

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 005.591.6:621.6.04(043.3)

ЕРУЛАНОВА Айжан Ерулановна

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ
СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2013

Работа выполнена в Кыргызском государственном техническом университете им. И.Раззакова

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Батырканов Ж.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Баймухамедов М.Ф.
(Костанайский государственный
университет, Республика Казахстан)

кандидат технических наук, доцент
Михеева Н.И.
(КРСУ им.Б. Ельцина, Кыргызстан)

Ведущая организация: Международный университет Кыргызстана

Защита состоится «25» октября 2013 в 16-00 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, центральный корпус НАН КР.

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

Автореферат разослан «23» сентября 2013 года

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



В.В. Алиферов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Главным направлением в конструировании средств автоматизации взвешивания и дозирования сыпучих материалов является создание весовой техники, способной обеспечить не только измерение массы – взвешивание, но и заданные требования к технологическим параметрам.

Современные автоматические весовые и дозирующие устройства являются основным звеном комплексной автоматизации в различных отраслях промышленности: горной, металлургической, строительной, химической и т.д. Точность дозирования сыпучих материалов и производительность являются одними из основных показателей любой технологической линии. Разработка автоматизированных систем управления и контроля весовыми дозаторами имеет большое значение, прежде всего, для повышения производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции и экономии сырья.

Для дозирования сыпучих материалов чаще всего применяются бункерные дозирующие устройства (БДУ). Конструирование современных видов бункерно-дозировочных устройств и систем «бункер-питатель-технологическое оборудование» для сыпучих и вязких материалов (сырье, готовые продукты и полуфабрикаты) выделилось в настоящее время в самостоятельную, постоянно расширяющуюся область инженерного труда.

При разработке любой автоматической системы управления перед разработчиками встает одна из важнейших первоочередных задач – задача правильной формализации технологических процессов и разработки адекватной математической модели. Далее, решаются задачи выбора эффективных принципов управления, контроля и структуры реализации, обеспечения разрабатываемой системой целого ряда требований к устойчивости, быстродействию, перерегулированию, точности, робастности и т.д.

В настоящее время нет универсальных и, в тоже время, эффективных методов исследования и разработки систем автоматизации технологических процессов. Для каждого технологического процесса, из-за специфики математической модели, применяемых технических средств, возникает проблема правильного выбора эффективного метода исследования, синтеза и развития этих методов применительно к новым решаемым задачам. Сложные алгоритмы управления позволяют более точно учитывать динамические свойства объекта и потенциально могут обеспечить более высокую точность управления, экономию материалов и качество выпускаемой продукции.

Перед исследователями ставятся новые актуальные задачи, важные как в теоретическом, так и в практическом аспекте. Диссертационная работа посвящена исследованию и разработке новой эффективной системы автоматизации дозирования сыпучих материалов.

Связь темы диссертации с крупными научными программами (проектами) и основными научно-исследовательскими работами. Диссертация выполнена на кафедре «Автоматическое управление» КГТУ им. И.Раззакова в рамках госбюджетной НИР МОН КР «Разработка инновационных автоматизированных технологий» №0006592 от 10.12.12г.

Цель и задачи исследования: Повышение точности и качества работы дозатора, как автоматической системы непрерывного весового дозирования сыпучих материалов.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- провести анализ технологического процесса непрерывного весового дозирования сыпучих материалов с целью формулирования требований к качественным характеристикам регулируемых параметров и управляющих воздействий;
- разработать функциональную схему системы автоматического управления (САУ) процессом непрерывного весового дозирования сыпучих материалов, выбрать состав приборов, элементов, рабочих органов;
- формализовать технологический процесс непрерывного весового дозирования и, с учетом реальных элементов, сформировать структурную схему многомерной САУ;
- аналитически описать технологический процесс;
- выбрать метод расчета САУ дозирования сыпучих материалов на основании принятых критериев оценки качества;
- исследовать разработанную САУ, с помощью компьютерного моделирования, и провести анализ полученных результатов;
- осуществить опытное внедрение результатов на действующих предприятиях.

Объекты исследования - весовой дозатор непрерывного действия, автоматизированная система непрерывного весового дозирования сыпучих материалов.

Практическая ценность работы:

Предложен новый способ (инновационный патент РК №26500) и новое устройство (инновационный патент РК № 24575) для непрерывного дозирования сыпучих материалов. Разработан новый метод синтеза САУ, который позволяет формализовать процедуру выбора оптимальных настроечных параметров регулятора с целью достижения необходимых показателей качества дозирования.

Экономическая значимость полученных результатов.

Разработанные в диссертационной работе алгоритмы управления потенциально могут обеспечить экономию материальных затрат и повысить качество выпускаемой продукции.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- предложен новый способ дозирования сыпучих материалов;

- разработана функциональная схема многомерной САУ дозирования сыпучих материалов;
- разработана структурная схема многомерной САУ дозирования сыпучих материалов;
- разработан новый метод синтеза и расчета настроечных параметров регулятора многомерного объекта с запаздыванием.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа исследования ленточных весоизмерителей автоматических весовых дозаторов непрерывного действия;
- новый способ дозирования сыпучих материалов на основе весового дозатора непрерывного действия;
- функциональная и структурная схемы дозирующего устройства, как многомерной САУ дозирования сыпучих материалов;
- математическое описание многомерной САУ дозирования сыпучих материалов;
- метод синтеза регулятора многомерной САУ дозирования сыпучих материалов.
- экспериментальная проверка и анализ полученных результатов.

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

Апробация результатов диссертации: Результаты работы докладывались на международных научно-технических и практических конференциях:

- Научно-практическая конференция // «К.И. Сатпаев и развитие современной экономики, науки и образования Казахстана». г.Жесказган, (2009г.);
- Международная научно-практическая конференция // «Наука и инновации – 2010». Польша (2010 г.);
- VI Международная научно-практическая конференция. // «Новости научной мысли – 2010». Прага (2010 г.).
- Международная научно-практическая конференция. «Двадцать лет развития Казахстана – путь к инновационной экономике: достижения и перспективы». // г.Усть-Каменогорск (2011г.).

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 научная работа, из них 2 авторских свидетельства на изобретения, четыре статьи, в изданиях рекомендованных ВАК КР.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 105 наименований и 5 приложений. Работа изложена на 171 листах машинописного текста, содержит 58 рисунков и 6 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая ценность, показаны результаты апробации работы.

В первой главе даны основные понятия и определения процесса непрерывно-поточного дозирования и устройств для осуществления этого процесса. Процесс непрерывно-поточного дозирования рассмотрен с позиции теории автоматического управления и эквивалентен автоматическому регулированию расхода. Именно, с этой точки зрения поясняются основные положения автоматического непрерывного весового дозирования.

Дозаторы являются достаточно сложными динамическими объектами управления (ОУ) с высокими требованиями к точности работы, в то же время, заложенные в автоматических дозаторах алгоритмы управления далеки от совершенства. Поэтому возникает задача синтеза более совершенных алгоритмов управления.

Особенностью процессов дозирования является наличие транспортного запаздывания по каналам передачи информации. При использовании стандартных законов регулирования, в объектах с запаздыванием значительно снижается качество регулирования. Другой особенностью процессов дозирования является высокий уровень помех, действующих на регулируемые переменные. Системы регулирования, из-за ограниченности управляющих воздействий и инерционности по каналам управления, не в состоянии скомпенсировать весь спектр помех. При этом, снижается надежность силовой части оборудования и искажается расчетный закон регулирования. Эти причины приводят к неэффективности применения стандартных и новых алгоритмов регулирования и управления, оставляя проблему нерешенной. Решение этой проблемы становится актуальным.

В настоящее время промышленностью выпускаются надежные и дешевые микропроцессорные регуляторы, способные реализовывать сложные алгоритмы регулирования. Попытки применения сложных алгоритмов оправданы.

Одним из таких алгоритмов являются помехозащищённые алгоритмы, которые применялись в свинцово-цинковом производстве. В этих алгоритмах использована идея компенсации возмущений. Уравнения регулятора для объекта управления имеют вид (1). Структурная схема регулятора представлена на рис. 1:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_\phi &= (\Phi_1 + \Phi_2 \Phi_3)x_\phi + \Phi_2 \Delta y \\ u &= (G\Phi_1 + H\Phi_3) + G\Phi_2 \Phi_3 x_\phi + G\Phi_2 \Delta y \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где Δy - рассогласование; u - управляющее воздействие;
 x_ϕ - переменные состояния фильтра-эталона; $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ - матрицы соответствующих размеров; G, H - матрицы обратной модели объекта.

