

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 687.053.68

На правах рукописи

НОВИКОВ ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ И УСТРОЙСТВ
МНОГОИГОЛЬНОГО ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Витебск 2005

Работа выполнена в Учреждении образования
«Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Сункуев Б.С.

Официальные оппоненты: заслуженный деятель
науки и техники
Российской Федерации,
доктор технических наук,
профессор Иванов В.А.;
кандидат технических наук,
профессор Ольшанский В.И.

Оппонирующая организация: РУП «Центр научных исследований
легкой промышленности», г. Минск,
Республика Беларусь

Защита состоится "22" декабря 2005 г. в 10 часов на заседании Совета К 02.11.01
по защите диссертаций в УО «Витебский государственный технологический университет»
по адресу:

210035, г. Витебск, Московский проспект, 72

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Витебский государственный
технологический университет».

Автореферат разослан "22" ноября 2005 г.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук,
доцент

Г.В. Казарновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Одной из основных задач предприятий легкой промышленности является улучшение качества и уменьшение себестоимости продукции. В настоящее время швейные предприятия и фабрики художественных изделий Республики Беларусь частично обеспечены одноигольными вышивальными полуавтоматами, основное же их оснащение – неавтоматизированные универсальные швейные машины челночного стежка, тамбурные швейные машины, машины зигзагообразного стежка, в которых при выполнении вышивки перемещение пялец с заготовкой выполняется вышивальщицами в ручную. При этом процесс вышивки является трудоемким, и характеризуется низким уровнем автоматизации.

Одним из перспективных направлений совершенствования выполнения многоцветной вышивки является автоматизация процесса путем применения многоигольных вышивальных полуавтоматов с микропроцессорным управлением (МПУ). При выполнении цветной вышивки нитями разного цвета на вышивальном полуавтомате с МПУ перемещение пялец с заготовкой, смена цвета нити и выполнение вышивки на ткани происходит в автоматическом режиме. В итоге сокращается трудоемкость операций в технологическом процессе вышивки. Имеется возможность одновременного обслуживания нескольких полуавтоматов одним оператором, что повышает производительность труда. Кроме того, при выполнении цветной вышивки нитями разного цвета на полуавтоматах с МПУ улучшается внешний вид изделий за счет более высокой точности перемещения пялец с тканью, качества укладки строчек.

Одноголовочные многоигольные полуавтоматы с МПУ выпускаются зарубежными фирмами ZSK, Пфафф, «Таджима», «Бразер», «Барудан» и др. Стоимость этих полуавтоматов высока, в среднем до 20000 долларов США. По этой причине сдерживается их применение на предприятиях Республики Беларусь.

В 1999-2000 г.г. в рамках государственной научно-технической программы «Легкая промышленность» сотрудники ОАО «НП ОКБ машиностроения» и УО «Витебский государственный технологический университет» разработали отечественный вышивальный полуавтомат для выполнения многоцветной вышивки. Полуавтомат создан на базе координатного стола ранее разработанного одноголовочного вышивального полуавтомата ПВ-1-1 с микропроцессорным управлением и швейной машины 31-го ряда ОАО «Завод швейных машин». В конструкцию базового полуавтомата введен ряд механизмов и устройств, обеспечивающих автоматическую смену цвета нити, а также систему управления, согласующую работу новых механизмов и устройств с координатным столом и швейной головкой. Внедрение полуавтомата в производство требует высокой надежности всех механизмов нового полуавтомата. Решение поставленной задачи невозможно без проведе-

ния научных исследований и оптимизации конструктивных, кинематических, динамических и точностных параметров механизмов.

В настоящей работе поставлена задача разработки механизмов и устройств многоигольного вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением оптимальных по конструктивным, кинематическим, динамическим и точностным параметрам.

Связь работы с крупными научными программами, темами.

Работа выполнялась в соответствии с заданием «Разработка и освоение производства многоигольного вышивального модуля» государственной научно-технической программы «Легкая промышленность», госбюджетной НИР ГБ-99-258 «Оптимизация параметров точности обработки на швейных полуавтоматах», 1999-2000 гг., № ГР 19991304.

Цель и задачи исследования. Цель данной работы – разработка механизмов и устройств вышивального полуавтомата с МПУ для выполнения многоцветной вышивки с использованием серийно выпускаемых швейной головки 31-го ряда, координатного стола, блока МПУ, базового полуавтомата. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- на основе анализа существующего оборудования для выполнения многоцветной вышивки разработать оптимальную структуру вышивального полуавтомата;
- провести анализ и минимизацию погрешностей позиционирования игольницы, разработать оптимальную структуру механизма позиционирования игольницы;
- разработать методику проектного расчета шагового электропривода механизма позиционирования игольницы;
- провести оптимизацию кинематических параметров шагового электропривода механизма позиционирования игольницы с целью минимизации времени позиционирования;
- исследовать взаимодействие механизма освобождения натяжения игольных ниток с механизмами автоматической обрезки игольных и челночной ниток, разработать оптимальную структуру и конструкцию механизма освобождения натяжения игольных ниток;
- разработать и исследовать механизм включения и отключения игл, оптимизировать его параметры;
- провести производственную апробацию вышивального многоигольного полуавтомата.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является многоигольный вышивальный полуавтомат для выполнения многоцветной вышивки.

Методология и методы проведения исследования. В работе представлены теоретические и экспериментальные методы исследования, основные теоретические ре-

зультаты подтверждены экспериментально. Проведенные исследования базируются на работах отечественных и зарубежных ученых, являясь их продолжением и развитием.

При выполнении теоретических исследований использовались положения теоретической механики, электротехники, теории вероятностей, методы оптимизации, численные методы решения системы дифференциальных уравнений. Все необходимые расчеты проведены на ЭВМ с использованием современных программных средств и специально разработанных автором программ.

Экспериментальные исследования проведены в научно-исследовательских лабораториях УО «Витебский государственный технологический университет» на специально разработанных установках. Обработка результатов экспериментов проводилась с использованием математической статистики на ЭВМ.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработана методика расчета кинематических параметров шагового электропривода механизма позиционирования игольницы по условию минимизации времени позиционирования с учетом ограничений, накладываемых временем срабатывания механизма фиксации игольницы;
- разработана методика экспериментального исследования и минимизации погрешностей позиционирования игольницы относительно челночного устройства;
- разработана методика проектирования устройств освобождения натяжения игольных ниток в процессе их автоматической обрезки по заданной циклограмме автомата обрезки ниток, обеспечивающей надежное закрепление обрезанных концов игольных ниток ловителем концов обрезанной игольной нити и устройством их закрепления;
- разработана методика проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания при взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы.

