кривая 1) значение максимального момента превышает соответствующее значение, полученное при учете статической характеристики (кривая 2) на $0,4 \text{ н}\cdot\text{м}$ или почти на 8% , что делает желательным учет динамической

Характер изменения скоростей ведущей и ведомой частей швейной машины

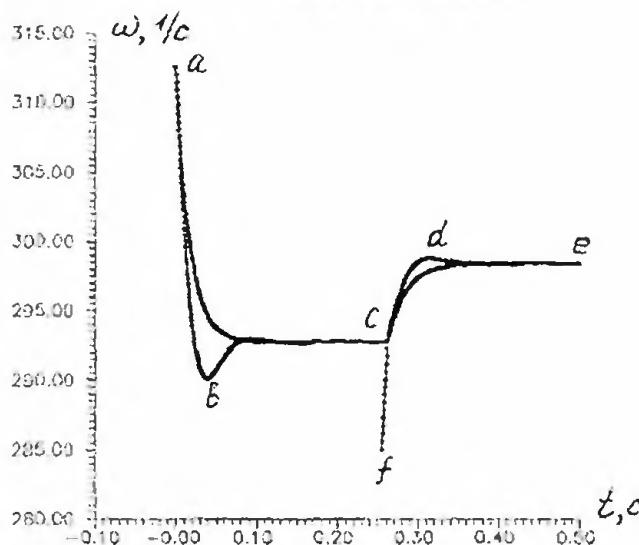


Рис. 1

Характер изменения излучаемых моментов при пуске швейной машины

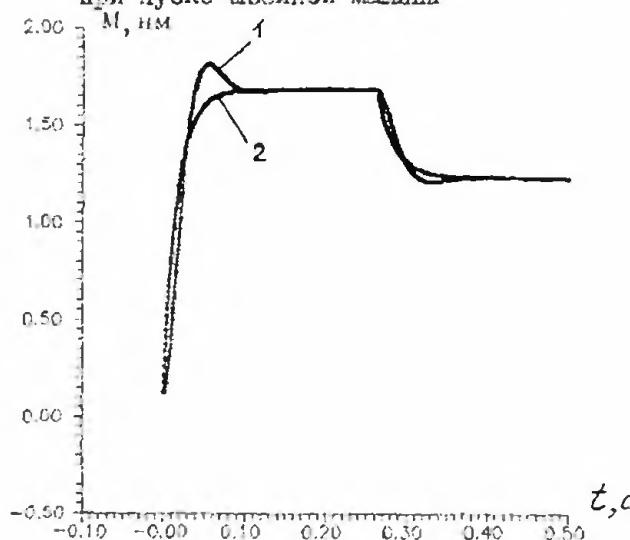


Рис. 2

характеристики при расчете процесса пуска швейных машин через фрикционную муфту. Проведенные расчеты показывают, что в процессе пуска за счет использования фрикционной муфты обеспечивается значительный положительный эффект и коэффициент перегрузки двигателя снижается до 1,5, чем достигается увеличение его надежности и долговечности.

В настоящее время нашли широкое применение приходы швейных машин с автоматически регулируемыми фрикционными муфтами, в которых используются электромагнитные системы прижима полумуфты и микропроцессорное управление режимами включения и выключения полумуфты. При этом обеспечивается плавный пуск машины и ступенчатое регулирование скорости ее работы в зависимости от программируемых режимов работы, задаваемых с пульта управления.

Задача исследования сводится к разработке алгоритма управления процессами включения и выключения муфты, чтобы обеспечить переход с начальной скорости ведомой системы ω_{20} на установленную скорость ω_2 с заданной степенью точности α .

Начальное значение скорости ведомой системы (при $t=0$) может быть любым, в том числе и равным нулю, поэтому выбор алгоритма управления рассматривается для трех возможных случаев:

$$\omega_{20} \leq \omega_{2y}(1 - \alpha), \quad (10)$$

$$\omega_{20} \geq \omega_{2y}(1 + \alpha), \quad (11)$$

$$\omega_{2y}(1 - \alpha) < \omega_{20} < \omega_{2y}(1 + \alpha). \quad (12)$$

В первом случае (10) муфта должна быть включена (если она была выключена) до момента t_1 , при котором ω_2 станет равной $\omega_{2y}(1+\alpha)$, затем выключена до момента t_2 , когда ω_2 будет равна $\omega_{2y}(1-\alpha)$, а затем снова включена и т.д.