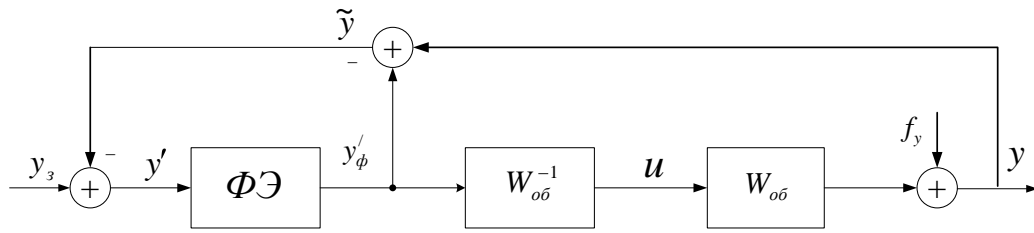


Рис. 1. Структура системы управления с компенсационным регулятором ($W_{об}$ – передаточная функция ОУ, $W_{об}^{-1}$ – передаточная функция обратной модели ОУ, ФЭ – фильтр-эталон)

Математическая модель ОУ, обратной модели ОУ и ФЭ в векторно-матричной форме записываются так:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ u \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & F \\ G & H \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{x} \\ y_3 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \dot{x}_\phi \\ y'_\phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \Phi_2 \\ \Phi_3 & \Phi_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x'_\phi \\ y'_\phi \end{bmatrix}. \quad (2)$$

где x, y, u – соответственно, n -, m -, m -мерные векторы состояния, выхода и управления; f_x, f_y – векторы возмущающих воздействий на x и y ; A, B, C – матрицы соответствующих размерностей; y_3 – вектор задания на входе системы; E, F, G, H – матрицы обратной модели ОУ.

Во второй главе проведен анализ весоизмерительных устройств весовых ленточных дозаторов, которые служат для определения веса взвешиваемого материала. Получены передаточные функции аппроксимации и динамические характеристики весоизмерителей, удобные для дальнейшего анализа и синтеза. В известных питателях-дозаторах применяется лишь одно управляющее воздействие: это или скорость движения конвейерной ленты, или степень открытия заслонки на выходе материала из расходного бункера. Однако этого часто оказывается недостаточным для качественной и надежной работы питателя-дозатора. Основной трудностью совместного применения этих управляющих воздействий является сложность создания хорошего алгоритма управления, учитывающего взаимосвязь управляющих воздействий. При управлении только скоростью ленты, уменьшение слоя материала под действием помех остается незамеченным в системе управления работой питателя-дозатора и снижает точность дозирования. При управлении только степенью открытия заслонки, будет понижаться качество регулирования из-за транспортного запаздывания и переменного слоя материала на ленте. В этой связи, было разработано дозирующее устройство, учитывающее взаимосвязь двух управляющих воздействий (рис.2).

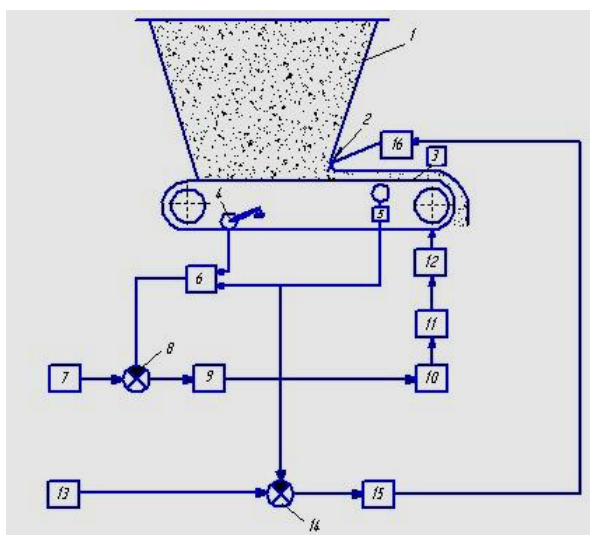


Рис. 2. Функциональная схема дозатора непрерывного действия

1-бункер, 2-заслонка, 3-транспортер, 4- датчик скорости транспортерной ленты, 5- весоизмеритель, 6- множительное устройство, 7-задатчик производительности, 8-устройство сравнения производительности, 9- регулятор производительности, 10- устройство для регулирования скорости транспортерной ленты, 11-электродвигатель, 12-редуктор транспортера, 13- задатчик погонной нагрузки, 14-устройство сравнения погонной нагрузки, 15- регулятор погонной нагрузки, 16- привод заслонки.

Многомерный объект управления представлен бункером с весоизмерительной системой, описан методом "Вход - выход" и его модель имеет вид:

$$\begin{bmatrix} Y_1(p) \\ Y_2(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(p) & W_{12}(p) \\ W_{21}(p) & W_{22}(p) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{k_{11}}{Tp + a_4} & \frac{c_1 p^2 + c_2 p + c_3}{p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3} \\ 0 & \frac{b_1 p^2 + b_2 p + b_3}{p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

здесь: $W_{11}(p) = k_{11} \frac{1}{Tp + 1}$ - передаточная функция канала «первый вход – первый

выход»; $W_{12}(p) = k_{12} e^{-\varphi} W_{вес}(p) = k_{12} e^{-p\tau} \frac{2v}{L} \left(\frac{2(1 - e^{-\frac{p\tau}{2}})^2}{p^2} \right)$ - передаточная функция

канала «первый вход - второй выход»; $W_{21}(p) = k_{21}$ - передаточная функция

канала «второй вход - первый выход»; $W_{22}(p) = k_{22} e^{-\varphi} W_{вес}(p) = k_{22} e^{-p\tau} \frac{2v}{L} \left(\frac{2(1 - e^{-\frac{p\tau}{2}})^2}{p^2} \right)$ -

передаточная функция канала «второй вход - второй выход». Приняты

численные значения параметров весоизмерителя: $\tau = \frac{L}{v} = 4c$ - время

запаздывания; $L = 1м$ - длина транспортерной ленты; $v = 0.250 м/с$ - скорость движения транспортерной ленты.

Первое управляющее воздействие U_1 - сигнал, изменяющий скорость транспортерной ленты, второе управляющее воздействие U_2 - сигнал, перемещающий заслонку посредством привода заслонки.

Рассмотрены два случая:

1) В передаточной функции весоизмерителя запаздывающее звено разложено в степенной ряд Паде 1-го порядка. Методом переменных состояния получена матрица ОУ, размерностью 6×6, в общем и численном виде:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -a_1 & -a_2 & -a_3 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \kappa_{11} & c_1 & c_2 & c_3 & 0 & 0 \\ 0 & b_1 & b_2 & b_3 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -2.5 & -2 & -0.5 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.135 & 0 & -0.08 & 0.04 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.321 & 0.1605 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

2) Выявлено, что качество регулирования, которое обеспечивает многомерная система управления, с размерностью ОУ 6×6, неудовлетворительное. Поэтому в передаточной функции весоизмерителя запаздывающее звено разложено в степенной ряд Паде 2-го порядка, что дало размер модели ОУ 9×9. Модель многомерного ОУ, размерностью 9×9, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -12 & -63 & -180 & -297 & -270 & -180 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.135 & 0 & 0 & 0 & 0.72 & -4.32 & 8.64 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.89 & -17.33 & 34.67 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Получена структурная схема многомерной системы автоматического управления рис.3.