Практическая значимость полученных результатов. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана структура отечественного одноголовочного многоигольного вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением, содержащего координатный стол базового полуавтомата ПВ-1-1, швейную автоматизированную машину 31-го ряда ОАО «Завод швейных машин», механизм позиционирования игольницы, обеспечивающий минимальное время и требуемую точность позиционирования, устройство освобождения игольных ниток, обеспечивающее требуемую длину концов игольных ниток и надежное их закрепление после автоматической обрезки, механизм включения и отключения игл, обеспечивающий надежное срабатывание при его

взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы. Конструкция разработанного полуавтомата защищена патентом Республики Беларусь №6084 от 2003.12.02.

Экономическая значимость полученных результатов. Использование многоигольного вышивального полуавтомата с МПУ позволяет уменьшить сроки выполнения заказов на изготовление изделий с многоцветной вышивкой, расширить ассортимент выпускаемых изделий. Производственная апробация вышивального полуавтомата с МПУ, проведена на фабрике художественных изделий «Купава». Экономический эффект от внедрения вышивального полуавтомата достигнут за счёт уменьшения числа производственных рабочих на участке вышивки. В результате годовой ожидаемый экономический эффект составит 6,29 млн. рублей в ценах 2005 г.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Автор защищает: структуру многоигольного вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением, включающего в свой состав наряду с механизмами базового полуавтомата ПВ-1-1 механизм позиционирования игольницы, устройство освобождения натяжения игольных ниток при их автоматической обрезке, механизм включения и отключения игл, взаимодействующий с механизмом позиционирования игольницы:

- методику расчета кинематических параметров шагового электропривода механизма позиционирования игольницы по условию минимизации времени позиционирования с учетом ограничений накладываемых временем срабатывания механизма фиксации игольницы;
- методику экспериментального исследования и минимизации погрешности позиционирования игольницы относительно челночного устройства;
- методику проектирования устройств освобождения натяжения игольных ниток в процессе их автоматической обрезки по заданной циклограмме автомата обрезки ниток, обеспечивающей надежное закрепление обрезанных концов игольных ниток ловителем концов обрезанной игольной нити и устройством их закрепления;
- методику проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания при взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы.

Личный вклад соискателя. Соискателем лично разработаны:

- структура многоигольного вышивального полуавтомата с МПУ;
- методика расчета кинематических параметров шагового электропривода механизма позиционирования игольницы по условию минимизации времени позиционирования с учетом ограничений накладываемых временем срабатывания механизма фиксации игольницы;

- методика экспериментального исследования и минимизации погрешности позиционирования игольницы относительно челночного устройства;
- методика проектирования устройств освобождения натяжения игольных ниток в процессе их автоматической обрезки по заданной циклограмме автомата обрезки ниток, обеспечивающей надежное закрепление обрезанных концов игольных ниток ловителем концов обрезанной игольной нити и устройством их закрепления;
- методика проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания при взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты работы доложены, обсуждены и получили положительную оценку на следующих симпозиумах, конференциях и семинарах: Международной научно-технической «Актуальные проблемы науки, техники и экономики легкой промышленности» (г. Москва, 2000г.); V Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (г. Гродно, 2000г.); научно-технических конференциях студентов, преподавателей и сотрудников УО «ВГТУ» (г. Витебск, УО «ВГТУ», 1998- 2004 гг.); Республиканских научно-технических выставках «Беллегмаш» в 2001, 2002, 2003гг.; семинарах кафедры «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «Витебский государственный технологический университет» 1996-2004 гг.; Республиканской выставке «Белвузнаука» (г. Минск, октябрь 2001г.); семинаре Проблемного Совета ВГТУ по специальности 05.02.13, 29.04.05 г.

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 16 работ, в том числе: 1 патент РБ на изобретение N6084 от 2003.12.02, 7 статей, 6 тезисов докладов, 2 отчета о НИР. Общее количество страниц опубликованных материалов – 77.

Структура и объем работы. Работа содержит введение, общую характеристику работы, пять глав, заключение, список использованных источников и приложения. Общий объем работы составляет 211 страниц. Объем диссертации составляет 167 страниц, включающих 84 рисунка (50 стр.), 16 таблиц (9 стр.). В работе использовано 110 источников (9 стр.). В работе приведено 9 приложений, представленных на 44 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе представлен обзор конструкций одноголовочных вышивальных многоигольных полуавтоматов. Выполнен сравнительный анализ конструкций, основных механизмов и устройств вышивальных одноголовочных многоигольных полуавтоматов

[10]. В результате анализа выявлены основные направления выбора базовой структуры отечественного полуавтомата и конструктивных особенностей механизмов и устройств, а именно: расположение игольницы вышивального полуавтомата; вдоль рукава швейной головки; шаговый электропривод механизма позиционирования игольницы содержит червячный редуктор, синусный механизм; кулисный механизм нитепритягивателя игольницы.

Сотрудниками ОАО «НП ОКБ машиностроение» г. Витебска и УО «ВГТУ» с участием автора разработан вышивальный одноголовочный многоигольный полуавтомат с компьютерным блоком управления. Получен патент республики Беларусь № 6084 «Вышивальный полуавтомат» [10]. Опытный образец полуавтомата изготовлен на ОАО «НП ОКБ Машиностроение» г. Витебска, проведены его лабораторные испытания, подтвердившие правильность основных проектных решений и определившие дальнейшие направления работы.

Опытный образец вышивального полуавтомата для вышивания нитками пяти цветов, имеет максимальную унификацию с выпускаемыми ОАО «НП ОКБ машиностроение» серийно одноголовочным одноигольным полуавтоматом ПВ-1-1 и автоматизированной швейной машиной 31-го ряда ОАО «Завод швейных машин» (г. Орша).

Использовали промышленный стол с автоматизированным электроприводом и швейную головку машины 31-го ряда, координатное устройство полуавтомата ПВ-1-1, блок управления одноигольного вышивального полуавтомата ПВ-1-1 с небольшими изменениями.

Оригинальными являются: монтируемая на рукаве швейной головки игольница, несущая на себе пять иглопроводителей с иглами, в которые заправлены нитки разных цветов, механизм улавливания и удержания обрезанных концов игольных ниток, кулисный механизм нитепритягивателей [9,15].

Во второй главе изложены результаты теоретического и экспериментального [1,12] исследований погрешностей позиционирования игольницы.

В процессе смены цвета вышивки происходит позиционирование игольницы посредством перемещения иглы с нужным цветом нитки к челноку, в направлении параллельном оси челнока. Зазор между иглой и носиком челнока составляет 0,05...0,1мм, поэтому точность позиционирования каретки должна составлять не менее $\pm 0,05$ мм.

