

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 687.053:681.3

На правах рукописи

БУЕВИЧ ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ
ПЕТЕЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА
С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Специальность 05.02.13 -

Машины и агрегаты /по легкой промышленности/

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Витебск, 2000

Работа выполнена в Витебском государственном технологическом
университете

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Сункуев Б.С.

Официальные оппоненты:

заслуженный деятель
науки и техники России,
доктор технических наук,
профессор Сторожев В.В.;
кандидат технических наук,
доцент Ольшанский В.И.

Оппонирующая организация:

ОАО “Орша”
г. Орша

Защита состоится “26” октября 2000 г. в 10 часов на заседании Совета К 02.11.01 по
защите диссертаций в Витебском государственном технологическом университете
по адресу:

210035, г. Витебск, Московский проспект, 72

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Витебского
государственного технологического университета.

Автореферат разослан “22” сентября 2000 г.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук,
доцент

Г.В. Казарновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Обметывание петель на одежде является одной из наиболее массовых операций швейного производства. Потребность в петельных полуавтоматах в швейном производстве велика. В настоящее время заводами Республики Беларусь и стран СНГ петельные полуавтоматы не выпускаются. Отечественные швейные предприятия оснащены петельными полуавтоматами 25-А класса ПМЗ устаревшей конструкции, выпуск которых прекращен, и зарубежными петельными полуавтоматами с кулачковой системой управления. Недостатками этих полуавтоматов являются ограниченность типов и размеров выполняемых петель, сложность регулировки механизмов при изменении параметров петли, отсутствие унификации основных механизмов с универсальными машинами.

Высокая стоимость зарубежных петельных полуавтоматов и запасных частей к ним делает их недоступными для большинства швейных предприятий Республики Беларусь и стран СНГ, поэтому требуется проводить работу по созданию отечественного петельного полуавтомата.

Актуальной является проблема разработки петельного полуавтомата для швейного производства, соответствующего современному уровню и экономически эффективного в условиях как крупносерийного так и мелкосерийного производства швейных изделий. Поэтому в настоящей работе поставлена задача разработки и исследования механизмов петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением (МПУ).

СВЯЗЬ РАБОТЫ С КРУПНЫМИ НАУЧНЫМИ ПРОГРАММАМИ, ТЕМАМИ

Работа выполнялась в соответствии с госбюджетными договорами ГБ-211-96 “Разработка петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением”, утвержденным решением НТК ВГТУ (протокол N14 от 01.02.96) и ГБ-236-97 “Разработка петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением”, утвержденным решением НТК ВГТУ (Протокол N14/96-97 от 25.02.97) в соответствии с планом финансирования НИР Министерства образования Республики Беларусь.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель данной работы - разработка и исследование механизмов петельного полуавтомата с МПУ. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих конструкций петельных полуавтоматов;
- разработать рациональную структуру петельного полуавтомата с МПУ;
- разработать механизм зигзага и оптимизировать кинематические параметры режима его работы;
- разработать механизм подачи материала и оптимизировать кинематические параметры режима его работы;
- экспериментально определить усилия прорубания текстильных материалов;

- разработать механизм ножа для прорубания петли и исследовать динамику электромагнитного привода механизма ножа;
- провести производственные испытания опытного образца петельного полуавтомата с МПУ.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является петельный полуавтомат с МПУ.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе сочетаются теоретические и экспериментальные методы исследования, основные теоретические результаты подтверждены экспериментально. Проведенные исследования базируются на работах отечественных и зарубежных ученых, являясь их продолжением и развитием.

При выполнении теоретических исследований использовались положения теоретической механики, теории механизмов и машин, теории дифференциальных уравнений, электротехники, теории надежности машин, теории вероятностей, теории планирования эксперимента, методы программирования и оптимизации. Все необходимые расчеты проведены на ЭВМ с использованием современных программных средств и специально разработанных автором программ.

Обработка результатов экспериментов проводилась с использованием методов планирования эксперимента и математической статистики на ЭВМ. Экспериментальные исследования проведены в научно-исследовательских лабораториях Витебского государственного технологического университета и Опытно-конструкторского бюро машиностроения г. Витебска на специально разработанных установках.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработана рациональная структура петельного полуавтомата с МПУ, находящегося по своим технологическим параметрам на уровне лучших зарубежных аналогов, имеющего высокий уровень унификации с базовой швейной машиной 31-го конструктивно-унифицированного ряда;
- разработана обобщенная методика оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ;
- разработана усовершенствованная методика экспериментального определения механических динамических характеристик шаговых электродвигателей;
- разработана методика экспериментального определения усилий прорубания двухслойных образцов текстильных материалов плоскими ножами на фторопластовой пластине;
- разработана математическая модель динамики электромагнитного привода механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ;
- разработана методика экспериментального исследования механических характеристик механизма ножа петельного полуавтомата.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Практическая значимость заключается в следующем:

- результаты теоретических и экспериментальных исследований послужили основанием для создания опытного образца отечественного петельного полуавтомата с МПУ;
- оптимизированы кинематические параметры механизмов зигзага и подачи материала петельного полуавтомата с МПУ;
- получены динамические механические характеристики шагового электродвигателя ДШИ-200-3;
- определены усилия прорубания двухслойных образцов текстильных материалов плоскими ножами на фторопластовой пластине;
- определена статическая характеристика электромагнита постоянного тока, используемого в приводе механизма ножа петельного полуавтомата;
- определены рациональные геометрические параметры ножа и особенности регулировки механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ;
- получена механическая характеристика рычажной кинематической цепи механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Годовой экономический эффект от внедрения одного образца петельного полуавтомата с МПУ составит 476,044 тыс. рублей (цены по состоянию на 05.2000 г.).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Автор защищает:

- рациональную структуру петельного полуавтомата с МПУ;
- обобщенную методику оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ;
- методику экспериментального определения усилий прорубания двухслойных образцов текстильных материалов плоскими ножами на фторопластовой пластине;
- усовершенствованную методику экспериментального определения механических динамических характеристик шаговых электродвигателей;
- математическую модель динамики электромагнитного привода механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ;
- методику экспериментального исследования механической характеристики механизма ножа петельного полуавтомата.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

Соискателем лично разработаны:

- обобщенная методика оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ;
- методика экспериментального определения усилий прорубания двухслойных образцов текстильных плоскими ножами на фторопластовой пластине;
- усовершенствованная методика экспериментального определения механических динамических характеристик шаговых электродвигателей;

- математическая модель динамики электромагнитного привода механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ.
- методика экспериментального исследования механической характеристики механизма ножа петельного полуавтомата;
- методика экспериментального определения статической характеристики электромагнита постоянного тока, используемого в приводе механизма ножа.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Основные результаты работы представлены и получили положительную оценку:

- на научно-технических конференциях студентов, преподавателей и сотрудников ВГТУ 1997-2000 гг;
- на научно-технической выставке ВГТУ (г. Витебск, апрель 2000 г.);
- на 1-ой Межрегиональной выставке-ярмарке “Витебская весна-2000” (г. Витебск, апрель, 2000 г.);
- на научно-технической конференции по машинам и аппаратам легкой и текстильной промышленности, посвященной 60-летию механического факультета СПГУТД (г. Санкт-Петербург, 1998 г.);
- на научно-практической конференции “Проблемы научно-инновационного развития витебской области и пути их решения” (г. Витебск, 1999 г.);
- на международной научно-технической конференции “Современные направления развития производственных технологий и робототехника”(г. Могилев, 1999г.);
- на Международной научно-технической конференции в Московском Государственном Университете дизайна и технологии (г. Москва, 2000 г.);
- на 5 Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС-2000) (г. Гродно, 2000 г.);
- на заседаниях кафедры “Машины и аппараты легкой промышленности” Витебского государственного технологического университета 1995-2000гг.
- на заседании Проблемного Совета ВГТУ по специальности 05.02.13, 2000 г.

