

5 архив  
1972г

МИНИСТЕРСТВО МАШИНОСТРОЕНИЯ  
для ЛЕГКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
и бытовых ПРИБОРОВ СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
легкого и текстильного машиностроения

*На правах рукописи*

С. Ю. ПОЛИВАНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ  
ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

(№ 05.180 — Машины и оборудование легкой промышленности)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва — 1972

Работа выполнена во Всесоюзном заочном  
институте текстильной и легкой промыш-  
ленности и на Подольском механическом  
заводе имени М.И.Калинина

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор Н.М.КАРЕЛИН

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук, профессор А.В.ШЛЯХТИН,  
канд.техн.наук, доцент В.В.СТОРОЖЕВ

Ведущее предприятие: Оршанский завод "Легмаш".

Автореферат разослан "10" марта 1972 г

Защита диссертации состоится "14" апреля 1972 г  
на заседании Ученого Совета Всесоюзного научно-  
исследовательского института легкого и текстиль-  
ного машиностроения: Москва, М-105, Варшавское  
шоссе, д.33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
института.

Ученый секретарь Совета Ч. ГИРИНА

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в швейной промышленности успешно решены ряд вопросов по разработке средств механизации и автоматизации различных операций ранее выполняемых вручную или с применением швейных машин общего назначения. Созданы и серийно выпускаются промышленностью автоматические устройства для обрезки верхней и нижней ниток, устройства автоматического останова машины, подъема лапок и т.п.

Большой вклад в разработку средств механизации и автоматизации внесли отечественные НИИ, КБ швейного машиностроения и институты легкой промышленности /ВНИИЛТЕКМАШ, ЦНИИШП, МТИЛП, ВЗИЛП и др./

Однако в целом объем операций, выполняемых вручную, в швейном производстве все еще остается достаточно большим.

Одной из наиболее важных задач, возникающих при дальнейшей автоматизации швейного производства, является проблема создания устройств для автоматического стачивания изделий по заданному контуру. Это объясняется тем, что операции, связанные с обработкой по контуру, являются одними из наиболее сложных, трудоемких и низкопроизводительных. Удельный вес данных операций составляет не менее 75% всего объема работ по изготовлению одежды.

Все детали швейных изделий со сложным криволинейным контуром строчки можно разделить на две группы: детали стабильные по форме и размерам (ведомственная одежда, некоторые детали рабочей одежды и др.) и детали форма и размеры которых часто меняются (женское платье, многие виды мужской и детской одежды и т.д.)

Для швейного производства, имеющего большой ассортимент деталей одежды, разнообразие и частую смену фасонов и моделей наиболее характерна вторая группа деталей, где количество обрабатываемых изделий на одном потоке, отличающихся по форме и размерам, может быть весьма значительным.

Так, например, при пошиве женского платья на потоке с выпуском 240 единиц в смену, количество переналадок на потоке равно 8-12, что составляет порядка  $4000 \div 6000$  переналадок в год, а общее количество деталей, отличающихся по форме, обрабатываемых на том же потоке за год приблизительно равно 100 (по данным Московского швейного производственного объединения "Смена")

Настоящая работа направлена на решение вопросов по автоматизации производства, имеющего большое число криволинейных контуров обрабатываемых деталей швейных изделий.

## Глава 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ (ПУ)

В главе сформулированы требования, предъявляемые к устройствам для соединения деталей швейных изделий нестабильных по форме, дан обзор устройств с числовым программным управлением (ПУ), предназначенных для обработки по криволинейному контуру, различного технологического назначения. На основании изложенного определены цель и задачи предлагаемого исследования.

Здесь показано, что в связи с большим разнообразием швейных полуавтоматов для обработки криволинейного контура, отличающихся системой их управления, конструкцией механизма перемещения изделия, степенью механизации вспомогательных приемов, перед конструктором на стадии проектирования возникает необходимость выбора оптимального варианта полуавтомата для конкретных производственных условий, в частности, для производства с большим числом криволинейных контуров обрабатываемых изделий.

При заданном технологическом процессе правильный выбор оборудования не может быть произведен без экономического обоснования целесообразности применения той или иной схемы полуавтомата.

Существующие устройства автоматического действия для контурной обработки деталей швейных изделий классифицируются по системе управления: копировальные прямого действия, копировальные непрямого действия и разрабатываемые в последние годы устройства с ПУ.

