

На правах рукописи

КУРЬЕВА Лилия Борисовна

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТОЛЩИНЫ ПОЛОСЫ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

05.13.07 - автоматизация технологических процессов
и производств в промышленности

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре систем управления и автоматизации промышленных установок Харьковского инженерно-педагогического института

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Кузнецов Б. И.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,
профессор Александров Е. Е.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00816979 (/)

кандидат технических наук
Лимонов Л. Г.

Ведущее предприятие - Киевский институт автоматики

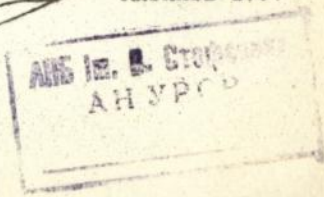
Защита состоится 28 сентября 1993 года в 14 30 час.
на заседании специализированного совета Д 068.39.02 при Харьковском политехническом институте (310002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан 20 сентября 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Кизилов В. У.



Актуальность работы. Непрерывные станы холодной прокатки являются наиболее производительными агрегатами по производству холоднокатаного листа из черных и цветных металлов. Повышение производительности таких станов и снижение продольной разностолшинности проката позволяет получить большой экономический эффект в результате повышения выпуска продукции.

В настоящее время накоплен значительный опыт создания и внедрения систем автоматического регулирования толщины и натяжения в Киевском институте автоматики, Славянском филиале ВНИИметмаша, Тяжпромэлектропроекте г. Харькова, Новокраматорском и Старокраматорском машиностроительных заводах, а также в ближнем зарубежье — ВНИИметмаше г. Москвы, ВНИИэлектроприводе г. Москвы, Уральском заводе тяжелого машиностроения г. Оренбурга, Новосибирском металлургическом заводе, Новолипецком металлургическом комбинате, а также переловыми зарубежными фирмами.

Однако вопросы разработки программного обеспечения проектирования таких систем на ЭВМ, а также создания оптимальных систем управления электрогидравлическими нажимными устройствами остаются недостаточно разработанными.

В последние годы практически все прокатные станы оборудуются ЭВМ для решения различных задач: начальной настройки стана и регулирования геометрических параметров проката в процессе прокатки. Эффективность работы ЭВМ в значительной мере определяется адекватностью заложенной в ней математической модели стана. А также математическая модель нужна на этапе проектирования системы автоматизации стана, так как позволяет проектировщику обосновать количество клеток, необходимых для качественного регулирования, выбрать структуру и параметры регуляторов.

Существующие системы управления как правило имеют регуляторы, настроенные по принципу подчиненного регулирования. Применение оптимальных регуляторов позволило повысить качество управления при использовании существующих усилительных и измерительных устройств.

Целью работы является разработка метода проектирования системы автоматического регулирования толщины полосы станом холодной прокатки.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать математическую модель многоклетевого стана холодной прокатки с учетом упругих свойств в главном приводе.

2. Определить структуру и параметры математической модели продольной разнотолщинности подката.

3. Разработать математическую модель беспоршневого гидравлического исполнительного механизма (БГИМ).

4. Разработать алгоритм адаптивного управления беспоршневым гидравлическим исполнительным механизмом.

5. Разработать оптимальную систему автоматического регулирования толщины полосы.

Методы исследования. Используются основные положения теории автоматического управления, вариационного исчисления, математического программирования и моделирования.

На защиту выносятся

- математическая модель многоклетевого стана холодной прокатки;

- математические модели беспоршневого гидравлического исполнительного механизма, случайного изменения продольной разнотолщинности подката и одноканальной системы автоматического регулирования толщины;

- структура оптимальной системы автоматического регулирования толщины с беспоршневым гидравлическим исполнительным механизмом.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- обоснована структура системы автоматического регулирования толщины полосы многоклетевого стана холодной прокатки по каналам беспоршневого гидравлического исполнительного механизма и главного привода;

- разработаны математические модели электрогидравлического золотникового распределителя и беспоршневого гидравлического исполнительного механизма и обоснована их адекватность на основании экспериментальных данных;

- проведены статистические исследования случайных процессов изменения продольной разнотолщинности подката и обоснованы их математические модели для различных марок прокатываемых полос;

- разработана структура оптимальной системы автоматического регулирования толщины полосы.