Во втором случае (11) муфту нужно выключить до момента t_1 , когда скорость ω_2 станет равной $\omega_{2y}(1-\alpha)$, затем включить до момента времени t_2 , при котором ω_2 равна $\omega_{2y}(1+\alpha)$, затем снова выключить и т.д.

В третьем случае (12) целесообразно оставить без изменения имеющийся режим включения, а затем либо выключить муфту, если скорость ω_2 станет равной $\omega_{2y}(1+\alpha)$, либо включить ее, если ω_2 будет равна $\omega_{2y}(1-\alpha)$.

Так же, как и выше, была получена система дифференциальных уравнений движения с учетом статической и динамической характеристик двигателя для случаев $0 \leq t \leq t_1$, $t_1 \leq t \leq t_2$ и $t_2 \leq t \leq t_3$.

Была разработана СИ-программа, с помощью которой произведен анализ процесса регулирования скорости машины.

На рис.3 приведены графики изменения скорости ведомой части машины $\omega_2(t)$ при переходе от начальной скорости 100 c^{-1} на скорость 150 c^{-1} (кривая 1), со скорости 150 c^{-1} на скорость 200 c^{-1} (кривая 2) и со скорости 200 c^{-1} на скорость 250 c^{-1} (кривая 3). При этом заданные регулировочные ступени скоростей поддерживаются с одинаковой относительной погрешностью ($\alpha=0,1$).

Пилообразный вид данных кривых объясняется характеристикой внешнего момента, действующего на ведомую систему, который скачкообразно изменяется от значения $(M_f - M_2)$ до значения $(-M_2)$ и обратно. Кроме того, в работе получены зависимости $\omega_2(t)$, $M_d(t)$ и $\omega_2(t)$ при изменении частоты переключений и точности поддержания установочной скорости. Разработанная методика и алгоритм для регулируемого фрикционного привода дают результаты, хорошо согласующиеся с практикой.

Основным недостатком рассмотренных конструкций муфт является наличие непосредственного контакта ведущей и ведомой поверхностей трения, чем обусловливается быстрый износ и нагрев этих поверхностей.

Этот недостаток устраивается в конструкциях магнитно-эмulsionционных и порошковых муфт (ЭПМ), в которых рабочие поверхности трения разделены между собой специальным эмульсионным или порошковым слоем, затвердевающим в магнитном поле. При использовании ЭПМ система регулирования с обратной связью по скорости машины также строится на базе микропроцессорной техники.

Для анализа процесса работы швейной машины с ЭПМ в приводе была получена система дифференциальных уравнений с учетом линеаризованной динамической характеристики. Посредством решения этой системы численным методом были получены зависимости изменения скоростей ведущей и ведомой частей в зависимости от времени при переходе с одной ступени на другую с заданной точностью. Установлено, что при разгоне машины изменение скорости ведущей системы носит характер затухающих колебаний, причем учет динамической характеристики двигателя приводит к сглаживанию колебаний.

