№ 355424

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

М о с к о в с к о е
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее
техническое училище имени Н.Э.Баумана

ЧУФАРОВСКАЯ Вера Борисовна

На правах рукописи

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ НА АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

Специальность 08.00.20 - Стандартизация и управление качеством продукции /промышленность/

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1979 г.

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

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Якушев А.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Никифоров А.Д.
кандидат технических наук, доцент,
Усов Б.А.

Ведущее предприятие: Научно-производственное объединение
"Оргстанкинпром"

Защита диссертации состоится " " _____ 1979 г.
на заседании специализированного Совета К053.15.16 по организации производства и стандартизации Московского ордена Ленина и ордена Т
эхнического училища
имени
, 2-ая Бауманская,
д.5.

Ва
ярах, заверенные пе-
чатью
су.

С
иотеке МВТУ имени
Н.Э.Б

Ав
9'79 г.

Уч
специ
канди

№ 252783

Мымрин Ю.Н.

В В Е Д Е Н И Е

XXУ съезд КПСС поставил задачу дальнейшего повышения качества выпускаемой продукции. Одним из путей решения этой задачи, применительно к изделиям, обрабатываемым на автоматических линиях, является использование систем автоматического статистического управления качеством, позволяющим перейти к полностью автоматическому циклу обработки изделий.

Актуальность проблемы. В настоящее время внедрение ручного статистического регулирования для области автоматической токарной обработки наталкивается на большие трудности, связанные с низкой оперативностью получения результатов, их необъективностью и дороговизной контроля. Выходом из создавшегося положения является разработка систем статистического контроля и регулирования /ССКР/, которые относятся к классу автоподналадчиков, имеющих пассивный участок работы. Ввиду периодичности работы ССКР выгодно делать централизованными.

М 352 783

Процесс механической обработки деталей сопровождается появлением погрешностей, приводящих к отклонениям формы и размеров деталей от требуемых. Одними из них являются погрешности, обусловленные качеством самой системы ССКР. Однако отсутствие сведений о точности ССКР как специфичной разновидности измерительно-информационных систем, а также сведений о технологическом запасе точности, получаемом на автоматических линиях с применением ССКР, затрудняет разработку эффективных средств управления качеством изделий.

Целью данной работы являлось исследование погрешностей систем ССКР при условии динамического съема информации с деталей /по текущему размеру/, использование кибернетических методов избыточных измерений для разработки адаптивных к "возмущающим" факторам систем ССКР. На основании результатов исследований ставилась задача разработать методику проектирования таких систем, а также разработать и апробировать в цеховых условиях адаптивную ССКР.

Методы исследований, использовавшиеся в работе: в основу теоретических исследований положен математический аппарат теории случайных функций. Результаты теоретических исследований проверялись и дополнялись экспериментально. Для исследования влияния погрешностей формы контролируемых деталей и устойчивости техно-

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1352783
Чуфаровская В.Б.Р. аботь

логического процесса на точность СКР была запроектирована и изготовлена экспериментальная установка. При постановке практических испытаний использовалась методика статистических исследований. Обработка экспериментальных данных и статистическое моделирование технологических процессов проводилось на ЭЦВМ "Минск-22" с привлечением теории вероятностей и математической статистики.

Научная новизна состоит в следующем:

разработана математическая модель системы СКР, позволяющая связать погрешность системы с параметрами входного случайного процесса и характеристиками самой системы. Впервые кибернетические методы избыточных измерений распространены на область систем статистического регулирования; разработаны критерии внутренней и внешней адаптивности СКР, позволяющие определять предполагаемое рассеивание размеров деталей при использовании на автоматической линии систем разной степени адаптивности.

Разработан алгоритм функционирования СКР, учитывающий их структурные характеристики. Исследованы возможности создания технологического запаса точности с помощью СКР.

Экспериментально доказана правильность теоретических выводов о характере изменения инструментальных погрешностей СКР, работающих в условиях малоустойчивых технологических процессов. Экспериментально установлено, что в зоне малых погрешностей формы контролируемых деталей вида нечетной огранки и в зоне больших погрешностей формы вида овальности наблюдаются наибольшие погрешности СКР.