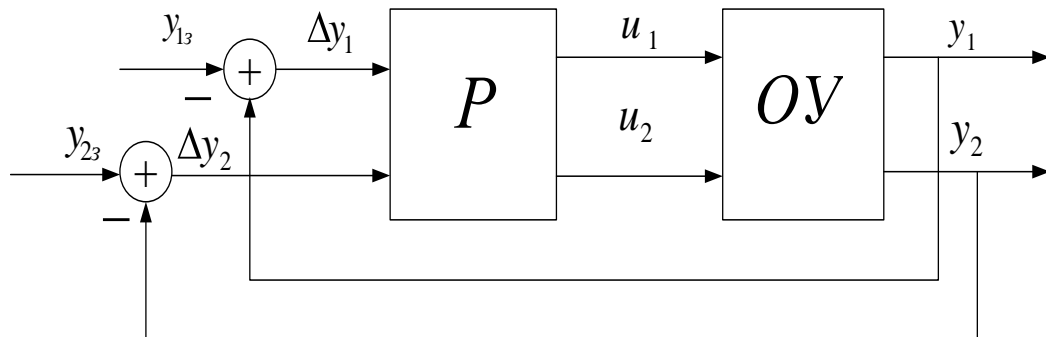


Рис. 3 Структурная схема многомерной системы автоматического управления (ОУ – объект управления, P - регулятор)

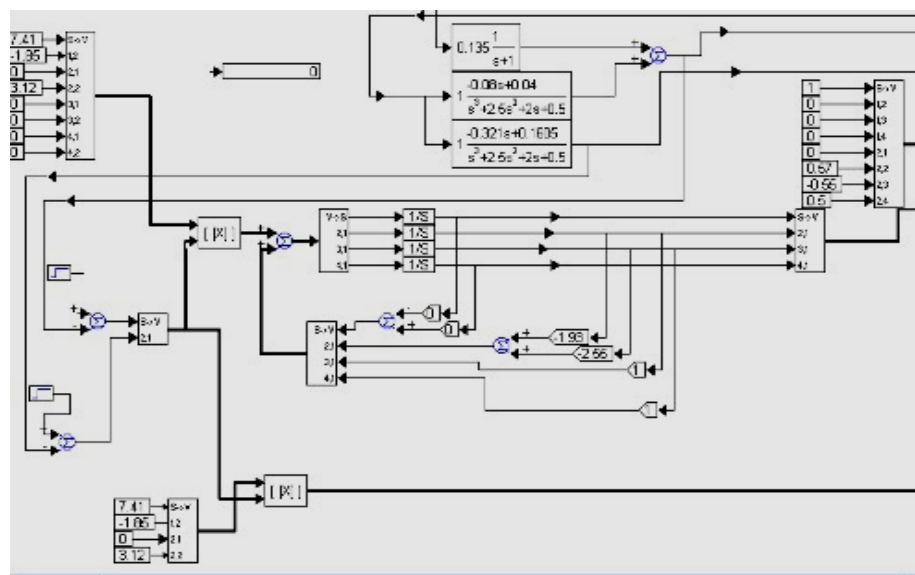
В третьей главе, на основе идеи компенсации возмущений и динамики объекта, синтезирован регулятор для многомерного ОУ, размерностью 6×6 , в общем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_2 = \begin{bmatrix} \frac{\Phi_{11}}{k_{11}} & -\frac{\Phi_{11}c_3}{b_3k_{11}} + \frac{\Phi_{14}}{b_3} \\ \frac{\Phi_{21}}{k_{11}} & -\frac{\Phi_{21}c_3}{b_3k_{11}} + \frac{\Phi_{24}}{b_3} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \\ T = \begin{bmatrix} 0 & \Phi_{12} & \Phi_{13} - \frac{\Phi_{11}c_2}{k_{11}} + \frac{\Phi_{11}c_3b_2}{b_3k_{11}} - \frac{\Phi_{14}b_2}{b_3} & 0 \\ 0 & \Phi_{22} & \Phi_{23} - \frac{\Phi_{21}c_2}{k_{11}} + \frac{\Phi_{21}c_3b_2}{b_3k_{11}} - \frac{\Phi_{24}b_2}{b_3} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ \\ N = \begin{bmatrix} \Phi_{11} + a_4 & \Phi_{12} - \frac{a_4c_1}{k_{11}} + \frac{a_4c_3b_1}{b_3k_{11}} & \Phi_{13} & \Phi_{14} + \frac{a_4c_3}{k_{11}} - \frac{a_4c_3}{k_{11}} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} + a_1 - \frac{a_3b_1}{b_3} & \Phi_{23} + a_2 & \Phi_{24} + a_3 \end{bmatrix}; \\ P = \begin{bmatrix} -\frac{\Phi_{11}}{k_{11}} & \frac{\Phi_{11}c_3}{b_3k_{11}} - \frac{\Phi_{14}}{b_3} \\ -\frac{\Phi_{21}}{k_{11}} & \frac{\Phi_{21}c_3}{b_3k_{11}} - \frac{\Phi_{24}}{b_3} \end{bmatrix} \\ \\ \Omega = \begin{bmatrix} a_4 & \Phi_{12} - \frac{a_4c_1}{k_{11}} + \frac{a_4c_3b_1}{b_3k_{11}} & \Phi_{13} - \frac{\Phi_{11}c_2}{k_{11}} + \frac{\Phi_{11}c_3b_2}{b_3k_{11}} - \frac{\Phi_{14}b_2}{b_3} & 0 \\ 0 & \Phi_{22} + a_1 - \frac{a_3b_1}{b_3} & \Phi_{23} + a_2 - \frac{\Phi_{21}c_2}{k_{11}} + \frac{\Phi_{21}c_3b_2}{b_3k_{11}} - \frac{\Phi_{24}b_2}{b_3} & a_3 \end{bmatrix}; \\ \\ \begin{bmatrix} E & F \\ G & H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{c_1}{k_{11}} + \frac{c_3b_1}{b_3k_{11}} & -\frac{c_2}{k_{11}} + \frac{c_3b_2}{b_3k_{11}} & \frac{1}{k_{11}} & -\frac{c_3}{b_3k_{11}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{b_1}{b_3} & -\frac{b_2}{b_3} & 0 & \frac{1}{b_3} \\ 1 & 0 & -\frac{a_4c_1}{k_{11}} + \frac{a_4c_3b_1}{b_3k_{11}} & -\frac{a_4c_2}{k_{11}} + \frac{a_4c_3b_2}{b_3k_{11}} & \frac{a_4}{k_{11}} & -\frac{a_4c_3}{b_3k_{11}} \\ 0 & 1 & a_1 - \frac{a_3b_1}{b_3} & a_2 - \frac{a_3b_2}{b_3} & 0 & \frac{a_3}{b_3} \end{bmatrix}. \end{array} \right. \quad (6)$$

Выводы формул в общем виде для ОУ размерностью 9×9 имеют громоздкий вид, в тоже время, разработан алгоритм получения регулятора. Для ОУ, размерностью 9×9 , рассчитан регулятор (7). Разработанный метод синтеза позволяет это сделать. Весь вопрос состоит в сложности расчетов и степени улучшения показателей качества работы системы. Современная вычислительная техника позволяет выполнять эти расчеты достаточно быстро и качественно. С реализацией алгоритма также не возникнет проблем. Считается, что аппроксимация для 2 случая вполне удовлетворительна.

$$\left\{ \begin{array}{l}
\Phi_2 = \begin{bmatrix} 7.40747 & -1.84608 \\ 0 & 3.11526 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad T = \begin{bmatrix} 0 & 5 & 20 & 65 & 149 & 100 & 0 \\ 0 & -9.25 & -44.38 & -124 & -211.42 & -281.63 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \\
N = \begin{bmatrix} 0 & 5 & 20 & 65 & 149 & 100 & 0 \\ 0 & 2.75 & 18.62 & 56.13 & 76.58 & 42.37 & 0 \end{bmatrix}; \quad P = \begin{bmatrix} 7.40747 & -1.84608 \\ 0 & 3.11526 \end{bmatrix}; \\
\Omega = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 20 & 65 & 149 & 100 & 0 \\ 0 & 2.75 & 18.62 & 56.13 & 85.58 & -11.63 & 108 \end{bmatrix}, \\
\left[\begin{array}{l} E \quad F \\ G \quad H \end{array} \right] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 7.41 & -1.85 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.08 & 0.5 & \vdots & 0 & 0.03 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 7.42 & -1.85 \\ 0 & 1 & 12 & 63 & 180 & 288 & 324 & \vdots & 0 & 3.12 \end{bmatrix}; \quad (7)
\end{array} \right.$$

В четвертой главе проведены исследования переходных процессов замкнутой многомерной системы по задающему и возмущающему воздействиям. Модели многомерных систем получены путем компьютерного моделирования в программе VisSim. Модели для 1 случая представлены на рис. 4-5, для 2 случая - на рис. 6.