Схема механизма позиционирования игольницы приведена на рис.1., где: 1,2 - направляющие, 3 – игольница, 4-втулка иглопроводителя, 5 – иглодержатель, 6-червячное колесо, 7 – кулачок, 8- микропереключатель, 9-червяк, 10-муфта, 11- шаговый электродвигатель, 12 – датчик, 13 – иглопроводитель, 14 – кронштейн, 15-контактная пластина, 16 – индикатор, 17 – челнок, 18 – игла.

Теоретическое исследование ошибки перемещения игольницы рассматривали для плоской схемы кулисного механизма [8, стр.57-69]. С учетом максимальных значений погрешностей в длинах звеньев и максимальных зазоров в кинематических парах установлено, что максимальная ошибка позиционирования равна $\pm 0,2$ мм.

Игольница установлена на двух направляющих, при позиционировании возможны перекосы и более высокая погрешность, что приводит к необходимости экспериментального исследования ошибок позиционирования игольницы [8, стр.80-92]. Регистрировали точность позиционирования в базовой позиции, соответствующей работе иглы N1, а также в позициях, соответствующих работе игл N2, N3, N4 и N5. Ротор шагового электродвигателя вращался с разгоном и торможением.

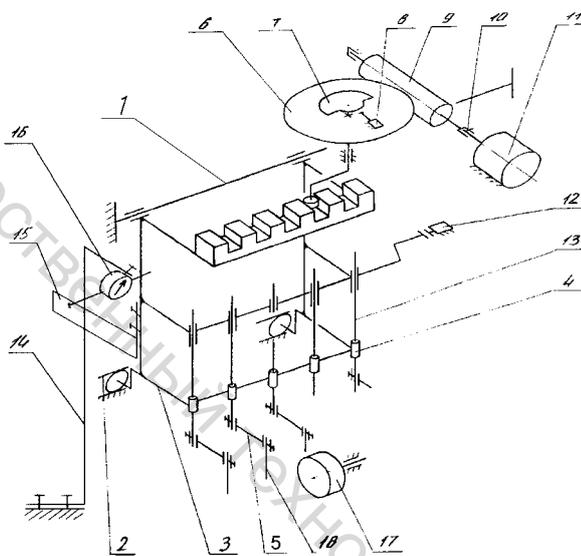


Рис.1 Схема механизма позиционирования игольницы.

Эксперимент был проведен 300 раз в каждой позиции. Выполнена статистическая обработка результатов эксперимента. Установлено, что ошибки являются случайными величинами и распределены по нормальному закону (рис.2).

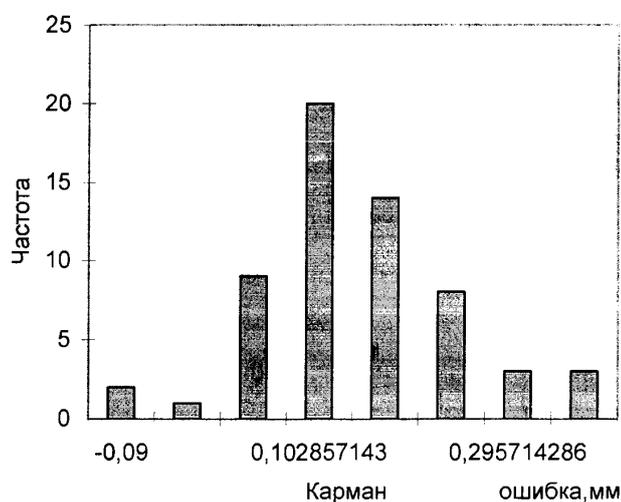


Рис.2 Гистограмма погрешностей для позиции N1.

Погрешности позиционирования в первой и второй позициях оказались недопустимо большими, что может вызвать нарушение процесса петлеобразования.

С целью уменьшения погрешностей позиционирования разработано устройство фиксации игольницы с приводом от электромагнита (рис. 3).

На рис.3 обозначены: 1-электромагнит, 2-пружина, 3,4,5,6,7,8,9 –рычаги, 10 – фиксатор, 11 – регулировочный винт, 12 –плоская пружина, 13 – втулка ролик, 14 –тросик.

Проведено исследование точности позиционирования игольницы с учетом разработанного механизма фиксатора.

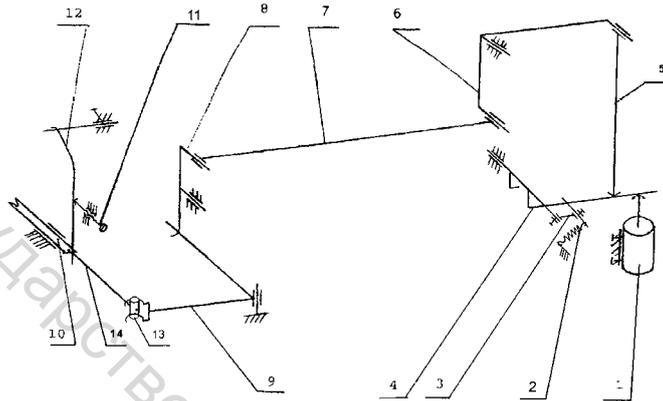


Рис.3 Схема механизма фиксатора.

Погрешность позиционирования игольницы с учетом дополнительного фиксирующего устройства – механизма фиксатора игольницы не превышала 0,01 мм и удовлетворяла предъявляемым требованиям (менее $\pm 0,05$ мм).

В третьей главе изложены результаты исследования направленного на минимизацию времени позиционирования игольницы.

Поступательное движение игольница вышивального многоигольного полуавтомата ПВ-1-5 осуществляет от шагового электродвигателя (ШЭД)[1,13,8] через червячную передачу и кулисный механизм (рис.4). На рис.4 обозначены: 1-шаговый электродвигатель, 2-червяк, 3-червячное колесо, 4-кулиса, жестко связанная с червячным колесом, 5-ролик, 6-каретка игольницы, 7-втулка игловодителя, 8-фиксатор.

В этом механизме передаточное число U привода, приведенные к валу ШЭД момент инерции звеньев привода I_{np} и момент сил сопротивления M_{cnp} , являются переменными:

$U = U(\varphi)$, $I_{np} = I(\varphi)$, $M_{cnp} = M_c(\varphi)$. Уравнение движения электропривода имеет вид:

$$M_d - M_o \sin(\varphi * U_1) - (I_c + I_o * \sin^2 \frac{\varphi}{U_1}) \varepsilon - I_a * \frac{\omega^2}{2} * \sin 2(\frac{\varphi}{U_1}) = 0;$$

где M_d – движущий момент на валу ШЭД, M_o, I_c, I_o, I_a – моменты, определяемые при известных массовых характеристиках звеньев электропривода и силе полного сопротивления перемещению игольницы; Φ – угол поворота кулисы ОА (см.рис.4); φ, ω – угол поворота и угловая скорость ротора ШЭД; U_1 – передаточное число механизма привода игольницы;

Вращение ротора происходит на участках разгона φ_p и торможения φ_m с постоянным ускорением ε_m и участком φ_y установившегося движения с постоянной скоростью ω_m .