Практическая ценность и реализация научных результатов работы

В результате проведенных исследований:

- получена математическая модель СКР для расчета погрешностей системы при действии случайных возмущений, которая может служить основой для прогнозирования точности СКР;

- разработана методика проектирования СКР для различных по устойчивости технологических процессов в условиях действия случайных возмущающих факторов, позволяющая разрабатывать системы, обладающие повышенными метрологическими качествами, устанавливать количество обслуживаемых станков и допустимую степень автоматизации контрольных операций;

- результаты исследования влияния температурных возмущений на точность статистического контроля и разработанную систему

им. Н. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

ССКР с блоком температурной коррекции были использованы Московским станкостроительным заводом им. С.Орджоникидзе при апробировании системы в цеховых условиях обработки деталей из цветных металлов на токарных станках-автоматах. Система рекомендована к внедрению.

Апробация работы и публикации. Материалы диссертационной работы доложены на научных семинарах кафедры "Метрология и взаимозаменяемость" МВТУ им.Н.Э.Баумана в 1976-1979 гг. По результатам выполненных исследований в настоящее время опубликовано две статьи в научно-технических журналах.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, списка цитированной литературы и изложена на 139 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка, 12 таблиц, 3 приложения и 107 наименований литературных источников.

Глава I. Литературный обзор и постановка задачи исследования

Системы ССКР являются дальнейшим развитием средств автоматизации статистических методов регулирования и контроля качества. Они охватывают область статистического регулирования, статистического приемочного контроля и частично область анализа стабильности технологического процесса.

Внедрению статистического управления качеством должен предшествовать статистический анализ точности и стабильности технологического процесса. Выбор измерительных средств осуществляется после определения цели контроля и степени управления технологическим процессом. Для этого сравнивается предельное отклонение процесса W от середины модифицированного поля допуска деталей T'. Если $W > 0{,}5\ T'$, то процесс нуждается в управлении. Статистическое регулирование применяется для процессов "средней" скорости.

При динамическом съеме размерной информации задача управления расширяется при рассмотрении соотношения погрешности размера и погрешностей формы. Если они соизмеримы, т.е. $\sigma^2_m + \sigma^2_{t^0} \approx \sigma^2_{\Delta t} + [\Delta\bar{t}]^2$, где σ^2_m - дисперсия низкочастотных погрешностей формы в продольном и поперечном сечениях, $\sigma^2_{t^0}$ - дисперсия высокочастотных погрешностей формы, включая шероховатость, $\Delta\bar{t}$, $\sigma^2_{\Delta t}$ - соответственно математическое ожидание и дис-

персия отклонений текущего размера статистической выборки деталей, то возникает необходимость управлении формой деталей, что для ССКР означает расширение ее функций для представления оператору параметров статистического распределения определенных гармоник спектра текущих размеров для своевременного подавления вредных факторов, порождающих погрешности формы.

Литературный обзор разработанных систем показал, что их развитие идет по пути совмещения функций статистического регулирования /в основном, в информационно-советующем режиме/ с приемочным контролем. Большой вклад в разработку ССКР внесли коллективы МВТУ им.Н.Э.Баумана /А.Д.Федоров/, предприятий электронной промышленности.

Анализ разработанных ССКР позволил провести их классификацию по признакам, характеризующим их внутреннее строение и функционирование. Циклограмма работы ССКР определяется принятым способом съема измерительной информации: с помощью контрольного автомата, многомерного приспособления или вынесенных к станкам отдельных измерительных позиций с разной степенью автоматизации. Применение систем ССКР на поточно-механизированных линиях создает благоприятные условия создания технологического запаса точности.

Обзор литературных источников показал, что проведенные исследования в области точности ССКР касаются отдельных сторон измерения и преобразования информации /исследования погрешностей базирования, погрешностей аналого-цифрового преобразования, средств представления информации/ . Исследования точности ССКР с позиций их рассмотрения как измерительно-информационных систем до сих пор никем не проводились.

С появлением измерительно-информационных систем возникло новое направление в поисках решения проблемы точности, разрабатывающее методы обработки избыточных измерений - так называемые кибернетические методы повышения точности измерений. Это направление активно разрабатывается М.А.Земельманом, И.М.Шенбротом, М.А.Дементьевой.

При статистическом регулировании по количественному признаку на точность измерений оказывают влияние возмущающие факторы: погрешности условий измерения, объекта измерения и самой системы ССКР. Однако возможности учета этих факторов с помо-

щью кибернетических методов избыточных измерений до сих пор никем не исследовались.