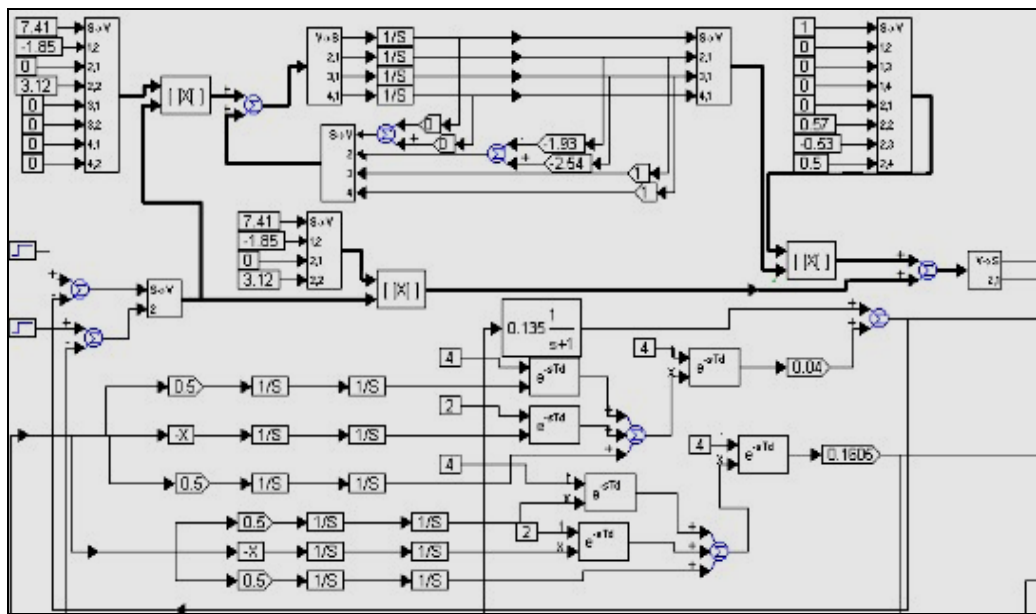


a)

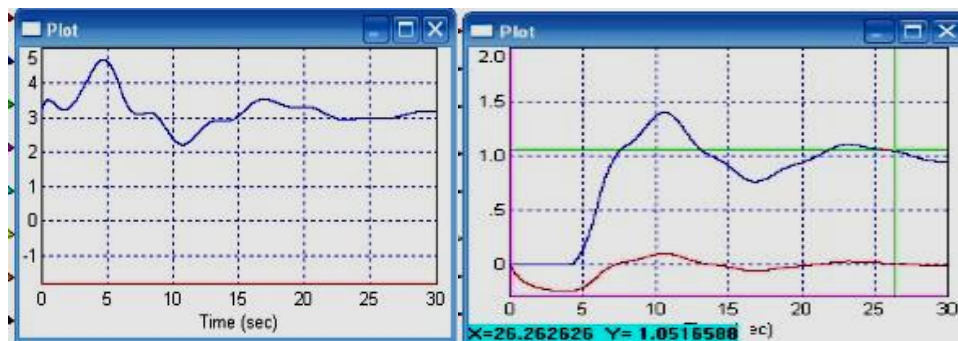


б)

Рис. 4. Модель многомерной системы: с ОУ аппроксимации (а) и переходные характеристики (б) (1 случай)

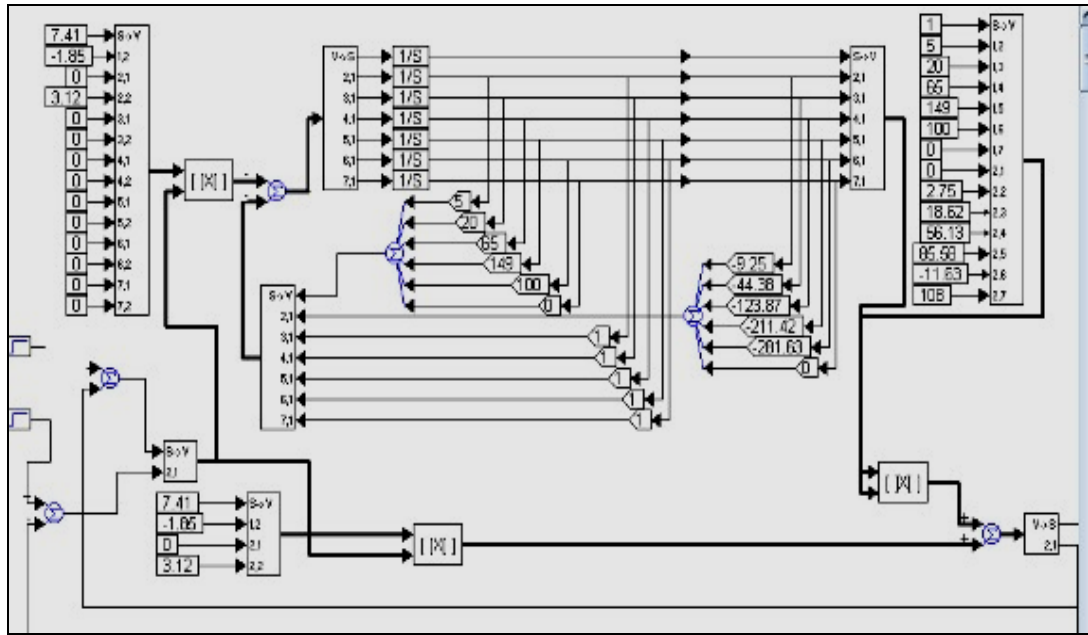


а)

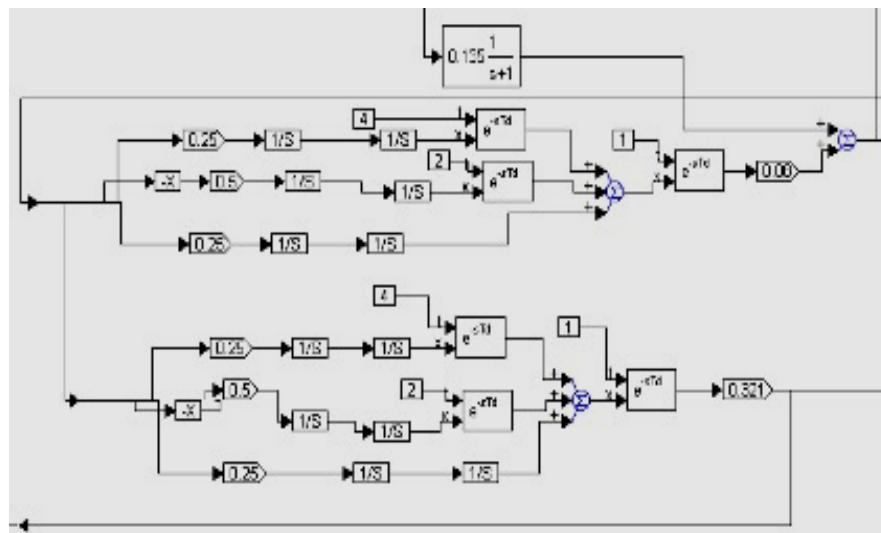


б)

Рис. 5. Модель многомерной системы: с теоретическим ОУ (а) и переходные характеристики (б) (1 случай)



а)



б)

