М388844

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ДЬЯЧКОВ Юрий Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ В АВТОМАТИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ И РОТОРНО-КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЯХ

Специальность 05.02.II -

Методы контроля материалов, деталей узлов изделий и сварных соединений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва, 1982 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ДЬЯЧКОВ Юрий Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ В АВТОМАТИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ И РОТОРНО-КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЯХ

№ 388844

Специальность 05.02.II -

Методы контроля материалов, деталей узлов изделий и сварных соединений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва, 1982 г.

МГТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1388844
Дьячков Ю.А. Исследование

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

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Воронцов Л.Н.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор Чувпило А.В.

– кандидат технических наук Беляев А.Н.

Ведущее предприятие – указано в решении специализированного совета

Защита состоится "___" _____ 1982 г. на заседании специализированного совета К053.15.01 в МВТУ им. Н.Э.Баумана по адресу : Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

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

Автореферат разослан "___" _____ 1982 г.

Ученый секретарь совета к.т.н., доцент Рябов В.Т.

Л-90177 от 22.2.82 объём 1 п.л. тир. 100 экз. зак. 357

Типография МВТУ им. Н.Э.Баумана

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из эффективных средств крупносерийного и массового производства деталей являются автоматические роторные и роторно-конвейерные линии (АРЛ и АРКЛ). Динамика работы технологических и контрольных роторов АРЛ и АРКЛ обусловлена сложным процессом совместного взаимодействия целого ряда возмущающих факторов. Осадка и износ рабочего инструмента, температурные деформации, изменение рабочих усилий в технологических роторах и др. приводит к смещению размера наладки инструментальных блоков (ИБл). В контрольных роторах вынужденные вертикальные и крутильные колебания, соударения подвижных масс деталей и штоков с измерительными наконечниками преобразователей, центробежные силы, температурные погрешности значительно влияют на точность и точностную надежность контрольных блоков (КБл). Всё это в совокупности приводит к снижению точности выходного потока деталей. Задача дальнейшего улучшения качества продукции и увеличения производительности АРЛ и АРКЛ наиболее эффективно может быть решена посредством управляющего контроля.

Применение управляющего контроля позволит значительно повысить точность и производительность технологических процессов изготовления деталей. Однако внедрение устройств управляющего контроля (УУК) сдерживается недостаточными разработками устройств как в исследовательском, так и в проектно-конструкторском плане. Поэтому разработка и исследование УУК для АРЛ и АРКЛ является в настоящее время актуальной задачей.

Цель работы. Исследование и разработка методов и устройств управляющего контроля для повышения точности и производительности технологических процессов изготовления деталей массового производства на АРЛ и АРКЛ.

Методы исследований. При проведении анализа точности выходного потока деталей, а также метрологических и конструктивных особенностей проектирования УУК широко использовались методы размерного анализа, теории вероятности, теории автоматичес-

кого управления, теории теплопроводности. В экспериментальных исследованиях для оценки точности настройки УУК широко использован аппарат математической статистики.

Научная новизна. Разработаны методы расчета точности и производительности УУК. Исследовано влияние вынужденных вертикальных и крутильных колебаний в типовых схемах измерения. Теоретическое и экспериментальное исследование быстродействия работы УУК позволило определить границы их применения. Проведен выбор терминальных параметров системы управления индуктивных преобразователей.

Практическая ценность. Разработанные методики и рекомендации позволяют создавать УУК с высокими технико-экономическими показателями. Получены основные расчетные зависимости для составляющих погрешностей изготовления и измерения деталей. Применение УУК позволяет повысить коэффициент технического использования АРЛ и АРКЛ на 8-12%, точность настройки КБл и ИБл - в 2-2,5 раза.

Реализация результатов работы. Результаты работы использованы при разработке и внедрении УУК в АРЛ на операциях обжима и контроля глубины запрессовки колечка.

Получено три авторских свидетельства на новые виды УУК. Разработанные рекомендации по применению УУК вошли в отчет по теме ТА4-803-76 "Разработка самонастраивающейся контрольной системы и исследование её точностных параметров на базе автоматической роторной линии модели ЗЛКГ-105".

Экономический эффект от оснащения одной АРЛ самонастраивающейся контрольной системой составляет 21,04 тыс.руб. в год.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на:

Ш-й отраслевой конференции молодых специалистов "Пятилетке эффективности и качества - энтузиазм и творчество молодых", г. Подольск, 1977 г.;

научно-технической отраслевой конференции, г. Ворошиловград, 1980 г.;

научно-методических семинарах и заседаниях кафедры "Метрология и взаимозаменяемость", МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликовано 5 печатных работ.