Основными задачами исследования являлись:

I. Исследование точности ССКР, работающей в динамическом режиме съема информации, в реальных условиях эксплуатации, для типичного случая протекания технологического процесса.

2. Развитие кибернетических методов избыточных измерений для разработки ССКР, обладающих внутренней и внешней адаптивностью к случайным возмущающим факторам.

3. Исследование ССКР в режиме создания технологического запаса точности путем разработки алгоритма функционирования системы , учитывающего ее структурные характеристики.

4. Разработка рекомендаций по созданию адаптивных ССКР для токарных станков-автоматов. Апробирование системы, адаптивной к температурным погрешностям.

Глава П. Разработка и исследование точности ССКР в динамическом режиме съема информации.

Задача исследования точности автоматической системы состоит в определении ее систематических погрешностей и вероятностных характеристик случайных погрешностей. В реальных условиях на ССКР наряду с полезными управляющими сигналами действуют случайные возмущения, параметры системы случайным образом изменяются с течением времени. Для оценки качества ССКР был привлечен математический аппарат теории случайных функций.

Статистическое регулирование обычно проводится по вероятностным характеристикам среднего размера. $\frac{a_0}{2} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(\varphi)\,d\varphi$, где $f(\varphi)$ - текущий размер детали в поперечном направлении. Поэтому основной задачей на этапе конструирования измерительных позиций для ССКР является разработка метрологических схем, обеспечивающих наибольшую информативность по среднему размеру.

Для токарных станков-автоматов съем информации с деталей без перемены технологических баз на метрологические осуществляется путем установки первичного преобразователя на позицию режущего инструмента с автоматической его подачей. При этом соблюдается принцип инверсии.

Весовые функции каналов ССКР полностью характеризуют точность системы. Для их определения использовался метод моделирования сопряженной системы. Весовая функция канала ССКР, оп-

ределяющего среднее арифметическое значение среднего размера:

$$g_к(t,\tau) = \frac{1}{n} K \cdot 1(t-\tau),$$

где $K = F_{ип} \cdot к$; n - объем статистической выборки, $F_{ип}$ - чувствительность измерительного преобразователя, к - коэффициент усиления усилителя.

Для типичного при токарной обработке случая протекания входного для ССКР процесса, когда изменение центра группирования погрешностей размеров подчиняется линейному закону $m_x(t) = at + b$, были определены параметры выходной переменной ССКР и погрешности системы: $m_\varepsilon(t) = \frac{1}{2n} Kat^2 + \frac{1}{n} K(b - na)t - b$

На рис. I показан характер изменения систематических погрешностей ССКР для различных по устойчивости технологических процессов. Эти зависимости позволяют определять интервалы поверок системы и судить о возможностях включения ССКР в управление тем или иным процессом.

Для экспериментального исследования правильности теоретических выводов была разработана и выполнена экспериментальная установка, представляющая собой канал системы со съемом информации по текущему размеру. Для моделирования текущих размеров деталей использовался разработанный на кафедре "Метрология и взаимозаменяемость" МВТУ им. Баумана метод моделирования сигналов с помощью двух генераторов звуковых частот и источника постоянного напряжения , что позволило изменять параметры входных сигналов по среднему размеру, по качественному и количественному составу погрешностей формы деталей.

Полученные экспериментальные данные подтверждают теоретически найденные зависимости и позволяют выделить участок, соответствующий зоне оптимального /в смысле минимума инструментальных погрешностей/ статистического регулирования. Выявлены также зоны появления так называемых "ошибок первого рода" и "ошибок второго рода".

Одной из особенностей метрологического обеспечения измерительно-информационных систем, содержащих цифровые вычислительные устройства, к классу которых относятся ССКР, является необходимость оценки погрешности, вносимой вычислительным устройством в общую погрешность системы. Поэтому в диссертации исследовалась точность вычислительного устройства ССКР, вычисляющего оценки математического ожидания и дисперсии. Исследования проводились методом построения машинного графа погрешно-

стей. В результате установлено, что при работе цифрового вычислительного устройства по алгоритму вычисления оценки математического ожидания наследственные погрешности вычислительного устройства практически не оказывают влияния на точность вычисления, а при работе по алгоритму вычисления оценки дисперсии становятся соизмеримыми с машинными погрешностями.