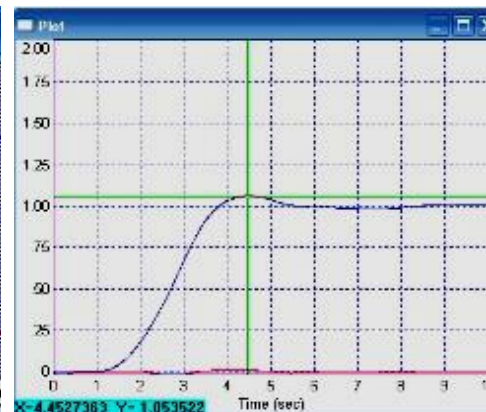
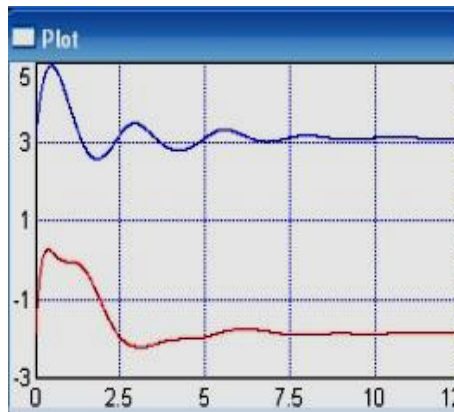
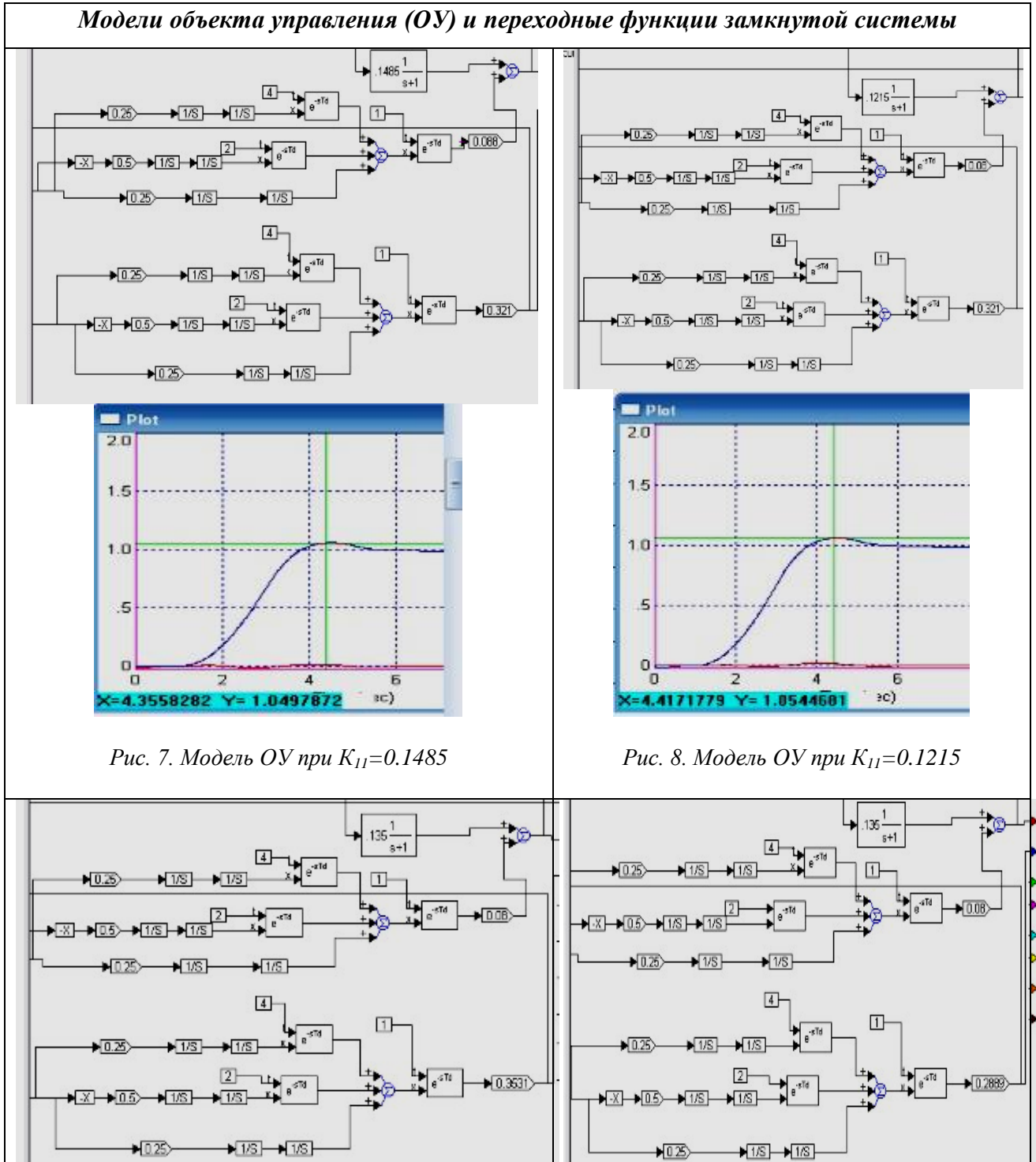


Рис. 6. Модель регулятора многомерной системы:
а – регулятор; б - модель теоретического ОУ (2 случая)

Проведены исследования чувствительности времени регулирования к вариациям коэффициента передачи ОУ. Схемы для экспериментального определения влияния коэффициента передачи ОУ по двум каналам регулирования представлены в таблице 1 на рис. 7-10. Управляющие воздействия подаются от многомерного регулятора, представленного на рис. 6.

Таблица 1

Чувствительность времени регулирования к вариациям коэффициента передачи ОУ по двум каналам управления



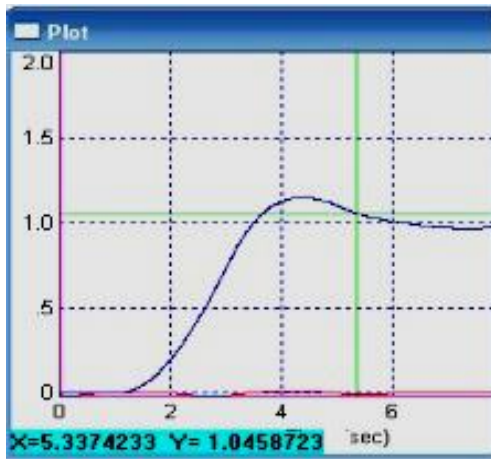


Рис. 9. Модель ОУ при $K_{22}=0.3531$

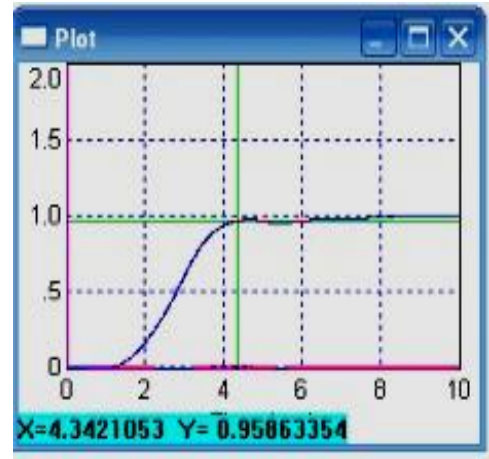


Рис. 10. Модель ОУ при $K_{22}=0.2889$

Исследования показали, что при разных сочетаниях коэффициента передачи ОУ по первому и второму каналам качество управления систем остается удовлетворительной. При изменении коэффициентов передачи ОУ на $\pm 10\%$ системы сохраняют свои свойства.

Многомерная САУ исследована на действие возмущений при подаче на разные входы ОУ. Исследования проводились для систем с ОУ размерностью 9×9 со значениями частот $w_{фз} = (1; 0.75; 0.5;)w_{об}$. Схемы ОУ приведены на рис.11-12. Управление подается с регуляторов представленных на рис.13-15.

Для сравнительного анализа и наглядности переходных характеристик результаты исследования сведены в таб. 2.