Характер изменения скорости ведомой системы на различных регулировочных ступенях

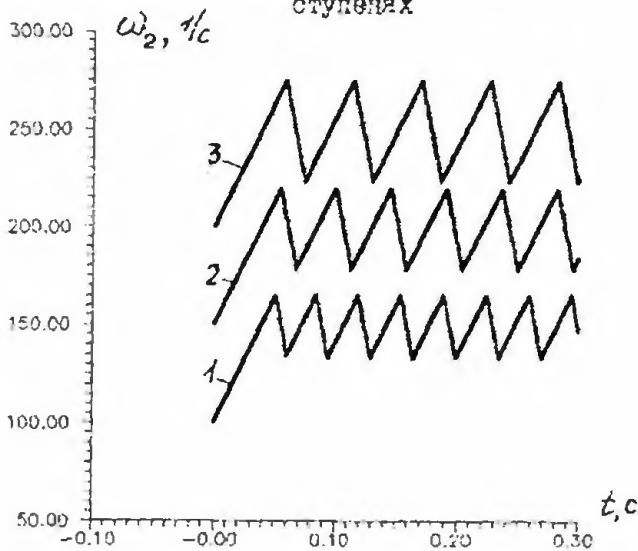


Рис. 3

Типовые регулировочные характеристики

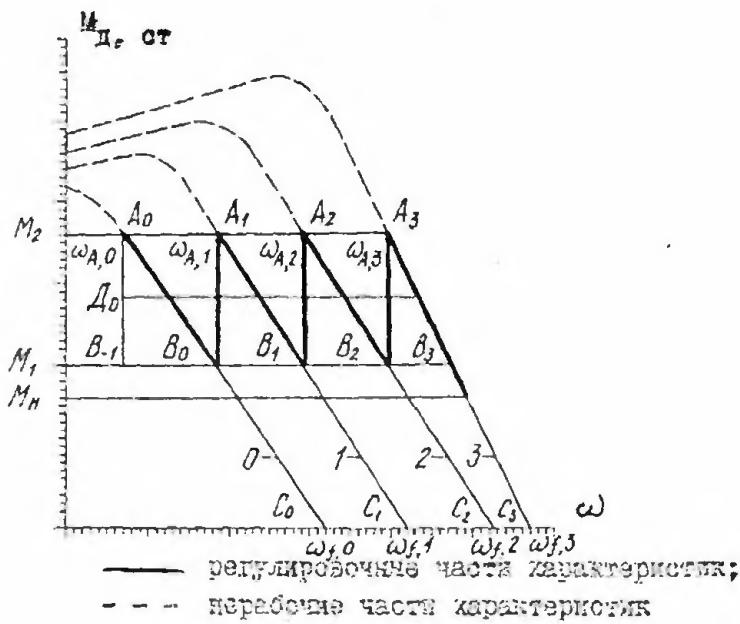


Рис. 4

тельного процесса. Такой же вывод сделан из рассмотрения характера изменения движущих моментов. Кроме того, получены зависимости, отражающие поведение ведомой части машины в процессе регулирования скорости в зависимости от значения постоянной времени муфты T_m . Установлено, что увеличение постоянной времени муфты существенно изменяет процесс регулирования рабочей скорости машины и может приводить к большим погрешностям величин реализуемых скоростей по отношению к их заданным значениям.

В третьей главе основное внимание уделено исследованию режимов работы швейной машины с амплитудно-частотным регулированием скорости двигателя. Учитывая недостатки рассмотренных конструкций (необходимость использования дополнительных технических средств для уменьшения нагрева муфт, малый срок службы и пр.), более перспективным направлением следует считать создание автоматизированных приводов на основе регулирования скорости электродвигателя с применением микропроцессорных систем управления. При этом необходимо решать задачу предохранения двигателя от перегрузок по току и моменту в процессе его пуска. Автоматизированные электроприводы типа ЭА-ПШМ, выпускаемые АО "ТУЛАМАШ- завод", используют простой и надежный асинхронный двигатель трехфазного переменного тока с короткозамкнутым ротором, а регулирование и стабилизация частоты вращения ротора осуществляется посредством изменения частоты и амплитуды напряжения питающего тока. Для совершенствования конструкции электропривода и логической схемы управления частотой вращения главного вала изучено взаимное влияние механических характеристик привода и швейной машины на законы движения главного вала, реализуемые в процессе ступенчатого регулирования. С этой целью необходимо определить механические характеристики электродвигателя на каждой из выбранных ступеней его работы и исследовать динамику перехода системы с одной регулировочной ступени на другую.

В общем виде статический движущий момент двигателя при амплитудно-частотном регулировании можно представить зависимостью

$$M_c = M(U, f, \omega, \alpha_j), \quad (13)$$

где U и f - напряжение и частота тока соответственно; ω - частота вращения ротора; α_j - электрические параметры цепей статора и ротора, такие как активные и реактивные сопротивления обмоток и др.