В данной главе по критерию минимума приведенных затрат выполнен технико-экономический сопоставительный анализ оборудования для контурной обработки деталей одежды, отличающегося в значительной степени как по системе управления, так и по конструкции механизма перемещения (полуавтоматы 560, 770 классов ПМЗ, полуавтомат Adler -960, промышленная швейная машина 97 класса 03ШМ). Этот анализ позволил найти зоны значений  $m/n$  в пределах которых обеспечивается минимум приведенных затрат для каждого из перечисленных типов машин автоматического и неавтоматического действия. ( $m$  - количество деталей, отличающихся по форме обрабатываемого контура,  $n$  - число контуров, обрабатываемых без переналадок). Расчет показал, что в условиях, характерных для швейного производства, многообразия форм обрабатываемых изделий приведенные затраты при использовании рассмотренного оборудования автоматического действия превышают затраты, имеющие место при применении универсальных машин, т.е. известные средства автоматизации мало эф-

фективны. На основании результатов технико-экономического расчета показано, что устройства для автоматизации операций контурной обработки деталей при  $m > 25$  должны, в первую очередь, иметь малую стоимость сменных элементов, возможность обрабатывать изделия самых различных форм, высокую скорость обработки, относительно небольшую величину капитальных затрат, а так же быстроту переналадки.

Количественные соотношения указанных переменных величин приведены в работе, где, например, показано, что при возрастании капитальных затрат на оборудование в четыре раза по сравнению с универсальной промышленной машиной скорость обхода по контуру оборудования автоматического действия должна быть увеличена вдвое. Эта зависимость получена для обработки типовой детали при минимальной из указанных выше полуавтоматов стоимости сменных элементов и времени на переналадку.

Швейные полуавтоматы с копировальной системой управления прямого действия и со следящей гидравлической, пневматической и комбинированной системами, типичными представителями которых являются соответственно рассмотренные при технико-экономическом расчете полуавтоматы 770 и 560 классов ПМЗ, не полностью отвечают перечисленным требованиям, в связи с

чем их использование при многообразии форм контуров нецелесообразно. Устройствам с фотоэлектрической системой управления, имеющей из всех систем непрямого действия наименьшую стоимость программируемого устройства и незначительные затраты времени на переналадку, также присущи ряд недостатков, таких как: невысокая линейная скорость перемещения, значительные отклонения от заданной траектории строчки при обработке участков контура с малыми радиусами кривизны, сложность обработки изделий с пересекающимися линиями строчки и т.п.

Перечисленные недостатки ограничивают область применения данных устройств.

В работе показано, что выполнение основных четырех требований, предъявляемых к оборудованию для контурной обработки деталей швейных изделий с большим числом форм, наиболее полно может быть реализовано с помощью устройств ПУ.

Необходимо отметить, что тенденция к снижению приведенных затрат оборудования для выполнения контурных операций при обработке деталей швейных изделий посредством применения устройств ПУ, находящихся сейчас на стадии разработки, появилась в последние годы как в Советском Союзе (патенты № 114392, 228519) так и за рубежом (патенты № 341703, 393051 и другие).

По сравнению с устройствами ПУ, применяемыми в других отраслях промышленности, к устройствам с ПУ для обработки деталей швейных изделий по криволинейному контуру предъявляются дополнительно к ранее сформулированным следующие требования, вытекающие из специфики технологии швейного производства:

1. погрешность обработки, выбираемая в зависимости от вида выполняемой строчки, должна лежать в диапазоне  $\pm (0,5 \div 1)$ мм.
2. коэффициент неравномерности хода  $\varepsilon$  привода подач не должен превышать:  $\varepsilon < 0,4$ ;
3. обеспечение синхронизации перемещения приспособления с обрабатываемым изделием и механизмов швейной машины, осуществляющей стачивание;
4. обеспечение отработки приводом подач значительных инерционных нагрузок при практическом отсутствии технологических нагрузок.

Анализ структурных схем ПУ, применяемых в различных отраслях промышленности, показал, что в наибольшей степени предъявляемым требованиям удовлетворяют системы ПУ без обратной связи с приводом на шаговых электродвигателях.

В последние годы отечественной промышленностью освоены и серийно выпускаются шаговые электродвигатели (ШД), которые позволяют преобразовать дискретный входной сигнал в пропорциональное линейное или угловое

перемещение. Используемые в ШД электромагниты поворотного типа, имея гибкую электромагнитную связь с валом, не нуждаются в жесткой кинематической цепи, применяемой сейчас в большинстве известных устройств с ПУ для обработки деталей швейных изделий по криволинейному контуру, поэтому их износостойчивость и надежность значительно выше.