ССКР, работающая по принципу динамического съема измерительной информации, выступает как средство измерения статистических характеристик случайных процессов. Необходимость разработки и производства ССКР делает целесообразным привлечение методов машинного моделирования средств статистических измерений, выполняемых в виде агрегатных моделей: например, на основе Агрегатного Комплекса Средств Электроизмерительной Техники /система АСЭТ/. Качество работы системы определяется в общем случае дисперсией $\delta_T^2 = F[\{G_j\};\{X_\gamma\};\{S_i\}]$, где G_j - алгоритм реализуемого процесса измерения, X_γ - класс случайного процесса на входе, S_i - параметры функциональных блоков ССКР. В результате был разработан алгоритм оценки качества системы ССКР с динамическим съемом информации.

Привлечение методов машинного моделирования ССКР позволяет оценивать качество разрабатываемой системы еще на этапе ее проектирования и создавать в перспективе оптимальные по критериям точности и стоимости структуры.

Глава Ш. Разработка и исследование адаптивных ССКР в динамическом режиме съема размерной информации.

Причины появления погрешностей размеров можно условно разделить на две группы:

I группа факторов /внутренних/ - погрешности ССКР,

П группа факторов /внешних/ - погрешности системы СПИД.

Температурные погрешности и погрешности формы деталей по специфике их подавления были отнесены ко П группе факторов.

Обобщенный критерий эффективности системы СПИД-ССКР можно выразить через частные критерии: $W_0 = F'\{W_Ч; W_A\}$, где $W_Ч$ - частный критерий эффективности, характеризующий степень совершенства ССКР; W_A - частный критерий эффективности, характеризующий степень совершенства системы СПИД.

Дисперсия размеров деталей, обрабатываемых на станке с применением адаптивной системы ССКР, определяется:

$$\mathcal{D}_y(t)=\sum_{i,j=1}^{m-\kappa-\lambda}\int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{t}g_j(t,\tau)g_i(t,\tau')\mathcal{K}_{x_ix_j}d\tau d\tau'+\sum_{i,\lambda=1}^{m-\kappa-j}\int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{t}g_\lambda(t,\tau)g_i(t,\tau')\mathcal{K}_{x_ix_\lambda}d\tau d\tau'+$$

$$+\sum_{i,\tau=1}^{\kappa-\psi}\int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{t}g_\tau(t,\tau)g_i(t,\tau')\mathcal{K}_{x_ix_\tau}d\tau d\tau'+\sum_{i,\psi=1}^{\kappa-\tau}\int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{t}g_\psi(t,\tau)g_i(t,\tau')\mathcal{K}_{x_ix_\psi}d\tau d\tau', \quad \ldots /1/$$

где $\mathcal{K}_{x_ix_j}(t,\tau)$ - корреляционная функция входного случайного процесса;

j - количество корректируемых возмущений I группы факторов;

λ - количество некорректируемых возмущений I группы факторов;

τ - количество корректируемых возмущений II группы факторов;

ψ - количество некорректируемых возмущений II группы факторов;

κ - количество случайных возмущений I группы факторов;

$g(t,\tau)$ - весовая функция системы СПИД-СКР.

Приняв упрощенные обозначения и разделив /I/ на общую дисперсию размеров, получим:

$$1=\frac{\sum_j\sigma^2_{j(I,КОР)}}{\sigma^2_y}+\frac{\sum_\lambda\sigma^2_{\lambda(I,НК)}}{\sigma^2_y}+\frac{\sum_\tau\sigma^2_{\tau(II,КОР)}}{\sigma^2_y}+\frac{\sum_\psi\sigma^2_{\psi(II,НК)}}{\sigma^2_y} \quad \ldots /2/$$

Выражение для определения общей адаптивности системы СПИД-СКР определяется: $A_{W_0}=A_{W_И}+A_{W_A}$, где

$A_{W_И}=\dfrac{\sum_j\sigma^2_{j(I,КОР)}}{\sigma^2_y}$ - критерий внутренней адаптивности;

$A_{W_A}=\dfrac{\sum_\tau\sigma^2_{\tau(II,КОР)}}{\sigma^2_y}$ - критерий внешней адаптивности.

В диссертации были исследованы кибернетические методы избыточных измерений с точки зрения их особенностей применительно к системам СКР.