Зависимость (13) в общем случае является нелинейной и при переменных U и f определяет семейство регулировочных кривых. При этом каждой паре значений U и f соответствует некоторая регулировочная ступень, для которой статический движущий момент M_c является функцией только угловой скорости ω .

На рис.4 показаны регулировочные механические характеристики асинхронного двигателя для четырех ступеней, имеющих различные синхронные угловые скорости ω_{fi} . Пилообразный вид регулировочной характеристики двигателя является идеальным (задаваемым) и в реальных условиях он искажается вследствие взаимодействия двигателя со связкой с ним машиной. Поэтому для получения более точных результатов двигатель и машину следует рассматривать как единый агрегат и учитывать динамические характеристики двигателя.

При этом уравнение движения записывалось в виде:

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} + 2n_i \frac{d\omega}{dt} + k_i^2 \omega = \frac{a_i - M_{ct}}{J \cdot T_{s,i}}, \quad (14)$$

где $n_i = \frac{1}{2T_{s,i}}$ - коэффициент демпфирования; $k_i^2 = \frac{b_i}{J \cdot T_{s,i}}$ - квадрат

собственной частоты колебаний.

На основе разработанного алгоритма и программы для ПЭВМ, проанализированы различные варианты движения швейной машины на участке, соответствующем изображенному на рис.4.

Для изучения влияния начальных условий на движение машины были найдены законы изменения скоростей и ускорений при трех типах начальных условий $A_0(\omega_{A,0}, M_1)$, $D_0(\omega_{A,0}, \frac{M_1 + M_2}{2})$ и $B_{-1}(\omega_{A,0}, M_1)$.

Наиболее интенсивно скорость возрастает при начальных условиях, соответствующих точке A_0 , а наименее интенсивно при начале движения из точки B_{-1} . В то же время анализ графиков ускорений показывает, что кривые ускорений, исходящие из точек A_0 и B_{-1} , имеют тенденцию к сближению с кривой, исходящей из средней точки D_0 . Это свидетельствует о том, что графики скоростей, соответствующие точкам A_0 и B_{-1} , будут при увеличении числа ступеней регулирования приближаться к графику скоростей, соответствующему точке D_0 . Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что роль начальных условий при достаточно большом числе ступеней регулирования становится несущественной. Такой же вывод следует из анализа графиков

движущих моментов, причем задаваемая регулировочная характеристика во всех случаях существенно искажается, причем наблюдается стягивание задаваемой характеристики и стремление действующих движущих моментов к среднему между M_1 и M_2 значению. Полученные расчетные данные показывают, что при проектировании электромеханических систем со ступенчатым амплитудно-частотным регулированием характеристик привода параметры системы J , b_i , $T_{3,i}$ необходимо выбрать из условия $k_1^2 - p_1^2 > 0$, что соответствует колебательному решению системы уравнений движения машинного агрегата. Для швейных машин частоту собственных колебаний машинного агрегата достаточно обеспечить в пределах $(130 - 160) \text{ c}^{-1}$, что позволит существенно снизить величины движущих моментов в процессе регулирования режимов работы.

При исследовании переходных режимов работы машинного агрегата, таких как разгон, торможение, переход с одной регулировочной ступени на другую, необходимо знать конкретный вид статической характеристики двигателя при различных значениях напряжения и частоты питающего тока. Как показывают расчеты, каждой паре значений напряжения в фазах двигателя $U_{\Phi,c}$ и относительной частоте тока $f_r = f/f_n$ соответствует своя статическая характеристика двигателя, определяющая величину статического движущего момента как функцию скольжения s или текущей скорости ω_r .

$$M_{cf} = 2M_s(f_r + s_k)s_r \frac{s}{(sf_r - s_k)^2 + 2ss_k(f_r + s_k)}. \quad (15)$$

В дальнейшем при анализе уравнений движения используются не величины скольжения s , а непосредственно значения угловых скоростей ω_r , в результате чего по заданной относительной частоте питающего тока f_r и угловой скорости ротора ω_r находится соответствующий движущий момент. Надо иметь в виду, что часто необходимо решать обратную задачу и определять величину угловой скорости ω_r по заданному моменту M_{cl} и относительной частоте тока f_r .