Шаговые двигатели имеют высокое быстродействие и широкий диапазон регулирования скорости. Отсутствие накопленной ошибки в приводах с ШД позволяет осуществить системы с ШД без обратной связи, а широкий диапазон регулирования скорости ШД дает возможность существенно упростить кинематические цепи. В сочетании с электронным коммутатором ШД непосредственно реагирует на маломощные импульсы, поступающие с программируемого устройства или от ЦВМ.

В связи с вышесказанным, для рассматриваемых устройств с ПУ была выбрана разомкнутая система с силовыми, магнитоэлектрическими ШД и механической передачей – винт-гайка, служащей для преобразования вращательного движения ШД в поступательное перемещение приспособления с обрабатываемым изделием.

При анализе систем с ШД выявлена необходимость проведения исследований по определению коэффициента неравномерности хода, динамической и кинематической погрешностей привода с ШД устройств для контурной

обработки деталей одежды, изыскания путей снижения неравномерности хода, динамической и кинематической погрешностей до величин, не превышающих заданных технологических допусков, а также разработка методики расчета устройств с ПУ для обработки деталей швейных изделий и создания самих устройств.

На основании вышесказанного, целью настоящей работы является снижение приведенных затрат при обработке деталей швейных изделий с большим числом форм посредством применения устройств с ПУ и приводом на силовых ШД.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Определить зависимость динамической ошибки и коэффициента неравномерности подачи при контурной обработке от параметров ШД, нагрузки, частоты управляющих импульсов и кривизны контура, а также изыскать пути их снижения до заданных технологических допусков;
2. Найти кинематическую погрешность пары винт-гайка скольжения, работающей в диапазоне перемещения до 450 мм, провести анализ составляющих этой погрешности и разработать средства по ее снижению;
3. Разработать методику расчета устройств с ПУ для контурной обработки деталей одежды и создать такое устройство.

## ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИЛОВОГО ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ ПРИВОДА ПОДАЧ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В главе путем математического моделирования на аналоговой вычислительной машине (АВМ) проводится определение коэффициента неравномерности хода и динамической ошибки силового ШД, выводится и исследуется регрессионная зависимость коэффициента неравномерности хода от параметров ШД, нагрузки и частоты управляющих импульсов, даются рекомендации по уменьшению динамической ошибки и неравномерности хода привода с ШД.

Для исследования характера изменения неравномерности углового перемещения ротора ШД с нагрузкой, при водящей к изменению длины стяжка, и динамической ошибки ШД в системе привода, обуславливающей появление погрешности формы контура, от параметров ШД, нагрузки и частоты управляющих импульсов в установившемся режиме, рассматривается система нормализованных дифференциальных уравнений магнитоэлектрического ШД:

$$\begin{aligned} i_d + \alpha \frac{di_d}{d\tau} - \alpha i_q \frac{d\theta}{d\tau} &= \cos(\gamma - \theta) \\ i_q + \alpha \frac{di_q}{d\tau} + \alpha i_d \frac{d\theta}{d\tau} + \delta \frac{d\theta}{d\tau} &= \sin(\gamma - \theta) \\ \frac{d^2\theta}{d\tau^2} + \mu_n &= i_q, \end{aligned} \quad (1)$$

- где
- $i_q$  - ток по поперечной оси двигателя,
  - $i_d$  - ток по продольной оси двигателя,
  - $\tau = \sqrt{\frac{M_m \cdot P}{J}} \cdot t$  - безразмерное время,
  - $\omega_0 = \sqrt{\frac{M_m \cdot P}{J}}$  - собственная частота круговых колебаний ротора /1/сек/,
  - $M_m$  - максимальный синхронизирующий момент ШД /г.см/,
  - $P$  - число пар полюсов ШД,
  - $J$  - момент инерции нагрузки, приведенный к валу ШД /г.см·сек<sup>2</sup>/,
  - $\theta_e = P \cdot \theta$  - угол поворота ротора ШД в электрических радианах.
  - $\theta$  - угол поворота в геометрических радианах,
  - $\alpha = \omega_0 \frac{2}{K_\phi \cdot R_\phi}$  - нормализованная постоянная времени,
  - $L_\phi$  - индуктивность фазы ШД /гн/,
  - $R_\phi$  - сопротивление фазы /ом/,
  - $K_\phi = \frac{R_\phi + R_d}{R_\phi}$  - коэффициент форсировки при включении цепей ШД с последовательным добавочным сопротивлением,
  - $\gamma$  - функция, дискретно меняющаяся во времени,
  - $R_d$  - добавочное сопротивление /ом/,
  - $\delta = \omega_0 \frac{9,81 \cdot 10^{-5} M_m}{P \frac{U^2}{R_\phi \cdot K_\phi}}$  - нормализованный коэффициент внутреннего демпфирования ШД,
  - $U$  - напряжение источника питания,

- $M_H = \frac{M_H}{M_m}$  - относительный момент сопротивления нагрузки,  
 $M_H$  - статический момент сопротивления нагрузки.