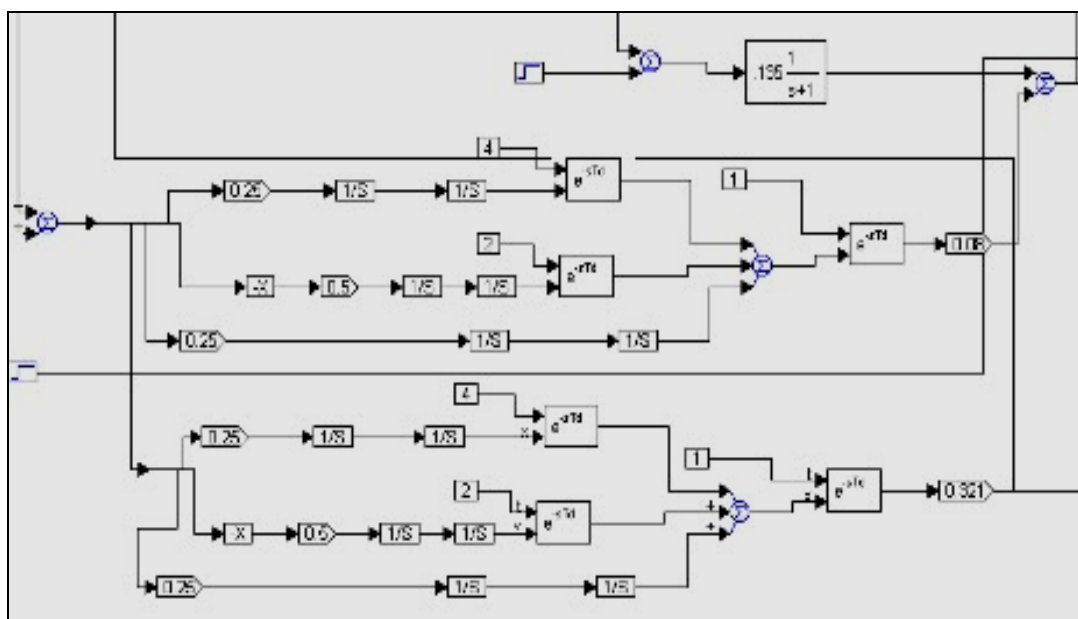


Рис. 11. Модель ОУ при подаче возмущения на 1 вход

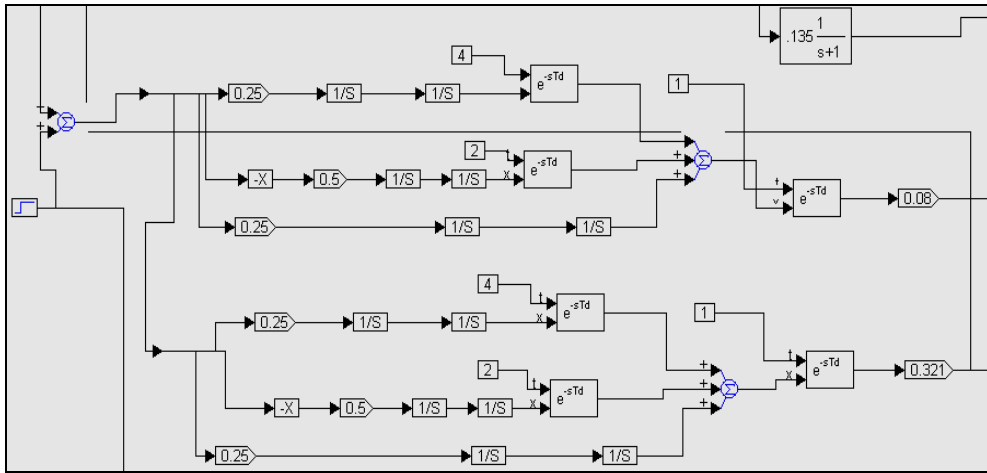


Рис.12. Модель ОУ при подаче возмущения на 2 вход

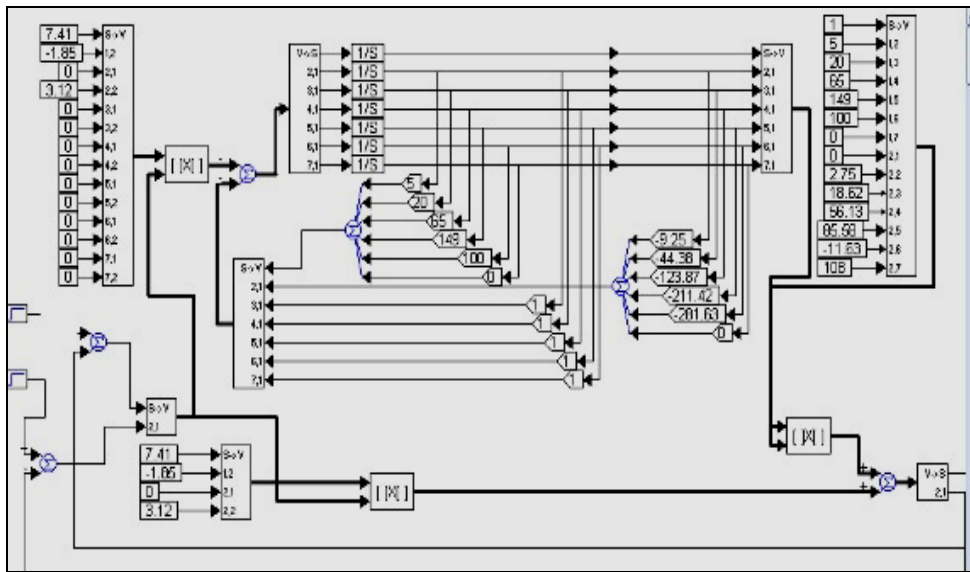


Рис.13. Модель регулятора при $w_{\varphi_3} = w_{об}$

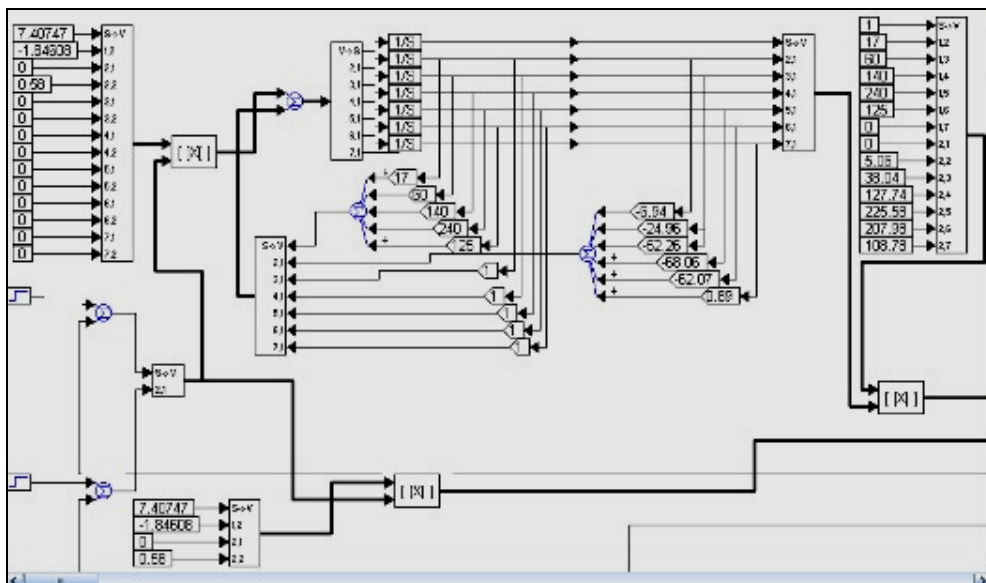


Рис.14. Модель регулятора при $w_{\varphi_3} = 0.75w_{об}$

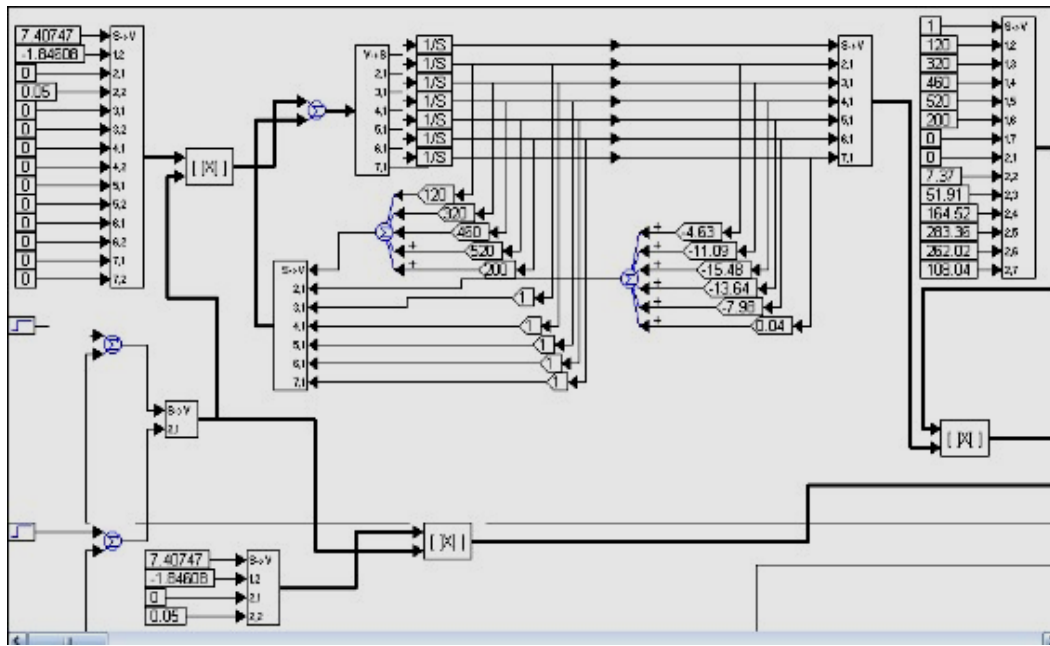
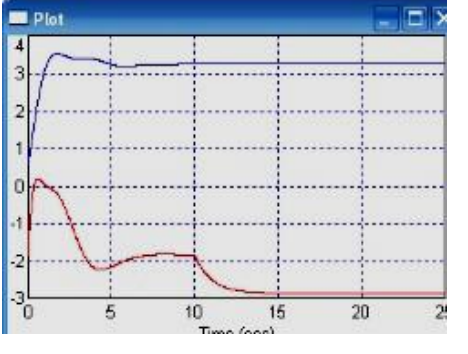
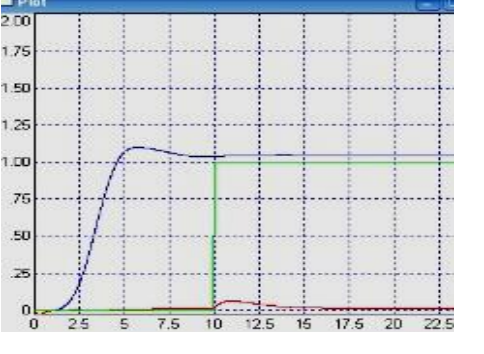
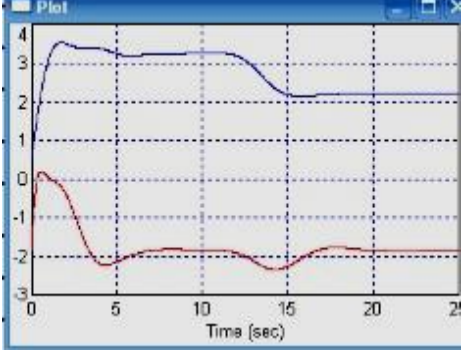
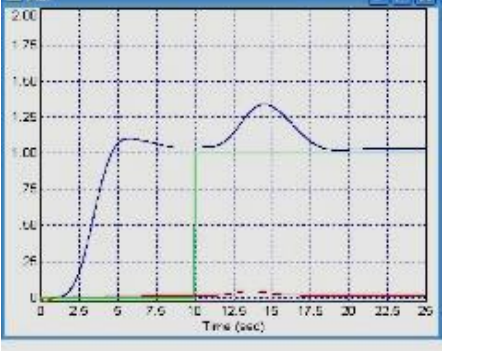
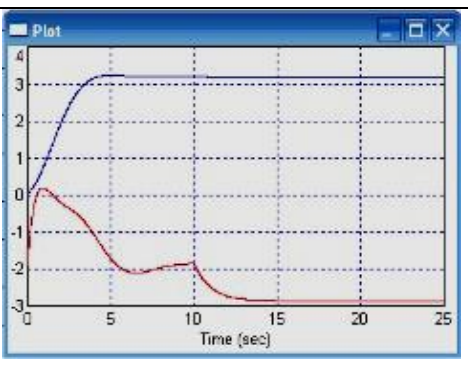
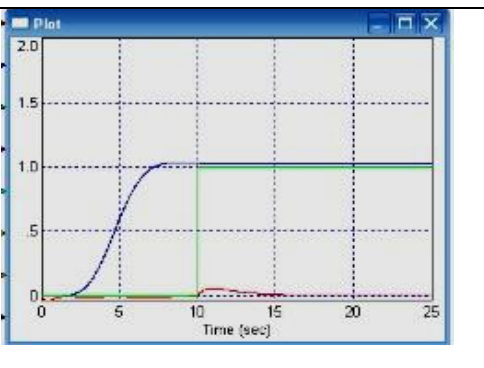
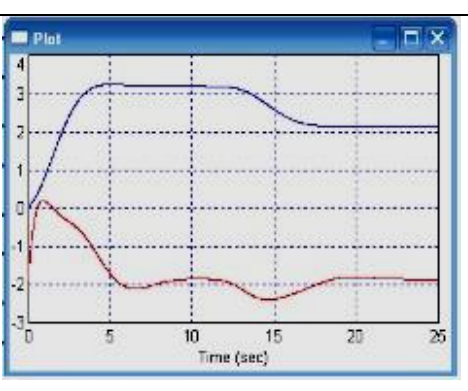
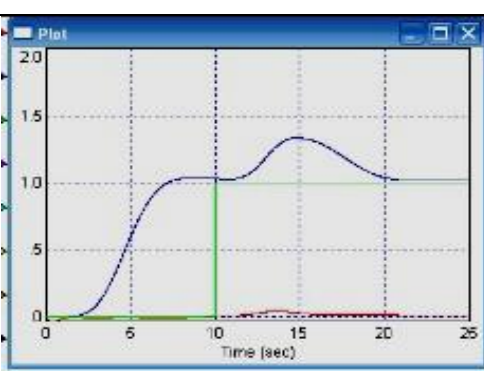


Рис.15. Модель регулятора при $w_{\phi} = 0.5w_{об}$

Таблица 2

Исследования многомерной системы на действие возмущений

№ эксперимента	Управляющие воздействия при снятии переходных характеристик	Переходные характеристики замкнутой системы управления
1	2	3
$w_{\phi} = w_{об}$ возмущение подано на 1 вход ОУ		
$w_{\phi} = w_{об}$ возмущение подано на 2 вход ОУ		

1	2	3
$w_{фз} = 0.75w_{об}$ возмущение подано на 1 вход ОУ		
$w_{фз} = 0.75 w_{об}$ возмущение подано на 2 вход ОУ		
$w_{фз} = 0.5 w_{об}$ возмущение подано на 1 вход ОУ		
$w_{фз} = 0.5 w_{об}$ возмуще- ние подано на 2 вход ОУ		

При постепенном уменьшении собственной частоты фильтра-эталона $w_{фз}$ амплитуда управляющих воздействия изменяется более плавно, переходные характеристики приближаются к характеристике фильтра-эталона. Оптимальный вариант выбирается разработчиком конкретными условиями - характером возмущений и технологией процесса.

ВЫВОДЫ

В диссертационной работе -

выполнен анализ:

- технических средств дозирования сыпучих материалов;