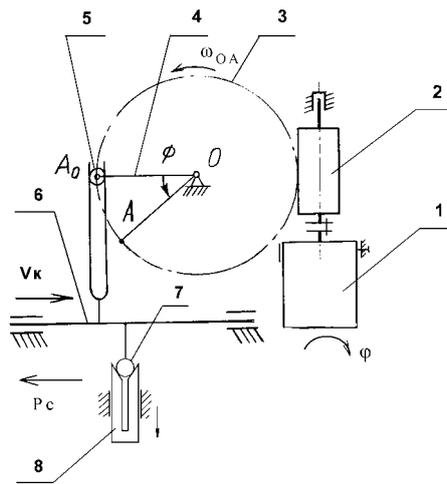


Рис.4 Механизм позиционирования игольницы.

Время позиционирования t_n при выбранных ω_m и ε_m определяем из формулы:

$$t_n = \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} + \frac{\pi * U_1}{\omega_m}. \quad (1)$$

Перемещение игольницы может начаться лишь после того, как фиксатор 8, (рис.4), освободит втулку игловодителя 7. Привод фиксатора от электромагнита через рычажную цепь, а включение происходит кулачком (на рис.4 не показаны), закрепленным на валу червячного колеса 1. Кулачок в начальном положении кривошипа OA_0 нажимает на микропереключатель, включенный в цепь электромагнита.

Ускорение ε_m может быть определено по известным времени срабатывания t_{cp} фиксатора 8 и угле свободного хода ротора шагового электродвигателя φ_{cx} , при котором игольница 5 остается неподвижной за счет выбора зазоров в кинематических парах механизма привода игольницы [6]. Если свободный ход ротора ШЭД происходит в период разгона t_p ($t_{cp} < t_p$), то максимальное значение ε_m определится из формулы [1, 3, 13, 14]:

$$\varepsilon_m \leq \frac{2\varphi_{cx}}{t_{cp}^2}; \quad (2)$$

Задача минимизации t_n по формуле (1) сводится к определению таких значений ω_m и ε_m , при которых $t_n = t_{nmin}$ и выполняются ограничения (2),(3),(4) [9]:

$$\omega_{mmin} \leq \omega_m \leq \omega_{mmax}, \quad (3)$$

$$M_o \sin(\varphi * U_1) + (I_c + I_o * \sin^2 \frac{\varphi}{U_1}) \varepsilon + I_a * \frac{\omega^2}{2} * \sin 2(\frac{\varphi}{U_1}) \leq M_d(\omega_m, \varepsilon_m), \quad (4)$$

где $\omega_{m\min}$, $\omega_{m\max}$ - граничные значения ω_m в области существования механических характеристик ШЭД; $M_d(\omega_m, \varepsilon_m)$ – момент на валу ШЭД, определяемый из формул, полученный аппроксимацией механических характеристик ШЭД [5, 6].

Произведен численный расчет времени срабатывания t_{cp} механизма фиксации игольницы [5,6], t_{cp} состоит из времени трогания $t_{тр}$ и времени движения якоря электромагнита $t_{дв}$:

$$t_{cp} = t_{тр} + t_{дв},$$

Уравнение движение якоря, имеет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_M(x) - P_{прс}(x);$$

где m - приведенная к якорю электромагнита масса подвижных звеньев механизма, $F_M(x)$ -тяговое усилие электромагнита, $P_{прс}(x)$ -приведенная к якорю электромагнита сила сопротивления пластинчатой пружины. Численным решения системы уравнений получено время срабатывания фиксатора $t_{cp}=0,178с$.

С целью проверки результатов численного расчета на базе опытного образца вышивального полуавтомата ПВ-1-5 была разработана экспериментальная установка для определения времени срабатывания механизма фиксации втулки игловодителя [14, 7]. Анализ результатов эксперимента показал, что экспериментальное время t_{cp} больше теоретического на 25%, что объясняется, тем, что в теоретическом исследовании не учтены силы трения в кинематических парах механизма, податливость звеньев кинематической цепи, имелись погрешности в определении необходимого усилия пружины и др.

Проведена минимизация времени позиционирования $t_{тр}$ игольницы [8] согласно (1), (2), (3), (4). Получено, что $t_{п}$ составляет 0,297 с при $\omega_m=120$ рад/с, $\varepsilon_m=1050$ рад/с² - оптимальных кинематических параметров механизма по условию минимизации времени $t_{п}$.

В четвертой главе изложены результаты теоретического и экспериментального исследования кинематических режимов работы механизма освобождения натяжения игольной нитки.

Для исследуемого полуавтомата разработана конструкция механизма (рис.5), в которой использовали регуляторы с электромагнитным устройством освобождения натяжения игольной нитки швейной машины 01022М класса ОАО “Завод швейных машин” [16]. На рис.5 обозначены: 1-пластина, 2-тарелочки, 3-обмотки электромагнита, 4-якорь электромагнита, 5-кожух, 6-корпус регулятора, 7-пружина, 8-толкатель, 9-шпилька, 10-винт, 11 и 12-установочные винты, 13-гайка, 14-круглая гайка, 15-отжимная шайба, 16-стопорная шайба, 17-резьбовая шпилька.

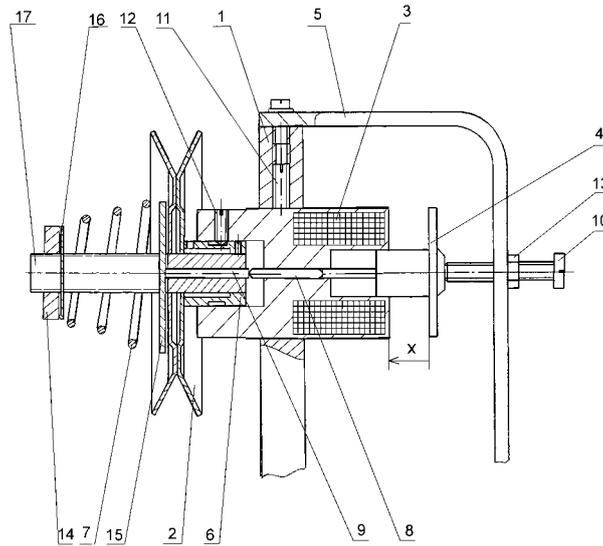


Рис. 5 Конструкция механизма освобождения игольных ниток.