Все параметры привода в дифференциальных уравнениях (1) представлены в относительных единицах.

Неравномерность хода привода  $\mathcal{E}$ , как это видно из системы уравнений (1), зависит от параметров  $\delta, \alpha, \mu_H$  и частоты управляемых импульсов  $\omega$ , т.е.

$$\mathcal{E} = f(\omega, \delta, \alpha, \mu_H).$$

Известно, что

$$\mathcal{E} = \frac{\omega(\alpha_{max} - \alpha_{min})}{\alpha_{max} + \alpha_{min}},$$

где  $\alpha_{max}$  и  $\alpha_{min}$  - максимальное и минимальное значение угла поворота ротора ШД.

Динамическая ошибка, как это показано в работе, связана с коэффициентом неравномерности  $\mathcal{E}$  следующим простым выражением:  $\delta = \frac{1}{2} \mathcal{E} \alpha_{nom}$ ,

где  $\alpha_{nom}$  - номинальное значение угла поворота ШД.

Запись системы уравнений (1) в безразмерных единицах дает возможность заменить многообразие реальных ШД с конкретным соотношением электрических и механических параметров рассмотрением одного обобщенного ШД, у

которого напряжение на обмотках, токи, сопротивление обмоток, максимальный статический синхронизирующий момент, суммарный момент инерции и число пар полюсов приведено к единице, а число фаз приведено к двум.

Поэтому решение системы уравнений справедливо для всего класса типовых дискретных приводов с магнитоэлектрическими ШД, независимо от их мощности, цены шага и момента инерции нагрузки. В связи с наличием в системе уравнений произведения переменных, а также нелинейных функций воздействия и их дискретного характера /  $f$  - функция, дискретно изменяющаяся во времени/ данная система дифференциальных уравнений существенно нелинейна и ее решение аналитическими методами, линеаризацией или понижением порядка системы, не представляется возможным, так как в упрощенной модели неравномерность углового перемещения будет существенно отличаться от полной модели.

Таким образом, определение неравномерности хода ротора ШД в системе привода в функции от параметров привода и частоты управляемых импульсов может быть выполнено с помощью методов математического моделирования

Задача состоит в том, что необходимо получить представление о функции отклика  $\mathcal{E} = f(\omega, \delta, \alpha, \mu_H)$ , где  $\omega, \delta, \alpha$  и  $\mu_H$  - независимые переменные, которыми можно варьировать при постановке эксперимента.

В качестве метода исследования был взят планируемый многофакторный эксперимент, позволяющий наиболее эффективно и быстро решить задачу нахождения функции отклика.

В связи с тем, что аналитическое выражение функции отклика неизвестно, она представлена полиномом:

$$A = \delta_0 + \delta_1 Z_1 + \delta_2 Z_2 + \delta_3 Z_3 + \delta_4 Z_4 + \delta_5 Z_5 + \\ + \delta_6 Z_6 + \delta_7 Z_7 + \delta_8 Z_8 + \delta_9 Z_9 + \delta_{10} Z_{10} \quad (2)$$

Переменные  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  соответствуют параметрам привода  $\omega, \delta, \alpha, \mu_H$ , а переменные  $Z_5, Z_6, Z_7, Z_8$  являются их произведениями:  $Z_5 = Z_1 \cdot Z_2$ ;  $Z_6 = Z_1 \cdot Z_3$ ;  $Z_7 = Z_1 \cdot Z_4$ ;  $Z_8 = Z_2 \cdot Z_3$ ;  $Z_9 = Z_2 \cdot Z_4$ ;  $Z_{10} = Z_3 \cdot Z_4$ .

Математическое моделирование проводилось на вычислительной аналоговой машине "Аналак 110".

