

М 352791
Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ФОМИН Марк Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРОПРИВОДА ПОДАЧИ ПИНОЛИ СВЕРЛИЛЬНОГО
СТАНКА С ЧПУ С НЕПРОГРАММИРУЕМЫМИ УЧАСТКАМИ ХОЛОСТОГО ХОДА

(05.03.01 - Процессы и машины обработки материалов резанием;
автоматические линии)

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Москва 1979 г.

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ФОМИН Марк Николаевич

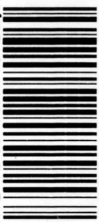
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРОПРИВОДА ПОДАЧИ ПИНОЛИ СВЕРЛИЛЬНОГО
СТАНКА С ЧПУ С НЕПРОГРАММИРУЕМЫМИ УЧАСТКАМИ ХОЛОСТОГО ХОДА

(05.03.01 - Процессы и машины обработки материалов резанием;
автоматические линии)

Автореферат

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1352791

Фомин М.Н. Исследование эл.

Москва 1979 г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - Кандидат технических наук,
доцент М.М.Кузнецов.

Официальные оппоненты - Доктор технических наук, с.н.с.
А.Г.Полюшков.

- Кандидат технических наук, с.н.с.
А.И.Слипухов.

Ведущее предприятие - указано в решении Учёного Совета.

Защита диссертации состоится "15" октября 1979 г.
на заседании специализированного Учёного Совета КО.53.15.15
по технологии машиностроения МВТУ им. Н.Э.Баумана по адресу:
Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., 5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

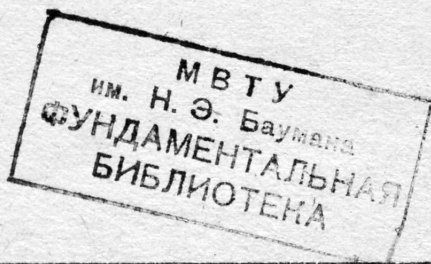
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "5" июля 1979 г.

Учёный секретарь Совета
кандидат технических наук,
доцент

Мещеряков

Мещеряков Р.К.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В решении XXV съезда КПСС ставится вопрос о дальнейшем повышении производительности труда и его эффективности, без увеличения численности рабочей силы. Одним из путей повышения производительности труда и эффективности металлообработки на сверлильных станках с ЧПУ, является оснащение этих станков приводами подачи, позволяющих не программировать величины участков холостых ходов.

В данной работе рассматриваются вопросы теоретической разработки, создания и исследования нового привода подачи, позволяющего производить переключение с быстрого подвода на рабочую подачу от касания инструментом обрабатываемой детали и исключить за счет этого программирование длин холостых ходов.

Целью работы является разработка теоретических основ и создание привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, позволяющего исключить программирование величины участков холостых ходов.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- 1). Провести анализ путей повышения производительности и выбрать рациональную схему управления циклом ;
- 2). Создать привод подачи пиноли, работающий по этой схеме ;
- 3). Разработать основные узлы привода ;
- 4). Разработать теоретические основы создания и методику расчета основных параметров привода ;
- 5). Провести экспериментальное исследование разработанного привода и выявить основные его возможности.

Методика исследования. Теоретическое исследование проводилось на основе теории производительности, теории автоматического регулирования, теории расчета гидравлических приводов, а также использованием численных методов для решения задач математического моделирования. Экспериментальное исследование проводилось в лабораторных условиях и заключалось в подтверждении предложенных теоретических зависимостей и исследовании динамики привода, по которым получены рекомендации по проектированию привода и его элементов.

Научная новизна работы заключается в теоретическом обосновании необходимости и возможности создания привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, позволяющего использовать поверхность детали за начало отсчета рабочих перемещений и исключающего за счет этого программирование участков холостых ходов, а также в определении области рационального использования привода.

Создана методика расчета оригинального золотникового механизма управляющего холостыми ходами пиноли и торможением от касания, определены его расходные характеристики.

Получены зависимости позволяющие определять допустимые скорости быстрого подвода исходя из параметров применяемого инструмента.

Создана методика расчета динамики движения привода. На основании созданной методики разработана программа расчета на ЭЦВМ "Минск-32". В результате обработки расчетов получены графические зависимости, характеризующие изменение участка торможения от массы и скорости быстрого подвода пиноли.