Объём работы. Диссертационная работа изложена на 132 страницах машинописного текста, содержит 48 рисунков, 15 приложений и состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы из 93 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность и перспективность исследования и разработки методов и устройств управляющего контроля деталей в АРЛ и АРКЛ.

В первой главе проведен анализ работ по исследованию методов управления точностью технологических процессов. Показано, что методы расчёта и анализа точности УУК для станков, выполняющих финишные операции (шлифование, хонингование и др.), известные конструктивные схемы УУК требуют существенной переработки при использовании этих устройств в АРЛ и АРКЛ. Известны отдельные примеры использования УУК в АРЛ для таких операций как точение, пробивка отверстий малого диаметра, однако наибольшая область возможного применения УУК - технологические операции штамповки, обжима, вытяжки и др. - ещё мало изучена.

Задачи управляющего контроля частично решают устройства автоматической смены разлаженных ИБл и устройства автоматической поднастройки и проверки КБл.

Рассмотрение известных систем управляющего контроля, результатов теоретических и экспериментальных исследований показывает, что для АРЛ и АРКЛ применяемость систем управляющего контроля с контурами регулирования ИБл и КБл ещё мало изучена. Исследование этих систем требует проведения предварительного анализа условий работы различных технологических и контрольных роторов с точки зрения их взаимного влияния на точность выходного потока деталей.

В результате анализа систем управляющего контроля для АРЛ и АРКЛ впервые выполнена классификация устройств контуров регулирования настройки ИБл и КБл, позволившая характеризовать отличительные признаки различных УУК и определить направление разработок новых конструктивных схем УУК.

Таким образом, для реализации задачи по созданию и внедрению УУК в АРЛ и АРКЛ необходимо было:

- разработать и исследовать системы управляющего контроля позволяющие регулировать настройку технологических и контрольных роторов;
- исследовать влияние основных возмущающих факторов технологической системы на элементы УУК;
- разработать методы расчета точности, производительности УУК размеров в АРЛ и АРКЛ;
- разработать стенды по испытаниям УУК и методы их исследования;
- разработать и исследовать новые конструкции УУК;
- разработать рекомендации по проектированию и эксплуатации УУК.

Во второй главе проведен анализ работы ИБл и КБл типовых АРЛ. Установлено, что потери времени на устранение разладок ИБл и КБл составляют соответственно 45% и 12% от всех видов потерь. По интенсивности отказов от аварийных поломок блоки разделены на три группы: высокой, средней и низкой стойкостью рабочего инструмента. Показано, что автоматическую подналадку ИБл наиболее целесообразно производить при высокой и средней стойкости рабочего инструмента, т.е. когда недопустимый износ и аварийная поломка инструмента не превышают 20-25%. Для ИБл с низкой стойкостью рабочего инструмента наиболее целесообразна автоматическая смена ИБл.

Проведены аналитические и экспериментальные исследования качества первоначальной наладки ИБл, позволившие сделать следующие выводы:

- отклонение центра группирования размеров деталей от своего номинального положения из-за субъективных ошибок наладчика

достигает величины $(1,5-2,0)\sigma$;

- после проведения наладки в статике, центр группирования размеров при работе линии смещается на величину до $0,2\sigma$.

При смещении центра группирования размеров деталей, то есть наладки ИБл на величину $\leq 2\sigma$ в начальный период работы линии уже существует вероятность появления брака. Аналитический расчет точности выходного потока деталей позволил определить значения условных вероятностей распределения числа дефектных деталей, их математическое ожидание и дисперсию.

В результате анализа погрешности изготовления, вызванной температурными деформациями, определена зависимость изменения температуры T звеньев ИБл, позволившая установить закономерность и величину изменения уровня наладки ИБл для любого момента времени τ.

$$T=(c_1 e^{\lambda_1 z}+c_2 e^{-\lambda_1 z})\, T_c\, J_0(\lambda_1 r)\, e^{-ab\tau}, \qquad (1)$$

где $J_0(\lambda_1 r)$ - функция Бесселя первого рода нулевого порядка от чисто мнимого аргумента;

b, c_1, c_2, λ_1 - константы;

T_c - начальная температура ИБл;

a - коэффициент температуропроводности;

r, z - радиус, координата i -го звена ИБл.

В настоящее время проверка наладки ИБл проводится непосредственно на линиях или специальных наладочных стендах. Установлено, что существующая методика проверки наладки ИБл калибрами и индикаторами не обеспечивает качественную проверку ИБл, так как параметры распределения - действительное значение измеряемой величины "пробных" деталей, характеризующее наладку i -го ИБл и среднее квадратичное отклонение величины $X_i - \sigma$ неизвестны.

Анализ состояния ИБл как после первоначальной наладки, так и в процессе эксплуатации, характеризующейся смещением размера наладки, доказал насущную необходимость создания и внедрени

устройств регулирования наладки для ИБл с высокой и средней стойкостью рабочего инструмента.

В третьей главе выполнено теоретическое исследование статической и динамической точности измерения деталей в контрольных роторах АРЛ и АРЛК. Для наиболее характерных конструктивных схем КБл установлено, что методические ошибки при измерении деталей возникают за счет косвенных методов измерения, несоблюдения основных принципов метрологии. Проведенный анализ статической точности устройств автоматического контроля позволил установить основные зависимости для инженерного расчета этих устройств и степень влияния составляющих погрешностей на суммарную статическую точность.

Для определения динамической погрешности, вызванной влиянием вынужденных крутильных колебаний контрольного ротора, исследовано дифференциальное уравнение колебаний упругой системы рычага преобразователя:

$$\ddot{x}+[n^2-\rho^2\cos 2(\omega t+\psi)]x=A\sin(\omega t+\psi)-B\cos 2(\omega t+\psi)-\mathcal{D}, \qquad (3)$$

где

$$n^2=\kappa^2-\frac{1}{2}\theta^2\omega^2\sin^2\alpha; \qquad B=\frac{1}{2}\theta^2\omega^2 R\sin^2\alpha\sin\gamma;$$

$$\rho=\frac{1}{2}\theta^2\omega^2\sin^2\alpha; \qquad \mathcal{D}=\frac{1}{2}\theta^2\omega^2 R\sin^2\alpha\sin\gamma+g\cos\alpha;$$

$$A=\theta\omega^2 R\sin\alpha\cos\gamma; \qquad \kappa=\sqrt{\frac{C_{пр}}{m}};$$

θ – амплитуда вынужденных крутильных колебаний;
ω – круговая частота колебаний контрольного ротора;
ψ – начальная фаза;
α, γ – углы между элементами упругой системы;
R – радиус круговой траектории движения приведенной массы рычага m ;
κ – собственная частота колебаний упругой системы;
$C_{пр}$ – приведенная жесткость упругой системы.

Установлено, что для электроконтактных преобразователей крутильные колебания способствуют увеличению фазы неустойчивого замыкания контактов. Это особенно проявляется в том случае, когда к...

тролируемый размер оказывается на границе настроенных контактов, при этом замкнутое состояние может периодически нарушаться.

Величина динамической погрешности измерения, вызванной крутильными колебаниями, равна:

$$\Delta_{дин} = \frac{1}{i}(a_0 \cos\omega t + a_1 \sin\omega t + a_2 \cos 2\omega t + a_3 \sin 2\omega t + a_4), \quad (4)$$

где i – коэффициент передачи преобразователя;

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты, зависящие от γ, θ;

$$\gamma = \frac{\omega}{k}$$

Расчеты, проведенные на ЭЦВМ ЕС-1022 для реальных диапазонов характеристик вынужденных крутильных колебаний гидравлических штамповочных АРЛ модели ЛГ-305, позволили построить семейство графиков изменения Δ дин в зависимости от θ и γ. Установлено, что наибольшее влияние на величину Δ дин оказывает амплитуда вынужденных крутильных колебаний θ.

При определении динамической погрешности для схем измерения со стационарно установленными индуктивными преобразователями, были выделены два взаимозависимых колебательных контура – механический и электрический, для которых общая частота вынужденных колебаний:

$$K_{1,2} = \pm\left\{\left[Q + \sqrt{E^3 + Q^2}\right]^{\frac{1}{3}} + \left[Q - \sqrt{E^3 + Q^2}\right]^{\frac{1}{3}}\right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

где

$$Q = \frac{De\,v_0}{2RA\,i_0^3}; \qquad E = \frac{\frac{e}{R} - \frac{i_0}{v_0}(q - \Phi)\,v_0^3}{3A\,i_0^3};$$

$$A = \frac{\mu W^2 S}{2m}; \qquad B = \frac{2c}{m}; \qquad \Phi = a\omega^2;$$

S – площадь зазора между измерительной катушкой и пластиной на измерительном штоке КБл;

μ_0 – магнитная проницаемость зазора;

W – число витков измерительной катушки;

(сопротивление измерительной катушки;

m – масса измерительного штока;

c – жесткость пружины;
i_0 – начальная сила тока;
v_0 – начальная скорость измерительного штока;
e – электродвижущая сила источника питания измерительной катушки.

Определена величина динамической погрешности измерения, вызванная вынужденными вертикальными колебаниями:

$$\Delta_{дин} = \frac{Li_0(k\sin kt + \mu\cos\mu t)}{\ell}, \qquad (6)$$

где L – индуктивность измерительной катушки;
μ – частота питающего напряжения измерительной катушки.

Из анализа статических и динамических погрешностей изготовления и измерения следует, что при разработке УУК в АРЛ и АРКЛ необходимо создавать устройства, которые должны обеспечивать регулирование настройки двух роторов – технологического и контрольного, т.е. двухконтурные системы управляющего контроля (ДСУК).

В четвертой главе проведено экономическое обоснование целесообразности разработки и внедрения ДСУК. При анализе устройств ДСУК обоснованы и сформулированы дополнительные конструктивные требования к устройствам, которые состоят в следующем:

- время поднастройки ИБл и КБл не должно превышать 0,3... 0,4с ;
- необходимо обеспечить выборочную поднастройку (синхронизация с разлаженными ИБл и КБл);
- поднастройка должна осуществляться в процессе перемещения блоков (т.е. в динамических условиях);
- точность поднастройки должна быть в пределах 0,1...0,3δ.

Разработана двухконтурная система управляющего контроля, которая позволила полностью автоматизировать операции наладки ИБл, настройки и проверки КБл. В этой системе каждый ИБл технологического ротора оснащен механизмом автоподналадки, позволяющим проводить двухстороннюю регулировку размера наладки. Процессом подналадки управляет электронный блок и система синхронизации

по информации о состоянии наладки ИБл, поступающей с КБл. Второй контур регулирования настройки КБл включает в себя ротор питания образцовыми деталями, устройство автоподнастройки, установленное в контрольном роторе, и систему синхронизации процессов подачи образцовых деталей и поднастройки КБл.

Теоретический анализ устройств ДСУК позволил определить величины статической $\Delta_{ст}^{нал}$ и динамической $\Delta_{дин}^{нал}$ погрешностей базового механизма наладки ИБл – клиноплунжерного механизма.

$$\Delta_{ст}^{нал} = L\left[\frac{\sin\beta}{\cos\alpha\cos(\alpha-\beta)} + \sin\alpha\right] + \delta_к ; \qquad (7)$$

$$\Delta_{дин}^{нал} = \frac{r}{i}\cdot\frac{m\rho\omega^2 - \{(P_1-G)[tg(\alpha+\varphi)+tg\varphi_1]\}}{(P_1-G)[tg(\alpha+\varphi)+tg\varphi_1] - m r\omega^2}, \qquad (8)$$

где α – угол скоса клина;

φ, φ_1 – углы трения на наклонной и горизонтальной плоскостях клина;

ω – угловая скорость рабочего ротора;

P_1 – рабочее усилие пружины;

G, m – вес, масса клина;

$\delta_к$ – погрешность положения управляющего копира;

β – угол перекоса плунжера;

r – радиус траектории движения центра тяжести клина;

i – передаточное отношение клинового механизма.

Выполнено исследование быстродействия работы устройств контура регулирования КБл. Установлено, что время поднастройки при работе шагового двигателя (ШД) привода устройств регулирования в режиме односторонней поднастройки равно:

$$T_{пн} = \frac{\alpha-\alpha''}{f_{пр}\theta_ш} + \frac{\varphi_{торм}}{f_{торм}\theta_ш} + \frac{n}{f_п}, \qquad (9)$$

а в режиме двухсторонней поднастройки:

$$T_{пн} = \frac{\alpha-\alpha''}{f_{пр}\theta_ш} + \frac{\alpha_1-\alpha''}{f_{пр}\theta_ш} + \frac{n}{f_п} + t_{рев} + \frac{\varphi_{торм}}{f_{торм}\theta_ш}, \qquad (10)$$

где α, α_1 – углы рассогласования системы;

$\alpha^{\prime\prime}$ – угол рассогласования, выбранный при пуске;

$\theta_{ш}$ – единичный шаг ротора ШД в градусах;

$f_{пр}$ – номинальная частота приемистости ШД;

$f_{п}, f_{торм}$ – частота приемистости пуска, торможения ШД;

n – число шагов ротора ШД при пуске;

$\varphi_{торм}$ – угол поворота ротора ШД при торможении;

$t_{рев}$ – время реверса системы.

Использование обратных связей в системах управления для измерительных схем с индуктивными преобразователями позволяет достичь минимального времени поднастройки КБл путем форсирования скользящих движений привода настройки. Произведен синтез замкнутой системы управления заданной структуры:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d\bar{x}}{dt} = A(\bar{x}) + B(\bar{x})U \\ &U(\bar{x}) = U_{max}\ \mathrm{sign} \sum_{i=1}^{n} \gamma_i x_i \\ &\bar{x}(0) = \bar{x}_0 \ , \quad |S\bar{x}| \leqslant \varepsilon \end{aligned}\right\}, \qquad (11)$$

где U_{max} – максимальный модуль амплитуды управляющего сигнала;

$\sum_{i=1}^{n} \gamma_i x_i$ – сумма подналадочных импульсов.

Управление ведется с точностью: $|S_x| = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2} \leqslant \varepsilon$

Предложены методы достижения максимального быстродействия системы за счет изменения коэффициентов γ_i в обратных связях, построены линии переключения объекта управления для режима отработки больших рассогласований системы. Разработана методика расчета координат замкнутой системы роторов, включающей контрольный, два транспортных роторы и ротор питания образцовыми деталями, с различными радиусами начальной окружности. Проведен анализ конструктивных схем преобразователей с постоянным передаточным отношением, предназначенных для целей поднастройки и рекомендованы два типа соединений дифференциального винта для поднастройки.

Разработанные рекомендации по проектированию и эксплуатации УУК в АРЛ и АРКЛ включают в себя:

- предложения по выбору количества контуров регулирования;
- предложения по выбору средств автоматического контроля с минимальными статическими и динамическими погрешностями;
- предложения по проектированию устройств автоподналадки ИБл, устройств автопроверки и автоподнастройки КБл;
- рекомендации по вопросам эксплуатации УУК.

В заключительной части главы IУ дано описание новых конструктивных схем устройств ДСУК.

В пятой главе отражены результаты экспериментального исследования точности и производительности устройств ДСУК. Для проверки статической и динамической точности контуров регулирования технологического и контрольного роторов разработана гамма установок, стендов. Так стенд для проверки динамической погрешности измерения от раздельного и совместного влияния вынужденных вертикальных и крутильных колебаний позволяет плавно регулировать угловую скорость ротора, изменять законы вертикальных и крутильных колебаний с помощью управляемой тормозной системы. Измерение характеристик крутильных колебаний производится с помощью растровой системы. Система считывания сигнала с растров включает в себя источник света, оптическую систему и фотоприемник.

Разработаны методики проведения поверок статической и динамической точности устройств ДСУК.

Поверка статической, динамической точности и производительности УУК производилась на стенде, представлявшем собой АРЛ модели ЗЛКГ-105 с установленной на ней системой управляющего контроля контура регулирования КБл. Обработка результатов исследования позволила установить, что точность настройки устройствами контура регулирования КБл в 2-2,5 раза превышает точность существующего способа ручной настройки.

Расшифровка осциллограмм работы устройств контура регулирования КБл позволила сделать вывод, что потери времени на разгон, торможение и реверс электромеханической системы в динамике достигают соответственно величин 0,006, 0,04 и 0,085 секунд. Перебег ротора исполнительного шагового двигателя (в случае, когда направление вращения ротора ШД совпадает с направлением

вращения раздаточной шестерни механизма поднастройки) достигает 6^0.

Анализ быстродействия работы устройств контура регулирования КБл показал, что для АРЛ с тактом выпуска $T_в \geqslant 0{,}35$ с возможна поднастройка всех КБл за один оборот контрольного ротора, для $T_в < 0{,}35$ с поднастройка должна проводиться за несколько циклов.

Установлен диапазон характеристик крутильных колебаний для типовых линий штамповки ЛГ-305.

Экспериментальное исследование точности автоматической поднастройки позволило определить качественные характеристики устройств контура регулирования КБл, а именно: динамическая погрешность системы составила $\pm$ 3 мкм; точность автоматической настройки в 2-2,5 раза превышает точность существующего способа ручной настройки КБл; производительность проверки и настройки в 9 раз выше производительности ручной проверки и настройки КБл; коэффициент технического использования АРЛ при внедрении устройств ДСУК увеличивается на 8-12%.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Создание устройств автоматического регулирования уровня настройки инструментальных и контрольных блоков является одним из основных направлений дальнейшего повышения точности и производительности АРЛ и АРКЛ.