Практическая ценность работы состоит в том, что

- разработаны программные средства моделирования многоклетевых станов холодной прокатки с учетом управления по каналам бес-

поршневого гидравлического исполнительного механизма и главного привода, а также системы регулирования натяжения и толщины полосы с различными структурами.

Реализация работы. Результаты исследований использованы при создании и внедрении системы автоматического регулирования толщины полосы на реверсивном стане холодной прокатки 850 Новосибирского металлургического завода (НМЗ) имени А. Н. Кузьмина, а также при проектировании трехклетового стана 740 НМЗ.

Кроме того, с помощью разработанных программных средств выполнено моделирование систем автоматического регулирования толщины полосы и натяжения четырехклетового стана 1700 металлургического комбината "Запорожсталь".

Исследованы и разработаны рекомендации по совершенствованию технологических режимов и конструктивных параметров механического оборудования непрерывного стана 425 НМЗ.

Оценены технологические возможности механического оборудования реверсивного стана холодной прокатки 220/560*600 завода "Красная Этна", г. Нижний Новгород.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на семинаре "Повышение надежности электромеханических систем в промышленности и на транспорте" (Севастополь, 1989), на конференции "Проблемы создания и эксплуатации ГПС и ПР на предприятиях машиностроения" (Севастополь, 1990г.), на III научно-технической конференции "Живучесть и реконфигурация информационно-вычислительных и управляющих систем" (Москва, 1991), на I научно-технической конференции "Проектирование, производство и эксплуатация систем гидропневмопривода, гидропневмоавтоматики, гидропневмомашин и их компонентов" (Киев, 1991г.), на I научно-технической конференции "Координирующее управление в технических и природных системах" (Алушта, 1991г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ и получены 2 авторских свидетельства на изобретения.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 92 наименований и 4 приложений. Работа содержит 137 страниц основного машинописного текста, 10 таблиц, 49 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, сформулирована цель работы, определены задачи исследования, указаны научная новизна и

практическая ценность работы, изложены основные положения, выносимые на задуму.

В первой главе рассмотрены различные принципы построения систем автоматического регулирования толщины полосы станов холодной прокатки, основанные на уравнении закона постоянства секундного объема.

Рассматривается непрерывный стан холодной прокатки, состоящий из J-клетей, расположенных на расстоянии $L(i)$ друг относительно друга и взаимодействующих через упруго-напряженную полосу.

Для разработки математической модели многоклетевого стана составлена система линейных алгебраических и дифференциальных уравнений, которые описывают зависимости между переменными, характеризующие основные технологические параметры полосы.

Введем вектор входной \vec{H}_t^* и выходной толщины \vec{H}_t , входного и \vec{T}_t^* и выходного \vec{T}_t натяжения, моментов главных приводов \vec{M} и опережений \vec{S} .

Для вектора толщины \vec{H} полосы получено следующее соотношение

$$\vec{H} = \vec{H}\vec{H}\vec{H} + \vec{H}\vec{T}^* \circ \vec{T} + \vec{H}\vec{T} \circ \vec{T} + \vec{H}\vec{B} \circ (\vec{Z} + \vec{\eta} \circ \vec{s} \circ \vec{n} \circ \vec{w} \circ \vec{t}), \quad (1)$$

где $\vec{H}\vec{H}$, $\vec{H}\vec{T}^*$, $\vec{H}\vec{T}$, $\vec{H}\vec{B}$ - векторы соответствующих коэффициентов передачи по толщине;

$\vec{\eta}$ - вектор эксцентриситетов валков;

$\vec{\omega}$ - скорость валков;

\circ - обозначает Кронекеровское (поэлементное) произведение векторов;

\vec{Z} - вектор положения нажимных винтов;

\vec{H}^* , \vec{H} - соответственно векторы входной и выходной толщины;

\vec{T}^* , \vec{T} - соответственно векторы входного и выходного натяжения.