"Матричный вид" системы уравнений для набора на вычислительной машине "Аналак" записывается следующим образом:

$$\begin{matrix} i_d & + & \alpha & \frac{di_d}{d\tau} & - & \alpha i_q & \frac{d\theta}{d\tau} & = & \cos(\gamma - \theta) \\ 3 & \square & 3 & \square & 10 & 3 & 3 & 3 & \square & 1 \\ \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} i_q & + & \alpha & \frac{di_q}{d\tau} & + & \alpha i_d & \frac{d\theta}{d\tau} & + & \delta & \frac{d\theta}{d\tau} = \sin(\gamma - \theta) \\ 3 & \square & 3 & \square & 10 & 1 & 3 & 3 & 3 & \square & 1 \\ \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \frac{d^2\theta}{d\tau^2} & + & \mu_H \operatorname{sign} \frac{d\theta}{d\tau} & = & i_q \\ 1 & \square & 1 & \square & 3 & \square \\ \end{matrix}$$

$$i_{d,q} = \int \frac{di_d}{d\tau} d\tau \quad q_3$$

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \int \frac{d^2\theta}{d\tau^2} d\tau \quad q_3$$

$$\theta = \int \frac{d\theta}{d\tau} d\tau \quad 1$$

Стоящая под знаком коэффициента или переменной в уравнениях (3) цифра определяет максимальное значение этой величины. Цифра, заключенная в квадрат, является масштабным коэффициентом члена уравнения.

Для определения коэффициента полинома (2) в соответствии с матрицей планирования проведено математическое моделирование. Частота управляющих импульсов  $\omega$  и параметры привода при моделировании изменились в следующих пределах:

$$\omega = 0,4 \div 1 \quad \alpha = 0,4 \div 2,0$$

$$\delta = 0,2 \div 2 \quad \mu_H = 0,1 \div 0,4$$

Поставленный эксперимент позволил определить коэффициенты полинома (2). В итоге получена следующая регрессионная зависимость неравномерности хода привода устройств с ПУ от параметров ШД, нагрузки и частоты управляющих импульсов:

$$\begin{aligned} E = & 0,33 + 0,23 R_1 - 0,2 R_2 + 0,13 R_3 - 0,15 R_4 - 0,14 R_5 + \\ & + 0,06 R_6 - 0,09 R_7 - 0,03 R_8 + 0,03 R_9 - 0,09 R_{10} \end{aligned}$$

С помощью критерия Фишера доказана гипотеза адекватности представления результатов исследования полиномом 3.

Кроме того, результаты моделирования, которые, в частности, показали, что при определенных соотношениях параметров привода и частоте управления величины  $\sigma$  и  $\varepsilon$  превышают заданный технологический допуск, были подтверждены экспериментальной проверкой на конкретном объекте. Определение неравномерности хода и динамической ошибки производилось с помощью фотоэлектрического датчика, фиксирующего угол поворота ШД.

Таким образом, пользуясь полученной регрессионной зависимостью, можно легко определить коэффициент неравномерности хода и динамическую ошибку спроектированного привода с ШД и подобрать его такие параметры, при которых привод будет работать с максимальным быстродействием при коэффициенте неравномерности  $\varepsilon$  и динамической ошибке  $\sigma$  не превышающих заданных величин.

Проведенное моделирование позволило сделать выводы, что уменьшение неравномерности хода и динамической ошибки устройств с ПУ и приводом на силовых ШД может осуществляться путем:

- снижения частоты управления /изменение масштаба времени программы/;

- уменьшения постоянной времени обмоток ШД;
- увеличения демпфирования всей системы;
- изменения относительного момента сопротивления нагрузки;
- предыскажения программы.

Кроме того, уменьшение  $\sigma$  и  $\varepsilon$  может быть достигнуто за счет правильной ориентации обрабатываемых деталей относительно выбранных осей координат.

## ГЛАВА III ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ УСТРОЙСТВ С ПУ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В третьей главе приведены результаты теоретического и экспериментального исследования кинематической точности механической передачи устройств с ПУ, представляющей винтовую пару скольжения с большим диапазоном относительного перемещения, проведенного на основе метода аналитического расчета кинематической точности сопряженных поверхностей, разработанного проф. Коротковым В.П. Выполнен поэлементный контроль параметров сопряженных поверхностей винта и гайки, с помощью графоаналитического расчета найдены виды ошибок, вызывающих наибольшую кинематическую погрешность, и даны рекомендации по увеличению кинематической точности винтовой передачи до заданного технологического

допуска при сохранении отношения длины винта к его среднему диаметру.

При исследовании приняты следующие допущения:

- 1) образующие поверхности винта и гайки считаем прямолинейными на участках их сопряжения, 2) оси винта и гайки считаем совпадающими.

В устройствах для обработки деталей швейных изделий по криволинейному контуру с ПУ и приводом на силовых ШР в силу необходимости обеспечения минимального момента инерции нагрузки для получения высокой частоты приемистости ШД отношение длины винта к его среднему диаметру, принимая во внимание максимальные габариты обрабатываемых деталей одежды, достаточно велико.

Вследствие малой поперечной жесткости при обработке винта возникают отжимы, вызывающие изгиб винта, что, в свою очередь, приводит к увеличению кинематической погрешности механической передачи.