Важной задачей при разработке автоматизированных приводов швейных машин является обеспечение возможности их плавного пуска и предохранения двигателя от перегрузок в процессе пуска. Она решается с помощью ограничения величин максимального и минимального движущих моментов при пуске.

Теоретический анализ движения швейной машины агрегата при ступенчатом регулировании произведен с учетом динамической характеристики двигателя без учета упругих свойств механических элементов системы, что позволяет представить уравнения движения в виде:

$$J(\phi) \frac{d^2\phi}{dt^2} + \frac{1}{2} \frac{dJ(\phi)}{d\phi} \left(\frac{d\phi}{dt} \right)^2 = M_d - M_{ct}(\phi), \quad (16)$$

$$M_d = M_e(\omega) - T_s - \frac{dM_s}{dt},$$

где ϕ - угловая координата вала двигателя; $J(\phi)$ - приведенный к валу двигателя момент инерции массы швейной машины; M_d - движущий момент; $M_{ct}(\phi)$ - момент сил внешних сопротивлений.

Анализ решений системы (16) показал, что начиная со скоростей порядка 200 см¹ на графиках скоростей появляются колебательные процессы, обусловленные переменностью приведенного момента инерции массы, определяемые в уравнениях (16) членом:

$$\frac{1}{2} \frac{dJ(\phi)}{d\phi} \left(\frac{d\phi}{dt} \right)^2.$$

Целесообразность пуска швейной машины со ступенчатым регулированием характеристик двигателя подтверждается графиками движущих моментов. Так, при прямом пуске $M_{dmax}=3,2$ н·м, тогда как ступенчатый пуск позволяет снизить его до 1,7 н·м, что при частых пусках способствует повышению надежности работы привода. Система со ступенчатым амплитудно-частотным регулированием характеристик двигателя обеспечивает также возможность интенсификации процесса торможения швейной машины за счет того, что при переходе с больших частот питающего тока на меньшие двигатель некоторое время работает в генераторном режиме и оказывает тормозящее воздействие на машину. Так, при переходе на ступени регулирования с низшими частотами питающего тока через одну, две и четыре ступени за счет работы двигателя в генераторном режиме тормозной момент увеличивается соответственно на 0,45, 0,95 и 2,25 н·м.

Четвертая глава посвящена задачам автоматического выполнения технологической операции сборки заготовок обуви заданной формы и длины. При этом скрепляемые заготовки устанавливаются в специальных кассетах, имеющих возможность перемещения по двум взаимно-перпендикулярным направлениям. Эти перемещения осу-

ществляются независимо друг от друга и имеют приводы, управляемые микропроцессорной системой, регулирующей величины перемещений заготовок вдоль координатных осей при выполнении каждого стежка.

При использовании таких систем технологическая подготовка производства включает в себя получение исходной информации для программирования микропроцессорной системы управления на выполнение всех типов швейных строчек, необходимых для изготовления данного конкретного изделия.

Эта исходная информация в конечном счете представляется в виде числовых массивов данных $\Delta x[i]$ и $\Delta y[i]$ перемещений заготовок вдоль координатных осей для различных порядковых номеров стежков [i]. Причем, данная задача может быть решена только в пределах одного типа швейных строчек и унификация программы должна заключаться в возможности использования ее для всего размерного ряда обуви.

Для представления формы строчки в аналитическом виде предлагается использовать полиномиальные зависимости вида:

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0, \quad (17)$$

где степень полинома "n" определяется характером строчки и необходимой точностью ее аналитического представления.

Наиболее общим методом получения зависимостей вида (17) является метод наименьших квадратов, который в конечном счете сводится к решению линейных относительно коэффициентов a_n систем уравнений, получаемых посредством задания пар значений $x[i], y[i]$, причем количество этих пар значений в общем случае больше, чем $(n+1)$.