Определен закон изменения пути торможения пиноли (без учета динамики).

На основе обобщения теоретических разработок создана методика расчета нового привода подачи пиноли.

Научная достоверность работы подтверждена расчетами теории производительности, теории гидравлического удара, решением задач динамики гидропривода на ЭЦВМ, теории автоматического регулирования, а также хорошим совпадением результатов расчетов с опытными данными.

Практическая ценность работы заключается в создании нового привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, исключающего программирование участков холостых ходов (Опубликован в бюллетени ОИ ПОТЗ. 1978, № 32).

Созданный привод позволяет повысить производительность сверлильного станка с ЧПУ на 25 + 30% и упростить технологическую подготовку программы до 20%, при упрощении самой системы ЧПУ.

Реализация результатов (внедрение). Созданный привод внедрен в производство, экономический эффект от внедрения составляет 3 тыс. рублей на один станок.

Апробация работы. Диссертационная работа доложена и обсуждена на научно-техническом семинаре кафедры (март 1976 г) (апрель 1978 г) и на заседании кафедры "Станки и автоматы механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана (декабрь 1978 г). Основные разделы диссертации доложены и обсуждены на Всесоюзном научно-техническом совещании "Повышение ресурса и расширение функциональных задач гидравлических и пневматических приводов используемых при автоматизации производства и повышении качества продукции" (сентябрь 1977 г г. Запорожье), а также на совещании конструкторов в НТО Машпром (январь 1979 г г. Москва).

Публикации. Основной материал диссертации опубликован в шести статьях, из них два авторских свидетельства.

Объем работы: Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключительной части, состоящей из выводов, списка литературы, приложения и содержит 120 страниц машинописного текста, 85 рис., списка литературы 86 наименования и приложения.

Во введении к работе вскрывается актуальность исследований в целях создания привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, позволяющего исключить программирование участков холостых ходов, в плане осуществления решений XX съезда КПСС по повышению производительности и эффективности работы металлорежущих станков без дополнительных затрат.

В главе I рассматриваются две схемы управления циклом на сверлильных станках с ЧПУ: существующая и предлагаемая. Анализируются недостатки при обработке по первой схеме, вскрываются резервы повышения производительности при работе по второй схеме. Доказывается, что работа по предлагаемой схеме позволяет повысить производительность за счет: 1) исключения программирования участков холостых ходов, т.е. сокращения технологической подготовки программы; 2) исключения участков подхода на рабочей подаче; 3) исключения наладки и подналадки инструмента по длине; 4) исключения установки относительного нуля и позиционирования по оси z ; 5) возможности повышения скоростей холостого хода; 6) упрощения системы ЧПУ.

В работе проанализированы работы: Шаумяна Г.А., Волчкевича Л.И., Кузнецова М.М., Ратмирова В.А., Праздников А.В., Проникова А.С., Духановой Е.А., Судоплатова И.П. и других ученых.

В результате анализа предлагаемой схемы управления циклом получена зависимость позволяющая рассчитывать цикловую производительность и определить область ее рационального использования.

Относительное повышение производительности:

$$\Delta Q = \frac{k-1}{k+q} \cdot \frac{\delta_d}{l_{рез}} \cdot 100\%$$

где:

δ_d — участок подхода на рабочей подаче;

$l_{рез}$ — участок резания.

$$k = \frac{V_{дп}}{V_{рп}}$$

$V_{дп}$ — величина подачи быстрого подвода;

$V_{рп}$ — рабочая подача.

Анализ цикловой производительности показал, что при $k \rightarrow \infty$ относительное повышение производительности:

а) для нормального сверления $\Delta Q \approx 0 \div 40\%$

б) для зенкования $\Delta Q = 100\% \div 500\%$

в) для цевкования и центrovания $\Delta Q = 10 \div 100\%$

Рост производительности общественного труда составляет в среднем $20 \div 25\%$.

Анализируются различные варианты регистрации относительно положения инструмента и детали и существующие конструкции приводов подач пиноли, позволяющие реализовать предлагаемую схему обработки.

В результате анализа установлено, что для реализации предлагаемой схемы наиболее эффективно использование приводов подач пиноли, позволяющих осуществлять переключение с быстрого подвода на рабочую подачу от касания инструментом обрабатываемой детали.