Цикловая диаграмма механизма ножей, устройства освобождения игольной нитки и автоостанова швейной головки 31-го ряда представлена на рис.6. Рабочие и холостые хода ножей обрезки и устройства освобождения показаны в функции угла поворота главного вала швейной головки. На циклограмме обозначены: $\varphi_{\text{ср}}$ - угол поворота главного вала, соответствующий перемещению якоря электромагнита из исходного положения на величину хода до полного разжатия тарелочек 2; $\varphi_{\text{вкл}}$ -- угол поворота главного вала, с момента подачи напряжения на катушку электромагнита до момента возврата якоря электромагнита в исходное состояние.

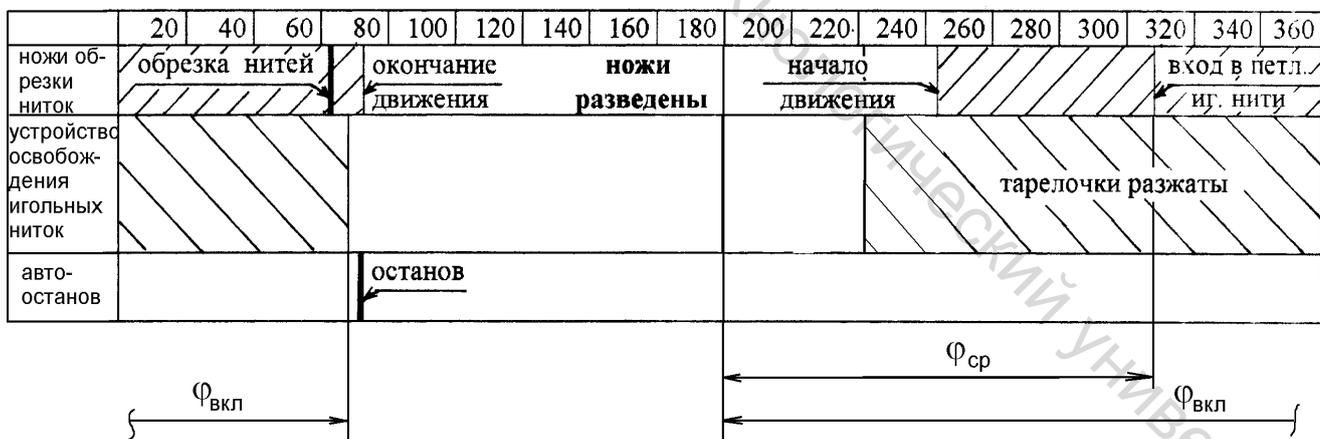


Рис.6. Цикловые диаграммы

Согласно исследованиям В.В.Дрюкова полное разжатие тарелочек регулятора натяжения игольной нитки должно произойти к моменту входа ножа набора в петлю игольной нитки, т.е. при $\varphi=308^\circ$. В этом положении тарелочки должны оставаться до момента обрезки ниток, т.е. до $\varphi=67^\circ$. В связи с этим поставлены следующие задачи: определение величины перемещения тарелочек регулятора и хода якоря 4 электромагнита для надежного освобождения натяжения игольной нитки; исследование времени срабатывания устройства с целью определения соответствия его циклограмме работы.

Расчет времени срабатывания электромагнита при прямом ходе якоря t_{CP} выполнен по методике, аналогичной изложенной в главе 3. Составлена система уравнений:

$$t_{CP} = t_{TP} + t_{ДВ}, \quad (5)$$

$$t_{TP} = T_1 * \ln \frac{I_0}{I_0 - I_{TP}}; \quad (6)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_M(x) - P_{npC}(x); \quad (7)$$

$$F_M(x) = \frac{i^2}{2} * \frac{dL(x)}{dx}; \quad (8)$$

$$\Delta i = \left(u - iR + i \left(\frac{dL}{dx} \right) * v \right) \frac{\Delta t}{L}; \quad (9)$$

$$i = \frac{u}{R} (1 - \exp(-\frac{t}{T_1})), \quad (10)$$

$$P_{npC}(x) = P_0 + F(x); \quad (11)$$

где t_{TP} - время трогания, $t_{ДВ}$ - время от момента начала движения якоря до конца его хода, T_1 - постоянная времени, I_0 - сила тока при установившемся движении якоря электромагнита, I_{TP} - сила тока при начале перемещения (трогании) якоря электромагнита, m - приведенная к якорю электромагнита масса подвижных звеньев механизма, $F_M(x)$ - тяговое усилие, $P_{npC}(x)$ - приведенная к якорю электромагнита сила сопротивления пружины регулятора, x - координата якоря электромагнита, отсчитываемая от начального положения, $L(x)$ - индуктивность, i - сила тока в обмотке электромагнита.

Численным решением системы уравнений (5)-(11) получено: $t_{TP} = 0,034$ с, $t_{ДВ} = 0,034$ с, $t_{ДВ} = 0,068$ с.

Время срабатывания экспериментально определено для хода якоря электромагнита 0,005 м. Сигналы с оптоэлектронного и контактного датчиков поступают в блок коммутации сигнала, затем на компьютер для обработки цифровым анализатором Digital Analyser, для получения информации на жестком носителе (бумаге).

Получили следующие результаты: $t_{вкл} = 0,591$ с, $t_{откл} = 0,0622$ с, $t_{ДВ} = 0,0524$ с., где $t_{вкл}$ - время срабатывания электромагнита от момента подачи напряжения на обмотку электромагнита до момента остановки якоря электромагнита в исходном положении, $t_{откл}$ - время от момента прекращения подачи напряжения на обмотку электромагнита до остановки якоря электромагнита, $t_{ДВ}$ - время прямого хода якоря электромагнита с момента трогания.

При известном $t_{CP} = 0,068$ с можно определить $\varphi_{CP} = \omega_{ДОВ} * t_{CP}$; где $\omega_{ДОВ}$ - угловая скорость главного вала швейной головки при доводке, $\omega_{ДОВ} = 20,9$ рад/с. $\varphi_{CP} = 20,9 * 0,068 = 1,42$ рад = $81,5^\circ$. Таким образом, освобождение натяжения игольной нитки происходит при

(см.рис.7) $\varphi = 180 + \varphi_{CP} = 180^\circ + 81,5^\circ = 261,5^\circ$; т.е. до момента входа ножа набора в петлю игольной нитки ($\varphi = 308^\circ$). Тарелочки регулятора возвращаются в исходное состояние через $t_{вкл} = 0,591$ с. За это время главный вал повернется на угол $\varphi_{вкл} = 0,591 * \omega_{ДОВ} = 12,35$ рад, что соответствует 2 оборотам главного вала. Т.е. время возврата тарелочек регулятора в исходное положение, когда они сжаты, определять не требуется.

Проведено исследование надежности работы механизма освобождения натяжения игольной нитки [3]. Количество циклов вышивки 160. Общее количество циклов обрезки 960. Имел место один сбой на 120 циклов обрезки, что удовлетворяет требованиям технических условий.

Эксперимент доказал достаточно надежную работу механизма обрезки ниток вышивального полуавтомата.