Для исследования влияния деформации винта на кинематическую точность пары в уравнении геометрической точности введено слагаемое, соответствующее эксцентризитету с коэффициентом, зависящим от независимой переменной  $\psi$ . Как показал эксперимент, ось винта имеет прогиб величиной  $A_0$  в среднем сечении. Уравнение оси винта в этом случае можно представить в виде:

$$f(\psi_e) = A_0 \cdot \sin \frac{\pi P}{L_e} \cdot \psi_e ,$$

где  $P$  - параметр винтового движения,

$L_e$  - длина винта,

$\psi_e$  - угол поворота винта.

При этом погрешность среднего диаметра войдет в уравнение геометрической точности в виде ошибки эксцентризитета с переменным коэффициентом вида:

$$\delta_{r_2} = A_0 \cdot \sin \frac{\pi P}{L_e} \psi_e \cdot \sin (\psi_e + \psi_1) .$$

С целью проведения анализа влияния на кинематическую точность винтовой пары наиболее типичных видов погрешностей выполнен поэлементный контроль основных параметров сопряженных поверхностей винта и гайки.

С помощью универсального микроскопа УИМ-21 были найдены прогрессивная ошибка шага, периодическая ошибка шага, эксцентризитет по среднему радиусу, конусность и овальность.

На основании определенных экспериментальным путем погрешностей отдельных параметров резьбы винта и гайки был проведен графоаналитический расчет ошибок положения образующих винта и гайки и построена функция минимального зазора в зависимости от угла свинчивания. Результаты проведенных расчетов показали, что наибольшую кинематическую погрешность, превышающую

величину технологического допуска, дают ошибки, обусловленные изгибом винта, и прогрессивная ошибка шага.

Было найдено, что компенсация погрешностей вследствие изогнутости винта может быть осуществлена путем использования конструкции подпружиненной "плавающей" гайки. В этом случае гайка как бы отслеживает смещение оси винта, подключая тем самым смещение обоймы, в которой подвижно закреплена гайка, а упругие элементы, обеспечивающие распорные усилия между разноименными профилями винтовой поверхности, выбирают люфт.

Экспериментальное определение кинематической точности винтовой пары производилась на стенде, построенном на базе универсального микроскопа УИМ-21, снабженного измерительной бабкой ИБ-1 и специальными приспособлениями, обеспечивающими неподвижную фиксацию гайки и одностороннюю выборку люфта в винтовой паре.

Результаты графоаналитического определения кинематической погрешности, основанного на дифференцированном контроле элементов резьбы ходового винта и гайки, хорошо согласуются с величиной кинематической погрешности пары, определенной экспериментально, что свидетельствует о правильности выбранной методики расчета и измерения.

В результате выполненного теоретического и экспериментального исследования кинематической точности

винтовой пары устройства с ПУ даны рекомендации по снижению кинематической погрешности, позволившие получить точность перемещения приспособления не менее 0,08 мм в диапазоне перемещений 450 мм при заданном отношении длины винта к его среднему диаметру, т.е. поднять кинематическую точность до величины, лежащей в пределах заданного технологического допуска равного 0,1 мм.

## ГЛАВА 1У. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИЛОВОГО ШАГОВОГО ПРИВОДА С УПРУГИМИ ЗВЕНЬЯМИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В четвертой главе приводится описание разработанного швейного полуавтомата с ПУ и исследование динамики шагового привода в переходных режимах с учетом упругих деформаций механической системы непосредственно на объекте.

Здесь показано, что механическая передача полуавтомата представляет собой рекомендованную в третьей главе винтовую пару скольжения с минимальным моментом инерции, в которой для повышения кинематической точности применена подпружиненная "плавающая" гайка. Для синхронизации движения приспособления с обрабатываемым изделием и механизмов швейной машины, привод программионосителя полуавтомата с ПУ кинематически связан с главным валом швейной головки.

Рекомендуемое во второй главе снижение частоты управляющих импульсов с целью уменьшения динамической ошибки и неравномерности хода производится путем включения предусмотренной в устройстве с ПУ тихоходной передачи при подачи сигнала с дорожки технологических команд программосителя, а изменение статического момента сопротивления нагрузки осуществляется за счет регулирования степени сжатия пружин в подпружиненных "плавающих" гайках винтовых пар.

В этой главе экспериментальным путем найдена величина динамической ошибки шагового привода с учетом влияния механических звеньев при различных значениях момента инерции нагрузки, подачи и кривизны контура, которые менялись в диапазонах, характерных для операций соединения деталей швейных изделий по криволинейному контуру.