Вследствие проведения измерений в объеме статистической выборки метод вспомогательных измерений реализуется для СКР принципом проведения коррекции по статистическим характеристикам случайных возмущений. Это позволяет увеличить достоверность результатов измерений и упростить аппаратурную реализацию статистических вычислений. Были определены спектральные плотности выходной переменной стационарной СКР, имеющей n входов, для канала вычисления среднего арифметического значения и для канала вычисления оценки дисперсии.

Использование метода образцовых сигналов для СКР позволяет расширить возможности внутренней адаптивности и компенсировать те погрешности, которые не поддаются непосредственному измере-

нию. Для ССКР алгоритм коррекции оператора системы по методу образцовых сигналов принимает достаточно простой вид вследствие использования аппаратного ввода коррекции, с применением одного эталона. Это дает возможность использовать только один уровень образцового сигнала, проводя измерения в одной точке шкалы, однократно. Поправка автоматически вводится в уровень настройки операционного усилителя или число-импульсного преобразователя системы.

Эксплуатационные свойства деталей часто зависят от искажения их геометрической формы. Поэтому в диссертации исследовались возможности проведения статистического контроля погрешностей формы деталей с помощью ССКР, обладающих внешней адаптивностью. Необходимость в проведении такого контроля возникает, если погрешности размера соизмеримы с погрешностями формы.

Низкочастотные погрешности формы в продольном и поперечном направлениях аппроксимируются тригонометрическими полиномами. Уравнение для коррекции положения режущего инструмента в функции координат $/\varphi, x/$ определяется путем усреднения полиномов по партии в N деталей.

В результате анализа существующих разработок анализаторов спектра для их включения в состав ССКР было установлено, что для целей оперативного спектрального анализа с последующей статистической обработкой результатов могут служить статистические анализаторы спектра. Однако, ввиду их высокой стоимости и широких функциональных возможностей, значительно превышающих требуемые для ССКР, включение их в состав ССКР нецелесообразно. Так как статистический контроль погрешностей формы требуется проводить только по определенным гармоникам /например, на овальность или нечетную огранку/, а не на весь спектр, то адаптивные к погрешностям формы системы ССКР можно разрабатывать на основе использования линейных самонастраивающихся фильтров определенных частот.

Структура адаптивной к погрешностям формы в поперечном сечении системы ССКР представляется последовательным соединением первичного преобразователя индуктивного типа, усилителя, линейного резонансного фильтра, интегратора и цифрового вычислительного устройства.

Весовая функция канала системы, характеризующая точностные

показатели ССКР по этому каналу, определяется:

$$g_к(t,\tau) = T_0^2 e^{-\frac{t}{T_0}} - T_0^2 + T_0 \cdot 1(t-\tau) , \qquad \ldots /3/$$

где T_0 - постоянная фильтра.

Теоретически был обоснован оптимальный поточности фильтр I-го порядка для К-ой гармоники спектра. Постоянная оптимального фильтра определяется из уравнения:

$$\alpha_2 \frac{2aT_{опт} + abT_{опт}^2}{(1 + bT_{опт.} - cT_{опт.}^2)^2} = D'_{y_ш}(t) , \qquad \ldots /4/$$

где a , b , c - коэффициенты, зависящие от частоты $\omega_к$ спектра текущего размера; α_2 - начальный момент второго порядка амплитуды К-ой гармоники спектра; $D_{y_ш}(t)$ - дисперсия выходной переменной фильтра, если входное возмущение - стационарный шум с нормальным законом распределения.

На экспериментальной установке были проведены исследования влияния вида и величины погрешностей формы деталей в поперечном сечении на инструментальные погрешности ССКР. В результате проведенных экспериментов установлено, что в зоне небольших погрешностей формы /до I0 мкм/ наибольшие погрешности системы /до I2 мкм/ наблюдаются при искажениях формы вида нечетной огранки, а в зоне больших погрешностей формы /свыше 20 мкм/ наибольшие погрешности ССКР /свыше I6 мкм/ возникают при искажениях формы вида овальности. По мере разладки технологического процесса, т.е. с увеличением среднего размера контролируемых деталей, наблюдается смещение зон влияния определенных видов искажений формы в область больших значений погрешностей формы /рис.2/. При проведении экспериментов предполагалось, что контролю подвергаются детали с модифицированным допуском $T' =$ = I90 мкм, имеющие IX степень точности формы.