В пятой главе изложены результаты теоретического исследования работы механизма включения и отключения игл [2, 12, 3]. Кинематическая схема механизма включения и отключения игл показана на рис.7, где: 1-электромагнит, 2-пружина, 3-центровые шпильки, 4-игловодитель, 5-ползун, 6-защелка, 7-рычаг, 8-пружина, 9-шатун, 10-главный вал, 11-направляющая игловодителя, 12-кривошип, 13-валик, 14-ось, 15-неподвижная пластина, 16- нитепритягиватель, 17-ось, 18-направляющая, 19-поводок, 20-направляющая, 21-стержень, 22-игла, 23-втулка с пазом, 24-направляющая игольницы, 25-камень, 26-стержень, 27-иглодержатель, 28-якорь электромагнита, 29-кронштейн, 30-регулирующая гайка.

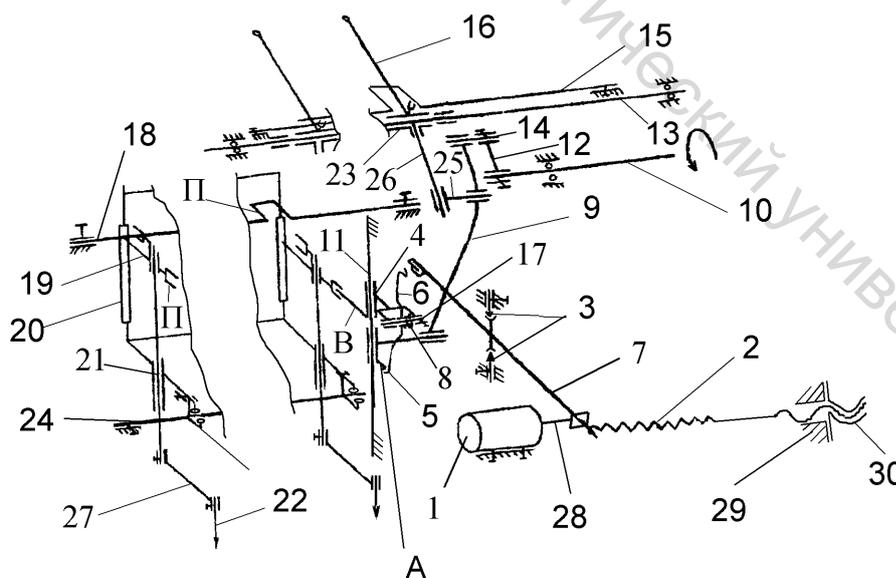


Рис.7 Кинематическая схема механизма включения и отключения игл.

Механизм включения и отключения игл должен обеспечивать: надежное сцепление верхнего зуба защелки 6 с левым концом поворотного рычага 7 при движении ползуна 5 из крайнего нижнего положения вверх по окончании цикла вышивания; надежное сцепление нижнего зуба защелки 6 с выступом А ползуна 5 после освобождения ее поворотным рычагом 7 при движении ползуна 5 из исходного положения сначала вниз, а затем вверх в начале нового цикла вышивания.

Исследования опытного образца вышивального полуавтомата показали, что механизм включения и отключения игл недостаточно надежен. В работе механизма могут иметь место отказы:

- в конце цикла шитья игловодитель 4 не фиксируется в крайнем верхнем положении;
- в начале цикла шитья не происходит сцепление нижнего зуба А защелки 6 с выступом ползуна 5, в результате иглодержатель 21 не получает возвратно-поступательного движения.

Угол поворота главного вала φ_1' , соответствующий установке поворотного рычага в рабочее положение, определится из равенства:

$$\varphi_1' = \pi + \omega_{\text{оов}} t_{\text{сп1}}; \quad (12)$$

Необходимым условием надежного зацепления верхнего зуба защелки 6 с поворотным рычагом 7 является неравенство:

$$\varphi_1' < \varphi_1; \quad (13)$$

где $\varphi_1 = \pi + \arccos \frac{r^2 + y_1^2 - l_1^2}{2 * r * y_1};$

$y_1 = h + c + b + a$, a, b, c, y_1, h, r, l_1 – геометрические и кинематические параметры звеньев механизма. В результате

$$\omega_{\text{оов}} < \frac{\varphi_1 - \pi}{t_{\text{сп1}}}; \quad (14)$$

Проверка выполнения этого условия требует определения времени $t_{\text{сп1}}$. Процесс включения игл происходит следующим образом.

Время срабатывания $t_{\text{сп2}}$ электромагнита 1 при включении может быть определено теоретически. Угол поворота φ_4' главного вала к моменту установки поворотного рычага 7 в нерабочее положение определится из равенства:

$$\varphi_4' = \pi + \omega_p * t_{\text{сп2}}; \quad (15)$$

где $\varphi_4 = \pi + \arccos \frac{y_4^2 + r^2 - l^2}{2 * r * y_4}$; $y_4 = Z - r + e$; z, y_4, l – геометрические и кинематические параметры звеньев механизма.

Расчет время срабатывания $t_{ср1}$ и $t_{ср2}$ выполняется по методике, изложенной в главе 3, при этом зависимость индуктивности катушки электромагнита от положения якоря определялась экспериментальным путем.

Возможные сбои в работе вышивального полуавтомата связаны с неправильной настройкой начального натяжения возвратной пружины. Это приводит к эффекту `зависания` игловодителя в нижнем положении. Необходимо провести анализ режимов работы механизма и выбрать оптимальный режим для работы механизма.

Выполнен анализ работы механизма включения и отключения при различных значениях начального натяжения возвратной пружины 2 (рис.7). Получены зависимости рабочей скорости, начального натяжения возвратной пружины от скорости доводки главного вала [3], обеспечивающие надежную работу механизма (рис.8).

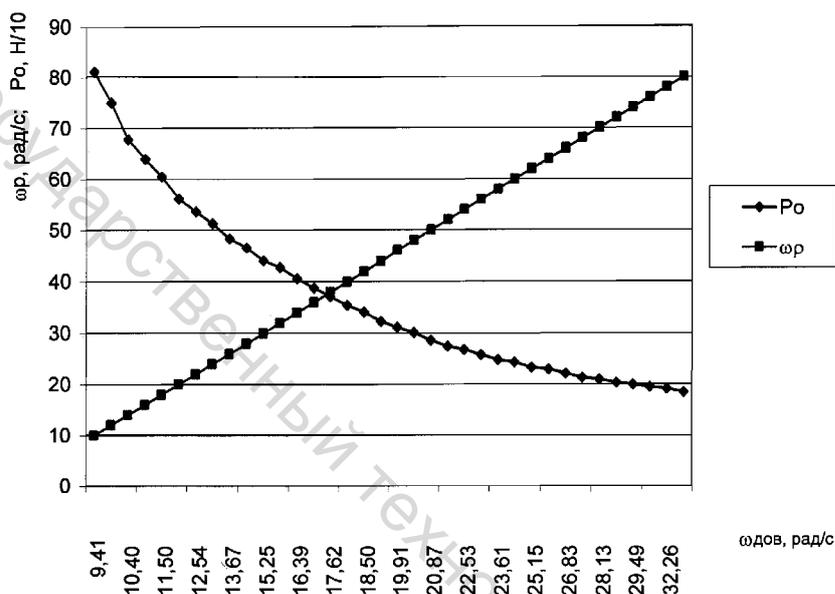


Рис.12 Зависимость скорости доводки от рабочей скорости (линия 2), усилия возвратной пружины (линия 1).

Из графика следует, что надежная работа механизмов отключения игл при $\omega_r = 81 \text{ рад/с}$ обеспечивается при скорости доводки $\omega_{дов} = 9,4 \text{ рад/с}$ и $P_0 = 1 \text{ Н}$.

Для проверки надежности механизмов при указанных параметрах $\omega_{дов}$ и P_0 проведено исследование полуавтомата в течение 10 часов машинного времени. Сбоев в работе механизма включения и отключения игл не зафиксировано, что свидетельствует о достаточной надежности механизмов включения и отключения игл и достоверности теоретических расчетов [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана рациональная структура многоигольного вышивального полуавтомата для выполнения многоцветной вышивки, включающая координатный стол базового полуавтомата ПВ-1-1, швейную автоматизированную машину 31-го ряда ОАО «Завод швейных машин»; игольницу, содержащую иглы с заправленными в них нитками разного цвета; механизм позиционирования игольницы, обеспечивающий минимальное время и тре-

буемую точность позиционирования; устройство освобождения игольных ниток, обеспечивающее требуемую длину концов игольных ниток и надежное их закрепление после автоматической обрезки; механизм включения и отключения игл, обеспечивающий надежное срабатывание при его взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы; блок микропроцессорного управления, обеспечивающий взаимодействие всех механизмов и устройств полуавтомата. Конструкция разработанного полуавтомата защищена патентом Республики Беларусь N6084 от 2003.12.02.[1,7,11].

2. Разработана методика экспериментального исследования и минимизации погрешностей позиционирования игольницы относительно челночного устройства. С использованием экспериментальной методики определены законы распределения погрешностей позиционирования и проведена их минимизация посредством введения в конструкцию фиксирующего устройства с электромагнитным приводом [2,13].

3. Разработана методика расчета кинематических параметров шагового электропривода механизма позиционирования игольницы по условию минимизации времени позиционирования. Особенностью методики является то, что при минимизации времени позиционирования наряду с ограничениями на кинематические параметры и движущий момент привода, обусловленными механическими характеристиками шагового электродвигателя, учитываются ограничения, накладываемые временем срабатывания фиксирующего устройства с электромагнитным приводом, и непостоянство передаточного числа привода [3,9].

4. Разработана методика проектирования устройств освобождения натяжения игольных ниток в процессе их автоматической обрезки, обеспечивающее надежное закрепление обрезанных концов игольных ниток с помощью ловителя, приводимого от шагового электродвигателя, и закрепляющий планки. На основе предложенной методики разработаны устройства освобождения, содержащие электромагнитные приводы, срабатывающие в соответствии с циклограммой, автомата обрезки ниток автоматизированной швейной машины [5,6,14].

5. Разработана методика проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания при взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы. Особенность методики состоит в том, что время срабатывания электромагнитного привода и возвратной пружины согласуется с циклограммой швейной машины [2, 12].

6. Проведена производственная апробация образца многоигольного вышивального полуавтомата на фабрике художественных изделий «Купава» (г.Витебск). В процессе апробации установлена надежная работа механизмов и устройств полуавтомата, что подтвердило правильность технических решений, заложенных в конструкцию. Ожидаемый экономический эффект от внедрения полуавтомата получен за счет повышения производительности труда и составит 6290 тыс. руб. в год [8].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи:

1. Лях, И. А. Исследование точности позиционирования игольницы вышивального полуавтомата / И. А. Лях, Ю. В. Новиков // V республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС 2000) : материалы конференции в пяти частях. – Ч.5 - Гродно, 2000. – С. 206-209.
2. Новиков, Ю. В. Исследование механизма включения и отключения игл многоигольного вышивального полуавтомата / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Вестник Витебского Государственного Технологического Университета / УО «ВГТУ». - 2005. – Вып. 8. – С. 6-9.
3. Новиков, Ю. В. Исследование работы механизма освобождения натяжения игольной нитки многоигольного вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением / Ю. В. Новиков // Вестник Витебского Государственного Технологического Университета / УО «ВГТУ». - 2005. – Вып. 8. – С. 37-41.
4. Новиков, Ю. В. Исследование работы механизма освобождения натяжения игольной нитки многоигольного вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // VIII международная научно-методическая конференция «Наука и образование в условиях социально- экономической трансформации общества» : материалы конференции в двух частях. – Ч.1 – Витебск, 2005. – С. 251-254.
5. Новиков, Ю. В. Минимизация времени позиционирования каретки многоигольного вышивального полуавтомата / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Вестник Витебского Государственного Технологического Университета / УО «ВГТУ». - 2001. – Вып. 3. – С. 39-43.
6. Новиков, Ю. В. Проектирование шагового привода механизма позиционирования игольницы в вышивальном многоигольном полуавтомате / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // V республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС 2000) : материалы конференции в пяти частях. - Ч. 5. - Гродно, 2000. – С. 234-237.
7. Новиков, Ю. В. Расчет времени срабатывания механизма освобождения фиксатора многоигольного вышивального полуавтомата / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Сборник статей VII республиканской научной конференции студентов и аспирантов Беларуси (НИРС 2002) / УО «ВГТУ». - Витебск, 2002. – С. 352-354.

Отчеты о НИР:

8. Оптимизация параметров точности обработки на швейных полуавтоматах : отчет о НИР (заключительный):ГБ-99-258/ Витебский гос. технол. ун-т ; рук. Сункуев Б. С.; исполн.: Бувич А. Э., Новиков Ю. В., Тарасевич И. И., Кривицкий Д. В., Осипенко В. И., Ворфоломеев Д. В., Проценко А. М., Лях И. А., Макаревич В. А., Шлык В. П., Олексив В. В. - Витебск, 1999. - С. 5-23 - № ГР 19991304.

9. Разработка и освоение производства многоигольного вышивального модуля: отчет о НИР ГБ-108 / Витебский гос. технол. ун-т ; рук. Сункуев Б. С., Новиков Ю. В. – Витебск, 2000. – С. 57-74, С. 83-88. № ГР 19994503.

Патент:

10. Пат. 6084 Республика Беларусь, МПК D 05 B 21/00. Вышивальный полуавтомат / Сункуев Б. С., Дервояд О. В., Новиков Ю. В., Агафонов В. Ф., Зудов В. И., Шнейвайс И. Л., Ткачев Ю. Л., Воронов В. Н. - №19990455 ; заявл. 05.05.99 ; опубл. 30.12.00, Бюл. № 4.5

Тезисы докладов:

11. Новиков, Ю. В. Исследование времени позиционирования каретки многоигольного вышивального полуавтомата / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2002) . 22-24 апр. 2002 г. : тезисы докладов / ИГТА. – Иваново, 2002. – С. 387-388.

12. Новиков, Ю. В. Исследование надежности срабатывания механизма включения и отключения игл / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Тезисы докладов XXXVIII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / ВГТУ. - Витебск, 2005. - С.128-129.

13. Новиков, Ю. В. Оптимизация параметров обработки на швейных полуавтоматах / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Актуальные проблемы науки, техники и экономики легкой промышленности 19-21 апреля 2000 г. : тезисы докладов международной научно-технической конференции. - Москва, 2000. – С. 78.

14. Новиков, Ю. В. Определение усилия возвратной пружины механизма позиционирования многоигольного вышивального полуавтомата / Ю. В. Новиков, Б. С. Сункуев // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2002). 22-24 апр. 2002 г. : тезисы докладов / ИГТА. – Иваново, 2002. – С. 385-386.

15. Сункуев, Б.С. Вышивальный полуавтомат/ Сункуев Б.С., Дервояд О.В., Новиков Ю.В., Агафонов В.Ф., Зудов В.И., Шнейвайс И.Л., Ткачев Ю.Л., Воронов В.Н. // Афіцыйны бюлетэнь Вынаходствы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя узоры. - 2000. - №4. - С.45-46.

16. Сункуев, Б. С. Исследование работы экспериментального образца многоигольного вышивального полуавтомата с МПУ / Б. С. Сункуев, Ю. В. Новиков // Тезисы докладов XXXI научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / ВГТУ. – Витебск, 1998. - С. 36.

РЕЗЮМЕ

Новиков Юрий Васильевич

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ И УСТРОЙСТВ МНОГОИГОЛЬНОГО ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА

Вышивальный полуавтомат, автоматизация, заготовка, строчка, проектирование, разработка, программа, минимизация, эксперимент, модель, погрешность, точность, алгоритм, производительность.

Объектом исследования является многоигольный вышивальный полуавтомат для выполнения цветной вышивки нитками разного цвета.

Цель работы - разработка многоигольный вышивальный полуавтомат для выполнения цветной вышивки.

В работе сочетаются теоретические и экспериментальные методы исследований. При выполнении теоретических исследований использовались положения теоретической механики, теории вероятности, 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 структура многоигольный вышивальный полуавтомат для выполнения цветной вышивки; методика минимизации погрешностей позиционирования игольницы в вышивальном полуавтомате с МПУ; математическая модель расчета суммарных погрешностей механизма позиционирования; методика измерения с высокой точностью размеров, определяющих точность позиционирования игольницы.

Результаты работы использовались при разработке и внедрении в производство многоигольного вышивального полуавтомата для выполнения многоцветной вышивки.

РЭЗЮМЭ

Новікаў Юрый Васільявіч

**РАСПРАЦОЎКА МЕХАНІЗМАЎ І КАНСТРУКЦЫЙ ВЫШЫВАЛЬНАГА
ПАЎАЎТАМАТА**

Вышывальны паўаўтамат, аўтаматызацыя, загатоўка, строчка, праектаванне, распрацоўка, праграма, мінімізацыя, эксперымент, мадэль, хібнасць, дакладнасць, алгарытм, прадукцыйнасць.

Аб'ектам даследавання з'яўляецца многаігольны вышывальны паўаўтамат для вырабу многакаляровай вышыўкі.

Мэта працы – распрацоўка многаігольнага вышывальнага паўаўтамата з мікрапрацэсарным кіраваннем.

У працы спалучаюцца тэарэтычныя і эксперыментальныя метады даследаванняў. Пры выкананні тэарэтычных даследаванняў выкарыстоўваліся палажэнні тэарэтычнай механікі, тэорыі імавернасці, метады праграміравання 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 структура многаігольны вышывальны паўаўтамат з МПК; метадыка мінімізацыі хібнасцяў пазіцыянавання ігольніцы ў швейным паўаўтамаце з МПК; матэматычная мадэль разліку сумарных хібнасцяў пазяцавання ігольніцы; метадыка вымярэння з высокай дакладнасцю размераў; метадыка ацэнкі хібнасцяў пракладання злучальных строчак на загатоўках верху абутку.

Вынікі працы выкарыстоўваліся пры распрацоўцы і ўкараненні ў вытворчасць пазіцыянавання ігольніцы паўаўтамата з МПК.

SUMMARY

Nowikov Juri Vasilhevisch

DEVELOPMENT OF AUTOMATED MECHANISMS AND DEVICES FOR SEMI-AUTOMATIC NUDLE EMBROIDERU MACHINE

Semi-automate embroidery machine, automation, blank, designing, development, program, minimization, experiment, model, error, accuracy, algorithm, productivity, stitch.

The object of the investigation is a semi-automate multi nudle embroideru machine for making coloured embroidering with threads of different color.

The aim of the work is developing a semi-automate multi nudle tmbroideru machine for making coloured embroidering.

Theoretical and experimental methods of inoestigations are combined in the work. While carrying out theoretical investigations, prineiples of theoretical mechanies, theoru of probabality, programming and optimization methods were used. All neuwari coleulations ware done by a computeure with the use of modern programme techniques and specially developed programmes. The processing of experimental results was done by using methods of mathematical statistics on a computeure.

As a result of researches the semi-automatic multi-nudle embroideru machine for making coloured embroidering, methods of minimizing errors of nudle-nolder positioning in semi-automatic embroideru microprocessor-controlled machine. Mathematical model for calculating summary errors of positioning mechanism, methods for measuring dimensions with a grat accuracy, determiming accuracy of nudle-holder positioning.

The results of the work were used to develop a semi-automatic multi-nudle embroideru machine for making coloured embroidering and to introduce it into production.

Витебский государственный технологический университет

НОВИКОВ ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ И УСТРОЙСТВ
МНОГОИГОЛЬНОГО ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА**

05.02.13 «МАШИНЫ, АГРЕГАТЫ И ПРОЦЕССЫ (ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ)»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать «18» ноября 2005 г. Формат 60x84/16. Печать ризографическая.
Уч.-изд. л. 1,6. Усл. печ. л. 1,5. Тираж 70 экз. Заказ 495. Бесплатно.

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