Определение динамической погрешности производилось с помощью специально разработанного тензометрического датчика перемещений.

Исследовались следующие режимы работы привода: пуск, останов и реверс. Частота управляющих импульсов изменялась от 0 до 160 гц с интервалом в 20 гц. Величина динамической ошибки вычислялась для двух значений приведенного момента инерции нагрузки:

$J_1=0,14 \text{ г.см.сек}^2$  и  $J_2=0,35 \text{ г.см.сек}^2$ , что соответствует приведенному моменту инерции нагрузки для случая перемещения кареток (масса 2,5 кг) и приспособления с деталями края (масса 2,5 кг), а также кареток и швейной головки (масса 10 кг). Изменение приведенного момента инерции  $J$  в указанных пределах соответствует изменению постоянной времени  $\chi$  от 1 до 0,77 и демпфирования  $C$  от 0,65 до 0,49.

По полученным осциллограммам, пользуясь методами математической статистики, для режимов пуска, останова и реверса, построены графические зависимости относительной величины динамической ошибки, выраженной в долях цены импульса, от скачков частоты для переходных режимов.

Исследование динамики привода с ШД непосредственно на объекте позволило подтвердить правильность выводов, сделанных во второй главе на основании результатов моделирования привода с ШД на АЗМ, и разработать дополнительные рекомендации по уменьшению динамической ошибки при обходе по контуру.

## ГЛАВА У. МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТРОЙСТВ С ПУ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В главе приводится методика расчета устройств с ПУ для контурной обработки деталей швейных изделий,дается пример выбора ШД и режима его работы для приво-

да разработанного швейного полуавтомата, а также уточняется область применения устройств с ПУ для контурной обработки деталей одежды в швейной промышленности.

Здесь на основании полученной в второй главе регрессионной зависимости (3), графических зависимостей относительной величины динамической ошибки от скачков частоты для переходных режимов, найденных в четвертой главе и, используя имеющиеся в литературе рекомендации по выбору ШД для типовых систем, разработана методика выбора ШД привода подач устройств, осуществляющих контурную обработку деталей швейных изделий.

Разработанная методика дает возможность выбрать ШД привода устройств с ПУ, задавшись числом оборотов главного вала и длиной стежка швейной машины, осуществляющей обработку, а также ценой импульса устройства. Предлагаемая методика выбора ШД в отличии от существующей методики для типовых систем с ШД позволяет оценить величину динамической ошибки и неравномерности хода спроектированного привода при различных параметрах нагрузки, разной величине подачи, кривизне обрабатываемого контура и подобрать такие параметры привода, при которых величины  $\delta$  и  $\epsilon$  при максимальном быстродействии привода не превышают заданных.

Выполненный в работе выбор ШД для привода швейного полуавтомата с ПУ и расчет режимов работы двигате-

ля показал, что выбранный привод с силовыми ШД типа ШДА-7Ф /ШФ-16/4 / обеспечивает необходимый, согласно технологических требований к устройствам для контурной обработки деталей швейных изделий, режим работы (скорость обработки до 7,5 м/мин.) при заданной динамической погрешности на обработку ( $\pm 0,5$  мм) и неравномерности хода ( $\epsilon < 0,4$ ).

Технико-экономический сопоставительный анализ по критерию минимума приведенных затрат спроектированного устройства с ПУ с оборудованием для контурной обработки, рассмотренным в 1 главе, показал, что разработанное устройство с ПУ экономически целесообразно использовать при большом числе криволинейных контуров обрабатываемых деталей  $m > 25$ , т.е. в зоне, где применение известных средств автоматизации, как это следует из первой главы, мало эффективно.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

По результатам теоретического и экспериментального исследования, можно сделать следующие выводы:

1. При выполнении контурных операций в швейной промышленности в условиях многообразия форм обрабатываемых деталей  $m > 25$ , применение имеющегося оборудования автоматического действия мало эффективно.

2. Сборутовало для соединения деталей швейных изделий по криволинейному контуру при  $m \geq 25$  должно отвечать следующим основным требованиям:

- а) малая стоимость сменных элементов и возможность обрабатывать изделия самых различных форм;
- б) простота переналадки;
- в) высокая скорость обработки;
- г) относительно небольшая величина капитальных затрат;
- д) погрешность обработки, выбираемая в зависимости от вида выполняемой строчки, должна лежать в диапазоне  $\pm (0,5 \div 1)$  мм;
- е) коэффициент неравномерности хода с приводом подач не должен превышать:  $\delta < 0,4$ ;
- ж) обеспечение синхронизации перемещения приспособления с обрабатываемым изделием и механизмов швейной машины, осуществляющей стачивание;
- з) обеспечение отработки приводом подач значительных инерционных нагрузок при практическом отсутствии технологических нагрузок.