Проведенные исследования позволяют выбрать допустимые значения погрешностей формы определенного вида для ССКР с выставленными требованиями по точности проводимых измерений.

Глава IУ. Исследование и разработка адаптивных ССКР в режиме автоподналадки.

Цикл контроля технологического процесса , проводимого с помощью ССКР, определяется: $t_к = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + t_0$,
где t_0 - период использования решения /пассивный участок ра-
I0.

боты ССКР/, τ_1 - период измерения размеров деталей статистической выборки, τ_2 - период обработки результатов, τ_3 - запаздывание в исполнительном устройстве и в станке.

В зависимости от соотношения интервала корреляции случайного входного /для ССКР/ процесса $\tau_{k\,max}$ и периода проведения подналадки t_{k0} возможны три режима функционирования системы: режим обычного автоподналадчика, режим растянутой подналадки и оптимальный режим.

Теоретически были получены зависимости технологического запаса точности процесса обработки от периода проведения подналадки с помощью ССКР с учетом устойчивости подналаживаемого технологического процесса. Установлено, что запас точности , создаваемый с помощью ССКР, ограничен снизу для нестабильных процессов и сверху - для высокостабильных процессов - быстродействием системы ССКР. Максимальный запас точности можно получить только для случая организации контроля непосредственно после обработки деталей, на автоматических линиях.

Для исследования работы ССКР в качестве специфичного подналадочного устройства был использован известный подход к анализу работы подобных устройств /работы М.С.Невельсона/. В результате был разработан алгоритм функционирования ССКР, учитывающий структурные параметры системы: ее централизацию φ и степень автоматизации контрольных операций С %.

Алгоритм подналадки ССКР характеризуется наличием активного участка, для которого справедливо уравнение: $y_n^* = y_n - \left(\frac{1}{p}\sum_{j=n-p}^{n-1} y_j^* - y\right)$,

где y_n^* - размер детали после подналадки,

y_n - размер детали, обработанной без подналадки,

p - объем статистической выборки,

y - предел регулирования,

и пассивного участка, для которого справедливо уравнение:

$$y_n = C_0^{(k)} + C^{(k)}(n - n_{k-1}) + \sum_{j=1}^{p} \beta_j^{(k)} \xi_{n-j}^{(k)} + \left(1 + \beta_0^{(k)}\right) \xi_n^{(k)},$$

где $C_0^{(k)}$ и $C^{(k)}$ - определяют положение и угол наклона линейных трендов на К-ом участке реализации низкочастотных составляющих; третье слагаемое определяет случайную составляющую смещения уровня настройки; последнее слагаемое определяет случайную составляющую отклонений размера, которую нельзя предсказать заранее.

Такт проведения подналадок с помощью ССКР определяется: $T_{п} = \varphi p t_{1}$, где t_{1} - время контроля одной детали, которое зависит от степени автоматизации контрольных операций: $t_{1} = t_{авт} + t_{\Sigma}(1-C)$. Здесь t_{Σ} - общее время контроля, $t_{авт}$ - время, затрачиваемое на автоматический контроль.

Для изучения влияния φ и C % на точность обработки деталей было проведено статистическое моделирование на ЭВМ хода технологического процесса автоматической обработки многоступенчатых валиков для I5 случаев работы ССКР: φ = I,2,5,8,I0 при C_{I} = I; C_{2} = 0,5 ; C_{3} = 0,2 .

Для всех I5 случаев проведения подналадок определялись нормированные автокорреляционные функции и коэффициенты технологического запаса точности $K_{тт}$. На рис.3 представлены полученные в результате моделирования зависимости $K_{тт}$ от степени централизации системы φ . С увеличением φ наблюдалось снижение запаса точности; при $\varphi >$ 5 степень автоматизации контрольных операций становится решающим фактором для обеспечения точности обработки.

В диссертации исследовалось влияние температурных возмущений на точность статистического регулирования. Были проведены экспериментальные исследования послеоперационного температурного режима деталей типа многоступенчатого валика из сплава БР.ОЦ-4.3 , обрабатываемых на копировальном станке без смазочно-охлаждающей жидкости. Исследования показали, что температурные деформации деталей соизмеримы с групповым полем допуска $T_{гр} = 0,I\ T_{\Sigma}$, где T_{Σ} - суммарный допуск на обрабатываемые детали.