Рассматриваются и анализируются предлагаемые конструкции приводов подач, работающих от касания. Обосновывается, с точки зрения минимального времени и простоты торможения, выбор электрогидравлического привода подачи пиноли.

Предлагаются зависимости для расчета времени торможения электромеханического и электрогидравлического приводов. Для выбранного типа привода (электрогидравлического) предложена блок-схема аналога для его расчета на АВМ. Моделирование на

ЭМУ-10 процесса перемещения и торможения электрогидравлического привода доказало его работоспособность.

Во 2 главе проводятся теоретические исследования, касающиеся возможности создания привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, позволяющего производить переключение с быстрого подвода на рабочую подачу от касания инструментом обрабатываемой детали.

Для этого сформулированы основные требования, предъявляемые к создаваемому приводу.

На основании расчета максимальной силы на инструменте в момент его встречи с заготовкой, по формуле:

$$R_{max} = \sqrt{\frac{M V_{сп}^2}{\frac{l_{св}}{EF} + \frac{4}{5 k_{\phi}^{3/2} R_{max}}}},$$

где: $l_{св}$ — длина вылета сверла ;
 EF — жесткость поперечного сечения сверла ;
 k_{ϕ} — коэффициент, учитывающий форму контактирующих поверхностей ;
 $V_{сп}$ — скорость быстрого подвода.

Установлено, что между инструментом и пинолью необходимо встраивать предохранительный элемент, если $V_{сп} > 3$ м/мин, а вес пиноли более 50 кг.

Доказывается, что основными критериями, определяющими структуру и конструкцию привода, являются: возникающее в момент встречи с деталью, осевое усилие на инструменте и величина участка торможения пиноли. Исходя из этого выбрана его структура и построена гидравлическая схема, состоящая из двух ветвей: 1) управляющей холостыми ходами и торможением от касания инструментом обрабатываемой детали ; 2) управляющей рабочей подачей в следящем режиме.

Для управления холостыми ходами и торможением от касания разработано специальное устройство, объединяющее в себе трехпозиционный золотниковый распределитель с электрогидравлическим управлением и тормозной элемент с механическим управлением.

Предложены основные зависимости для расчета конструктивных элементов устройства управления холостыми ходами и торможением от касания, даны рекомендации по его проектированию.

Исходя из конструктивных требований и необходимости обеспечения требуемого закона торможения, определена оптимальная

формы щелевого дросселирующего отверстия в тормозном элементе и получена формула для нахождения расхода через него:

$$Q = \mu \frac{z^2}{2} (2 \operatorname{arccos} \frac{x_r}{z} - \sin 2 \operatorname{arccos} \frac{x_r}{z}) \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P_{\text{щ}}},$$

где μ — коэффициент расхода ;
 z — радиус окружности щелевого отверстия ;
 x_r — участок торможения ;
 ρ — плотность жидкости ;
 $\Delta P_{\text{щ}}$ — перепад давления на щелевом отверстии.

Исследован тормозной элемент и получены его статические характеристики.

В результате проведенных исследований и на основании разработанной структуры привода создана принципиальная схема привода. Новый привод позволяет полностью реализовать предложенную схему обработки. Началом отсчета рабочих перемещений (резания) является поверхность детали, а переключение с быстрого подвода на рабочую подачу осуществляется в результате касания инструментом обрабатываемой детали.

3 глава посвящена разработке теоретических основ создания электрогидравлического привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, позволяющего производить переключение с быстрого подвода на рабочую подачу от касания инструментом обрабатываемой детали.

Наибольший интерес представляет расчет разработанного устройства, управляющего холостыми ходами и торможением от касания. Для составления методики его расчета необходимо определить зависимости позволяющие находить осевые усилия необходимые для перемещения подвижного тормозного элемента. После проведенных исследований предложена формула для расчета начального осевого усилия необходимого для смещения тормозной втулки относительно золотника:

$$R_{\text{вм}} = R_{\text{вм}}' + F_n' \left(\frac{d_{\text{вн}}^2 V_{\text{торм}}}{\mu d_{\text{ш}}^2} \right) \frac{\rho}{2},$$

где $R_{\text{вм}}'$ — составляющая осевой силы, рассчитываемая как сила необходимая для перемещения золотника ;
 F_n' — площадь торца Π подвижной втулки ;
 $d_{\text{ш}}$ — диаметр отверстия в шайбе ;
 $V_{\text{торм}}$ — скорость торможения пиноли ;
 $d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр втулки.

Установлено, что второе слагаемое в десятки раз больше первого (при скоростях $V_{\text{бп}}$ более 3 м/мин).

Полученная зависимость позволяет также, при учете силы инерции от предохранительного элемента, рассчитывать осевую силу на инструменте в момент торможения от касания.

Определена зависимость (исходя из усилия на инструменте возникающего в момент касания), позволяющая производить расчет допустимой скорости быстрого подвода пиноли исходя из заданных параметров инструмента ($d_w = 0,058$ см).

$$V_{\text{бп}} = 1,28 \cdot 10^5 \sqrt[4]{k_{3y} \frac{dc_3^2}{\rho^2}},$$

где k_{3y} — коэффициент, учитывающий конструктивные особенности и параметры золотникового устройства.

$$k_{3y} = \frac{1}{F_H^2 d_6^4}$$

Для выбора режимов торможения и расчета тормозного элемента, с учетом оценки динамики привода предложена его модель. Движение созданного привода (в режиме холостых ходов и торможения от касания), с учетом ряда допущений, может быть представлено в виде абсолютного движения трехмассовой системы в определенном направлении и в виде относительного перемещения масс относительно друг друга (см. рис. I).

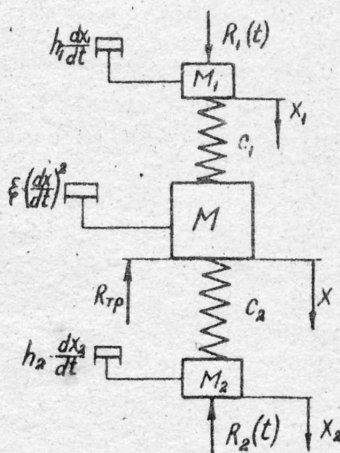


Рис. I

Модель привода в виде трехмассовой механической системы

Для данной модели составлена система уравнений описывающая ее движение:

$$\begin{cases} M \frac{d^2 x}{dt^2} + E(t) \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \text{sign} \frac{dx}{dt} + R_{mp} \text{sign} \frac{dx}{dt} - C_1 (x_1 - x) + \\ \quad + C_2 (x - x_2) = 0; \\ M_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + h_1 \frac{dx_1}{dt} + C_1 (x_1 - x) - R_1(t) = 0; \\ M_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + h_2 \frac{dx_2}{dt} + R_2(t) - C_2 (x - x_2) = 0; \end{cases}$$

где: $M; M_1; M_2$ - соответственно приведенные к поршню массы пиноли и жидкости в нагнетательной и сливной магистралях ;
 $E(t)$ - приведенный суммарный коэффициент сопротивления потока жидкости при протекании ее по гидролинии ;
 $h_1; h_2$ - коэффициент пропорциональности силы жидкостного трения ;
 $C_1; C_2$ - приведенные к поршню жесткости жидкости и трубопроводов нагнетательной и сливной магистралей ;
 $R_{mp}; R_1(t); R_2(t)$ соответственно силы: 1) сопротивления движению пиноли ; 2) сила вызванная давлением жидкости в нагнетательной магистрали ; 3) сила вызванная давлением жидкости в сливной магистрали.

Для решения системы уравнений составлена программа ее решения на ЭЦВМ "Минск-32".

Данная математическая модель привода решалась в два этапа: 1) разгон ; 2) торможение привода.

Результаты обработки расчетов движения привода на ЭЦВМ позволили получить графические зависимости:

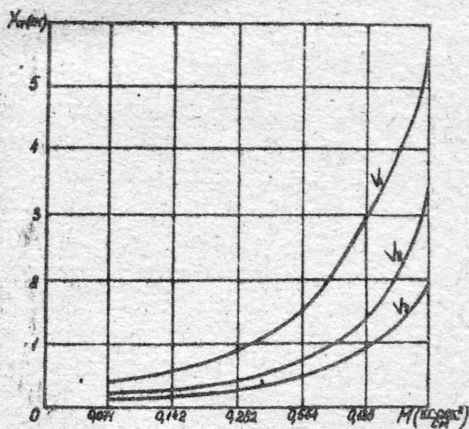


Рис. 2

График зависимости участка торможения от массы пиноли

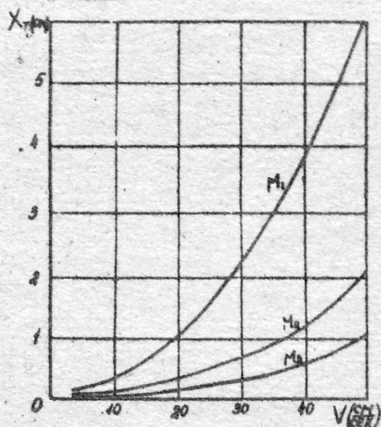


Рис. 3

График зависимости участка торможения от скорости перемещения пиноли

Определен закон изменения пути торможения пиноли (без учета динамики привода), который может быть использован для расчета пути торможения в предварительных расчетах.

$$X_{\tau} = K \frac{4 \rho L V_{\text{бл}}^2 F_n^2 + M_{\text{пр}} V_{\text{бл}}^2 f_{\text{пр}}}{2 F_n f_{\text{пр}} [\Delta P]}$$

где L — длина трубопровода ;
 $K = 2$ — коэффициент пропорциональности ;
 $M_{\text{пр}}$ — приведенные к поршню массы механической системы и жидкости в нагнетательной магистрали ;
 $f_{\text{пр}}$ — площадь сечения нагнетательного трубопровода.

Полученная зависимость позволяет, ограничившись величинами заброса давления $[\Delta P]$ определить влияние массы пиноли, скорости быстрого подвода и параметров трубопровода на путь торможения.

Полученные теоретические зависимости позволили разработать методику расчета созданного привода подачи пиноли.

4 глава посвящена разработке экспериментальной установки для исследования разработанного привода подачи пиноли, предназ-

наченной для подтверждения проведенных теоретических исследований и зависимостей, предложенных для его проектирования и расчета.

Для проектирования и расчета основных элементов экспериментальной установки была использована, предложенная в гл. 3, методика расчета привода. На основании предложенной математической модели привода была разработана блок-схема его расчета на ЭЦВМ "Минск-32". При заданных параметрах скорости холостого хода $V_{xx} = 20$ см/сек; массе пиноли $M = 0,071$ кг.с²/см; участке торможения $\chi_r = 0,27$ см; $h_1 = 0,8$ кгс.сек/см; $h_2 = 0,5$ кгс.сек/см; $C_1 = 200$ кг/см; $C_2 = 140$ кг/см, получены переходные процессы скоростей ($\dot{\chi}$; $\dot{\chi}_1$; $\dot{\chi}_2$); перемещений (χ ; χ_1 ; χ_2); ускорения ($\ddot{\chi}$) и давлений в нагнетательной и сливной магистрали $P_1(t)$ и $P_2(t)$. Переходные процессы, полученные расчетом этих величин на ЭЦВМ печатались в виде таблиц и графиков.

Изготовленная экспериментальная установка, на которой производилось исследование привода имеет точно такие же параметры, которые были заданы в примере расчета на ЭЦВМ "Минск-32". Представленные графики переходных процессов в приводе, полученных на ЭЦВМ, идентичны по характеру экспериментальным, полученным путем записи с соответствующих датчиков на шлейфосциллографе Н-115, а расхождение величин параметров не превышает 20%. Для регистрации переходных процессов: скорости ($\dot{\chi}$) перемещения пиноли и давлений $P_1(t)$; $P_2(t)$ использовались соответствующие датчики тензометрического типа и специальная усилительная аппаратура. Для регистрации ускорений в момент разгона и торможения пиноли использован комплект аппаратуры ВИ6-6ТН. Кроме того был установлен датчик силы для измерения осевого усилия на инструменте в момент касания.

Экспериментальная установка позволяла варьировать следующими параметрами:

- 1) изменить вес перемещаемой пиноли от 30 до 160 кг;
- 2) изменить, бесступенчато, скорость ее перемещения от 0 до 15 м/мин;
- 3) изменить давление управления, в устройстве управления холостыми ходами и торможением от касания, от 0 до 12 кг/см².

Обработка, полученных экспериментальным путем осциллограмм, позволила получить следующие графические зависимости:

- 1) забросов давления от изменения массы пиноли ;
- 2) забросов давления от изменения скорости быстрого подвода ;
- 3) осевых усилий на инструменте в зависимости от скорости быстрого подвода и т.д.

Полученные экспериментальным путем графические зависимости полностью подтверждают правильность составленных математических зависимостей использованных и предложенных для расчета динамики движения привода и расчета параметров его элементов.

ВЫВОДЫ

1. Теоретически доказана необходимость и возможность создания привода подачи пиноли сверлильного станка с ЧПУ, позволяющего использовать поверхность обрабатываемой детали за начало отсчета программированного перемещения инструмента, что позволяет исключить программирование величины перемещения инструмента на холостых ходах.

2. Проведен теоретический анализ конструкций различного типа приводов, позволяющих исключить программирование величины холостых перемещений и доказано, что создаваемый привод должен быть электрогидравлическим и содержать между инструментом и пинолью предохранительный элемент.

3. Выбрана схема управления циклом обработки по которой должен работать привод и на основании этой схемы разработана структура привода.

4. Создан привод подачи пиноли, позволяющий осуществлять переключение с быстрого подхода на рабочую подачу от касания инструментом обрабатываемой детали.

Созданный привод позволяет:

- а) упростить технологическую подготовку программы ;
- б) исключить подход на рабочей подаче ;
- в) исключить коррекцию программы и наладку длины инструмента при ее изменении ;
- г) существенно повысить скорости холостого хода, по сравнению с применяемыми в настоящее время ;
- д) упростить систему ЧПУ.

5. Разработана методика расчета и проектирования, созданного устройства, управляющего холостыми ходами и торможением

от касания инструментом обрабатываемой детали.

Предложены зависимости для расчета параметров тормозного элемента и его расходных характеристик.

6. Определены зависимости для определения характеристик холостого хода привода и давления необходимого для перемещения пиноли на холостом ходу с требуемой скоростью.

7. Получены зависимости, позволяющие определить допустимую скорость быстрого подвода исходя из параметров применяемого инструмента и его прочностных характеристик.

8. Создана методика расчета динамики созданного привода, представленного в виде трехмассовой механической модели. Разработана программа расчета динамики его движения на ЭИВМ "Минск-32". Результаты обработки машинных расчетов позволили получить графические зависимости пути торможения от скорости быстрого подвода пиноли и ее массы.

9. Определен закон изменения пути торможения пиноли (без учета динамики привода) в зависимости от скорости быстрого подвода, массы пиноли и параметров магистралей.

10. На основании обобщения теоретических исследований разработана методика расчета созданного привода подачи пиноли, работающего по новой схеме управления циклом.

11. Создана экспериментальная установка, позволившая исследовать привод в диапазоне подач от 0 до 15 м/мин, массами пиноли от 0,030 до 0,163 кг·сек²/см, при изменении давления управления от 0 до 12 кг/см². Сравнение экспериментальных и расчетных данных позволило подтвердить правильность теоретических исследований.

12. Созданный и исследованный привод внедрен в производство, экономический эффект от внедрения составляет 3 тыс. рублей в год на один станок.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Кузнецов М.М., Фомин М.Н. Исследование линейного электрогидравлического привода, работающего по оптимальному циклу. Известия ВУЗов "Машиностроение", 1977, № 5

2. Фомин М.Н. Автоматизация привода подачи шпинделя сверлильного станка за счет применения электрогидропривода. В кн. Повышение ресурса и расширение функциональных задач гидро- и

пневмоприводов, используемых при автоматизации производства и повышения качества продукции. (Тезисы докладов). Запорожье, 1977

3. Кузнецов М.М., Фомин М.Н. Исследование золотникового устройства переключения скорости привода подачи шпинделя станка. Известия ВУЗов "Машиностроение", 1978, № 4

4. Кузнецов М.М., Фомин М.Н. Привод подачи станка. Решение о выдаче а.с. СССР по заявке № 2453495/25-08 опубл. Воллеть ОИ ПОТЗ 1978, № 32

5. Кузнецов М.М., Фомин М.Н. Привод подачи станка. Решение о выдаче а.с. СССР по заявке № 2493115/25-08 опубл. Воллеть ОИ ПОТЗ 1978, № 42