3. Установлено, что величина коэффициента неравномерности хода и погрешность обработки устройств с ПУ и приводом на силовых ШД сопоставима с заданными технологическими допусками на неравномерность перемещения и погрешность обработки и при определенных соотношениях обобщенных параметров привода может превышать эти допуски.

4. Снижение величин неравномерности хода и динамической ошибки может осуществляться путем изменения обобщенных параметров привода следующим образом:

- а) снижением частоты управления (изменение масштаба времени программы);
- б) уменьшением постоянной времени обмоток ШД (за счет увеличения коэффициента форсировки);
- в) увеличением демпфирования всей системы;
- г) изменением относительного момента сопротивления нагрузки;
- д) предыскажением программы;
- е) выбором рационального направления обхода по контуру и правильной ориентации обрабатываемой детали относительно осей координат.

5. Установлено, что основная часть кинематической погрешности винтовой пары с большим отношением длины винта к его среднему диаметру, определяется погрешностью, обусловленной изогнутостью винта и прогрессивной погрешностью шага винта.

Для компенсации погрешности вследствие изогнутости оси ходового винта предложена конструкция "плавающей" гайки, позволяющая получить точность перемещения не менее 0,08 мм в диапазоне перемещения до 450 мм.

6. Получено уравнение ошибок осевого положения текущих точек образующих профиля, по которому может

производиться расчет кинематической точности винтовых пар, имеющих изогнутость ходового винта.

7. Найдены зависимости динамической ошибки шагового привода с упругими звеньями от момента инерции нагрузки, величины подачи и критерия контура для переходных режимов, подтверждающие правильность выводов и рекомендаций, сделанных на основании результатов математического моделирования в п. 4.

8. Разработан экспериментальный образец швейного полуавтомата с ПУ и приводом на силовых ШД. Исследование динамики полуавтомата при стачивании различных деталей швейных изделий (воротники, манжеты мужских сорочек, клапаны карманов брюк и т.п.) показали, что данный полуавтомат полностью отвечает всем технологическим требованиям, изложенным в п.2.

9. Предложена методика расчета устройств с ПУ, осуществляющих соединение деталей швейных изделий по криволинейному контуру.

10. Установлено, что применение устройств с ПУ для соединения деталей одежды по криволинейному контуру оптимально по критерию приведенных затрат при выполнении технологических операций с частой сменой форм и размеров обрабатываемых изделий, а именно:

$$25 < m < 100.$$

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В РАБОТАХ:

1. Поливанов С.Ю., Сумароков Н.В., Капустин И.И. Анализ систем управления швейными полуавтоматами, Швейная промышленность № 3, 1968.
2. Поливанов С.Ю., Александров С.П., Капустин И.И. Системы числового программного управления для автоматизации технологических процессов, Швейная промышленность № 6, 1968.
3. Поливанов С.Ю., Александров С.П. Гибкие системы управления для автоматизации технологических процессов, Кожевенно-обувная промышленность № 7, 1969.
4. Поливанов С.Ю., Александров С.П. Разработка программы для машин-автоматов с числовой системой управления, Кожевенно-обувная промышленность, № 11, 1969.
5. Поливанов С.Ю., Прятков В.Г. Исследование динамики работы привода с шаговыми двигателями на ЭВМ, Машиностроение для легкой промышленности, № 12, 1970.
6. S.P. Alexandrov. S.J. Polivanov zvýšení výkonu u automatických strojů využitím číslicového programového systému a učlánění. Kolořství NS 1970 PRAHA
7. Зак И.С., Поливанов С.Ю. К вопросу выбора оптимального варианта полуавтомата для обработки криволинейного контура, Машиностроение для легкой промышленности.

8. Карцев Е.А., Коротков В.П., Поливанов С.Ю. и др. Кинематическая точность винтовых передач, Машиностроение для легкой промышленности, 1970.
9. Капустин И.И., Поливанов С.Ю. и др. Швейный полуавтомат, авт.свид.СССР № 244105.

ДОЛОЖЕНО НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЯХ И  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЕКЦИЯХ:

1. Межвузовская научная конференция по методам расчета механизмов машин-автоматов, Львов, 1968.
2. Научно-техническая конференция ВЗИТЛПа, Москва, 1970.
3. XXIII научно-техническая конференция КТИЛПа, Киев, 1971.
4. Научно-техническая конференция ВЗИТЛПа, Москва, 1971.