2. Разработанная классификация устройств контуров регулирования ИБл и КБл характеризует отличительные признаки УУК в АРЛ и АРКЛ и рекомендуется для определения направления разработок новых конструктивных схем УУК.

3. Проведен анализ погрешности изготовления деталей при ручном способе наладке ИБл. Расчетные зависимости распределения условных вероятностей числа дефектных деталей в потоке могут быть использованы для определения математического ожидания и дисперсий бракованных деталей. Установлено, что существующий метод проверки наладки ИБл не обеспечивает качественную их проверку, и поэтому наладка всего технологического ротора характеризуется широким доверительным интервалом.

4. Проведенный анализ точности измерения деталей в АРЛ и АРКЛ служит основой для расчета статических и динамических погрешностей измерения КБл. В том числе, впервые исследована динамическая погрешность измерения, вызванная вынужденными крутильными колебаниями контрольных роторов. Расчеты, проведенные на ЭЦВМ для диапазона реальных характеристик крутильных колебаний типовых АРЛ штамповки, позволили построить графики изменения динамической погрешности. Для новых схем измерения в АРКЛ, с неподвижно установленными на станине индуктивными преобразователями, разработана методика расчета погрешности измерения, позволяющая выбирать оптимальные параметры схем измерения.

5. Разработаны научно обоснованные рекомендации по проектированию и эксплуатации устройств двухконтурной системы управляющего контроля в АРЛ и АРКЛ. На основании рекомендаций разработаны новые конструктивные схемы устройств ДСУК.

6. Проведено теоретическое и экспериментальное исследование быстродействия работы устройств контура регулирования КБл. Анализ конструктивных схем преобразователей позволил разработать рекомендации направленные на устранение потерь времени на выбор люфта в дифференциальном винте преобразователя. Выведенные на основе анализа частные зависимости величин статических и динамических погрешностей наладки ИБл, позволяют создавать конструктивные схемы устройств регулирования ИБл с наименьшей погрешностью.

7. Разработанные устройства двухконтурной системы управляющего контроля для АРЛ и АРКЛ (а.с. №643741, №842003) рекомендуются для применения в линиях 4Л-5-56, ЭЛКГ-105 и позволяют полностью автоматизировать операции настройки и проверки ИБл и КБл.

8. Дальнейшее форсирование движений привода настройки преобразователей рекомендуется проводить на базе применения индуктивных преобразователей за счет соответствующего изменения коэффициента обратных связей схемы управления.

9. Создана гамма установок и стендов для определения поэлементных и комплексных погрешностей устройств ДСУК. Разработаны и проверены методики поверок статической и динамической точности УУК, а также методика определения динамической погрешности измерения КБл, вызванной крутильными колебаниями контрольного ротора.

Экспериментально подтверждены основные теоретические зависимости проведенного анализа УУК.

10. Значительно повысилась техника безопасности условий труда наладчиков АРЛ и АРКЛ, созданы предпосылки для разработки саморегулирующихся роторных линий, работающих без участия наладчика.

11. Самонастраивающаяся контрольная система внедрена в АРЛ модели ЗЛКГ-105, что позволило повысить производительность настройки и проверки КБл в 9 раз и увеличить коэффициент технического использования линии на 5-8%. Динамическая точность настройки КБл превысила в 2-2,5 раза точность существующего способа ручной настройки. Контур регулирования ИБл внедрен на технологических роторах обжима АРЛ модели 4Л5-56.

Экономический эффект от внедрения устройств контура регулирования КБл на линии ЗЛКГ-105 составил 21,04 тыс.руб. в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Недорезов И.А.,Дьячков Ю.А. Исследование точности и точностной надежности систем управляющего контроля в автоматических роторных линиях. Труды МВТУ, 1981, №369 "Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения".

2. Авторское свидетельство 560301 (СССР). Реверсивный шаговый электродвигатель / Авт.изобрет. Дьячков Ю.А. Опубл. в Б.И., 1977, № 20.

3. Авторское свидетельство 643741 (СССР). Устройство для наладки датчиков контроля роторных автоматов / Авт. изобрет. Бутко И.Я., Дьячков Ю.А. Опубл. в Б.И., 1979, № 3.

4. Авторское свидетельство 842003 (СССР). Роторная машина / Авт. изобрет. Дьячков Ю.А., Комаров А.С. Опубл. в Б.И., 1981, №24.