Метод предварительного вылеживания деталей неприемлем при статистическом регулировании. Был разработан принцип введения температурных поправок по статистическим характеристикам температурных возмущений. Определена дополнительная погрешность, возникающая из-за остывания детали при распространении предложенного принципа на ССКР, работающей с контрольным автоматом.

На основании разработанного принципа автоматического введения температурных поправок для систем статистического регулирования в МВТУ им.Н.Э.Баумана, на кафедре "Метрология и взаимозаменяемость" была разработана ССКР, адаптивная к температурным возмущениям, которая позволяет проводить статистическое

регулирование сильно нагретых в результате обработки деталей. Использование в системе реверсивного счетчика и двухтактного режима сравнения с уставкой позволило значительно упростить конструкцию прибора и отказаться от блока промежуточной памяти. Апробирование системы в цеховых условиях показало, что точность обработки деталей повышается на один квалитет при использовании ССКР с системой температурной коррекции по сравнению с обычным режимом статистического регулирования без адаптации.

Глава У. Рекомендации по разработке и внедрению ССКР для токарных станков-автоматов.

В главе решались вопросы расчета такта пробных опросов измерительных позиций на основе методов типовой идентификации.

Разработаны требования к цифровому блоку вычисления статистических характеристик по параметрам: объема памяти, разрядности и быстродействия. Проведен анализ средств вычислительной техники для использования их в составе ССКР. Выявлены перспективы применения вычислительных средств различного уровня: мини-ЭВМ, статистических анализаторов, программно управляемых электронных клавишных машин и специализированных вычислительных устройств.

Для токарных станков-автоматов разработаны устройства съема информации по текущему размеру для неадаптивных и адаптивных по методу образцовых сигналов систем ССКР, для одноразмерного и многоразмерного типов контроля.

Разработана методика проектирования и внедрения ССКР для автоматических линий.

Общие выводы.

I. В результате разработки математической модели системы ССКР с динамическим съемом информациии и проведенных экспериментальных исследований установлено, что погрешности ССКР имеют три выраженных участка, характеризующих появление "ошибок первого рода", "ошибок второго рода" и участок оптимального контроля, что позволяет оператору проводить регламентные поверки ССКР в расчетные моменты времени.

2. Впервые в результате распространения кибернетических

методов избыточных измерений на область разработки систем СОКР были разработаны критерии внутренней и внешней адаптивности и разработаны устройства съема измерительной информации для адаптивных систем.

3. Экспериментально было установлено, что в зоне малых погрешностей формы контролируемых деталей /до 10 мкм/, имеющих вид нечетной огранки, и в зоне больших значений погрешностей формы /свыше 20 мкм/ вида овальности наблюдаются наибольшие погрешности СОКР. По мере разладки технологического процесса происходит смещение зон влияния искажений формы. Это позволяет установить область допустимых значений погрешностей формы при выставленных требованиях к точности измерений.

4. Установлено, что технологический запас точности ограничен сверху для стабильных процессов и снизу - для нестабильных процессов- быстродействием системы СОКР. С увеличением централизации СОКР падает точность регулируемого технологического процесса. При централизации больше пяти наблюдается потеря точности при ручном базировании деталей.

5. Разработанный алгоритм оценки качества СОКР с привлечением методов машинного моделирования позволяет в перспективе создавать оптимальные в смысле точности системы с ограничениями в их стоимости.

6. Апробация разрабртанной адаптивной к температурным возмущениям системы СОКР показала, что точность обработки деталей с применением системы увеличивается на один квалитет.

Материалы диссертации отражены в работах:

1. Чуфаровская В.Б. Учет температурных погрешностей при автоматическом статистическом регулировании линейных размеров.- Технология производства, научная организация труда и управления, 1977,№ 9 , с.16-17.

2. Чуфаровская В.Б. Статистическое регулирование линейных размеров по параметрам текущих размеров деталей.- Технология производства, научная организация труда и управления, 1978, № 8, с. 10-12.