- взаимосвязи между характеристиками материалов и возможным качеством работы дозаторов;
- основных требований к процессу дозирования и дозаторам;
- традиционных и современных методов синтеза систем автоматического управления;

разработаны:

- новое двухканальное дозирующее устройство (инновационный патент РК № 24575) и новый способ дозирования сыпучих материалов (инновационный патент РК № 26500);
- математическая модель многомерной системы автоматического управления расходом;
- новый метод синтеза и расчета оптимальных настроечных параметров регулятора многомерного ОУ с запаздыванием;

проведены:

- классификация отечественных и современных дозирующих устройств по их технико-экономическим показателям;
- исследование многомерной системы автоматического управления расхода сыпучего материала с помощью компьютерного моделирования.

Осуществлено опытное внедрение результатов на действующем предприятии Восточно-Казахстанской области ТОО «УКП АСУ».

Список опубликованных работ

1. Еруланова А.Е. Автоматическое непрерывное дозирование сыпучих материалов [Текст] /А.Е. Еруланова// II Международная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы информатизации в РК» Часть I. Усть-Каменогорск: 2005- С.113-114
2. Еруланова А.Е. Возможные пути повышения точности дозирования [Текст] /А.Е. Еруланова// VIII Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых преподавателей «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана». Усть-Каменогорск: 2008 - С.80-82
3. Еруланова А.Е. Использование новых технологий при управлении технологическими процессами в условиях интенсификации производства [Текст] /А.Е. Еруланова // Международная научно-техническая конференция: «Роль вузов в формировании инновационной экономики». II Том. Усть-Каменогорск: 2008 - С.118-120