Аналогичные соотношения могут получены для векторов моментов \vec{M} главных приводов и опережений \vec{S} скорости движения полосы

$$\vec{M} = \vec{M}\vec{H}^* \circ \vec{H}^* + \vec{M}\vec{H} \circ \vec{H} + \vec{M}\vec{T}^* \circ \vec{T}^* + \vec{M}\vec{T} \circ \vec{T}, \quad (2)$$

$$\vec{S} = \vec{S}\vec{H}^* \circ \vec{H}^* + \vec{S}\vec{H} \circ \vec{H} + \vec{S}\vec{T}^* \circ \vec{T}^* + \vec{S}\vec{T} \circ \vec{T}, \quad (3)$$

где $\vec{M}\vec{H}^*$, $\vec{M}\vec{H}$, $\vec{M}\vec{T}^*$, $\vec{M}\vec{T}$ - векторы соответствующих коэффициентов передачи по моменту;

\vec{SH}^* , \vec{SH} , \vec{ST}^* , \vec{ST} - векторы соответствующих коэффициентов передачи по опережению.

Вектор выходной скорости полосы определяется соотношением

$$\vec{V} = V\omega \otimes \vec{\omega} + VS \otimes \vec{S}, \quad (4)$$

где $\vec{\omega}$ - вектор скорости вращения приводных валков;

$V\omega$ - вектор длины окружности бочки;

VS - вектор коэффициентов передачи изменения выходной скорости при изменении опережения S .

Из уравнения постоянства секундного объема металла при холодной прокатке

$$\vec{V}^* \otimes \vec{H}^* = \vec{V} \otimes \vec{H}, \quad (5)$$

где \vec{V}^* , \vec{V} - соответственно вектор входной и выходной скорости.

Пренебрегая массой полосы и предполагая мгновенное распространение напряжений по длине полосы, получим

$$\vec{T}(J) = \vec{T}^*(J+1), \quad J = \overline{1, n-1}, \quad (6)$$

где $\vec{T}^*(1)$ - натяжение на разматывателе полосы;

$\vec{T}(n)$ - натяжение смотки полосы.

Причем,

$$\vec{T}(J) = T\alpha(J) \cdot [\vec{V}^*(J+1) - \vec{V}(J)] \cdot \Delta t, \quad J = \overline{1, n-1}, \quad (7)$$

где $T\alpha(J)$ - вектор удельных жесткостей полосы на растяжение в межклетевом промежутке клеток J и $J+1$, имевший размерность $n-1$.

Толщина полосы на входе клетки $\vec{H}^*(J+1)$ равна толщине полосы $\vec{H}(J)$ на выходе J -той клетки с учетом времени транспортного запаздывания

$$\vec{H}_t^*(J+1) = \vec{H}_{t-k}(J), \quad J = \overline{1, n-1}, \quad (8)$$

$$K = \text{INT} \left[\alpha_{j, j+1} / \alpha_{0j} \right], \quad (9)$$

где K - целая часть числа;

$\alpha_{j, j+1}$ - длина межклетевого промежутка между J и $J+1$ клетью;

α_{0j} - базовая длина полосы в этом промежутке;

$\vec{H}^*(1)$ - толщина подката;

$\vec{H}(n)$ - толщина проката.

В главном приводе будем учитывать упругие свойства трансмис-

сий от двигателей до прокатных валков. В качестве переменных состояния главного привода приняты: $U_a(t)$ - напряжение якорной цепи, $I(t)$ - ток якорной цепи двигателя, $M_y(t)$ - момент упругости, $\omega_a(t)$ - скорость вращения якоря двигателя и $\omega_b(t)$ - скорость вращения прокатных валков

$$\dot{X}(t) = (U_a(t), I(t), M_y(t), \omega_a(t), \omega_b(t))^T, \quad (10)$$

а для тиристорного преобразователя - $V(t)$ - управляющее напряжение на его входе и $M_k(t)$ - момент прокатки, приведенный к валу двигателя

$$\dot{U}(t) = (V(t), M_k(t))^T. \quad (11)$$

Тогда исходная система управления в матричной форме примет стандартный вид

$$\dot{X}(t) = A \cdot X(t) + B \cdot U(t), \quad (12)$$

где A, B - соответственно матрицы состояния и управления, $X(t)$ - переменная системы.

Матрицы состояния A и управления B имеют следующий вид

$$A = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline -\frac{1}{T} & & & & \\ \hline \frac{1}{L} & -\frac{R}{L} & & -\frac{C_E}{L} & \\ \hline & & & C & -C \\ \hline & \frac{C_M}{J_G} & -\frac{1}{J_G} & -\frac{\beta}{J_G} & \frac{\beta}{J_G} \\ \hline & & \frac{1}{J_b} & \frac{\beta}{J_b} & -\frac{\beta}{J_b} \\ \hline \end{array}; \quad B = \begin{array}{|c|c|} \hline \frac{K_{TP}}{T} & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & -\frac{1}{J_b} \\ \hline \end{array}, \quad (13)$$

где J_G - момент инерции вращавшихся частей якоря двигателя ($\text{Кг} \cdot \text{м}^2$);

J_b - суммарный момент инерции рабочих и опорных валков, приведенный к валу двигателя ($\text{Кг} \cdot \text{м}^2$);

β - жесткость трансмиссии по скорости скручивания;

C - жесткость трансмиссии по углу скручивания;

C_M - постоянная конструктивная двигателя по моменту;

C_E - постоянная конструктивная двигателя по ЭДС;

R - активное сопротивление якорной цепи (Ом);

L - индуктивность якорной цепи (Гн);

$K_{ги}$ - коэффициент усиления тиристорного преобразователя;
 τ - время среднестатистического запаздывания.

Разработаны программные средства для моделирования различных структур систем автоматического регулирования толщины и натяжения полосы. Система позволяет моделировать наличие типовых П, И, ПИ, ПД, ПИД регуляторов.

По экспериментальным данным определены приближенные значения параметров, необходимые для моделирования главного привода трехклетевого стана 740 холодной прокатки Новосибирского металлургического завода им. А. Н. Кузьмина. Выполнено моделирование систем автоматического регулирования толщины и натяжения применительно к стану 740 НМЗ им. А. Н. Кузьмина.

Рассчитаны технологические коэффициенты по толщине, моменту прокатки, опережению и давлению металла на валки для четырехклетевого стана 1700 холодной прокатки металлургического комбината "Запорожсталь".

Проведены исследования переходных процессов по толщине за клетью и по натяжению в межклетевом промежутке при изменении положения беспоршневого гидравлического исполнительного механизма на ЭВМ типа РС/XT/AT, позволившие обосновать алгоритмы управления многоканальной системы, т. е. ее структуру.

Во второй главе приведены исследования статистических характеристик продольной разнотолщинности подката. Так как сигнал ΔL продольной разнотолщинности полосы, вышедшей из очага деформации, является случайной величиной с нормальным законом распределения, обладающим свойством эргодичности, то статистические характеристики могут быть получены по одной экспериментальной реализации. В этом случае корреляционная функция $R(m)$ и $S(k)$ спектральная плотность определяются формулами

$$R(m) = \frac{1}{N-m} \sum_{t=1}^{N-m} \Delta L_t \cdot \Delta L_{t+m}, \quad (m=0, 1, \dots, L), \quad (14)$$

$$S(k) = \Delta t \left[R(0) + 2 \sum_{m=1}^{L-1} R(m) \cdot W(m) \cdot \cos 2\pi k \Delta f m \Delta t \right], \quad (15)$$

Для исследования статистических характеристик разнотолщинности составлена программа на GWBASIC для персонального компьютера IBM PC/XT/AT.

При исследовании точности геометрических размеров проката и

при синтезе оптимальной САРТ требуются математические модели входных сигналов. Наиболее простой моделью разнотолщинности подката является экспоненциально-косинусная функция. Для более тонкого анализа может быть использована модель в виде суммы нескольких экспоненциально-косинусных корреляционных функций

$$R(\tau) = \sum_{i=1}^n D_i \cdot e^{-\alpha_i |\tau|} \cos \beta_i \tau. \quad (16)$$

В этом случае в силу линейности преобразования Фурье спектральная плотность разнотолщинности примет следующий вид

$$S(\omega) = \sum_{i=1}^n \frac{2D_i \alpha_i (\omega^2 + \beta_i^2 + \alpha_i^2)}{\omega^2 + \beta_i^2 + \alpha_i^2 - 4\beta_i^2 \omega^2}. \quad (17)$$

Для измерения толщины полосы на стане 850 Новосибирского металлургического завода реализован косвенный способ измерения по постоянству секундного объема металла с помощью изостопного измерителя, установленного перед прокатной клетью.

Исследованы динамические характеристики и разработана математическая модель измерителя толщины полосы стана холодной прокатки. Разработано форсирующее устройство, расширяющее полосу пропускания измерителя. Это звено используется в составе системы автоматического регулирования толщины полосы.

В третьей главе разработаны нелинейные математические модели беспоршневого гидравлического исполнительного механизма и электрогидравлического усилителя, с помощью которого осуществляется управление давлением в беспоршневом гидравлическом исполнительном механизме (БГИМ).

По переходной характеристике и с учетом частотных характеристик экспериментально была определена модель замкнутого контура регулирования положения золотникового распределителя

$$K_{лз}(p) = \frac{K_{лз}}{T_s \cdot p + 1}, \quad (18)$$

а математическая модель замкнутого контура давления в беспоршневом гидравлическом исполнительном механизме виде

$$K_{зг}(p) = \frac{K_{зг}}{2 \cdot T_{\mu g}^2 p^2 + 2 \cdot T_{\mu g} p + 1}. \quad (19)$$

В этом случае матрицы состояния А и управления В равны

$$A = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline -I/T_s & & & \\ \hline 1 & & & \\ \hline & K_g/T_g & -1/T_g & \\ \hline & & K_n/T_n & -1/T_n \\ \hline \end{array}; \quad B = \begin{array}{|c|} \hline K_s/T_s \\ \hline \\ \hline \\ \hline \end{array}; \quad (20)$$

В четвертой главе рассмотрены вопросы оптимизации во временной области электрогидравлической системы автоматического регулирования толщины полосы на базе беспоршневого гидравлического исполнительного механизма. Система описана в пространстве состояния, что позволило использовать возможности ЭВМ для синтеза оптимального регулятора и оптимального наблюдателя.

Модель гидравлического исполнительного устройства в переменных состояниях $\vec{X}_0(t)$ описывается уравнениями

$$\dot{\vec{X}}_0(t) = A_0 \cdot \vec{X}_0(t) + B_0 \cdot U(t), \quad (21)$$

$$d\varphi(t) = C_0 \cdot \vec{X}_0(t). \quad (22)$$

А модель возмущающего воздействия в переменных состояниях

$$\dot{\vec{X}}_B(t) = A_B \cdot \vec{X}_B(t) + \vec{W}_1(t) \quad (23)$$

$$S_B(t) = C_B \cdot \vec{X}_B(t). \quad (24)$$

Тогда расширенная система в расширенном пространстве состояний с вектором

$$\vec{X}(t) = (\vec{X}_0^T(t), \vec{X}_B^T(t))^T \quad (25)$$

будет описываться уравнением

$$\dot{\vec{X}}(t) = A \cdot \vec{X}(t) + B \cdot U(t) + \vec{W}_1(t). \quad (26)$$

Толщина полосы, измеренная с помехой $f(t)$, равна

$$S_B(t) = S(t) + f(t). \quad (27)$$

При синтезе оптимального регулятора учитывали ограничения на управляющее воздействие, на переменные состояния БГИМ и формирующего фильтра в интегральном квадратичном критерии качества функционирования системы. Эта задача может быть сведена к минимизации критерия

$$J = M \int_{t_0}^{t_1} \{ \vec{Z}^T(t) \cdot R_3 \cdot \vec{Z}(t) + \vec{U}^T(t) \cdot R_2 \cdot U(t) \} dt, \quad (28)$$

где M - знак математического ожидания;

$$\dot{Z}(t) = D \cdot \dot{X}(t). \quad (29)$$

Известно, что минимум критерия качества доставляет линейный регулятор

$$U(t) = -F^0 \cdot \hat{X}(t), \quad (30)$$

где

$$F^0 = RZ^{-1} B \cdot P(t). \quad (31)$$

Установившееся решение дифференциального уравнения Риккати

$$-\dot{P}(t) = D^T \cdot RZ \cdot D \cdot P(t) \cdot B \cdot RZ^{-1} B^T \cdot P(t) + A^T \cdot P(t) + P(t) \cdot A. \quad (32)$$

В ходе решения уравнения Риккати (32) получена матрица коэффициентов усиления (31) для оптимального регулятора, который представляет собой обратные связи по расширенному вектору состояния системы.

Для восстановления вектора состояния по измеряемому выходу системы - продольной разнотолщинности проката и переменных состояния объекта управления использован оптимальный наблюдатель, имеющий форму фильтра Калмана-Бьюси, который при случайных сигналах и помехе измерения доставляет минимальную дисперсию восстановления

$$\dot{\hat{X}}(t) = A \cdot \hat{X}(t) + B \cdot U(t) + K^0 \cdot (S_n - C \cdot \hat{X}(t)), \quad (33)$$

где

$$K^0 = Q(t) \cdot C^T \cdot VZ^{-1}, \quad (34)$$

а матрица дисперсий $Q(t)$ является решением уравнения Риккати

$$\dot{Q}(t) = V_1 - Q(t) \cdot C^T \cdot VZ^{-1} \cdot C \cdot Q(t) + A \cdot Q(t) + Q(t) \cdot A^T. \quad (35)$$

Для оптимального наблюдателя при решении уравнения Риккати (35) рассчитана матрица коэффициентов усиления (34).

Оператор формирующего фильтра $V(p)$ случайного процесса от некоррелированного источника случайного сигнала типа белого шума единичной интенсивности

$$V(p) = \frac{V(m+p)}{p^2 + 2\alpha\beta + m^2}, \quad (36)$$

$$m^2 = \alpha^2 + \beta^2; V = \sqrt{2 \cdot B \cdot \alpha^{-1}}, \quad (37)$$

где m, V - параметры случайного процесса.

Переменные состояния модели формирующего фильтра приняты

$$X_{1s}(t) = g(t); X_{2s}(t) = dg(t)/dt. \quad (38)$$

$$\hat{Z}(t) = D \cdot \hat{X}(t). \quad (45)$$

Минимум критерия (44) доставляет линейный регулятор

$$U(t) = -F^0 \cdot \hat{X}(t), \quad (46)$$

где

$$F^0 = \{R_2 + B^T \cdot [R_1 + P(t+1)] \cdot B\}^{-1} B^T \cdot [R_1 + P(t+1)] \cdot A. \quad (47)$$

Последовательность матриц $P(t)$ является решением матричного разностного уравнения Риккати

$$P(t) = A^T [R_1 + P(t+1)] [A - B \cdot F] \quad (48)$$

с нулевым конечным условием, а

$$R_1 = D^T \cdot R_3 \cdot D. \quad (49)$$

Для реализации оптимального регулятора (46) необходим вектор переменных состояния $\hat{X}(t)$, который может быть восстановлен с помощью оптимального наблюдателя $\hat{X}(t)$ по сигналу с выхода измерителя

$$S_z(t) = S(t) + f(t) \quad (50)$$

продольной разнотолщинности $S(t)$, измеряемой с аддитивной помехой $f(t)$ типа белого шума интенсивности V_2

$$\hat{X}(t+1) = A \cdot \hat{X}(t) + B \cdot U(t) + K^0 [S_z(t) - C \cdot \hat{X}(t)], \quad (51)$$

где

$$K^0 = [A \cdot Q(t) \cdot C^T + V_1 2] [V_2 + C \cdot Q(t) \cdot C^T]^{-1}, \quad (52)$$

а матрица дисперсий $Q(t)$ является решением разностного уравнения с нулевым начальным условием

$$Q(t+1) = [A - K^0 C] \cdot Q(t) \cdot A^T + V_1 - K^0 V_1 2^T, \quad (53)$$

где V_1 - матрица дисперсий дискретного белого шума $\bar{W}_1(t)$;

$V_1 2$ - матрица дисперсий процесса.

При синтезе системы управления для стабилизации динамических характеристик разработан алгоритм адаптивного управления беспоршневым гидравлическим исполнительным механизмом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Разработана математическая модель многоклетового стана холодной прокатки как объекта регулирования толщины и натяжения с учетом упругих свойств в главном приводе, описываемая системой линейных уравнений в векторно-матричной форме, позволяющая выполнить

моделирование прокатного стана.

2. Разработан комплекс программных средств для ПЭВМ, с помощью которого обоснована структура системы автоматического регулирования толщины трехклетевого стана, где предлагается использовать беспоршневой гидравлический исполнительный механизм как регулятор толщины только на первой клетке, а на второй и последующих клетках целесообразно регулировать натяжение полосы.

3. По результатам эксперимента разработана математическая модель случайного изменения продольной разнотолщинности подката. В качестве модели стационарного случайного процесса принята корреляционная функция в виде экспонентно-косинусной зависимости.

4. Разработана математическая модель беспоршневого гидравлического исполнительного механизма и электрогидравлического золотникового усилителя, как объекта управления системы регулирования геометрических параметров проката и по экспериментальным данным определены параметры модели для стана 740 Новосибирского металлургического завода.

5. Выполнен синтез оптимальной непрерывной и оптимальной дискретной системы автоматического регулирования толщины во временной области.

6. Разработаны схемы оптимальной непрерывной и оптимальной дискретной системы автоматического регулирования толщины, патентная чистота которых защищена авторскими свидетельствами.

7. Результаты диссертационной работы внедрены на реверсивном стане 850 Новосибирского металлургического завода и использованы при проектировании системы автоматического регулирования толщины трехклетевого стана 740 НМЗ и ряда других станов. Применение оптимальных регуляторов позволило повысить качество регулирования толщины полосы готового проката, что имеет важное значение в этой области.

По теме диссертации опубликованы работы

1. Кузнецов Б.И., Плахотников В.В., Ковалев В.И., Курцева Л.Б. Исследование эффективности двухканальной электрогидравлической САРТ узкополосного реверсивного стана холодной прокатки // Изв. вуз. Черная металлургия. 1990. №10, с. 30-32.

2. Кузнецов В.И., Петров Н.П., Осокин В.А., Курцева Л.Б. Результаты наладки системы автоматического регулирования толщины полосы с беспоршневым гидравлическим исполнительным механизмом // Изв. вуз. Черная металлургия. 1992. № 2. С. 23-25.

3. Кузнецов В.И., Петров Н.П., Осокин В.А., Хен О.Г., Курцева Л.Б. Динамические характеристики изотопного измерителя толщины полосы стана холодной прокатки // Изв. вуз. Черная металлургия. 1991. № 10. С. 82-84.

4. Кузнецов В.И., Козиол Р., Петров Н.П., Курцева Л.Б. Моделирование на ЭВМ трехклетьевого стана холодной прокатки // Изв. вуз. Черная металлургия. 1992. № 4. С. 55-56.

5. Кузнецов В.И., Чаусов А. А., Курцева Л. Б. Реконфигурация многоканальных систем повышенной живучести // Живучесть и реконфигурация информационно-вычислительных и управляющих систем. Тез. докл. III-й научно-технической конфер. Москва, 1991. С. 153.

6. Кузнецов В. И., Прокопенко Е. А., Курцева Л. Б. Повышение точности и надежности электромеханических систем при многоканальном управлении // Повышение надежности электромеханических систем в промышленности и на транспорте. Тез. докл. семинара. Севастополь, 1989. С. 26.

7. Кузнецов В.И., Соляник В.П., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б. Синтез двухуровневых систем управления роботами ГПС // Проблемы создания и эксплуатации ГПС и ПР на предприятиях машиностроения. Тез. докл. всесоюзной науч.-тех. конф. Москва. ВНИИТЭМР, 1990. С. 27.

8. Кузнецов В.И., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б. Гидравлический привод системы автоматического регулирования толщины проката // Проектирование, производство, и эксплуатация систем гидропневмопривода, гидропневмоавтоматики, гидропневмомашин и их компонентов. Тез. докл. I науч.-тех. конф. Киев, 1991. С. 6.

9. Курцева Л.Б., Кузнецов В.И., Чаусов А.А. Координация в системах управления гесметрическими параметрами проката // Координирующее управление в технических и природных системах. Тез. докл. I науч.-тех. конф. Алушта, 1991. С. 30.

10. Кузнецов В.И., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б., Алексеева В.Я. Синтез на персональных ЭВМ оптимальных линейных систем. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине ТАУ. Харьков. ХИПИ, 1991. С. 17-25.

11. Кирпиленко Л. Н., Курцева Л. Б. Компьютерная технология обучения ТАУ // Компьютерная технология обучения в высшей школе. Тез. докл. II всесоюзной конф. Севастополь. СВВМУ, 1990. С. 16.

12. Кузнецов В.И., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б. Синтез итерационных фильтров // Опыт разработки внедрения цифровых и анало-

говых фильтров и корректоров в системах связи. Тез. докл. конф. Севастополь. СВВМУ, 1990. С. 37.

13. Кузнецов Б.И., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б. Программное обеспечение реконфигурации многоканальных систем повышенной живучести // Гибридные интеллектуальные системы. Часть 2. Тез. докл. всесоюз. науч. практ. конф. Ростов-на-Дону-Терскол, 1991. С. 64-65.

14. Кузнецов Б.И., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б. Экспериментальная модель БГИМ // Методология измерений. Материалы науч.-тех. конф. Ленинград, 1991. С. 168-169.

15. Кузнецов Б.И., Хен О.Г., Петров Н.П., Прокопенко Е.А., Курцева Л.Б. Микропроцессорное управление ГНУ АСУТП прокатных станов // Микропроцессорные комплексы для управления технологическими процессами. Материалы всесоюзной конф. Грозный, 1991. С. 137.

16. Кузнецов Б.И., Курцева Л.Б., Прокопенко Е.А., Хен О.Г., Петров Н.П. Комплекс программ моделирования многоклетевых станов холодной прокатки на персональной ЭВМ. Материалы всесоюзной конф. по математическому и машинному моделированию. Воронеж, ВТИ, 1991. С. 240.

Авторские свидетельства

17. А.С. 1729642. Устройство для регулирования профиля и формы полосы на стане кварто. (Кузнецов Б.И., Петров Н.П., Хен О.Г., Левченко В.М., Осокин В.А., Давыдов Ю.Б., Курцева Л.Б.) - опубл. в Б.И., 1992, N 16.

18. А.С. 1729643. Устройство для автоматического регулирования толщины полосы на прокатном стане. (Кузнецов Б.И., Петров Н.П., Хен О.Г., Левченко В.М., Осокин В.А., Лаптев В.Н., Курцева Л.Б.) - опубл. в Б.И., 1992, N 16.

М.И.П.

Ответственный за выпуск: канд. техн. наук, доц. Кравцов М.К.

Подписано к печати 16.11.1992 г.

Формат 60x84 1/16

Бумага тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0 Уч.-изд. л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ № 455. Бесплатно.

УГПШКИ "Тяжпромэлектропроект"

310072, Харьков, пр. Ленина, 56

469528

As 26.588
AV 26.588