

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Институт физико-технических проблем и материаловедения им. Ж. Жеенбаева

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Ельцина

Диссертационный совет Д. 05.11.034

На правах рукописи
УДК 681.5

Жолдошов Толкунбек Мамытович

**Синтез алгоритмов автоматического
управления технологическими объектами по
заданным инженерным показателям**

**Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2013

Работа выполнена в Национальной академии наук Кыргызской Республики

Научный руководитель доктор технических наук,
член-корреспондент НАН КР,
лауреат Государственной премии КР,
Заслуженный деятель науки КР
Оморов Т.Т.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Баймухамедов М.Ф.

кандидат технических наук, доцент
Кармышаков А.К.

Ведущая организация: Ошский технологический университет

Защита состоится «25» октября 2013 года в 14-00 часов на заседании Межведомственного диссертационного совета Д.05.11.034 при Институте физико-технических проблем и материаловедения им. Ж.Жеенбаева НАН КР, Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Ельцина, по адресу: 720071, г. Бишкек, пр. Чуй, 265-а, главный корпус НАН КР.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан «24» сентября 2013 г.

Ученый секретарь Межведомственного
диссертационного совета Д 05.11.034
кандидат физико-математических наук



В. В. Алиферов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Автоматизация технологических процессов в различных отраслях экономики предъявляет достаточно высокие требования к системам автоматического управления (САУ), которые используются как технологии для оптимизации и повышения эффективности производства. При этом, актуальной является проблема совершенствования автоматических систем с учетом сложности объектов управления и повышения требований к качеству выходной продукции, что обуславливает модернизацию существующих и разработку новых принципов и алгоритмов автоматического управления.

Управляемые системы обладают рядом особенностей, в частности, они в большинстве случаев имеют сложные математические модели, являются многомерными нестационарными объектами и функционируют в условиях существенной неопределенности, т.е. в целях проектирования САУ не удастся обеспечить полную идентификацию объектов управления и осуществлять контроль внешних возмущающих воздействий.

Как известно, для оценки качества САУ используются прямые (первичные) и косвенные критерии. Наиболее естественным первичным критерием является критерий, основанный на допустимости переходных процессов САУ. При этом, считается, что система обладает допустимым качеством, если процессы, вызванные действием внешних возмущений или начальным отклонением координат системы от требуемых желаемых (эталонных) значений, не выходят за пределы заданных допустимых областей (множеств). Границы этих множеств определяются предельными значениями таких инженерных показателей, как быстродействие и точность системы. Разработанные в рамках этого подхода методы синтеза регуляторов, в основном, являются приближенными, что не позволяет получать эффективные решения задачи проектирования САУ в условиях существенной неопределенности в описании объекта и действий неконтролируемых возмущений.

В отличие от концепции допустимости в теории оптимального управления развиваются подходы, основанные на использовании косвенных критериев. При этом наиболее часто используются интегральные, в частности, квадратические интегральные оценки качества процессов управления, которые не в полной мере учитывают первичные инженерные требования к проектируемой САУ, что связано с отсутствием функциональных соотношений между весовыми коэффициентами и желаемыми параметрами переходных процессов САУ. Для того, чтобы достичь требуемого качества управления, необходимо многократное повторение процедур синтеза методов оптимизации управления таких, как аналитическое конструирование оптимальных регуляторов, теория H^∞ , принцип максимума, математическое программирование.

В последние годы в рамках концепции допустимости интенсивно разрабатываются методы синтеза САУ многомерными технологическими объектами, использующие формализм принципа гарантируемой динамики.

Когда объекты управления имеют высокий порядок математических моделей с неопределенными параметрами и обладают нестационарными свойствами, применение этих методов для проектирования регуляторов САУ также представляет определенные трудности.

С другой стороны, в настоящее время идет активный процесс математизации современной теории управления без учета инженерных особенностей и технических аспектов задач управления. Данное обстоятельство привело, в определенной степени, к некоторому разрыву между теорией и практикой автоматизации процессов управления. В связи с этим, актуальной является проблема разработки и совершенствования конструктивных методов синтеза регуляторов САУ многомерными технологическими объектами, с учетом неполной информации об их функционировании и инженерных требований к проектируемым системам управления.

Диссертационная работа выполнена в рамках проектов фундаментальных исследований Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Целью диссертационной работы является развитие методов синтеза многомерных САУ, в условиях полной и неполной информации, на основе принципа гарантируемой динамики и их применение при проектировании регуляторов для технологических объектов.

Задачи исследований:

- математическое описание инженерных требований к проектируемым САУ;
- разработка методологических основ синтеза регуляторов САУ на основе принципа гарантируемой динамики;
- разработка новых алгоритмов синтеза систем управления многомерными техническими и технологическими объектами, в условиях полной и неполной информации об объекте и внешних возмущениях;
- динамический расчет регуляторов САУ для ряда технологических объектов;
- моделирование и анализ спроектированных САУ.

Научная новизна полученных результатов состоит в развитии теоретических основ динамического проектирования систем автоматического управления за счет разработки новых методов и алгоритмов синтеза регуляторов САУ многомерными техническими объектами.

Практическая ценность результатов работы. Результаты диссертации могут быть использованы при динамическом проектировании автоматических регуляторов систем управления технологическими объектами, а также при разработке алгоритмического и специального программного обеспечения автоматизированных информационных систем управления технологическими процессами в различных отраслях экономики.

На защиту выносятся следующие научные результаты:

- общая методология синтеза САУ на основе принципа гарантируемой динамики;
- метод синтеза робастной многомерной управляющей подсистемы, с учетом ограничений на управление, по инженерным показателям качества;
- алгоритм синтеза регуляторов САУ с переменной структурой для линейных многомерных нестационарных объектов;
- метод синтеза динамического регулятора для линейной стационарной системы управления;
- алгоритм построения идентификаторов состояний линейных многомерных САУ;

Реализация результатов работы. Результаты исследований использованы в ОсОО «Деском» и в учебном процессе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Личный вклад соискателя. Все основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором под руководством научного руководителя.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на:

- международной научной конференции “Информационные технологии и управление”, Институт автоматизации НАН КР, Бишкек, 2007;
- международной научной конференции «Информационные технологии и управление». - Бишкек: 2008;
- XV международной научно-технической конференции «Моделирование, идентификация, синтез систем управления», Москва - Донецк, 2012;
- VI міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій”, Запоріжжя, 2012;
- XII международной заочной научно-практической конференции «Технические науки - от теории к практике», Новосибирск, 2012 ;
- II международной научной конференции «Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений», Бишкек, 2013
- научных семинарах лаборатории “Адаптивные и интеллектуальные системы” Института физико-технических проблем и материаловедения НАН КР.

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликовано 14 научных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 126 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, который включает 145 наименований, содержит 36 рисунков, 2 таблицы и приложения.

Автор выражает благодарность д.т.н., профессору Джолдошову Б.О. за консультации по научным проблемам автоматизации процессов управления.