ПУБЛИКАЦИИ

По результатам диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 1 патент, 12 тезисов докладов, 3 статьи, 2 отчета о НИР.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ

Работа содержит введение, четыре главы, выводы по главам и по работе в целом, библиографию и приложения.

Общий объем работы составляет 233 страницы. Объем диссертации составляет 160 страниц, включающих 58 рисунков и 31 таблицу. В работе использовались 111 источников, на которые сделаны ссылки, представленные на 8 страницах. В работе приведены 9 приложений, представленных на 74 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе выполнен обзор петельных полуавтоматов, выпускаемых зарубежными фирмами “PFAFF”, “MINERVA”, “DURKOPP” и др. В результате установлены основные характеристики для разрабатываемого петельного полуавтомата по следующим критериям:

- максимальная скорость шитья- 4000 стежков/мин,
- виды петель: петли прямые, петли с имитацией глазка, круглые петли с закрепками прямыми, поперечными, клиновидными, без закрепок,
- параметры петель- длина петли- до 38 мм, ширина петли- до 8 мм,
- оснащённость полуавтомата автоматическими устройствами для выполнения основных и вспомогательных операций: устройства автоматической обрезки ниток, подъема прижима, автоматическая система смазки.

Выполнен обзор видов машинных петель и способов взаимодействия рабочих инструментов петельных полуавтоматов при их обметывании. Для разработанного петельного полуавтомата выбран способ образования требуемого контура петли, при котором игла совершает вертикальные перемещения и отклоняется поперек строчки, каретка продвижения перемещает материал в двух взаимно-перпендикулярных направлениях на закрепках и в продольном направлении на кромках петель. Синхронное взаимодействие механизма зигзага и подачи материала на закрепках позволяет получать зигзаг большой величины.

Для разрабатываемого петельного полуавтомата выбрана наиболее перспективная система микропроцессорного управления, позволяющая иметь набор программ для изготовления одним полуавтоматом петель практически любых типов и размеров без сложных механических регулировок.

Сотрудниками ОКБМ г. Витебска и ВГТУ с участием автора разработана структура механизмов петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением. Отличительной особенностью конструкции петельного полуавтомата является высокая степень унификации с базовой швейной машиной 31-го конструктивно-унифицированного ряда, что обеспечит низкие затраты на его серийное освоение и эксплуатацию. Используются промышленный стол с автоматизированным электроприводом, швейная головка базовой конструкции. Оригинальными составными частями полуавтомата являются: механизм зигзага, смонтированный на нижней части рукава швейной головки; механизм подачи материала, смонтированный на боковой части рукава швейной головки; механизм ножа, смонтированный в рукаве швейной головки и промстоле с использованием механизма прижимной лапки базовой машины.

На рис. 1 представлена кинематическая схема механизма зигзага петельного полуавтомата с МПУ. Механизм работает следующим образом. Ротор 1а шагового

двигателя совершает возвратно-вращательное движение по заданной программе. Возвратно-вращательное движение ротора 1а передается рамке игловодителя 3в через коромысло 1б, шатун 2, коромысло 3а, валик 3б. Вместе с рамкой игловодителя 3в колебательное движение совершают игловодитель 3г и шатун 4.

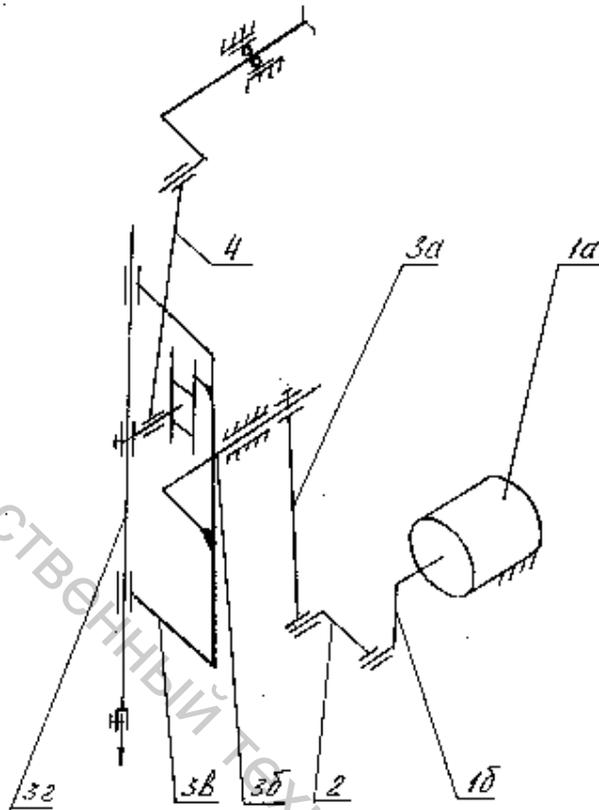


Рис. 1. Механизм зигзага петельного полуавтомата с МПУ

Кинематическая схема механизма подачи материала петельного полуавтомата с МПУ представлена на рис.2. Шаговый электродвигатель 1 передает прижиму 9 поперечные перемещения через кривошип 2, жестко закрепленный на валу шагового электродвигателя, вал квадратного сечения 5, установленный на шарнирных опорах в корпусе, коромысло 4, жестко закрепленное на валу квадратного сечения, шатун 3, шарнирно связанный с кривошипом 2 и коромыслом 4, коромысло 10, закрепленное на валу квадратного сечения 5 с возможностью вращения вместе с ним и перемещения вдоль его оси, шатун 7, шарнирно связанный с этим коромыслом, шатуном 8 и прижимом 9. Шаговый электродвигатель 1а передает продольные перемещения прижиму 9 через два вала квадратного сечения 5 и 5а, установленных на шарнирных опорах в корпусе, два коромысла 10 и 10а, закрепленных на валах квадратного сечения с возможностью вращения вместе с ними и перемещения вдоль их осей, каретку 4а, установленную на валах квадратного сечения с возможностью перемещения вдоль их осей совместно с коромыслами, зубчатую рейку 3а, жестко закрепленную на каретке 4а и находящуюся в зацеплении с шестерней 2а, закрепленной на валу

шагового электродвигателя, шатун 8, шарнирно связанный с коромыслом 10а и с шатуном 7, связанным шарнирно с коромыслом 10 и прижимом 9.

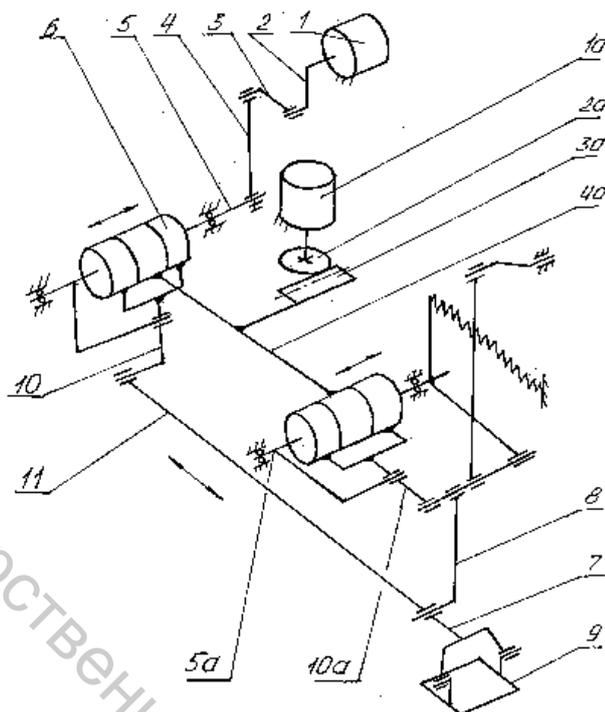


Рис. 2. Механизм подачи материала петельного полуавтомата с МПУ

Получен патент Республики Беларусь N3130 “Петельный полуавтомат” от 29.07.99. Опытный образец полуавтомата изготовлен в ОКБМ г. Витебска, проведены его лабораторные испытания. В процессе проектирования и лабораторных испытаний опытного образца выявлены следующие направления исследований: разработка обобщенной методики оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ; разработка методики экспериментального определения усилий прорубания двухслойных образцов текстильных материалов плоскими ножами на фторопластовой пластине; совершенствование методики экспериментального определения механических динамических характеристик шаговых электродвигателей; разработка математической модели динамики электромагнитного привода механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ; разработка методики экспериментального исследования механической характеристики механизма ножа петельного полуавтомата.