Используя равенство (17) и табличные данные, снимаемые непосредственно с графика строчки, получаем переопределенную систему "l" линейных уравнений вида:

$$a_n x^n[i] + a_{n-1} x^{n-1}[i] + \dots + a_1 x[i] + a_0 = y[i], \quad (18)$$

решая которую известными методами получим значения искомых коэффициентов a_n .

Следующим этапом является переход от среднего размера обуви к другим размерам в большую или меньшую стороны,

Совокупности пар значений $x[i]$, $y[i]$ для любых размеров находились за счет растяжения-сжатия кривой для среднего размера вдоль осей x и y с коэффициентами k_x и k_y .

Представление координат вершин вписанного в швейную строчку многоугольника в виде одномерных массивов значений $x[i]$, $y[i]$ дает возможность в ходе вычислений определять требуемое количество стежков.

При этом, если поставлено условие $x[i] < x_{\max}$, то координаты конца последнего стежка всегда будут выходить за пределы заданной строчки, в связи с чем возникает задача корректировки длины стежка на некотором участке вблизи конца строчки. Величина превышения заданной длины строчки будет равна:

$$\Delta l = \sqrt{(x[k] - x_{\max})^2 + (y[k] - y_{\max})^2}, \quad (19)$$

где $x[k]$, $y[k]$ - координаты конца последнего стежка.

Если $\Delta l \geq adl_1$ ($0,95 \leq \alpha < 1$), то количество стежков следует уменьшить на единицу.

Если $\Delta l \leq (1-\alpha)dl_1$, то количество стежков берется равным расчетному.

Если же $(1-\alpha)dl_1 \leq \Delta l \leq adl_1$, то необходимо производить корректировку длины стежка в конце строчки.

При этом новая длина стежка определяется из равенства:

$$dl_1^* = dl_1 - \frac{\Delta l}{n},$$

где n - количество последних стежков, имеющих скорректированную длину.

Рекомендуется величину n выбирать так, чтобы общая длина скорректированных стежков составляла не более 10 % от длины выполняемой строчки.

Чтобы исключить заметную разницу в длинах dl_1 и dl_1^* , можно воспользоваться условием $(\Delta l_1 - dl_1^*) \leq \beta dl_1$, где величина $\beta \leq (0,1-0,05)$. Тогда количество скорректированных стежков будет равно

$$n = \frac{dl_1}{\beta dl_1}.$$

Описанный алгоритм корректировки длины стежков представлен в виде СИ-программы, аппроксимирующей форму строчки вписаным многоугольником со сторонами, равными длинам стежков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ, ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Задачи, рассматриваемые в диссертации, охватывают наиболее важные и недостаточно исследованные стороны общей проблемы повышения уровня автоматизации сборочных участков обувного производства.

Решение их позволяет при автоматизации обувного производства учесть как технологические, так и механические требования к оборудованию и организации производства.

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Использование в приводах швейных машин различных конструкций фрикционных муфт позволяет разгрузить двигатель от пусковых перегрузок и обеспечить снижение пускового момента до значений, не превышающих $1,5M_n$. Анализ процесса ступенчатого регулирования скорости швейной машины за счет импульсного управления работой фрикционной муфты дал возможность получить необходимые кинематические и динамические характеристики переходных процессов и позволил установить взаимосвязь между конструктивными параметрами машины и ее реакцией на управляемые импульсы со стороны системы управления работой машины.

2. Для расширения технологических возможностей швейных машин за счет более точного поддержания заданных ступеней рабочих скоростей и улучшения динамических характеристик приводов в целом целесообразно использовать в приводах швейных машин управляемые магнитно-эмульсионные муфты, регулировочные характеристики которых наиболее полно отвечают специфике работы швейных машин.

3. Разработанные для всех рассмотренных типов муфт алгоритмы анализа с учетом статических и динамических характеристик двигателей и их реализация с помощью СИ-программ обеспечивают возможность практического анализа условий работы швейных машин в процессе их пуска и ступенчатого регулирования скорости.

4. Для регулирования скорости швейных машин наиболее целесообразным следует считать использование ступенчатого амплитудно-частотного регулирования характеристик их двигателей, за счет чего достигается упрощение конструкции привода, существенное снижение величин пусковых движущих моментов и повышение надежности при-

вода швейных машин в условиях работы его с частыми пусками и остановами.

5. При проектировании электромеханических систем со ступенчатым регулированием скорости двигателя параметры системы необходимо выбирать таким образом, чтобы переходные процессы имели колебательный характер. Для швейных машин при этом достаточно обеспечить низшую частоту собственных колебаний в пределах 130 - 160 с^{-1} , что позволит существенно снизить величины ускорений и движущих моментов в процессе регулирования режимов работы швейной машины.

6. Теоретический анализ движения швейной машины как машинного агрегата при ступенчатом регулировании скорости необходимо производить с учетом динамической характеристики двигателя, причем в первом приближении достаточно ограничиться использованием линеаризованной динамической характеристики.

7. В общем случае для произвольных схем ступенчатого регулирования необходимо учитывать, что в процессе регулирования возможна работа двигателя как на устойчивых, так и неустойчивых ветвях характеристик, что требует использования нелинейных динамических характеристик и разработки соответствующих алгоритмов решения уравнений движения швейной машины.

8. Установлено, что при частотах вращения главного вала, превышающих 200 с^{-1} , становится необходимым учет переменности приведенного момента инерции массы машины, так как его периодические изменения при высоких частотах вращения начинают существенно влиять на колебания скоростей и движущих моментов как в переходных, так и в установившемся режимах работы швейной машины.

9. Разработанная методика исследования движения швейной машины при ступенчатом регулировании характеристик двигателя может быть использована для анализа процессов пуска, торможения и всех других технологических режимов работы швейной машины, а также служит базой при создании логических схем управления с применением микропроцессорной техники.

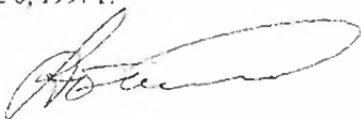
10. Предложенные аналитические выражения в виде полиномиальных зависимостей, описывающие форму швейных строчек заготовок обуви на основе исходной информации, представленной в виде числовых массивов данных, обладают достаточной универсальностью

и могут быть использованы для аналитического представления швейных строчек в широком диапазоне моделей и размеров обуви.

11. Разработанные методики расчетов и пакет СИ-программ дают возможность оперативной подготовки исходных данных для управляющих программ микропроцессорных систем швейных автоматов, обеспечивающих выполнение всех типов строчек с заданным количеством стежков и корректировкой длины стежка на участке вблизи конца строчки для точной реализации координат конца последнего стежка.

Опубликованные работы:

1. М.А.Антонов. Автоматизированный электропривод типа ПШМ 31-01 для промышленных швейных машин. Санкт-Петербургский центр научно-технической информации № 24-96.
2. М.А.Антонов, В.К.Поляков, Ю.А.Карагезян. Исследование процессов пуска и торможения швейной машины при ступенчатом регулировании характеристик двигателя. Деп. в ВИНИТИ 30.07.97, № 2538-В97.
3. М.А.Антонов, В.К.Поляков, Ю.А.Карагезян. Исследование переходных процессов при ступенчатом регулировании скорости швейной машины. Деп. в ВИНИТИ 30.07.97, № 2539-В97.
4. М.А.Антонов, В.К.Поляков, Ю.А.Карагезян. Исследование автоматизированного электропривода швейной машины при ступенчатом регулировании скорости. Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Теория и практика разработки оптимальных технологических процессов и конструкций в текстильном производстве", г.Иваново, 1997 г.
5. М.А.Антонов. Автоматизированный привод - гарант качества и высокой производительности. КОП № 6, 1997 г.



Лицензия № 020712 от 02.02.93
Оригинал подготовлен автором

Подписано к печати 06.11.98 г. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,28 Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии СПУТД

191028, Санкт-Петербург, ул. Можовая, 26.