Основное содержание работы

Во введении приведены цель работы, актуальность темы диссертации, краткое описание используемых в работе подходов к построению САУ, научная новизна, практическая ценность полученных результатов и краткое содержание работы.

В первой главе дано описание нескольких, практически, важных объектов автоматизации. Вначале, в качестве объекта управления рассматривается технологический комплекс, представляющий собой взаимосвязанную систему из двух электроприводов, выполняющую функцию намотки длинномерных материалов. Получена математическая модель объекта в виде системы дифференциальных уравнений с переменными параметрами. В целях повышения показателей качества технологического процесса, необходимо решить проблему динамического проектирования регулятора, обеспечивающего взаимосвязанное функциональное управление электроприводами, параметры которых изменяются в существенных пределах. Далее, рассматриваются технологический резервуар, предназначенный для получения смеси с заданной концентрацией, и синхронная машина, совместно с турбиной. Даны описания указанных объектов в пространстве состояний. Отмечаются такие их особенности, как нестационарность и неопределенность параметров математических моделей. В конце главы приведен краткий обзор методов синтеза САУ динамическими объектами.

Во второй главе сформулирована общая постановка задачи синтеза САУ динамическими объектами, дана характеристика инженерных показателей качества систем управления, описаны основные положения принципа гарантируемой динамики, сформулирована общая методика синтеза САУ на его основе.

В работе предполагается, что объект управления описывается, в общем, случае следующим векторным дифференциальным уравнением в переменных состояниях:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t), \xi(t), q), \quad x(t_0) = x^0, \quad t \in t_0, t_k, \quad q \in Q, \quad (1)$$

где $f(\cdot) = [f_1(\cdot), f_2(\cdot), \dots, f_n(\cdot)]^T$ – n -мерная вектор-функция, компоненты которой, в общем случае, являются непрерывно-дифференцируемыми нелинейными функциями от своих аргументов; $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ – n -мерный вектор состояния объекта; $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$ – m -мерный вектор управляющих воздействий; $\xi(t) = [\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_r(t)]^T$ – r -мерный вектор внешних возмущающих воздействий; $q = [q_1, q_2, \dots, q_\mu]$ – μ -мерный вектор-параметр объекта; Q – ограниченное подмножество параметров объекта; T – знак транспонирования; x^0 – начальное состояние объекта; t – текущее непрерывное время; t_0, t_k – моменты начала и окончания процесса управления.

Как известно, система автоматического управления (рис.1) состоит из объекта управления и управляющей подсистемы (регулятора), основная

функция которой состоит в поддержании компонентов $y_i(t)$, $i=\overline{1,N}$, вектора управляемых переменных $y(t)=[y_1(t), y_2(t), \dots, y_N(t)]$ в соответствии с желаемой программой движения $g(t)$, при наличии возмущающих воздействий, определяемых вектором возмущений $x(t)$.

Регулятор осуществляет реализацию алгоритма (закона) управления $u(t)$ на основе вектора ошибки управления $e(t)$:

$$e(t) = g(t) - y(t).$$

Функциональная связь между векторами управляемых переменных $y(t)$ и состояния $x(t)$ объекта управления определяется формулой:

$$y(t) = C \cdot x(t), \quad (2)$$

где C - заданная вещественная матрица размерности $N \times n$.

Предполагается, что заданы следующие исходные данные:

- математическая модель объекта управления в пространстве состояний (1) и вектор выхода $y(t)$ проектируемой САУ.
- алгоритм функционирования САУ, т.е. цель управления в виде вектора задания $g(t)$.
- инженерные требования к качеству проектируемой САУ в форме векторов $\Pi_i = [T_i^*, \sigma_i^*, \Delta_i]$, $i=\overline{1,N}$, где T_i^* , σ_i^* , Δ_i - значения времен регулирования, допустимых максимальных динамических и статических ошибок управления соответственно по каждой управляемой переменной $y_i(t)$.

Задача синтеза регулятора САУ формулируется следующим образом. На основе указанных выше исходных данных, необходимо определить структуру и параметры закона управления $u(t)$ для динамического объекта (1), обеспечивающие устойчивость замкнутой системы и заданные инженерные показатели качества проектируемой САУ.

Решение сформулированной задачи, далее, осуществляется в условиях полной и неполной информации об управляемом объекте. В случае полной информации, считается, что вектор-параметр объекта q задается точно а компоненты вектора возмущений $\xi(t)$ являются детерминированными, т.е. известными функциями. В случае, если вектор-параметр q точно неизвестен, а имеет параметрическую неопределенность, задача синтеза регулятора решается в условиях неопределенности.

При этом можно выделить следующие задачи:

- 1) задача параметрического синтеза регулятора;
- 2) задача структурного синтеза регулятора.

В первом случае структура закона управления задается. В частности, если регулятор строится с использованием линейных обратных связей, закон управления имеет вид:



Рис. 1. Общая структура САУ.

$$u(t) = K \cdot e(t),$$

где $K = k_{ij}$ $m \times n$ - матрица искомого регулятора.

Во втором случае структура и параметры искомого закон управления определяются одновременно в процессе синтеза регулятора САУ.

Рассматриваются вопросы, связанные с использованием в задачах синтеза САУ известных критериев: интегральные показатели качества; критерий допустимого качества проф. В.В. Солодовникова. В работе, для динамического проектирования регуляторов САУ, используются критерий допустимого качества и принцип гарантируемой динамики.

Вначале, рассматривается проблема построения некоторой динамической системы (S), обладающей заданными динамическими свойствами и функционирующей в интервале t_0, t_k . Предполагается, что общая эффективность этой системы определяется вектор-функцией $I(t) = [I_1(t), I_2(t), \dots, I_N(t)]$, где $I_i(t)$ - скалярные оценочные функции, определяющие качество отдельных подсистем или их функций. Пусть задача состоит в определении структуры \hat{S} и (или) параметров p_1, p_2, \dots, p_μ системы, обеспечивающих выполнение критериальных условий:

$$|I_i(t)| \leq \sigma_i(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где $\sigma_i(t)$ - положительные функции, задающие верхние и нижние границы соответствующих допустимых областей $\tilde{I}_i(t)$ для оценочных функций $I_i(t)$:

$$\tilde{I}_i(t) = \{I_i(t) \in R^1 : |I_i(t)| \in [\sigma_i^-(t), \sigma_i^+(t)]\}, \quad i = \overline{1, N}.$$

Таким образом, сформулированная цель достигается, если выбрать структуру \hat{S} и вектор-параметр $p = [p_1, p_2, \dots, p_\mu]$ рассматриваемой системы S так, чтобы компоненты $I_i(t)$ вектора $I(t)$ принадлежали соответствующим подмножествам $\tilde{I}_i(t)$, т.е. $I_i(t) \in \tilde{I}_i(t)$. Можно отметить, что многие важные прикладные задачи выбора решений в различных областях техники (автоматики, радиотехники, мехатроники и др.) можно свести к такой постановке. Математические условия, выполнение которых обеспечивает достижение заданных критериальных ограничений (3), получены в рамках принципа гарантируемой динамики, и определяются следующей теоремой.

Теорема 1. Пусть $|I_i(t_0)| \leq \sigma_i(t_0)$, $i = \overline{1, N}$. Тогда, для того, чтобы при $t > t_0$ оценочные функции $I_i(t)$ удовлетворяли условиям (3), достаточно выполнения функциональных соотношений

$$\int_{t_0}^t \dot{I}_i(t) dt - \sigma_i(t) \leq 0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Таким образом, обеспечивая выполнение функциональных неравенств (4), можно гарантированным образом достичь принадлежность оценочных функций $I_i(t)$ заданным допустимым областям $\tilde{I}_i(t)$, т.е. $I_i(t) \in \tilde{I}_i(t)$. При этом, описание подмножеств $\tilde{I}_i(t)$ дается следующими соотношениями:

$$I_i(t) \in \tilde{I}_i(t) \text{ OR }^1: \int_0^t \dot{I}_i(\tau) \dot{X}_i(\tau) - s_i(\tau) \dot{s}_i(\tau) d\tau \leq 0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Критериальные условия (4) являются основными функциональными соотношениями принципа гарантируемой динамики.

Далее, для того, чтобы использовать соотношения (4) для синтеза САУ многомерными технологическими объектами принимается, что оценочные функции $I_i(t)$ определяются компонентами $e_i(t)$ вектора ошибки управления $e(t)$:

$$I_i(t) = e_i(t), \quad i = \overline{1, N}.$$

Тогда критериальные условия (4) принимают следующий вид:

$$\int_0^t e_i(\tau) \dot{e}_i(\tau) - \sigma_i(\tau) \dot{\sigma}_i(\tau) d\tau \leq 0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}. \quad (6)$$

Структура соотношений (6) такова, что в нее одновременно входят желаемые состояния (задающие воздействия) $g(t)$ и скорости изменения компонентов вектора ошибки управления $\dot{e}(t)$, а также инженерные требования к качеству регулирования, определяемые положительными функциями $\sigma_i(t)$. Следовательно, эти условия устанавливают связи между желаемым состоянием объекта управления, его динамическими свойствами и требуемыми инженерными показателями качества проектируемой САУ, что дает возможность использовать их для построения методов и алгоритмов синтеза САУ многомерными динамическими объектами.

Описание допустимых подмножеств $E_i(t)$ для переходных процессов $e_i(t)$ определяется следующими соотношениями:

$$E_i(t) = \tilde{E}_i(t) \text{ OR }^1: \int_0^t [e_i(\tau) \dot{e}_i(\tau) - s_i(\tau) \dot{s}_i(\tau)] d\tau \leq 0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}.$$

Таким образом, выполнение функциональных неравенств (6) гарантированным образом обеспечивает принадлежность ошибок управления $e_i(t)$ заданным допустимым областям $E_i(t)$, т.е. $e_i(t) \in E_i(t)$.

На основе критериальных условий (6) разработана общая методология синтеза регуляторов САУ многомерными технологическими объектами в виде обобщенного алгоритма.

В третьей главе рассматривается применение принципа гарантируемой динамики для синтеза регуляторов САУ и идентификации состояний многомерных САУ.

В начале, рассматривается многомерный объект управления, динамика которого описывается векторным уравнением в отклонениях ($e(t)=x(t)$):

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (7)$$

где $A = \|a_{ij}\|_{n \times n}$, $B = \|b_{ij}\|_{n \times m}$; x^0 - состояние объекта в начальный момент времени t_0 ; t_k - конечный момент управления.

Далее, предполагается, что:

- 1) объект (7) обладает свойством управляемости;
- 2) компоненты вектора состояния $x(t)$ доступны для измерения;
- 3) задана структура регулятора, определяемая уравнением вида $u(t) = Kx(t)$,

где $K = \|k_{il}\|_{m \times n}$ матрица обратной связи (регулятора);

- 4) заданы ограничения на компоненты вектора управления $u(t)$:

$$|u_\ell(t)| \leq u_\ell^*, \quad \ell = \overline{1, m}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (8)$$

где u_ℓ^* - максимально допустимое значение управляющей переменной $u_\ell(t)$.

Допустимое подмножество U для вектора $u(t)$ определяется соотношением

$$U = \{u \in R^m : u_\ell(t) \in U_\ell, \quad \ell = \overline{1, m}\},$$

где допустимые области

$$U_\ell = \{u_\ell \in R^1 : |u_\ell(t)| \leq u_\ell^*, \quad \ell = \overline{1, m}\}.$$

5) элементы матрицы A объекта управления имеют интервальную неопределенность, т.е.

$$A = A^* + \Delta A,$$

где $A^* = \|a_{ij}^*\|$ матрица объекта, размерностью $n \times n$, составленная из номинальных значений элементов матриц A ; ΔA - матрица, характеризующая неопределенности в задании объекта управления. Считается, что интервалы неопределенностей для матрицы A известны:

$$|\Delta a_{ij}| = |a_{ij} - a_{ij}^*| \leq \Delta a_{ij}^+,$$

где Δa_{ij}^+ - положительные числа, определяющие границы изменения параметрических возмущений Δa_{ij} .

Качество проектируемой САУ оценивается следующими критериальными соотношениями:

$$|x_i(t)| \leq \bar{b}_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (9)$$

где $\bar{b}_i(t)$ - положительные функции, которые задают максимально допустимые отклонения $x_i(t)$ в переходном процессе. Следует отметить, что выбор $\bar{b}_i(t)$ осуществляется по первичным (инженерным) требованиям к точности и быстродействию проектируемой системы.

Допустимая область $X_i(t)$ для $x_i(t)$ определяется выражением

$$X_i(t) = \{x_i \in \mathbb{R}^1: |x_i(t)| \leq \bar{b}_i(t)\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k].$$

Тогда, допустимое подмножество $X(t)$ для вектора $x(t)$ задается соотношением

$$X(t) = \{x \in \mathbb{R}^n: x_i \in X_i(t), \quad i = \overline{1, n}\}, \quad t \in [t_0, t_k].$$

В рассмотрение вводится вектор-параметр регулятора $p = [p_1, p_2, \dots, p_\mu]$ размерности $\mu = m \times n$, составленный из строк матрицы K . Для вектор-параметра p , на основе условий (8) и (9), определим следующие подмножества:

$$P_1 = \{p \in \mathbb{R}^\mu: x(t) \in X(t)\},$$

$$P_2 = \{p \in \mathbb{R}^\mu: u(t) \in U\}.$$

Задача синтеза регулятора заданной структуры, в условиях параметрической неопределенности в описании объекта, формулируется следующим образом. Найти вектор-параметр p регулятора, принадлежащий пересечению подмножеств P_1 и P_2 , т.е. $p \in P_1 \cap P_2$. При этом заданные требования (8) и (9) к проектируемой САУ будут удовлетворяться.

Для математического описания подмножеств P_1 и P_2 использованы функциональные соотношения (4) и (6) принципа гарантируемой динамики. При этом, показано, что подмножества P_1 и P_2 описываются следующими соотношениями:

$$P_1 = \{p \in \mathbb{R}^\mu: L_i p \leq 0, \quad i = \overline{1, n}\},$$

$$P_2 = \{p \in \mathbb{R}^\mu: L_v p \leq 0, \quad v = \overline{1, m}\},$$

$$\text{где } L_i p = \tilde{F}_i p - \dot{\bar{b}}_i t + \left(a_{ii}^* + \Delta a_{ii} + \tilde{b}_{ii} \right) \bar{b}_i t, \quad i = \overline{1, n}.$$

$$L_v p = \tilde{F}_v p, t - u_v^{*2} + m_{vv} u_v^{*2} (t - t_0), \quad v = \overline{1, m},$$

$$\tilde{F}_v p, t = \sup_{x \in X} F_v = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq v}}^n |d_{vj}| u_v^* \int_{t_0}^t \bar{b}_j(\tau) d\tau, \quad v = \overline{1, m},$$

$$\tilde{F}_i p, t = \sup_{x \in X} F_i M, x = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |a_{ij}^*| + \Delta a_{ij}^+ + \tilde{b}_{ij}^+ \bar{b}_j t, \quad i = \overline{1, n}.$$

Анализ подмножеств P_1 и P_2 и выбор вектор-параметра $p \in P_1 \cap P_2$ можно осуществить на основе известных методов.

Далее, рассматривается нестационарный линейный многомерный управляемый объект, математическая модель которого задана в отклонениях ($x(t) = e(t)$) в пространстве состояний:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t), \quad x(t_0) = x^0, \quad (10)$$

где вещественные матрицы $A(t) = \|a_{ij}(t)\|_{n \times n}$, $B(t) = \|b_{fi}(t)\|_{n \times m}$.

Предполагается, что объект обладает свойством управляемости, а компоненты вектора состояния $x(t)$ измеряются.

Проблема состоит в синтезе автоматического регулятора, обеспечивающего проектируемой системе управления заданные динамические свойства, т.е. устойчивость замкнутой САУ и требуемые показатели качества системы по точности и быстродействию.

Для решения сформулированной задачи синтеза используется следующая теорема.

Теорема 2. Пусть $x_i(t) \neq 0$, $i = \overline{1, n}$, и для каждого t_0 и $t > t_0$ выполняются условия

$$\int_{t_0}^t x_i(\tau) \dot{x}_i(\tau) d\tau < 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Тогда, модули невязок $|x_i(t)|$ с течением времени убывают и

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_i(t) = 0, \quad i = \overline{1, n}.$$

В целях использования соотношений (11) для синтеза искомого регулятора, введем следующие критериальные функции

$$J_i(t) = \int_{t_0}^t x_i(\tau) \dot{x}_i(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}.$$

Предполагается, что синтезируемый регулятор строится в виде линейной обратной связи по вектору состояния $x(t)$:

$$u(t) = K(t)x(t), \quad (12)$$

где матрица регулятора $K(t) = \|k_{ij}(t)\|_{n \times n}$.

С учетом закона управления (12), векторное уравнение объекта (10), замкнутого обратной связью, имеет вид

$$\dot{x}(t) = S(t)x(t),$$

где матрица замкнутой системы $S(t) = \|s_{ij}(t)\|_{n \times n}$ определяется по формуле:

$$S(t) = A(t) + B(t)K(t). \quad (13)$$

Критериальные условия (11) выполняются, если

$$J_i(t) < 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Анализ показывает, что функциональные неравенства (14) удовлетворяются, если параметры $s_{ij}(t)$ замкнутой САУ выбрать в следующем виде:

$$s_{ij}(t) = s_{ij}^* \text{sign}[x_i(t)x_j(t)], \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (15)$$

где вещественные параметры

$$s_{ij}^* < 0, \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (16)$$

Матрица $K(t)$ регулятора, обеспечивающая выполнение соотношений (14), следовательно, и выполнение критериальных условий (11), определяется из матричного соотношения (13):

$$B(t)K(t) = S(t) - A(t), \quad (17)$$

где элементы $s_{ij}(t)$ матрицы $S(t)$ определяются по формулам (15).

В результате справедлива следующая теорема.

Теорема 3. Пусть управляемый объект и алгоритм управления $u(t)$ описываются, соответственно, соотношениями (10) и (12). Тогда, для выполнения критериальных условий (11), параметры замкнутой САУ должны определяться по формуле

$$s_{ij}(t) = s_{ij}^* \text{sign}[x_i(t)x_j(t)], \quad i, j = \overline{1, n},$$

а матрица регулятора должна удовлетворять матричному соотношению (17).

Таким образом, проблема синтеза регулятора для многомерной линейной нестационарной системы (10) сводится к решению матричного уравнения (17) относительно матрицы линейной обратной связи $K(t)$.

В случае, когда $m=n$, а $B(t)$ имеет обратную матрицу $B^{-1}(t)$, матрица регулятора $K(t)$ определяется в явной форме:

$$K(t) = B^{-1}(t) S(t) - A(t). \quad (18)$$

В противном случае, а также, когда $B(t)$ не является квадратной, нахождение решения уравнения (17) можно осуществить на основе обобщенного B^+ обращения матрицы B :

$$K(t) = B^+(t) S(t) - A(t).$$

Предложенный подход к синтезу линейных нестационарных САУ, по существу, является новым методом динамического проектирования автоматических регуляторов с переменной структурой (СПС). В отличие от подходов теории СПС, разработанный метод не предполагает организацию в системе режима скольжения. При этом, достижение цели управления обеспечивается за определенное количество переключений структуры регулятора, а условия устойчивости замкнутой САУ определяются теоремой 2, т.е. критериальными соотношениями (11). Техническая реализация матрицы регулятора, определяемая выражением (18), не вызывает особых трудностей.

Далее, рассматривается задача синтеза динамического регулятора для линейного нестационарного многомерного объекта, описываемого векторным уравнением (7).

Предполагается, что:

- 1) объект (7) обладает свойством управляемости;
- 2) все компоненты вектора состояния $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ доступны для измерения;
- 3) структура синтезируемого динамического регулятора известна, его функционирование описывается векторным линейным уравнением:

$$\dot{x}(t) = Mx(t) + D u(t), \quad (19)$$

где M и D – матрицы искомого регулятора:

$$M = \{m_{vi}\}_{m \times m}; \quad D = \{d_{vi}\}_{m \times n}.$$

Задача состоит в определении матриц M и D динамического регулятора, обеспечивающих заданные динамические свойства замкнутой САУ.

На основе теоремы 1, получено следующее уравнение синтеза динамики искомого регулятора:

$$\dot{B}u(t) = Lu(t) + Fx(t), \quad (20)$$

где $L = \{l_{ij}\}_{n \times m}$ и $F = \{f_{ij}\}_{n \times n}$ - вещественные матрицы, элементы которых определяются по следующим формулам:

$$l_{i\ell} = -\sum_{j=1}^n a_{ij} b_{j\ell}, \quad \ell = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n},$$

$$f_{ik} = -\sum_{j=1}^n a_{ij} a_{jk}, \quad k = \overline{1, n}, \quad i \neq j,$$

$$f_{ii} = \alpha_i^{-1} - \sum_{j=1}^n a_{ij} a_{ji}, \quad i = \overline{1, n}.$$

В случае, когда $m = n$, а $B(t)$ имеет обратную матрицу $B^{-1}(t)$, имеем, что

$$\dot{u}(t) = B^{-1}Lu(t) + B^{-1}Fx(t). \quad (21)$$

Отсюда получаем, что искомые матрицы динамического регулятора определяются по следующим формулам:

$$M = B^{-1}L; \quad D = B^{-1}F. \quad (22)$$

В противном случае, а также, когда B не является квадратной, нахождение решения уравнения (20) можно осуществить на основе обобщенного обращения B^+ матрицы B . В этом случае искомые матрицы

$$M = B^+L; \quad D = B^+F, \quad (23)$$

которые дают квазирешение уравнения (20).

Структура САУ с синтезированным динамическим регулятором показана на рис. 2.

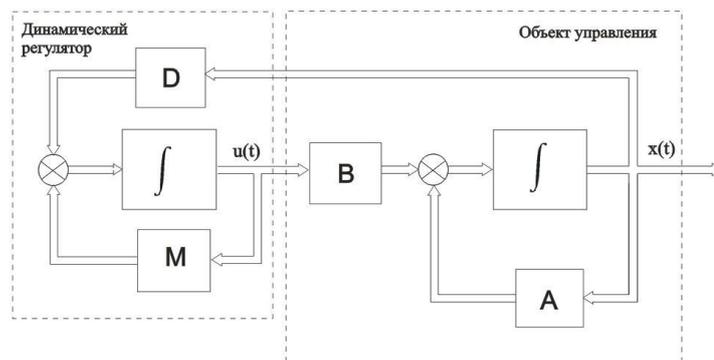


Рис. 2. Структура САУ с динамическим регулятором.

Алгоритм синтеза динамического регулятора включает следующие основные этапы:

Шаг 1. Задание модели объекта управления (7).

Шаг 2. Задание требований к динамическим свойствам проектируемой САУ (в частности, к быстродействию системы через времена регулирования T_i^*).

- Шаг 3.** Выбор структуры закона функционирования (19) динамического регулятора.
- Шаг 4.** Формирование уравнения синтеза регулятора (20).
- Шаг 5.** Определение матриц M и D модели динамического регулятора по формуле (22) или (23).
- Шаг 6.** Компьютерное моделирование спроектированной замкнутой САУ и анализ качества переходных процессов.

В случае, если результаты моделирования показывают, что синтезированная САУ не обеспечивает заданные динамические свойства, то варьируются компоненты вектора настроечных параметров регулятора.

Далее, рассматривается задача синтеза наблюдающего устройства (рис. 3) полного порядка для линейного многомерного нестационарного объекта, динамика которого описывается векторным уравнением в переменных состояния (10). Вектор выхода объекта $y(t) = C \cdot x(t)$, где его размерность $N < n$.



Рис. 3. Структура САУ с наблюдающим устройством.

Математическая модель линейного наблюдателя полного порядка (идентификатора) дается известным векторным уравнением:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + H(t)[y(t) - Cx(t)], \quad (24)$$

где $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]$ – n -мерный вектор состояния идентификатора; $H(t) = [h_{ij}]_{n \times N}$ – $n \times N$ -мерная матрица идентификатора.

Вводится вектор невязки

$$e(t) = x(t) - \hat{x}(t),$$

который определяет ошибку восстановления вектора состояния $x(t)$.

Задача синтеза идентификатора для нестационарного линейного объекта (10) заключается в определении элементов матрицы $H(t)$, обеспечивающих стремление к нулю компонентов вектора ошибки идентификации $e(t)$, т.е. $e_i(t) \rightarrow 0, i = \overline{1, n}$.

Для решения сформулированной задачи использована теорема 2. При этом, считается, что $x_i(t) = e_i(t), i = \overline{1, n}$. Алгоритм синтеза наблюдающего устройства получен на основе методики синтеза САУ с переменной структурой.

В четвертой главе теоретические результаты работы использованы для решения прикладных задач управления технологическими объектами.

Вначале, рассматривается технологический объект (рис. 4), предназначенный для намотки длинномерных материалов (лента, проволока и др.).

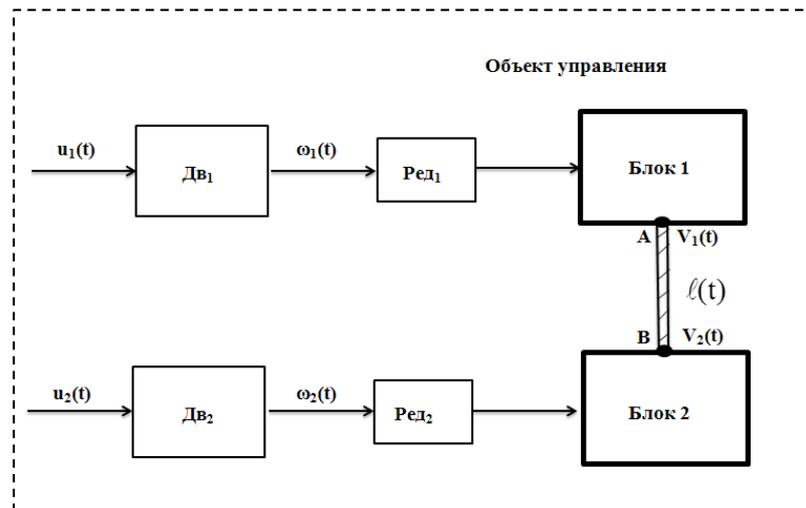


Рис. 4. Обобщенная схема объекта управления.

Обрабатываемый материал проходит через валки, установленные в Блоке 1 и наматывается на приемную катушку, которая представляет собой Блок 2. Вращение указанных функциональных элементов осуществляется двумя двигателями Дв₁ и Дв₂ через соответствующие редукторы (Ред₁, Ред₂). Основными технологическими переменными являются:

- линейные скорости $V_1(t)$ и $V_2(t)$ движения обрабатываемого материала на выходе Блока 1 и на входе Блока 2, т.е. в точках А и В соответственно;
- текущая длина обрабатываемого материала $\ell(t)$ между точками А и В.

Управляющими воздействиями $u_1(t)$ и $u_2(t)$ являются напряжения, подаваемые на входы соответствующих усилителей мощности.

Качество технологического процесса намотки зависит от эффективности взаимосвязанного функционального управления электроприводами, что требует синтеза автоматического регулятора, обеспечивающего стабилизацию линейных скоростей $V_1(t)$, $V_2(t)$ и длины $\ell(t)$ обрабатываемого материала в соответствии с их заданными (желаемыми) значениями (V^*, ℓ^*) , т.е.

$$g_1(t)=V^*, \quad g_2(t)=V^*, \quad V^*=\text{const}, \quad g_3(t)=\ell^*=\text{const}. \quad (25)$$

Задача синтеза САУ для рассматриваемого технологического объекта заключается в определении управляющих воздействий $u_1(t)$ и $u_2(t)$, обеспечивающих заданный алгоритм функционирования (25) и требуемое быстродействие $(T_i^*, i = \overline{1,3})$ проектируемой автоматической системы.

Для синтеза искомого алгоритма управления использован метод динамического проектирования регулятора с переменной структурой, предложенный в главе 3. Вначале построена математическая модель объекта управления, которая в матричной форме имеет вид (10). При этом вектор состояния

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \\ \Delta\ell(t) \end{bmatrix}, \text{ а вектор управляющих воздействий } u(t) = u_1(t), u_2(t)^T,$$

где $v_1(t)$, $v_2(t)$, $\Delta\ell(t)$ - ошибки управления, т.е. отклонения переменных $V_1(t)$, $V_2(t)$, $\ell(t)$ от их желаемых значений V^* , ℓ^* соответственно. Матрицы объекта управления:

$$A(t) = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & \tilde{a}_2 & 0 \\ a_1 & a_3 V_2^* - a_2 & 0 \end{bmatrix}; \quad B(t) = \begin{bmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix},$$

где

$$a_1 = -0,5c^{-1}, \quad a_2 = \frac{-0,018}{J_2(t)}, \quad a_3 = \frac{0,1640 \cdot 10^{-3}}{r^2(t)}, \quad \tilde{a}_2 = a_2 + 6a_3,$$

$$b_1 = 5,0 \text{ рад} / (B \cdot c^2), \quad b_2 = \frac{r(t)}{J_2(t)}.$$

Здесь $r(t)$ – радиус приемной катушки; $J_2(t)$ – момент инерции, приведенный к валу D_{B2} .

Закон управления $u(t)$ с обратной связью имеет вид:

$$u(t) = K(t)x(t),$$

где матрица регулятора $K(t) = \{k_{ij}(t)\}$, $i=1,2$, $j=1,2,3$.

В соответствии с методикой построения регулятора синтезирован искомый закон управления $u(t)$, компоненты которого имеют вид:

$$u_1(t) = \left(\frac{s_{21}}{3b_1} \frac{2(a_1 - s_{11})}{3b_1} + \frac{a_1 - s_{31}}{3b_1} \right) x_1 + \left(\frac{(a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3)}{3b_1} + \frac{2s_{12}}{3b_1} + \frac{\tilde{a}_2 - s_{22}}{3b_1} \right) x_2 +$$

$$+ \left(\frac{2s_{13}}{3b_1} - \frac{s_{23}}{3b_1} + \frac{s_{33}}{3b_1} \right) x_3; \quad (26)$$

$$u_2(t) = \left(\frac{2s_{21}}{3b_2} + \frac{a_1 - s_{11}}{3b_2} - \frac{a_1 - s_{31}}{3b_2} \right) x_1 - \left(\frac{s_{12}}{3b_2} - \frac{a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3}{3b_2} + \frac{2(\tilde{a}_2 - s_{22})}{3b_2} \right) x_2 +$$

$$+ \left(\frac{2s_{23}}{3b_2} - \frac{s_{13}}{3b_2} + \frac{s_{33}}{3b_2} \right) x_3,$$

где элементы матрицы $S(t)$:

$$s_{ij}(t) = s_{ij}^* \text{sign}[x_i(t)x_j(t)], \quad i, j = \overline{1,3}.$$

В целях определения качества и эффективности спроектированной САУ, проведено ее компьютерное моделирование с использованием программной системы MATLAB/Simulink. Моделирование выполнено при следующих параметрах технологического объекта:

$$J_1 = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{с}^2, \quad \beta_1 = 0,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}, \quad \eta_1 = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{рад} / (B \cdot \text{с}^2),$$

$$J_2(t_0) = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{с}^2, \quad \beta_2 = 0,018 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}, \quad \eta_2 = 0,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{рад} / (B \cdot \text{с}^2),$$

где J_1 - момент вращения Дв₁; $\eta_1, \eta_2, \beta_1, \beta_2$ - коэффициенты, характеризующие моменты вращения и сопротивления соответственно.

Требования к проектируемой САУ определены следующим образом:

$$g_1(t)=g_2(t)=V^*=3,5 \text{ м/с}, \quad T_1 J \ 3,0 \text{ с}, \quad i = \overline{1,3}.$$

Параметры синтезированного закона управления $u(t)$ имеют следующие значения:

$$s_{1i}^* = -0.005; \quad s_{2i}^* = -0.05; \quad s_{3i}^* = -0.005; \quad i = \overline{1,3}.$$

Результаты компьютерного моделирования при различных начальных условиях показаны на рис. 5-6.

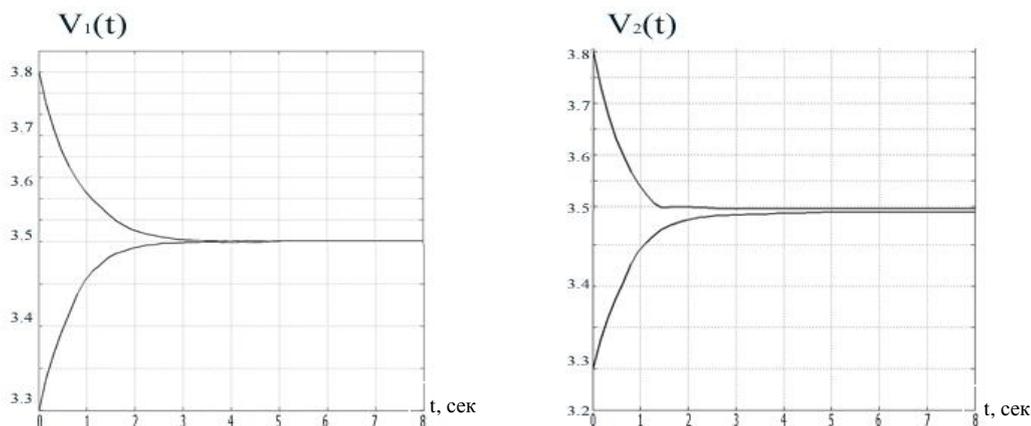


Рис.5. Динамика управляемых переменных $V_1(t)$ и $V_2(t)$.

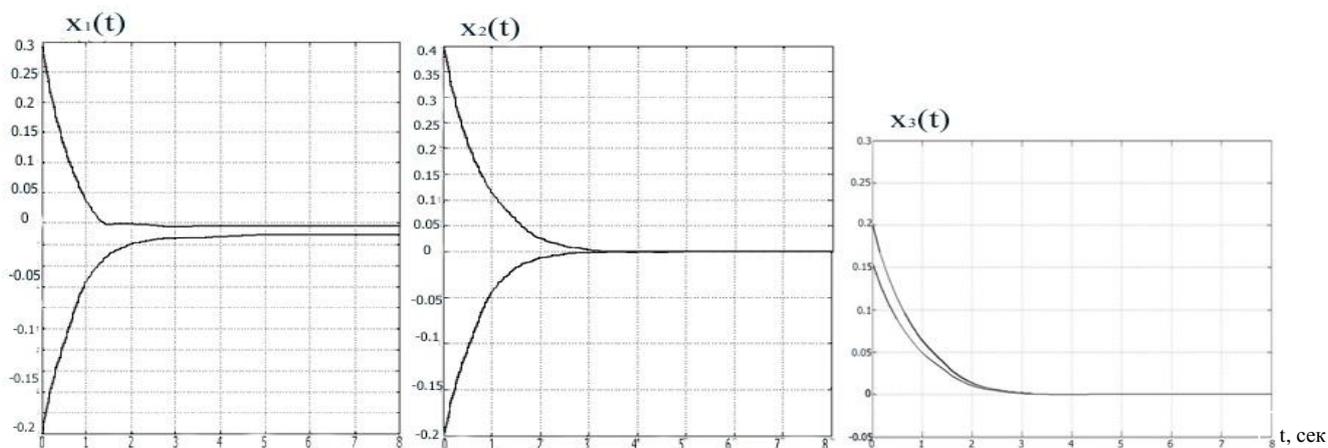


Рис.6. Ошибки управления $x_i(t)$, $i=1,2,3$.

Анализ результатов моделирования показывает, что синтезированный алгоритм (закон) управления, определяемый формулами (26), обеспечивает заданные инженерные требования к проектируемой САУ.

В работе также выполнены расчеты по динамическому проектированию САУ температурным режимом процесса выращивания поликристаллического кремния и технологического резервуара, предназначенного для получения смеси с заданной концентрацией.

ВЫВОДЫ

В диссертационной работе выполнены исследования, направленные на создание алгоритмов автоматического управления многомерными технологическими объектами на основе принципа гарантируемой динамики. В соответствии с этим принципом для оценки качества процессов управления используются инженерные показатели качества, такие как: быстродействие и точность проектируемых систем управления. Процедура синтеза САУ осуществляется в условиях полной и неполной информации с использованием функциональных соотношений, определяющих условия достижения целей управления при заданных требованиях к качеству переходных процессов.

В диссертационной работе получены следующие основные научные результаты:

- 1) предложена общая методология синтеза САУ на основе принципа гарантируемой динамики;
- 2) разработан алгоритм робастного управления для линейной многомерной стационарной САУ с учетом ограничений на управление по инженерным показателям качества;
- 3) разработан алгоритм синтеза регуляторов САУ с переменной структурой для линейных многомерных нестационарных объектов;
- 4) предложен алгоритм синтеза динамического регулятора для линейной стационарной системы управления;
- 5) разработана процедура построения идентификаторов состояний линейных многомерных САУ.

Основные свойства предложенных алгоритмов автоматического управления заключаются в том, что они обеспечивают гарантированные результаты по достижению заданных инженерных требований к проектируемому САУ.

На основе разработанных алгоритмов, выполнен синтез САУ взаимосвязанными электроприводами, выполняющую функцию намотки длинномерных материалов, а также динамический расчет параметров регуляторов системы управления температурным режимом процесса выращивания поликристаллического кремния и технологического резервуара, предназначенного для получения смеси с заданной концентрацией. Компьютерное моделирование синтезированных автоматических систем показало их достаточно высокую эффективность. Результаты исследований использованы в ОсОО «Деском» и учебном процессе Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. **Жолдошов Т.М.** К проектированию цифрового регулятора многомерной системы в условиях неполной информации [Текст]/ Т.М. Жолдошов, Б.О. Джолдошев, Т. Т. Оморов и др. // Известия ОшГУ, 2010, №2, -С. 206-212.
2. **Жолдошов Т.М.** Синтез автоматического регулятора для нелинейных систем с учётом инженерных показателей качества [Текст]/ Т.М. Жолдошов, Б.О. Джолдошев, Т. Т. Оморов и др.// Вестник ОшГУ, 2011, №1, -С. 58-69.
3. **Жолдошов Т.М.** К динамическому проектированию робастного управляющего устройства для линейных автоматических систем [Текст]/ Т.М. Жолдошов, Б.О. Джолдошев, Т.Т. Оморов и др // Ташкент: Международный научно-технический журнал «Химическая технология, контроля и управления», № 3 (39), 2011, -С.53-57.
4. **Жолдошов Т.М.** Разработка математической модели гидроагрегата [Текст]/ Т.М. Жолдошов // Известия ОшГУ, 2011, №2, -С. 24-33.
5. **Жолдошов Т.М.** Моделирование процессов гидрогенератора [Текст]/ Т.М. Жолдошов // Известия ОшГУ, 2011, №2, -С. 37-44.
6. **Жолдошов Т.М.** Робастное управление для линейных многомерных автоматических систем [Текст]/ Т.М. Жолдошов // Вестник КНУ им. Жусуп Баласагына, Выпуск 2, 2012, -С. 27-33.
7. **Жолдошов Т.М.** Метод синтеза автоматических регуляторов для нестационарных линейных многомерных систем [Текст]/ Т.Т. Оморов, Г.А. Кожекова, Т.М. Жолдошов// Известия НАН КР. Бишкек: Илим, 2012, №3, -С.90-93.
8. **Жолдошов Т.М.** Проектирование наблюдающих устройств линейных многомерных нестационарных объектов управления [Текст]/ Т.М. Жолдошов, Т.Т. Оморов, Г.А. Кожекова// Интернет-журнал, ВАК КР, выпуск 2, 2012, <http://nakk.org:81/jurnal/>
9. **Жолдошов Т.М.** Синтез динамической управляющей подсистемы для стационарного многомерного объекта [Текст]/ Т.М. Жолдошов, Т.Т. Оморов // XII Международная заочная научно-практическая конференция «Технические науки - от теории к практике». Россия, г. Новосибирск, 2012 г. -С. 27-33.
10. **Жолдошов Т.М.** Идентификация состояний нестационарных объектов в информационных системах управления [Текст]/ Т.М. Жолдошов, Т.Т. Оморов, Г.А. Кожекова// VI Міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій”, Украина, г.Запорожье, 2012, http://rtt.zntu.edu.ua/data/Tezy_ZNTU_2012.pdf, -С.189-192.
11. **Жолдошов Т.М.** Синтез робастной многомерной управляющей подсистемы с учетом ограничений на управление [Текст]/ Т.Т. Оморов, Т.М. Жолдошов // Вестник КГТУ им.И.Раззакова, №27, 2012, -С.158-164.
12. **Жолдошов Т.М.** Синтез САУ многомерными объектами с переменными параметрами [Текст]/ Т.Т. Оморов, Г.А. Кожекова, Т.М. Жолдошов //

- Сборник тезисов XV Международной конференции «Моделирование, идентификация, синтез систем управления», Москва-Донецк, 2012, -С. 34-36.
13. **Жолдошов Т.М.** Методологические основы синтеза систем автоматического управления с использованием принципа гарантируемой динамики [Текст]/ Т.Т. Оморов, Т.М. Жолдошов, Г.А. Кожекова // Известия НАН КР. Бишкек: Илим, 2012, №4, -С.35-40.
14. **Жолдошов Т.М.** Синтез САУ технологическим процессом намотки длинномерных материалов [Текст]/ Т.Т. Оморов, Т.М. Жолдошов, Г.А. Кожекова, Б.О. Джолдошев // Вестник КГТУ им.И.Раззакова, №29, 2013, -С. 344-351.

РЕЗЮМЕ

Жолдошов Толкунбек Мамытович

«Технологиялык объектилерди башкарууну автоматташтыруу системаларын синтездөөнүн алгоритмдери боюнча инженердик көрсөткүчтөр» деген аталыштагы 05.13.06 – автоматташтыруу жана өндүрүштөрдү жана технологиялык процесстерди башкаруу адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаттыгын жактоо диссертациясы

Негизги сөздөр: технологиялык башкаруу объектиси, математикалык моделдер, жөнгө салгыч, идентификатор, автоматтык башкаруу системасы, ыкмалар, алгоритмдер, туруктуулук, процесстердеги башкаруунун сапаты, электр кыймылдаткычы, синхрондук генератор, компьютердик моделдештирүү.

Изилдөө объектилери: көп өлчөмдүү технологиялык башкаруу объектилери; автоматтык башкаруу системасы (АБС); электр кыймылдаткычы; синхрондук генератор.

Изилдөөнүн негизги максаттары: гарантияланган принциптердин негизинде толук жана толук эмес маалыматтын шарттарында көп өлчөмдүү АБСын синтездөө ыкмаларын өркүндөтүүдө жана аларды технологиялык объектилер үчүн жөнгө салгычтарды проектирлөөдө колдонуу.

Изилдөөнүн ыкмалары: гарантияланган динамикалар менен автоматтык башкаруу системасынын теориялары жана ыкмалары, математикалык жана компьютердик моделдештирүүнүн ыкмалары жана каражаттары.

Изилдөөнүн негизги жыйынтыктары. Төмөнкүлөр иштелип чыккан:

- инженердик көрсөткүчтүк сапат боюнча башкаруудагы чекти эске алуу менен көп өлчөмдүү башкарылуучу системалык робасттык синтездөөнүн методдору жана алгоритмдери;
- өзгөрүлмө структура менен сызыктуу стационардык эмес объектинин АБС жөнгө салгычын синтездөө ыкмасы;
- сызыктуу стационардык башкаруу системасы үчүн динамикалык регуляторду синтездөө алгоритми;

- сызыктуу көп өлчөмдүү АБС абалынын идентификаторун тургузуу процедурасы.

Изилдөөнүн жыйынтыктарын колдонуу: жумуштун жыйынтыгы АБСын жөнгө салгычтарды динамикалык проектирлөөдө узун өлчөмдөгү материалдарды түрүү технологиялык процесстеринде, поликристалл кремнийин өндүрүү процесстеринде жана И. Раззаков атындагы КМТУнин окуу процесстеринде колдонулду.

Колдонуу областы: технологиялык объектилерди автоматтык башкаруу системасын проектирлөө этабында диссертациялык иште алынган жыйынтыктарды колдонууга болот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Жолдошова Толкунбека Мамытовича на тему:

«Синтез алгоритмов автоматического управления технологическими объектами по заданным инженерным показателям» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Ключевые слова: технологический объект управления, математическая модель, регулятор, идентификатор, система автоматического управления, методы, алгоритмы, устойчивость, качество процессов управления, электропривод, синхронный генератор, компьютерное моделирование.

Объекты исследования: многомерные технологические объекты управления; системы автоматического управления (САУ); электропривод; синхронный генератор.

Основные цели исследования: развитие методов синтеза многомерных систем автоматического управления в условиях полной и неполной информации на основе принципа гарантируемой динамики и их применение при проектировании регуляторов для технологических объектов.

Методы исследований: теория и методы систем автоматического управления с гарантируемой динамикой; методы и средства математического и компьютерного моделирования.

Основные результаты исследования. Разработаны:

- алгоритмы синтеза робастной многомерной управляющей подсистемы, с учетом ограничений на управление, по инженерным показателям качества;
- метод синтеза регуляторов САУ линейными нестационарными объектами с переменной структурой;
- алгоритм построения динамического регулятора для линейной стационарной системы управления;
- процедура построения идентификатора состояния линейной многомерной САУ.

Использование результатов исследований: результаты работы использованы при динамическом проектировании регуляторов систем автоматического управления технологическим процессом намотки длинномерных материалов, процессом выращивания поликристаллического кремния и в учебном процессе КГТУ им. И.Раззакова.

Область применения: результаты диссертации могут быть применены на этапе проектирования систем автоматического управления технологическими объектами.

SUMMARY

Zholdoshev Tolkunbek Mamytovich

«Synthesis algorithms for automatic control of technological objects from the given engineering indicators» for competition of scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.13.06 - automation and control of technological processes and production

Keywords: engineering systems, mathematical model, controller, ID, automatic control system, methods, algorithms, sustainability, quality control processes, power, synchronous generator, computer simulation.

Objects of research: multivariate process control objects, the automatic control system (ACS), electric, synchronous generator.

The main purpose of the study: the development of methods for the synthesis of multi-dimensional systems of automatic control in complete and incomplete information on the basis of the principle of guaranteed dynamics and their application in the design of controllers for process facilities.

Research Methods: Theory and methods of automatic control systems with guaranteed dynamics, methods and means of mathematical and computer modeling.

The main results of the study. Developed by:

- algorithms for synthesis of robust multivariate control subsystem, subject to the restrictions on management, the engineering quality indicators;
- a method for the synthesis of linear regulators ACS non-stationary objects with variable structure;
- dynamic control algorithm for linear time-invariant control systems;
- procedure for constructing the identity of a linear multidimensional ACS.

The use of research results: results used in the design of dynamic regulators of automatic control systems of long process of winding materials, the process of growing polycrystalline silicon, and in the educational process KSTU I. Razzakov.

Scope: the results of the thesis can be applied during the design of automatic control systems of technological objects.

Жолдошов Толкунбек Мамытович

Синтез алгоритмов автоматического управления технологическими объектами по заданным инженерным показателям

Подписано к печати 19.09.2013г. Формат бумаги 60×84 1/16

Бумага офс. Объем 1,5 п.л. Тираж 120 экз.

Отпечатано в издательстве «Илим» НАН КР.

г. Бишкек, пр. Чуй, 265-а