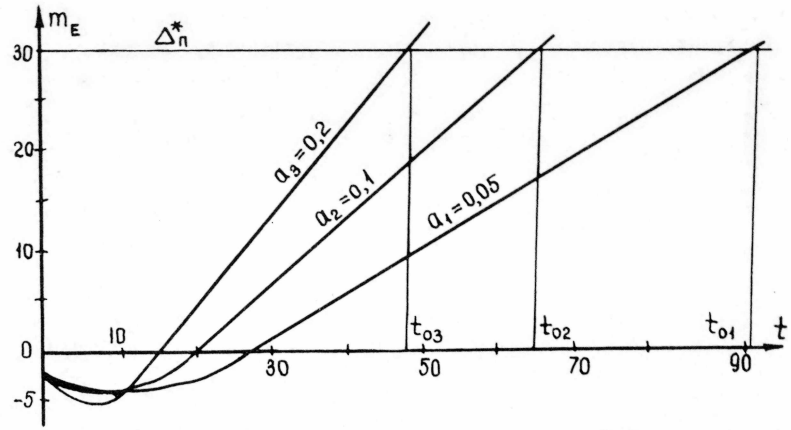


Рис.I. Графики зависимости погрешности ССКР от времени для различных по устойчивости технологических процессов.

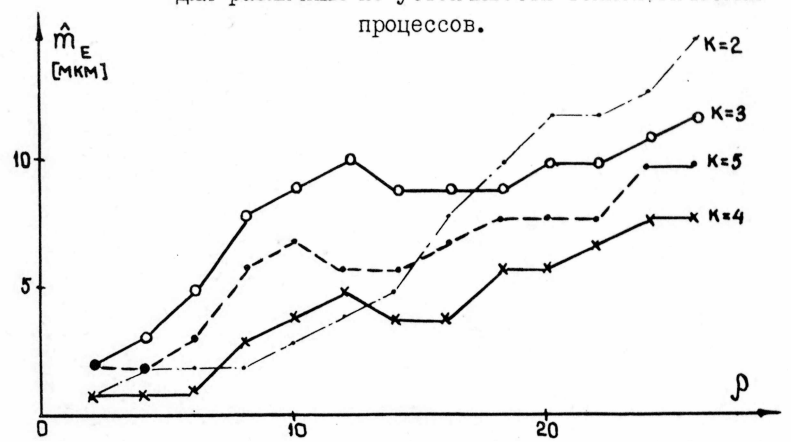


Рис.2. Графики зависимости погрешности ССКР от величины погрешностей формы деталей для различных видов погрешностей формы.

К-номер гармоники погрешности формы.

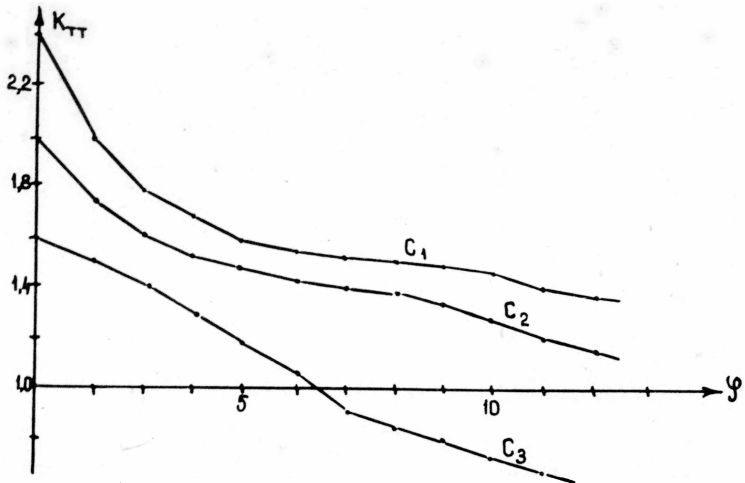


Рис.3. Зависимость коэффициента технологического запаса точности $K_{тт}$ от величины централизации системы ССКР для трех случаев степени автоматизации контрольных операций:

C_I = I, случай полностью автоматизированного цикла контроля;

C_2 = 0,5 , случай частичной автоматизации контрольных операций, характерный для ССКР, работающей с контрольными автоматами без загрузочного устройства;

C_3 = 0,2 , случай низкой степени автоматизации с ручным базированием деталей.

Л - 77307. Подписано к печати 2I.06.I979 г.формат 60х84/I6
объем I п.л. Тир. I20 экз. Зак.I790

Типография НИИМАШ г. Щербинка

МВТУ
им. Н. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА