

На правах рукописи

Глобин Павел Вячеславович

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА
ФИНИШНЫХ ОПЕРАЦИЯХ**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск – 2013

Работа выполнена в Юго-Западном государственном университете на кафедре
вычислительной техники

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Червяков Леонид Михайлович

Официальные оппоненты:

Сизов Александр Семёнович
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки
Российской Федерации,
Научно-исследовательский центр
(г.Курск) ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ,
главный научный сотрудник

Сергеев Сергей Александрович
кандидат технических наук, доцент,
Юго-Западный государственный
университет, заведующий кафедрой
электроснабжения

Ведущая организация:

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород

Защита диссертации состоится «26» ноября 2013 г. в 14⁰⁰ часов в
конференц-зале на заседании диссертационного совета Д 212.105.03 при
Юго-Западном государственном университете по адресу: 305040, Курск,
ул.50-лет Октября, 94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного
государственного университета.

Автореферат разослан «24» октября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.105.03

Милостная Наталья Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы Технический прогресс резко ускоряет весь процесс обновления технологического оборудования и производства, что обуславливает необходимость модернизации машиностроительного комплекса для достижения более высокого качества выпускаемой продукции и надежности станков с ЧПУ. В связи с этим существенно возрастает роль финишных операций, доля которых занимает значительную часть в машиностроительном производстве.

Предъявляемые требования к параметрам точности изделий, обрабатываемых на шлифовальном оборудовании, обуславливают необходимость постоянного обновления станков. Вследствие этого возникает потребность в глубоком изучении причин и методов формирования точности шлифовального оборудования, а также необходимость разработки средств проектирования и создания новых систем управления технологическим процессом обработки деталей.

Существует несколько способов увеличения технологической точности: замена существующего оборудования и систем управления; совершенствование несущей конструкции станков; модернизация систем управления процессом финишной обработки. С экономической точки зрения наиболее целесообразно проводить модернизацию существующей производственной базы.

В процессе шлифования возникают возмущающие воздействия, которые негативно влияют на точность и качество выпускаемой продукции. Для повышения качества производимых деталей необходимо стабилизировать режим резания на финишных операциях. Одним из перспективных подходов является использование математического аппарата нечеткой логики, позволяющего осуществить управляемую стабилизацию режима резания на финишных операциях, и учесть возмущающие воздействия, возникающие в зоне резания, что в конечном итоге увеличит точность обрабатываемых изделий.

Изложенное выше указывает на актуальность поставленной научно-технической задачи разработки автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях на основе создания метода, алгоритма нечетко-логического управления её параметрами.

Диссертационная работа выполнена при поддержке Минобрнауки Российской Федерации в рамках фундаментальных исследований по гранту Президента РФ МК-277.2012.8 "Разработка теоретических основ адаптации сложных технических систем методами нечеткой логики с прогнозированием вероятных состояний", Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» № 14.740.11.1003, Госзаданию по теме: "Разработка теоретических основ и алгоритмов адаптации сложных технических систем с прогнозированием вероятных состояний" (соглашение №7.3522.2011).

Цель диссертационной работы: повышение точности финишных операций при шлифовании на основе создания автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания в реальном времени.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие **основные задачи:**

1. Анализ существующих методов и средств повышения точности шлифовального оборудования с ЧПУ и основных факторов, влияющих на точность выполнения финишных операций, а также существующих методов компенсации возникающих погрешностей.

2. Разработка обобщенной математической модели процесса управления стабилизацией параметров режима резания при шлифовании.

3. Разработка метода нечетко-логического управления параметрами режима резания на финишных операциях и алгоритма нечетко-логического управления автоматизированной системы стабилизации параметров режима резания.

4. Синтез функциональной организации аппаратно-программного комплекса автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях и ее экспериментальная оценка.

Научная новизна результатов работы и основные положения, выносимые на защиту:

– обобщенная математическая модель процесса управления стабилизацией параметров на финишных операциях, отличающаяся нечетко-логическим описанием данных о состоянии процессов обработки и коррекции, позволяющая управлять параметрами при шлифовании в режиме реального времени;

– метод нечетко-логического управления параметрами режима резания и алгоритм нечетко-логического управления автоматизированной системы, позволяющие увеличить оперативность принимаемых технологических решений при управлении шлифовальным инструментом, особенностью которых является обработка данных о состоянии процесса шлифования, включающих этапы: корреляционно-регрессионного анализа, нечетко-логического вывода и адаптации полученного результата к эталонному значению;

– функционально-структурная организация аппаратно-программного комплекса автоматизированной системы управления стабилизацией параметров резания на финишных операциях, позволяющая повысить точность обработки деталей на шлифовальном оборудовании и оценить адекватность использования разработанной математической модели.

Методы исследования. В работе использованы теоретические основы автоматического управления, нечеткой логики, нечетких множеств и методы вычислительной математики, математической статистики и множественного корреляционно-регрессионного анализа и планирования эксперимента.

Практическая ценность работы:

1. Обобщенная математическая модель процесса управления стабилизацией параметров режима резания может быть использована при создании прецизионного шлифовального оборудования для обеспечения коррекции параметров обработки с учетом влияния возмущающих воздействий.

2. Метод и алгоритм управления качеством функционирования автоматизированной системы обеспечивают оперативность принимаемых технологических решений при управлении шлифовальным инструментом (патент РФ № 2470759).

3. Аппаратно-программный комплекс системы нечетко-логического управления позволяет повысить точность шлифовального оборудования и оценить адекватность использования разработанной математической модели (патент РФ № 2475346).

Реализация и внедрение.

Результаты, полученные в диссертационной работе, внедрены в ЗАО НПО «Композит», в ОАО «Е4-ЦЭМ» при разработке в экспериментальном порядке автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях, а также используются в учебном процессе кафедры «Вычислительная техника» Юго-Западного государственного университета в рамках дисциплин «Интеллектуальные системы» и «Микропроцессорная техника», что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Содержание диссертации соответствует п.1 «Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки» паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на 15 международных и всероссийских научно-технических конференциях: «Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика» (Курск, 2009, 2011); «Интеллектуальные и информационные системы. Интеллект» (Тула, 2009, 2011); «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях» (Курск, 2011); «Системы методы техника и технологии обработки медиаконтента» (Москва, 2011); «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надёжность машин, приборов и оборудования» (Вологда, 2012); «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Курск, 2012, 2013); «Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Курск, 2012, 2013); «Информационные системы и технологии» (Курск, 2012); «Новые информационные технологии и системы» (Пенза, 2012); «Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых

системах» (Санкт-Петербург, 2012); «Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы ИИС-2013» (Курск, 2013), а также на научно-технических семинарах кафедры «Вычислительная техника» Юго-Западного государственного университета (КурскГТУ) с 2009 по 2013 гг.

Публикации. Основные научные результаты диссертации отражены в 24 научных работах, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах, 2 патента Российской Федерации на изобретение, 16 публикаций материалов и тезисов докладов, а также разделы в двух монографиях.

Личный вклад автора. Все выносимые на защиту научные положения разработаны соискателем лично. В работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве, вклад соискателя состоит в следующем: в [1, 2, 9, 10, 12, 13, 16, 23] разработана обобщенная математическая модель автоматизированной системы стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях, в [17, 21, 22, 24] – метод нечетко-логического управления и коррекции параметров режима резания, в [3, 4, 5, 6, 7, 8, 15] – структурные схемы, модели и алгоритмы функционирования автоматизированной системы с нечетким управлением.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 120 наименований и приложения. Работа изложена на 122 страницах машинописного текста, содержит 35 рисунков, 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, приведены положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе проведен анализ существующих методов и средств повышения точности шлифовального оборудования с ЧПУ и основных факторов, влияющих на точность выполнения финишных операций, а также существующих методов компенсации возникающих погрешностей.

Установлено, что традиционные методы управления шлифовальным оборудованием не позволяют полностью устранить все возмущающие воздействия, возникающие при обработке изделий. Например, биения шлифовальных кругов вносят до 65% в суммарную погрешность механической обработки, что обуславливает объективную необходимость компенсации этого вида погрешностей.

Из проведенного анализа следует необходимость повышения точности финишных операций путем стабилизации параметров режима резания, к которому отнесена необходимость разработки математической модели, метода нечетко-логического управления и функционально-структурной организации системы нечеткого управления шлифовальным оборудованием.

Следовательно, обоснована необходимость создания автоматизированной системы с нечетко-логическим управлением, позволяющей стабилизировать параметры режима резания, повысить

оперативность принятия управляющих решений и увеличить точность обработки деталей.

Во второй главе разработана обобщенная математическая модель процесса управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях ($M_{СПРР}$) для компенсации возмущающих воздействий, возникающих на финишных операциях, которая в теоретико-множественном описании задается в виде кортежа:

$$M_{СПРР} = \langle M_{НЛВ}; M_{МКРА}; M_A \rangle, \quad (1)$$

где $M_{НЛВ}$, $M_{МКРА}$, M_A – математические модели нечетко-логического вывода, множественного корреляционно-регрессионного анализа и модель адаптации, соответственно.

Математическая модель нечетко-логического вывода ($M_{НЛВ}$) позволяет рассчитать фактическое значение выходного параметра подачи $S_{факт}$

$$M_{НЛВ} = f \left\{ \begin{array}{l} T = [t_1] + [t_2] + [t_3]; \quad P = [p_1] + [p_2] + [p_3]; \quad S = [s_1] + [s_2] + [s_3] + [s_4] + [s_5]; \\ \begin{array}{lll} t' = (t'_1, t'_2, t'_3); & p' = (p'_1, p'_2, p'_3); & b'_1 = \min(t'_1 p'_1); \\ b'_2 = \min(t'_1, p'_2); & b'_3 = \min(t'_1, p'_3); & b'_4 = \min(t'_2, p'_1); \\ b'_5 = \min(t'_2, p'_2); & b'_6 = \min(t'_2, p'_3); & b'_7 = \min(t'_3, p'_1); \\ b'_8 = \min(t'_3, p'_2); & b'_9 = \min(t'_3, p'_3); & b''_1 = b'_9; \\ b''_2 = \max(b'_8, b'_6); & b''_3 = \max(b'_7, b'_7, b'_3); & b''_4 = \max(b'_4, b'_2); \\ b''_5 = b'_1; & S'_1 = \min[b''_5; \mu(S_1)]; & S'_2 = \min[b''_4; \mu(S_2)]; \\ S'_3 = \min[b''_3; \mu(S_3)]; & S'_4 = \min[b''_2; \mu(S_4)]; & S'_5 = \min[b''_1; \mu(S_5)]; \end{array} \\ S'' = \bigvee_{i=1}^n S'_i; & S_{факт} = \frac{\sum_{i=1}^n S'_i \cdot b''_i}{\sum_{i=1}^n b''_i}. \end{array} \right. , \quad (2)$$

где T , P – соответственно функции принадлежности (ФП) термов входных переменных температуры и давления; S – функция принадлежности термов выходной переменной продольной подачи; t'_i и p'_i , $i = 1 \dots 3$ – фазсифицированный вектор значений температуры и давления для каждого терма функции принадлежности лингвистической переменной t и p ; b''_i , $i = 1 \dots 9$ – минимальное значение из степеней истинности термов ФП температуры и давления; b''_i , $i = 1 \dots 5$ – степень усечения термов ФП выходной переменной подачи; S'_i , $i = 1 \dots 5$ – усеченные ФП выходной переменной подачи; \vee – операция объединения усеченных ФП выходной переменной; n – количество термов выходной ФП.

Математическая модель множественного корреляционно-регрессионного анализа ($M_{\text{МКРА}}$) заключается в определении эталонного значения продольной подачи $S_{\text{этал}}$ при помощи множественного корреляционно-регрессионного анализа (МКРА):

$$M_{\text{МКРА}} = \left\{ \begin{array}{l} \left[\sigma_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - Z')^2}{n-1}}; \right. \\ \left[\sigma_{y1} = \frac{1}{n} \sum \sigma_0 \sigma_1; \right. \\ \left[\sigma_{y12} = \frac{\sigma_{y1} - (\sigma_{y2} \sigma_{12})}{(1 - \sigma_{y2}^2)(1 - \sigma_{12}^2)}; \right. \\ \left[\beta_{yx'} = \sqrt{\frac{|\Delta_1|}{|\Delta_{11}|}}; \right. \\ \left[\beta_1 = \frac{\Delta_{01}}{\Delta_{11}}; \right. \\ \left[a_2 = \frac{\Delta_{02} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_s}; \right. \\ S_{\text{этал}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} - a_1 \left(\frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \right) - T' - \left(\frac{\Delta_{01} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_p} \right) P' - \left(\frac{\Delta_{02} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_s} \right)}{\frac{\Delta_{02} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_s}} \\ \left[Z' = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}; \right. \\ \left[\sigma_{y2} = \frac{1}{n} \sum \sigma_0 \sigma_2; \right. \\ \left[\sigma_{y22} = \frac{\sigma_{y2} - (\sigma_{y1} \sigma_{12})}{(1 - \sigma_{y1}^2)(1 - \sigma_{12}^2)}; \right. \\ \left[\Delta_{01} = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} \sum \sigma_0 \sigma_1 & \sigma_{1n} \\ \frac{1}{n} \sum \sigma_0 \sigma_2 & 1 \end{bmatrix}; \right. \\ \left[\beta_2 = \frac{\Delta_{02}}{\Delta_{11}}; \right. \\ \left[a_0 = T' - \left(\frac{\Delta_{01} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_p} \right) P' - \left(\frac{\Delta_{02} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_s} \right) Z'; \right. \\ \sigma_{y1} = \frac{w_i - W'}{\sigma_w}. \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \left[\sigma_z = \frac{z_i - Z'}{\sigma_z}; \right. \\ \left[\sigma_{12} = \frac{1}{n} \sum \sigma_1 \sigma_2; \right. \\ \left[\sigma_{21} = \frac{\sigma_{12} - (\sigma_{y1} \sigma_{y2})}{(1 - \sigma_{y1}^2)(1 - \sigma_{y2}^2)}; \right. \\ \left[\Delta_{11} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{n} \sum \sigma_0 \sigma_1 \\ \sigma_{1n} & \frac{1}{n} \sum \sigma_0 \sigma_2 \end{bmatrix}; \right. \\ \left[a_1 = \frac{\Delta_{01} \sigma_t}{\Delta_{11} \sigma_p}; \right. \end{array} \right. \quad (3)$$

где z_i – параметры режима резания (s – подача, t – температура и p – давление); Z' – среднее значение по выборке параметров режима резания; i – количество параметров резания; σ_z , σ_t , σ_p , σ_s – среднее квадратическое отклонение входных параметров температуры, давления и подачи соответственно; σ_0 , σ_1 , σ_2 – промежуточные значения коэффициентов корреляции; σ_{y1} , σ_{y2} , σ_{12} – парные коэффициенты корреляции; σ_{y12} , σ_{y22} , σ_{21} – частные коэффициенты корреляции; n – количество измерений; T' , P' – средние значения по выборке; $\Delta_1 = (-1)^{n+1}$, Δ_{01} , Δ_{11} – определители матрицы; β_1 , β_2 – коэффициенты множественной регрессии; $\beta_{yx'}$ – коэффициент множественной корреляции; a_1 , a_2 , a_0 – коэффициенты регрессии, w_i и W' – объединенные парные коэффициенты корреляции; σ_w – объединенный параметр среднее квадратического отклонения.

Математическая модель адаптации фактического значения продольной подачи M_A заключается в минимизации разности величин эталонной $S_{\text{этал}}$ и фактической $S_{\text{факт}}$ подачи, соответственно. Если эталонное и фактическое значение продольной подачи не совпадают $S_{\text{этал}} \neq S_{\text{факт}}$, то осуществляется адаптация полученного результата к эталонному значению:

$$\Delta_{i+1} = \Delta_i + \delta(S_{\text{этал}} - S_{\text{факт}}) \rightarrow \min, \quad (4)$$

δ – шаг обучения (экспериментально установлено, что наилучшие показатели работы автоматизированной системы стабилизации параметров режима резания достигаются при $\delta=0.7$).

Для каждой итерации обучения рассчитываются величины смещения термов ФП выходных переменных продольной подачи. При этом суммарное смещение величин термов ФП определяется как

$$\Delta_{\text{обуч}} = \sum_{i=1}^k \Delta_i, \quad (5)$$

где k -количество итераций.

Формулы (2)÷(5) позволяют управлять параметрами режима резания при шлифовании в реальном времени.

В третьей главе разработан метод нечетко-логического управления параметрами режима резания на финишных операциях. Он состоит из следующих этапов:

- 1) определение эталонного значения подачи с помощью математической модели корреляционно-регрессионного анализа;
- 2) вычисление фактического значения подачи с использованием математической модели нечетко-логического вывода;
- 3) адаптация фактического значения подачи к эталонному значению при помощи математической модели адаптации.

На основе данного метода разработан алгоритм нечетко-логического управления автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях (рисунок 1).

Функционально-структурная организация разработанной автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях представлена на рисунке 2.

В процессе обработки деталей из-за наличия возмущающих воздействий происходит смещение поршня на величину L^+ , и соответственно шлифовальных кругов относительно положения равновесия, то есть $N_1 \neq N_2$.

Вакуумный эффект позволяет возвращать поршень в настроенный размер L (положение p) при любых отклонениях, как в положительную сторону (положение e поршня 14), так и в отрицательную сторону (положение f поршня 14).

Использование анизотропического эффекта позволяет уменьшить время переходных процессов и увеличить скорость перемещения поршня из положения ^+L (положение e) в положение равновесия (p) и из положения L (положение f) в положение p .

Для контроля параметров резания в режиме реального времени информация о состоянии работы системы, а также о её параметрах от датчиков поступает в компьютер, в котором проводится сравнение рассчитанного

значения подачи с эталонным. И если эти значения не совпадают, то проводится адаптация полученного результата к эталонным значениям.

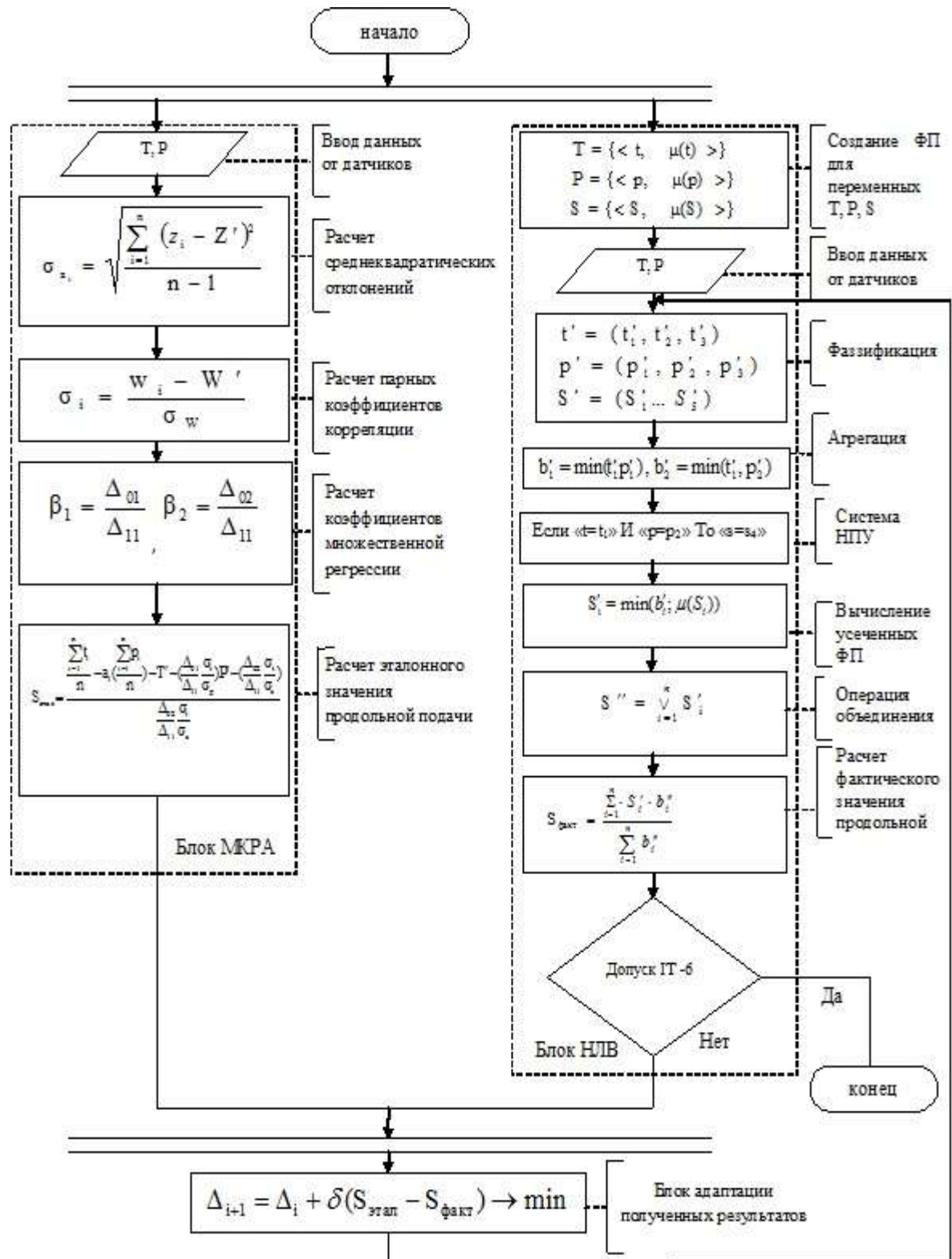


Рис. 1. Алгоритм нечетко-логического управления автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях

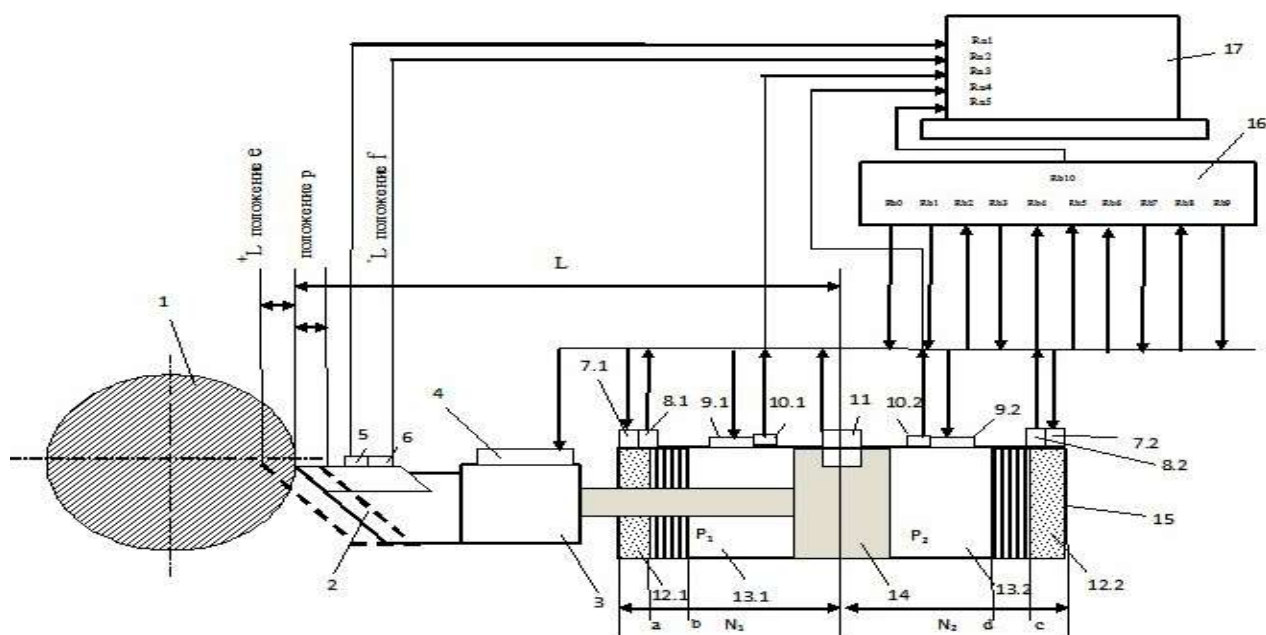


Рис. 2. Функционально-структурная организация автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях, где 1 – деталь; 2 – резец; 3 – резцедержатель; 4 – электродвигатель; 5 – датчик температуры; 6 – датчик продольной подачи; 7.1 и 7.2 – тепловые реле; 8.1 и 8.2 – датчики температуры; 9.1 и 9.2 – электроклапаны; 10.1 и 10.2 – датчики давления; 11 – датчик перемещения; 12.1 и 12.2 – белое олово; 13.1 и 13.2 – воздушные камеры; 14 – поршень; 15 – рабочий цилиндр; 16 – нечёткий контроллер; 17 – компьютер

В четвертой главе был разработан представленный на рисунке 3 аппаратно-программный комплекс автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях, который позволил проверить адекватность математической модели $M_{СПРР}$ и на основе экспериментальных данных сделать вывод, что точность увеличивается на 25%.

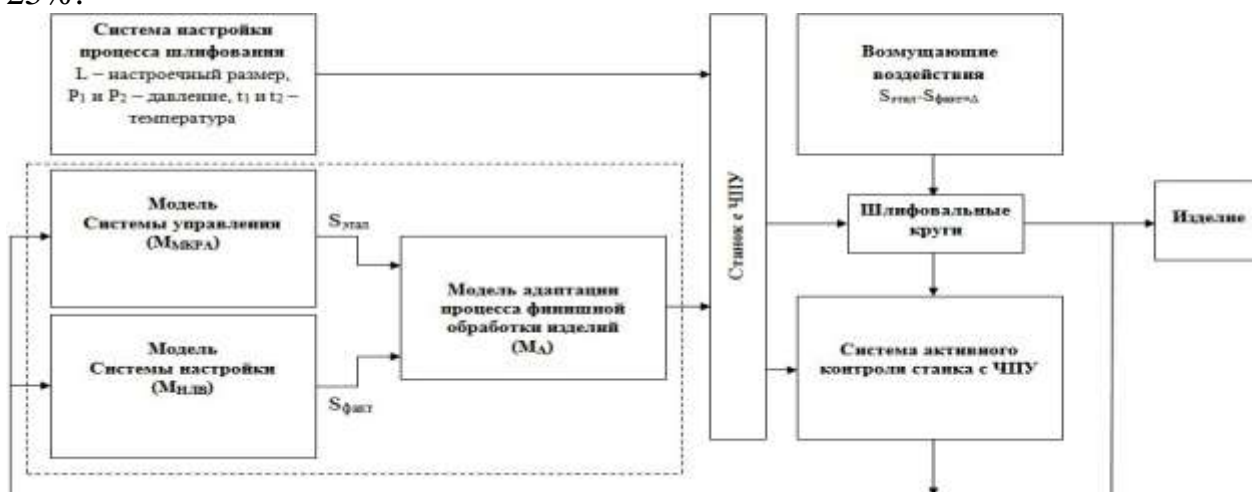


Рис. 3. Аппаратно-программный комплекс стабилизации параметров режима резания на финишных операциях

При проведении эксперимента получены результаты, позволяющие оценить корректность составляющих модели, метода и алгоритма нечетко-логического управления стабилизацией параметров режима резания при шлифовании. Экспериментально установлено, что в процессе работы системы погрешность вычислений от поля допуска на размер не превышает 5%.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№	Тип оборудования Параметр	Стандартное оборудование	Разработанная система	Результаты (повышение)
1	Точность	69%	94%	25%
2	Производительность	72%	92%	20%
3	Оперативность	80%	89%	9%

В графическом виде результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 4.

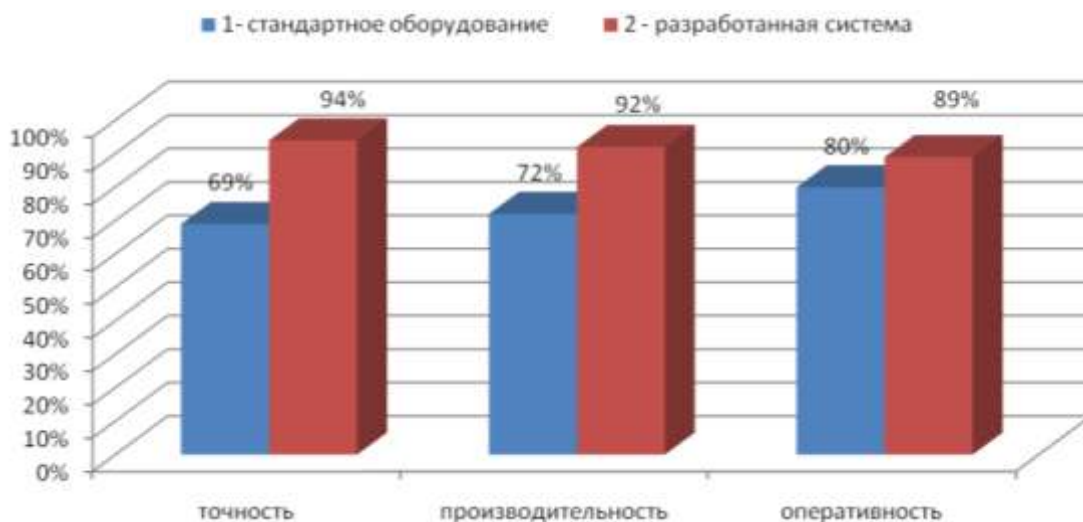


Рис. 4. Оценка работоспособности систем:

1 – стандартное оборудование; 2 – разработанная автоматизированная система управления стабилизацией параметров режима резания

По результатам диссертационных исследований сделан вывод, что при использовании математической модели (1) точность обработки детали повышается, что свидетельствует о научно-технической ценности работы,

разработанной автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-технической задачи разработки автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях на основе создания метода, алгоритма нечетко-логического управления её параметрами.

В ходе решения данной задачи были получены следующие основные результаты:

1. Проведен анализ существующих методов и средств повышения точности шлифовального оборудования с ЧПУ и основных факторов, влияющих на точность выполнения финишных операций, а также существующих методов компенсации возникающих погрешностей, который показал, что традиционные методы управления шлифовальным оборудованием не позволяют полностью устранить биение шлифовальных кругов.

2. Разработана обобщенная математическая модель процесса управления стабилизацией параметров режима резания при шлифовании, учитывающая внешние возмущающие воздействия, возникающие во время финишных операций, обеспечивающая коррекцию параметров режима резания в реальном времени.

3. Разработаны метод нечетко-логического управления параметрами режима резания на финишных операциях и алгоритм нечетко-логического управления автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях, позволяющие увеличить оперативность принимаемых технологических решений при коррекции режима резания.

4. Создан аппаратно-программный комплекс автоматизированной системы управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях, позволяющий повысить точность обработки деталей на шлифовальном оборудовании на 25% и оценить адекватность обобщенной математической модели процесса управления стабилизацией параметров режима резания на финишных операциях.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Глобин, П.В. Автоматизированная система компенсации биений на оборудовании с ЧПУ [Текст] / Л.М. Червяков, В. С. Титов, М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – № 11. – С. 1-5.

2. Глобин, П.В. Автоматизированная система управления эффективной мощностью при шлифовании [Текст] / В. С. Титов, М. В. Бобырь, Н. А. Милостная, П. В. Глобин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – №2. – С. 8-12.

3. Глобин, П.В. Оценка достоверности при моделировании нечетко-логических систем [Текст] / В. С. Титов, М. В. Бобырь, Н. А. Милостная, П. В. Глобин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – №7. – С. 26-32.

4. Глобин, П.В. Структурно-параметрическая адаптация в задачах управления оборудованием с ЧПУ [Текст] / В. С. Титов, М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – №2. – С. 147-154.

Патенты

5. Пат. 2470759 Российская Федерация, МПК⁷ B24B7/17, B24B 51/00. Устройство для обработки деталей на оборудовании с ЧПУ при шлифовании [Текст] / М.В. Бобырь, В.С. Титов, П.В. Глобин; заявитель и патентообладатель: Юго-Западный государственный университет. – № 2011100556/02; заявл. 11.01.2011; опубл. 27.12.2012, Бюл. №20. – 6 с. (получено положительное решение о выдаче патента, дата приоритета 20.07.2012г.).

6. Пат. 2475346 Российская Федерация, МПК⁷ B23Q 15/00. Устройство стабилизации режима резания при токарной обработке деталей на оборудовании с ЧПУ [Текст] / А.П. Локтионов, В.С. Титов, М.В. Бобырь, П.В. Глобин; заявитель и патентообладатель: Юго-Западный государственный университет. – № 2011107675/02; заявл. 28.02.2011; опубл. 20.02.2013, Бюл. №25. – 7 с.

Статьи и материалы конференций, и другие публикации

7. Автоматизированные нечетко-логические системы управления [Текст]: монография / С.Г. Емельянов, В.С. Титов, М.В. Бобырь. – М.: ИНФРА-М, 2011 – С. 176, раздел: 1.4.1 – «Алгоритм нечеткого вывода Мамдани» – С. 59-63.

8. Адаптивные нечетко-логические системы управления [Текст]: монография / С.Г. Емельянов, В.С. Титов, М.В. Бобырь. – М.: АРГАМАК-МЕДИА-М, 2013 – С. 184, раздел: 3.1.2 – «Корреляция при ограниченном количестве опытов» – С. 115-118.

9. Глобин, П.В. Автоматизированная система управления теплотреблением [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика: материалы I-ой международной научно-технической конференции. – Курск: КурскГТУ, 2009. – Ч.1. – С. 59-62.

10. Глобин, П.В. Автоматизированная система управления теплотреблением [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Интеллектуальные и информационные системы. Интеллект: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Тула: ТулГУ, 2009. – С. 194-195.

11. Глобин, П.В. Устройство стабилизации режимов резания при обработке деталей на оборудовании с ЧПУ [Текст] / П. В. Глобин //

Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика: материалы II-ой международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2011. – С. 161-162.

12. Глобин, П.В. Устройство адаптации режимов резания при обработке деталей на оборудовании с ЧПУ [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: материалы II-ой международной научно-практической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2011. – С. 100-102.

13. Глобин, П.В. Интеллектуальная система управления стабилизации процесса резания [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Интеллектуальные и информационные системы. Интеллект: Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Тула: ТулГУ, 2011. – С. 115-117.

14. Глобин, П.В. Интеллектуальная система обработки информации на оборудовании с ЧПУ [Текст] / П.В. Глобин // Системы методы техника и технологии обработки медиаконтента: сборник материалов международной научно-технической молодёжной конференции. – Москва: Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова, 2011. – С. 25.

15. Глобин, П.В. Устройство адаптации процесса резания на оборудовании с ЧПУ [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надёжность машин, приборов и оборудования: материалы материалов международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2012. –Т.3. – С. 69 –71.

16. Глобин, П.В. Устройство коррекции режима резания на оборудовании с ЧПУ [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы IX-ой международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2012. – С. 346-348.

17. Глобин, П.В. Устройство адаптации режима резания на оборудовании с ЧПУ [Текст] / М. В. Бобырь, П. В. Глобин // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов. Распознавание: материалы IX-ой международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2012. – С. 188-189.

18. Глобин, П.В. Система автокоррекции погрешностей при обработке деталей на оборудовании с ЧПУ [Текст] / П. В. Глобин // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов. Распознавание: материалы X-ой международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2012. – С. 192-193.

19. Глобин, П.В. Быстродействующий алгоритм нечетко-логического вывода [Текст] / П. В. Глобин // Информационные системы и технологии. ИСТ: материалы I региональной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2012. – С. 134-136.

20. Глобин, П.В. Модернизированный алгоритм нечетко-логического вывода [Текст] / П. В. Глобин // Новые информационные технологии и

системы: материалы X Международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГУ, 2012. – С. 363-364.

21. Глобин, П.В. Адаптивная система управления процесса резания [Текст] / В.С. Титов, П. В. Глобин // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: материалы 5-ой Российской мультikonференции. – Санкт-Петербург: ЦНИИ «Электроприбор, 2012. – С. 726-728.

22. Глобин, П.В. Система стабилизации процесса резания на высокоточном оборудовании с ЧПУ [Текст] / М.В. Бобырь, П.В. Глобин // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – Курск: ЮЗГУ, 2013. – С. 66-68.

23. Глобин, П.В. Математическая модель системы стабилизации процесса обработки деталей [Текст] / М.В. Бобырь, П.В. Глобин // Региональная заочная научно-практическая конференция Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы «ИИС-2013». – Курск: ЮЗГУ, 2013. – С. 32-35.

24. Глобин, П.В. Автоматизированная система управления режима резания на оборудовании с ЧПУ [Текст] / М.В. Бобырь, П.В. Глобин // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов. Распознавание: материалы XI международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2013. – С. 320-322.