Во второй главе разработана обобщенная методика оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ по условию достижения максимальной производительности (частоты вращения главного вала n) для закона движения ротора шагового двигателя, обеспечивающего минимальные динамические нагрузки в приводе. На рис. 3 представлен закон движе-

ния ротора шагового двигателя при разгоне и торможении с постоянным ускорением, где:

$t_p, t_T, t_{уст}, t_{тр}$ - соответственно время разгона, торможения, установившегося движения ротора шагового двигателя, время транспортирования материала;

ω_m - максимальная угловая скорость ротора шагового двигателя;

ε_m - модуль максимального углового ускорения ротора шагового двигателя.

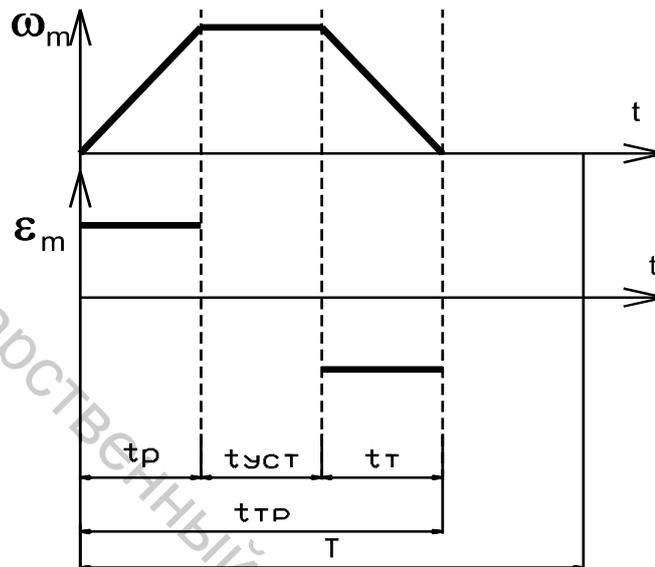


Рис.3. Графики кинематических характеристик ротора шагового электродвигателя

Целевая функция выражается формулой:

$$n = \frac{60 \cdot k}{\frac{S \cdot u}{\omega_m(u, \varepsilon_m)} + \frac{\omega_m(u, \varepsilon_m)}{\varepsilon_m}}, \quad (1)$$

где u - общее передаточное число привода,

S - величина линейного перемещения исполнительного органа швейного полуавтомата,

k - коэффициент транспортирования, $k = \frac{t_{тр}}{T}$, $T = \frac{60}{n}$.

Поиск максимума функции (1) осуществляется посредством варьирования u и ε_m с учетом следующих ограничений.

Значения угловых скоростей ω_m и угловых ускорений ε_m ротора шагового двигателя ограничиваются областью существования динамических механических характеристик для рассматриваемого типа шагового двигателя:

$$\varepsilon_{m\min} \leq \varepsilon_m \leq \varepsilon_{m\max}, \quad (2)$$

$$\omega_{m\min} \leq \omega_m \leq \omega_{m\max}. \quad (3)$$

Значения передаточного числа привода ограничиваются диапазоном $\Delta S_{\min} \dots \Delta S_{\max}$ допустимых для данной швейной операции погрешностей линейного перемещения рабочего органа швейного полуавтомата ΔS :

$$u_{\min} \leq u \leq u_{\max}, \quad (4)$$

$$\text{где } u_{\min} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta S_{\max}}, u_{\max} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta S_{\min}}.$$

$\Delta \alpha$ -угловая дискрета ротора шагового двигателя.

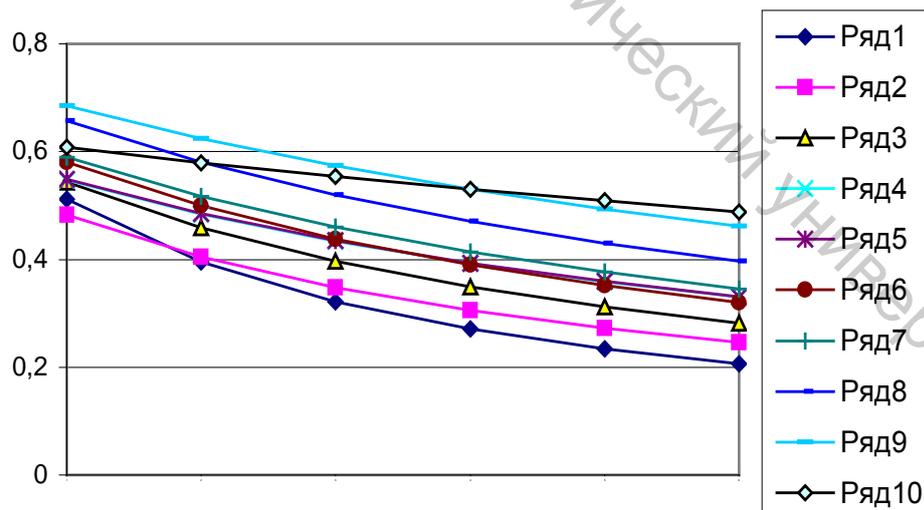
Максимальная производительность полуавтомата достигается при равенстве момента нагрузки M_n и движущего момента шагового двигателя M_d :

$$M_d - M_n = 0. \quad (5)$$

Для шагового двигателя ДШИ 200-3, используемого в приводах механизмов зигзага, поперечной и продольной подачи материала, экспериментально получен набор динамических механических характеристик $M_d = M_d(\omega)$ для разных значений углового ускорения ε_m ротора шагового двигателя. Эксперимент был проведен на специальной установке, отличающейся от известных тем, что нагружение вала шагового двигателя осуществлялось калиброванными маховыми массами с известными моментами инерции, что позволило расширить диапазон исследования и уменьшить погрешности измерений. Найдена математическая зависимость, с достоверностью 95% описывающая экспериментальные характеристики ДШИ200-3:

$$M_{D_i} = \frac{1}{a_i + b_i * \omega}, \quad (6)$$

где a_i, b_i - коэффициенты аппроксимации. На рис. 4 приведены аппроксимиро-

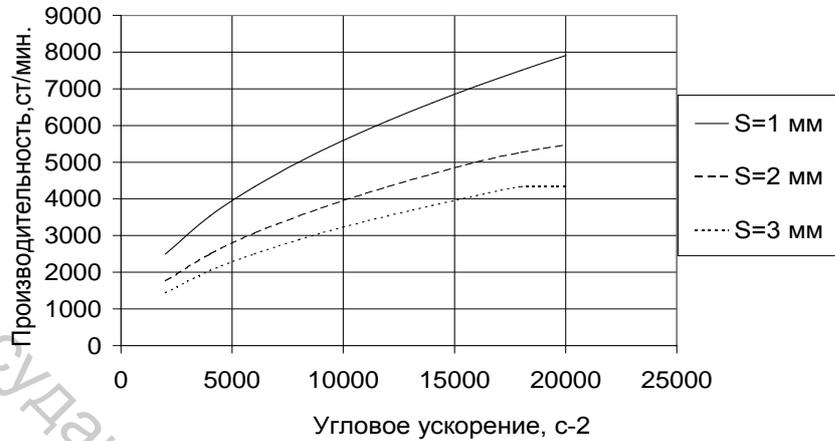


Ряд1- $\varepsilon_m=2000\text{c}^{-2}$, Ряд2- $\varepsilon_m=4000\text{c}^{-2}$, Ряд3- $\varepsilon_m=6000\text{c}^{-2}$, Ряд4- $\varepsilon_m=8000\text{c}^{-2}$,
Ряд5- $\varepsilon_m=10000\text{c}^{-2}$, Ряд6- $\varepsilon_m=12000\text{c}^{-2}$, Ряд7- $\varepsilon_m=14000\text{c}^{-2}$, Ряд8- $\varepsilon_m=16000\text{c}^{-2}$,
Ряд9- $\varepsilon_m=18000\text{c}^{-2}$, Ряд10- $\varepsilon_m=20000\text{c}^{-2}$.

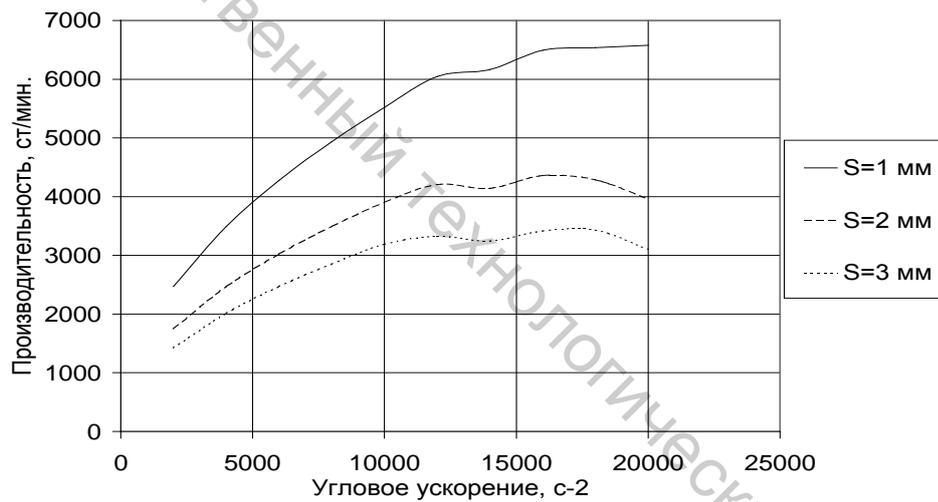
Рис. 4 Механические динамические характеристики ДШИ200-3

ванные динамические механические характеристики ДШИ-200-3.

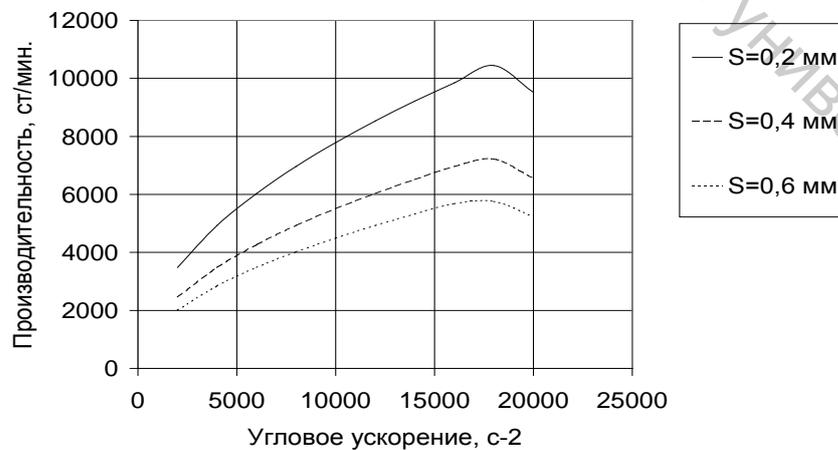
По разработанной методике оптимизированы кинематические параметры механизма зигзага, механизмов поперечной и продольной подачи материала петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением. Результаты численного расчета даны на рис. 5.



а) механизм зигзага



б) механизм поперечной подачи материала



в) механизм продольной подачи материала

Рис. 5. Графики зависимости производительности от ϵ_m

При использовании в приводах механизмов шагового двигателя ДШИ-200-3 для исследуемых механизмов получены следующие параметры. Для механизма зиг-зага при величине линейного отклонения иглы на поверхности материала, равном $S=3$ мм и $\Delta S=0,5$ мм: $\varepsilon_m=18000 \text{ с}^{-2}$, $\omega_m=57 \text{ с}^{-1}$, $n=4333$ об/мин. Для механизма поперечной подачи материала при перемещении материала на закрепках на величину $S=3$ мм и $\Delta S=0,5$ мм: $\varepsilon_m=10000 \text{ с}^{-2}$, $\omega_m=43,3 \text{ с}^{-1}$, $n=3187$ об/мин. Для механизма продольной подачи материала при шаге подачи $S=0,6$ мм и $\Delta S=0,2$ мм: $\varepsilon_m=10000 \text{ с}^{-2}$, $\omega_m=30,69 \text{ с}^{-1}$, $n=4500$ об/мин. Таким образом, производительность полуавтомата для максимальных параметров петли (ширина- 6 мм, ширина кромок- 3 мм) составит при обметывании кромок петли- 4300 ст/мин, при изготовлении закрепок- 3180 ст/мин.

В третьей главе для петельного полуавтомата с МПУ обоснован выбор способа прорубания отверстия петли под пуговицу и определены усилия прорубания основных групп текстильных материалов. Выбран способ простого резания, при котором материал прорубается на фторопластовой пластине плоским ножом. При этом учитывалось, что закрепление материала во время работы происходит только за счет сцепления с подошвой прижимной лапки, а ножи автоматической обрезки ниток базовой швейной машины располагаются в непосредственной близости к игольной пластине. Предложенный способ позволяет прижиму удерживать материал при прорубании и прорубать материал непосредственно в зоне шитья одновременно со срабатыванием механизма автоматической обрезки ниток.

На специально разработанной экспериментальной установке исследованы усилия прорубания на фторопластовой пластине основных групп текстильных материалов в два сложения и в два сложения с флизелином ножами с односторонней и двухсторонней формами заточки. Результаты эксперимента приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Удельные сопротивления резанию текстильных материалов
ножом односторонней заточки, Н/мм

Тип материала	Образец без флизелина	Образец с флизелином
Х/б	26,09	26,26
Лен	31,42	27,49
Шерсть	20,02	29,67
Шелк	12,95	10,28
Трикотаж	23,82	29,34

Удельные сопротивления резанию текстильных материалов
ножом двухсторонней заточки, Н/мм

Тип материала	Образец без флизелина	Образец с флизелином
Х/б	25,01	26,45
Лен	26,43	27,45
Шерсть	18,62	24,66
Шелк	8,86	11,22
Трикотаж	24,93	25,54

Удельные сопротивления резанию испытываемых образцов материала оказались меньше при прорубании их ножом с двухсторонней заточкой. Экспериментально обоснован выбор геометрических параметров ножа: форма заточки- двухсторонняя симметричная, ширина режущей кромки- 0.03 мм, что обеспечивает снижение силы прорубания и интенсивности затупления ножа. Удельные сопротивления резанию исследуемых материалов для выбранных геометрических параметров ножа находятся в пределах от 10 Н/мм (для шелка) до 30 Н/мм (для шерсти).

В четвертой главе с учетом аналитического обзора механизмов ножа петельных полуавтоматов для петельного полуавтомата с МПУ разработана оптимальная структура механизма ножа с электромагнитным приводом с максимальным использованием конструкции базовой швейной головки 31-го ряда и разработана методика его проектирования. Кинематическая схема механизма ножа представлена на рис.6. Для механизма ножа используется кинематическая цепь подъема лапки базовой швейной головки 31-го ряда.

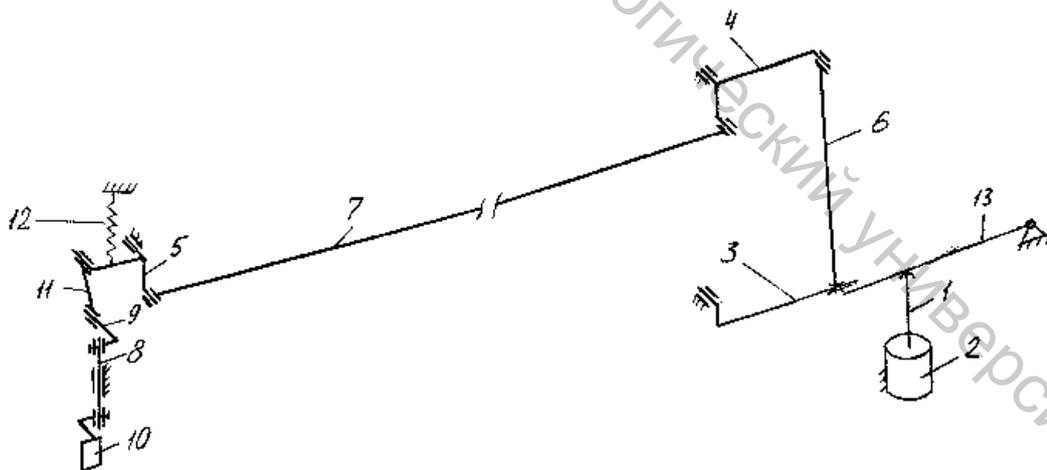


Рис. 6. Механизм ножа петельного полуавтомата с МПУ

Нож приводится в действие электромагнитом 2, якорь 1 которого, находящийся в контакте с рычагом 13, поворачивает против часовой стрелки коромысло 3, перемещая вверх тягу 6, поворачивающую против часовой стрелки двухплечее коромысло 4 и связанное с ним через тягу 7 двухплечее коромысло 5. Последнее, поворачиваясь против часовой стрелки, растягивает пружину 12 и опускает шатун 11,

шарнирно связанный с ним и с осью 9, жестко соединенной с ползуном 8, на котором неподвижно крепится нож 10. После прорубания петли нож 10 под действием пружины 12 возвращается в исходное положение.

Электромагнит механизма ножа срабатывает одновременно с электромагнитом автоматической обрезки ниток при выполнении последнего стежка. Обмотки электромагнитов соединены параллельно и управляются сигналами фотодатчика, срабатывающего от диска синхронизатора, закрепленного на главном валу.

В ходе лабораторных испытаний петельного полуавтомата была зафиксирована нестабильная работа механизма ножа: в отдельных сериях испытаний не происходило прорубания материала. Для выявления и устранения причины нестабильности были проведены теоретические и экспериментальные исследования динамики электромагнитного привода механизма ножа.

Разработана математическая модель динамики электромагнитного привода механизма ножа, которая дает полную электромеханическую картину процесса с учетом изменения тока в обмотке электромагнита при его срабатывании и силы сопротивления, возникающей при движении якоря электромагнита. Изменение тока в обмотке электромагнита для этапа движения описывается следующим уравнением:

$$U = iR + L(x) * \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}, \quad (7)$$

где U- напряжение питания обмотки,

R- активное сопротивление обмотки,

L- индуктивность обмотки,

i-сила тока,

x- координата якоря,

t- время.

Уравнение движения якоря имеет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_{эм}(x) - F_c(x), \quad (8)$$

где $F_{эм}(x)$ - сила электромагнитного взаимодействия якоря и обмотки электромагнита,

$F_c(x)$ - сила сопротивления перемещению якоря,

m- приведенная к якорю масса движущихся звеньев механизма ножа.

$$F_{эм}(x) = \frac{i^2}{2} * \frac{dL(x)}{dx}. \quad (9)$$

Максимальные значения электромагнитной силы $F_{эмmax}(x)$, действующей на якорь, которые может развить данный электромагнит для заданной координаты положения якоря при заданном значении напряжения, определяет статическая характеристика электромагнита. Статическая характеристика электромагнита постоянного тока ЭУ 910302 УХЛ4, используемого для привода механизма ножа, была определена экспериментальным методом на специально разработанной установке.

График ее представлен на рис.7. Каждая ордината точки этой характеристики представляет собой максимальную силу, приложенную к заторможенному в соответствующем положении якорю.

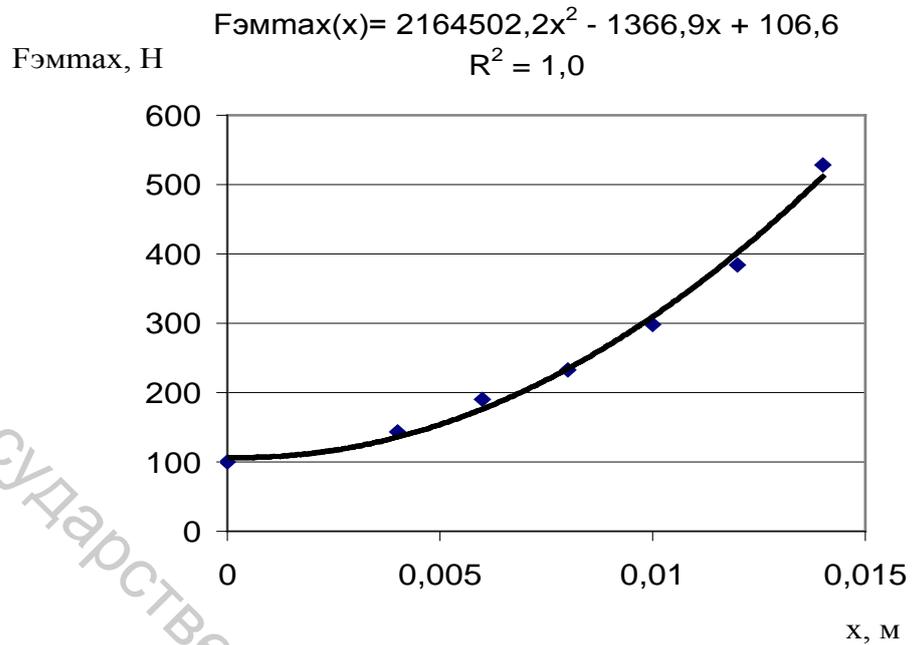


Рис.7. Статическая характеристика электромагнита механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ

Экспериментально определена механическая характеристика $F_c(x)$ рычажной кинематической цепи механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ. График механической характеристики представлен на рис.8.



Рис.8. Механическая характеристика механизма ножа.

Период срабатывания электромагнита состоит из двух этапов: этапа трогания и этапа движения. Первый определяется временем $t_{\text{тр}}$ от момента подачи тока в цепь электромагнита до момента перехода якоря в состояние движения, которое наступа-

ет, как только сила электромагнитного притяжения становится равной силе сопротивления в начальный момент времени. Второй- временем движения $t_{дв}$ от момента начала движения якоря до конца его хода.

В результате численного решения математической модели могут быть получены зависимости $x = x(t)$, $i = i(t)$, $F_{эм}(t)$, определены величины $t_{тр}$, $t_{дв}$ и $t_{ср} = t_{тр} + t_{дв}$, характеризующие динамику работы электромагнитного привода механизма ножа. Результаты теоретического расчета для исследуемого механизма ножа при прорубании хлопчатобумажного образца материала с флизелином ножом с двухсторонней заточкой длиной 13 мм с шириной кромки 0.03 мм представлены в виде графиков на рис.9-11.

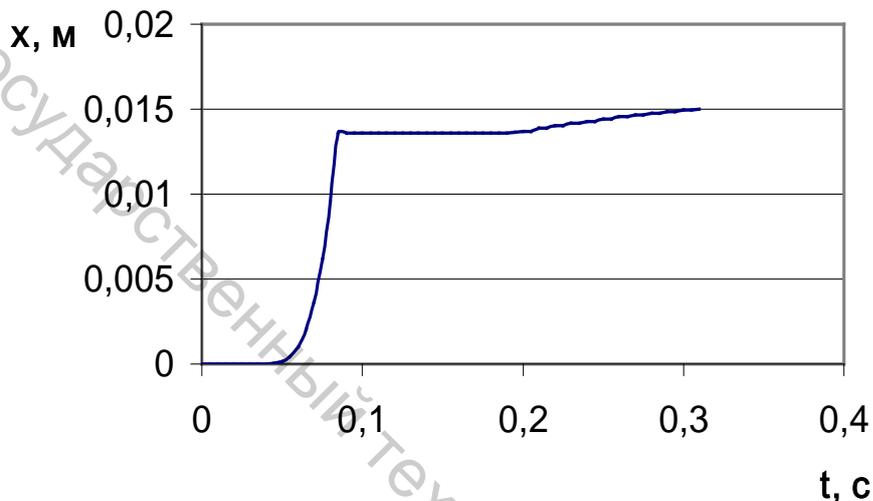


Рис.9. Ход якоря электромагнита

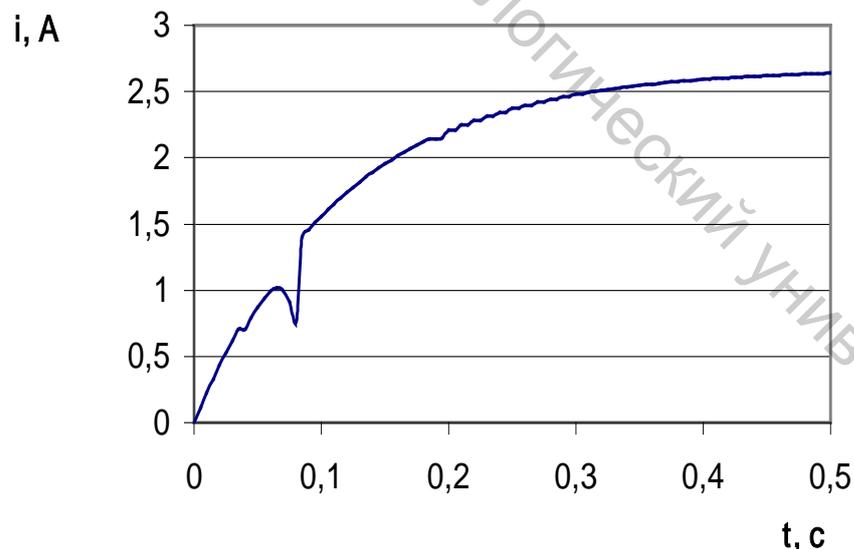


Рис.10. Сила тока в обмотке электромагнита

Время трогания составило $t_{тр} = 0,04$ с. Время движения $t_{дв} = 0,27$ с. Соответственно время срабатывания электромагнита $t_{ср} = 0,31$ с. Ток исследуемого электромагнита достигает установившегося значения при $t_{уст} = 0,5$ с. К этому времени электродвижущая сила электромагнита достигает максимального значения.

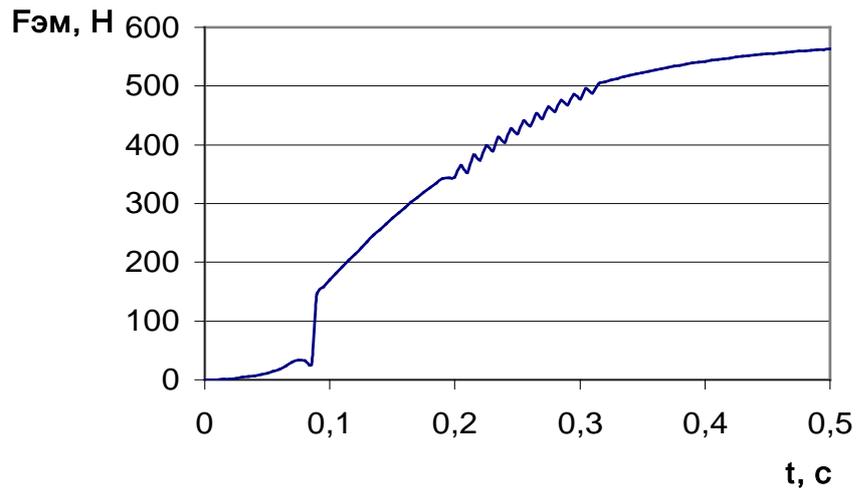


Рис. 11. Движущая сила электромагнита

Включение электромагнита механизма ножа происходит при 180 град., отключение - при 42 град. угла поворота главного вала. Частота вращения главного вала при выполнении последнего стежка равна 180 об/мин. Соответственно время включения электромагнита составляет 0,2 с. Теоретический расчет показал, что соответствующего циклограмме базовой швейной машины 31-го ряда времени включения электромагнита ножа недостаточно для достижения электродвижущей силой значения, равного величине прорубания исследуемого образца материала.

Для проверки результатов теоретического исследования динамики электромагнитного привода механизма ножа был проведен эксперимент. На специально разработанной экспериментальной установке были зафиксированы моменты включения и отключения электромагнита, момент прорубания материала. При существующей циклограмме механизма ножа прорубания материала зафиксировано не было. Для увеличения времени включения электромагнита механизма ножа предложено фазовый угол включения электромагнита установить на 75 град. раньше, при этом угол включения электромагнита станет равным 95 град. Период нахождения электромагнита во включенном состоянии при такой регулировке составил 0,28 с. На работу механизма автоматической обрезки ниток изменение момента включения электромагнитов не повлияло. Прорубание исследуемого образца материала наступило через 0,23 с после включения электромагнита. Эксперимент подтвердил правильность математической модели динамики электромагнитного привода механизма ножа. Расхождение теоретических и экспериментальных результатов составило 8-15%.

Таким образом, стабилизировать операцию прорубания петель можно, регулируя величину электродвижущей силы путем соответствующего изменения времени нахождения электромагнита механизма ножа во включенном состоянии. Последующие лабораторные и производственные испытания петельного полуавтомата с МПУ показали устойчивость процесса прорубания при предложенной регулировке фазового угла включения электромагнита механизма ножа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С участием автора разработана рациональная структура механизмов петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением. Отличительной особенностью конструкции петельного полуавтомата является высокая степень унификации с базовой швейной машиной 31-го конструктивно-унифицированного ряда, что обеспечивает низкие затраты на его серийное освоение и эксплуатацию. Получен патент Республики Беларусь N3130 "Петельный полуавтомат" от 29.07.1999 г. Опытный образец полуавтомата изготовлен в ОКБМ г. Витебска, проведены его лабораторные испытания, подтвердившие правильность основных проектных решений и определившие дальнейшие направления работы [3, 9, 12, 13, 17, 18].

2. Разработана обобщенная методика оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ по условию достижения максимальной производительности. С использованием этой методики оптимизированы кинематические параметры механизма зигзага, механизмов поперечной и продольной подачи материала петельного полуавтомата с МПУ. При использовании в приводах механизмов шагового двигателя ДШИ-200-3 для исследуемых механизмов получены следующие параметры. Для механизма зигзага при величине линейного отклонения иглы на поверхности материала, равном $S=3$ мм: $\varepsilon_m=18000$ с⁻², $\omega_m=57$ с⁻¹, $n=4333$ об/мин. Для механизма поперечной подачи материала при перемещении материала на закрепках на величину $S=3$ мм: $\varepsilon_m=10000$ с⁻², $\omega_m=43.3$ с⁻¹, $n=3187$ об/мин. Для механизма продольной подачи материала при шаге подачи $S=0.6$ мм: $\varepsilon_m=10000$ с⁻², $\omega_m=30.69$ с⁻¹, $n=4500$ об/мин. Таким образом, производительность полуавтомата для максимальных параметров петли (ширина- 6 мм, ширина кромок- 3 мм) составит: при обметывании кромок петли- 4300 ст/мин, при изготовлении закрепок- 3180 ст/мин [2, 6, 7, 8].

3. Разработана усовершенствованная методика экспериментального определения динамических механических характеристик шаговых двигателей, отличающаяся от известной нагружением вала шагового двигателя набором калиброванных маховых масс с известными моментами инерции, что позволяет расширить диапазон исследования и уменьшить погрешности измерений. На специально разработанной установке получены механические динамические характеристики шагового двигателя ДШИ200-3, используемого в приводах механизмов зигзага, поперечной и продольной подачи материала петельного полуавтомата с МПУ [1].

4. Разработана методика экспериментального исследования усилий прорубания двухслойных образцов текстильных материалов плоскими ножами на фторопластовой пластине. Экспериментально обоснован выбор геометрических параметров ножа: форма заточки- двухсторонняя симметричная, ширина режущей кромки- 0.03 мм, обеспечивающие снижение силы прорубания и интенсивности затупления ножа. На специально изготовленной экспериментальной установке определены удельные сопротивления резанию исследуемых материалов. Для выбранных геометрических

параметров ножа их величины находятся в пределах от 10 Н/мм (для шелка) до 30 Н/мм (для шерсти). Разработаны экспериментальные методы определения статической характеристики электромагнита, используемого в приводе механизма ножа, и получения механической характеристики рычажной кинематической цепи механизма [10, 11, 14].

5. Для выявления и устранения причины нестабильности работы механизма ножа проведены теоретические и экспериментальные исследования его работы. Разработана математическая модель динамики электромагнитного привода механизма ножа, дающая полную электромеханическую картину процесса с учетом изменения тока в обмотке электромагнита при его срабатывании и силы сопротивления, возникающей при движении якоря электромагнита. Для исследуемого электромагнитного привода механизма ножа теоретически определены время срабатывания электромагнита, зависимости пути, скорости, ускорения якоря электромагнита и тока в обмотке от времени. Было установлено, что при существующей в базовой машине циклограмме включения механизмов длительность включения электромагнита не обеспечивает достижения требуемой величины прорубания материала. Увеличение длительности включения было осуществлено посредством изменения фазового угла включения электромагнита ножа и оказалось достаточным для стабилизации процесса прорубания петель. Результаты экспериментального исследования подтвердили правильность математической модели динамики электромагнитного привода механизма ножа. Расхождение между экспериментальными и теоретическими результатами составило 8%-15% [4, 15].

6. С учетом результатов проведенных исследований выполнена доработка конструкции петельного полуавтомата с МПУ. Проведены производственные испытания опытного образца петельного полуавтомата с МПУ на ОАО “Знамя индустриализации”, подтвердившие правильность теоретических решений.

Основное содержание работы отражено в публикациях:

1. Сункуев Б.С., Беликов С.А., Кузнецова Т.В. Исследование динамических механических характеристик шаговых двигателей. // Сборник статей 31 научно-технической конференции.- Витебск, ВГТУ, 1998, с. 117-119.
2. Сункуев Б.С., Кузнецова Т.В. Повышение производительности швейных полуавтоматов с микропроцессорным управлением. // Вестник ВГТУ, 1999.- 148 стр., с. 60-63.
3. Кузнецова Т.В. Разработка петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением // Проблемы научно-инновационного развития витебской области и пути их решения: Сб. докладов научно-практической конференции. Витебск, апрель 1999 г.- Минск: НИЭИ Минэкономики РБ, 1999.- 256 с., с.71-73.
4. Кузнецова Т.В., Бойко С.В. Исследование процесса прорубания текстильных материалов. // 5 Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС-2000), Гродно, 2000.
5. Кузнецова Т.В., Самцов Д.В. Исследование механизма прижима петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением. // 5 Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС-2000), Гродно, 2000.
6. Сункуев Б.С., Кузнецова Т.В., Шнейвайс И.Л. Оптимизация параметров и исследование механизма зигзага петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением // Тезисы докладов 30 научно-технической конференции.- Витебск, ВГТУ, 1997, с. 34.
7. Сункуев Б.С., Кузнецова Т.В., Шнейвайс И.Л. Оптимизация параметров и режимов работы привода механизма подачи материала петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением // Тезисы докладов 31 научно-технической конференции.- Витебск, ВГТУ, 1998, с. 35-36.
8. Кузнецова Т.В., Беликов С.А. Оптимизация параметров и режимов работы приводных механизмов петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением // Тезисы докладов конференции, посвященной 60-летию механического факультета СПГУТД.- С.-Пб., СПГУТД, 1998, с. 113.
9. Научные проблемы разработки швейных полуавтоматов с микропроцессорным управлением / Сункуев Б.С., Беликов С.А., Кузнецова Т.В. и др. // Тезисы докладов конференции, посвященной 60-летию механического факультета СПГУТД.- С.-Пб., СПГУТД, 1998, с. 88.
10. Кузнецова Т.В., Бойко С.В. Исследование прорубаемости текстильных материалов. // Тезисы докладов 32 научно-технической конференции.- Витебск, ВГТУ, 1999, с. 92.
11. Сункуев Б.С., Кузнецова Т.В. Автоматизация операции прорубания петельного полуавтомата. // Современные направления развития производственных техно-

логий и робототехника: Материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 1999, с. 67.

12. Сункуев Б.С., Кузнецова Т.В. Способ образования контура строчки для швейных полуавтоматов с микропроцессорным управлением. // Современные направления развития производственных технологий и робототехника: Материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 1999, с. 68.

13. Кузнецова Т.В. Петельный полуавтомат с микропроцессорным управлением. // Актуальные проблемы науки, техники и экономики легкой промышленности.: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. Москва: изд. Московского Государственного Университета дизайна и технологии, 2000.- 378 с., с. 89.

14. Кузнецова Т.В. Способ прорубания материала на петельном полуавтомате с микропроцессорным управлением. // Актуальные проблемы науки, техники и экономики легкой промышленности.: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. Москва: изд. Московского Государственного Университета дизайна и технологии, 2000.- 378 с., с. 88.

15. Кузнецова Т.В. Исследование динамики электромагнитного привода механизма ножа петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением. Тезисы докладов 33 научно-технической конференции преподавателей и студентов. Республика Беларусь, Витебск: ВГТУ, 2000.- 92 стр., с. 83-84.

16. Пат. N 3130, Республика Беларусь, МПК 6- D 05 B 3/06. Петельный полуавтомат / Сункуев Б.С., Дервояд О.В., Кузнецова Т.В. и др.; Витебский государственный технологический университет; Заявл. 21.03.97; Зарегистр. 29.07.99.

17. Разработка петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением / Исполнители: Сункуев Б.С., Дервояд О.В., Кузнецова Т.В. и др. // Отчет о НИР N госрегистрации 19961282, Витебск, ВГТУ, 1996.

18. Разработка петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением / Исполнители: Сункуев Б.С., Кузнецова Т.В., Шнейвайс И.Л. и др. // Отчет о НИР N госрегистрации 19971037, Витебск, ВГТУ, 1997.

Буевич Татьяна Владимировна

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПЕТЕЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Полуавтомат, петля, проектирование, разработка, оптимизация, эксперимент, модель, прорубание, электромагнит, динамика, алгоритм, производительность.

Объектом исследования является петельный полуавтомат с микропроцессорным управлением (МПУ), разработанный на базе швейной машины 31-го ряда АО “Орша”.

Цель работы - разработка и исследование механизмов петельного полуавтомата с МПУ.

В работе сочетаются теоретические и экспериментальные методы исследований. При выполнении теоретических исследований использовались положения теоретической механики, теории механизмов и машин, теории дифференциальных уравнений, электротехники, методы программирования и оптимизации. Все необходимые расчеты проведены на ЭВМ с использованием современных программных средств и специально разработанных программ. Обработка результатов экспериментов проводилась с использованием методов математической статистики на ЭВМ.

В результате исследований разработана рациональная структура механизмов петельного полуавтомата с МПУ, соответствующего технологическим параметрам современного оборудования, имеющего высокий уровень унификации с базовой швейной машиной 31-го конструктивно-унифицированного ряда; разработана обобщенная методика оптимизации кинематических параметров исполнительных механизмов швейных полуавтоматов с МПУ; разработана усовершенствованная методика экспериментального определения механических динамических характеристик шаговых электродвигателей; разработана методика экспериментального определения усилий прорубания двухслойных образцов текстильных материалов плоскими ножами на фторопластовой пластине; разработана математическая модель динамики электромагнитного привода механизма ножа петельного полуавтомата с МПУ; разработана методика экспериментального исследования механических характеристик механизма ножа петельного полуавтомата.

Результаты работы использовались при разработке и внедрении в производство петельного полуавтомата с МПУ.

Буевіч Таццяна Уладзіміраўна

РАСПРАЦОЎКА І ДАСЛЕДВАННЕ МЕХАНІЗМАЎ ПЯЦЕЛЬНАГА ПАЎАЎТАМАТА З МІКРАПРАЦЭСАРНЫМ КІРАВАННЕМ

Паўаўтамат, пятля, праектаванне, распрацоўка, аптымізацыя, эксперымент, мадэль, прасяканне, электрамагніт, дынаміка, алгарытм.

Аб'ектам даследавання з'яўляецца пяцельны паўаўтамат з мікрапрацэсарным кіраваннем (МПК), распрацаваны на базе швейнай машыны 31-га рада АТ "Орша".

Мэта работы - распрацоўка і даследаванне механізмаў пяцельнага паўаўтамата з МПК.

У працы спалучаюцца тэарэтычныя і эксперыментальныя метады даследаванняў. Пры выкананні тэарэтычных даследаванняў выкарыстоўваліся палажэнні тэарэтычнай механікі, тэорыі механізмаў і машын, тэорыі дыферэнцыяльных ураўненняў, электратэхнікі, метады праграмавання і аптымізацыі. Усе неабходныя разлікі праведзены на ЭВМ з выкарыстаннем сучасных праграмных сродкаў і спецыяльна распрацаваных праграм. Апрацоўка вынікаў эксперыментаў праводзілася з выкарыстаннем метадаў матэматычнай статыстыкі на ЭВМ.

У выніку даследаванняў распрацавана рацыянальная структура механізмаў пяцельнага паўаўтамата з МПК з высокім узроўнем уніфікацыі з базавай швейнай машынай 31-га канструктыўна-уніфікаванага рада, які адпавядае тэхналагічным параметрам сучаснага абсталявання; распрацавана абагульненая метадыка аптымізацыі кінематычных параметраў выканаўчых механізмаў швейных паўаўтаматаў з МПК; распрацавана ўдасканаленая метадыка эксперыментальнага вызначэння механічных дынамічных характарыстак шагавых электрарухавікоў; распрацавана метадыка эксперыментальнага вызначэння намаганняў прасякання двухслойных узораў тэкстыльных матэрыялаў плоскімі нажамі на фторапластавай пласціне; распрацавана матэматычная мадэль дынамікі электрамагнітнага прываду механізма нажа пяцельнага паўаўтамата з МПК; распрацавана метадыка эксперыментальнага даследавання механічных характарыстак механізма нажа пяцельнага паўаўтамата.

Вынікі працы выкарыстоўваліся пры распрацоўцы і ўкараненні у вытворчасць пяцельнага паўаўтамата з МПК.

SUMMARY

Buyevich Tatsiana Vladimirovna

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF MECHANISMS OF BUTTON-HOLE SEMIAUTOMATIC DEVICE WITH MICROPROCESSOR CONTROL

The semiautomatic device, button, designing, experiment, model, cutting through, electromagnet, dynamics, algorithm, efficiency.

Object of research is button-hole semiautomatic device with microprocessor control (MPC), developed on the basis of the sewing machine of the 31-st class of joint-stock company "Orsha".

The purpose of work – is the development and research of mechanisms of button-hole semiautomatic device with MPC.

In this paper the theoretical and experimental methods of research are combined. While conducting theoretical research the basics of the theoretical mechanics, theory of mechanisms and machines, theory of the differential equations, electrical engineering, methods of programming and optimization were used. All necessary calculations were made on the computer with the use of modern software and specially developed programs. The analysis of the results of the experiments was made with the use of the methods of mathematical statistics on the computer.

The research resulted in the development of the rational structure button-hole semiautomatic device with MPC, meeting the requirements of technological parameters of modern equipment having a high level of unification with the base sewing machine of 31-st constructive - unified of the type. The generalized technique of optimization of kinematic parameters of the executive mechanisms of sewing semiautomatic devices with MPC is developed. The advanced technique of experimental definition of mechanical dynamic characteristics of step-by-step electric motors is developed; the technique of experimental definition of efforts of cutting force of two-layer samples of textile fabrics by flat knives on ftoroplast plate is developed; the mathematical model of dynamics of an electromagnetic drive of the cutting mechanism button-hole semiautomatic device with MPC is developed; the technique of an experimental research of the mechanical characteristics of the cutting mechanism of button-hole semiautomatic device is developed.

The results of work were used for the development and the introduction into operation of button-hole semiautomatic device with MPC.

Витебский государственный технологический университет

БУЕВИЧ ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

**Разработка и исследование механизмов
петельного полуавтомата
с микропроцессорным управлением**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 19.09.2000 г. Формат 60x84/16. Печать ксероксная.
Уч.-изд. л. 1,6. Усл. печ. л. 1,5. Тираж 60 экз. Заказ 65. Бесплатно.

Отпечатано на ризографе ВГТУ.
210035, г. Витебск, Московский проспект, 72