4. Еруланова А.Е. Комплекс программ для автоматизированного расчета систем регулирования [Текст] /А.Е.Еруланова, Г.К.Шадрин, А.Р.Касантаев // Вестник ВКГТУ № 4. Усть-Каменогорск: 2009. - С.187-191.
5. Еруланова А.Е. Синтез системы управления расходом сыпучих материалов методом расширенных частотных характеристик [Текст] /Г.М.Мутанов, Г.К.Шадрин, А.Е.Еруланова// Вестник ВКГТУ № 2. Усть-Каменогорск: 2010. - С.115-120.
6. Еруланова А.Е. Структура модели бункерного дозирующего устройства [Текст] / Г.М.Мутанов, Г.К.Шадрин, А.Е.Еруланова// Вестник ВКГТУ № 2. Усть-Каменогорск: 2010. - С.121-126
7. Еруланова А.Е. Исследование динамических свойств ленточных весоизмерителей [Текст] /А.Е.Еруланова, Г.К.Шадрин, Г.М.Мутанов// Вестник ВКГТУ № 1. Усть-Каменогорск: 2010. - С.54-59.
8. Еруланова А.Е. Особенности метода осреднения и его применение в автоматизации технологических процессов в цветной металлургии [Текст] /А.Е.Еруланова// Сборник материалов научно-практической конференции. «К.И.Сатпаев и развитие современной экономики, науки и образования Казахстана». – Жесказган: 2009г. - С.119-122.
9. Еруланова А.Е. Расчет и построение кривой разгона объекта регулирования [Текст] / С.А.Сакутин, А.Е.Еруланова // IX Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых преподавателей: «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана». Усть-Каменогорск: 2009. – С.234-237.
10. Еруланова А.Е. ПРОЕКТ L. IX [Текст] /А.Р.Касантаев, А.Е.Еруланова// Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых преподавателей: «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана». Усть-Каменогорск: 2009.- С.147-149.
11. Еруланова А.Е. Двухканальная система управления непрерывным дозированием сыпучих материалов [Текст] /А.Е.Еруланова// VI Международная научно-практическая конференция «Новости научной мысли – 2010». Прага: 2010. - С.92-93.
12. Еруланова А.Е. Система автоматического управления непрерывным дозированием сыпучих материалов [Текст] /А.Е.Еруланова// VI Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации – 2010». Польша: 2010.- С. 99-101.
13. Еруланова А.Е. Применение программы Mathcad для численно-аналитического моделирования систем и объектов управления [Текст] /Г.Андреев, А.Е.Еруланова// XI Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых преподавателей: «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана». Усть-Каменогорск: 2011. – С.21-22.
14. Дозатор непрерывного действия. [Текст]: пат. 24575 Респ. Казахстан: МПК³ 15.09.2011г. / Еруланова А.Е., Шадрин Г.К.; Республиканское

государственное казенное предприятие «Восточно-Казахстанский государственный университет имени Д.Серикбаева» Министерства образования и науки Республики Казахстан; заявл. 17.09.2010; опубл.15.09.2011, бюл. № 9 - с.4: ил.1

15. Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов. [Текст]: пат. 26500 Респ. Казахстан: МПК³ 14.12.2012г./ Еруланова А.Е., Шадрин Г.К.; Республиканское государственное казенное предприятие «Восточно-Казахстанский государственный университет имени Д.Серикбаева» Министерства образования и науки Республики Казахстан; заявл. 24.11.2011; опубл.14.12.2012, бюл. № 12 - с.4: ил.3

16. Еруланова А.Е. Устройство для непрерывного дозирования сыпучих материалов [Текст] /А.Е.Еруланова// Международная научно-практическая конференция «Двадцать лет развития Казахстана – путь к инновационной экономике: достижения и перспективы» Усть-Каменогорск: 2011 - С.107-109

17. Еруланова А.Е. Весовой дозатор непрерывного действия повышенной точности [Текст] /А.Е.Еруланова// Известия КГТУ № 26. Бишкек: 2012. С.137-140.

18. Еруланова А.Е. Математическая модель весового дозатора непрерывного действия [Текст] /Ж.И.Батырканов, А.Е.Еруланова// Известия КГТУ № 26. Бишкек: 2012. - С.140-144.

19. Еруланова А.Е. Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов. [Текст] /А.Е.Еруланова // Известия КГТУ, № 27, 2013., г. Бишкек. С. 145-155.

20. Еруланова А.Е. О проблеме выбора качественных показателей при синтезе систем автоматического управления [Текст] /Ж.И.Батырканов, А.Е.Еруланова // Известия КГТУ № 27. Бишкек: 2012. С. 133-136.

21. Еруланова А.Е. Синтез системы автоматического управления методами расширенных частотных характеристик и компенсации динамики объекта и возмущений [Текст] /А.Е.Еруланова// Альманах современной науки и образования № 6. Тамбов: 2013. С.57-61.

РЕЗЮМЕ

Еруланова Айжан Ерулановнанын диссертациясына: «Куюлма заттардын - өлчөгүч ырааттуулугун автоматташтыруу» өндүрүштү жана технологиялык жарандарды автоматташтыруу - 05.13.06 кесипчилиги боюнча техника илиминин кандидаты илимий даражасына

Негизги сөздөр: Куюлма заттар, азыктандыргыч-бункер, башкарылуучу, кечигүү, жөндөгүч, сарптоонун автоматтык башкаруу ырааттуулугу, түзмөлөө ыкмалары, башкаруу алгоритми, үзгүлтүксүз автоматташтырылган салмактап өлчөгүч, чыпка так үлгү, математикалык үлгүлөр, салмак өлчөө, тасмалуу жылдыргыч, көп өлчөмдүү ырааттуулугу.

Изилденүүчү объект: Үзгүлтүксүз кыймылдагы салмактап өлчөгүч

Изилдөөнүн негизги максаттары: Куюлма заттарды үзгүлтүксүз салмактап өлчөөнүн автоматташкан ыраатуулук катары, өлчөгүчтүн ишинин тактыгын жана сапатын жогорулатуу.

Изилдөөнүн ыкмалары: Катарларга ажыратуунун жардамы менен жакындоо ыкмасы, мейкиндик абалдардын ыкмалары, операциялык эсептөөлөр, автоматтык башкаруу теория аппараты.

Иштин негизги жыйынтыктары: Үбөлөнгөн заттарды үзгүлтүксүз өлчөө үчүн түзүлүш иштелип чыкты (инновациялык патент РК №24575). 15.09.2011 жылы, №9 бюллетенде жарыяланган. Куюлма заттарды үзгүлтүксүз өлчөө ыкмасы сунушталган (инновациялык патент РК №26500). 14.12.12 жылы, №12 бюллетенде жарыяланган. Башкаруунун керектүү болгон сапаттуу көрсөткүчтөрүнө жетиш үчүн, жөндөгүчтүн оптималдуу күүлөчү параметрлерин синтездөөнүн жаңы ыкмасы иштелип чыкты.

Изилдөөнүн жыйынтыктарын колдонуу: Иштелип чыккан башкаруунун алгоритми, ТОО «УКП АСУ» инженердик өндүрүш комплексинин буюмдарында жана иштеп чыгууларында колдонулат.

Колдонуу тармактары: Толуктооч алгоритмдер ДЛ өңгөйүндөгү тасмалуу өлчөгүч-азыктандыргычта жана бункердик өлчөгүч-азыктандыргычта колдонулат, көп компоненттүү кошулманы өлчөгүч алгоритми – ВЛТ-3М жылдыргыч таразасынын негизинде топтолмону, дагы башка буюмдарда жана автоматташтыруу ырааттуулугунда берүүдө колдонулат.

РЕЗЮМЕ

диссертации Ерулановой Айжан Ерулановны на тему: «Автоматизация системы дозирования сыпучих материалов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Ключевые слова: сыпучие материалы, бункер-питатель, объект управления, запаздывание, регулятор, система автоматического управления расходом, методы синтеза, алгоритмы управления, автоматическое непрерывное весовое дозирование, фильтр-эталон, математические модели, весоизмерение, ленточный транспортер, многомерная система.

Объект исследования: весовой дозатор непрерывного действия

Основные цели исследования: повышение точности и качества работы дозатора, как автоматической системы непрерывного весового дозирования сыпучих материалов.

Методы исследований: методы приближения с помощью разложения в ряд, методы пространства состояний, операционное исчисление, аппарат теории автоматического управления.

Основные результаты работы: Разработано устройство для непрерывного дозирования сыпучих материалов (инновационный патент РК

№ 24575). Опубликовано 15.09.2011, бюл. № 9. Предложен способ непрерывного дозирования сыпучих материалов (инновационный патент РК № 26500). Опубликовано 14.12.12, бюл. 12. Разработана новая методика синтеза оптимально настроечных параметров регулятора, которая позволяет достичь необходимых показателей качества управления.

Использование результатов исследований: Разработанные алгоритмы управления, используются в изделиях и разработках «УКП АСУ».

Область применения: Компенсационные алгоритмы применены в ленточных питателях-дозаторах типа ДЛ и бункерных питателях-дозаторах, алгоритмы дозирования многокомпонентной смеси – в системах подачи концентрата на основе конвейерных весов ВЛТ-3М, а также в других изделиях и системах автоматизации.

SUMMARY

Dissertation Erulanovoy Aizhan Eruanovny on a theme of: "Automation the system of dosing of bulk materials" for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 - automation and control of technological processes and production

Keywords: granular materials, bunker - feeder, object control, lag, regulator, system of automatic control of an expense, methods of synthesis, control algorithms, automatic continuous dosing by weight, the filter standard, mathematical models, weight measuring, conveyor belts, multi-dimensional system.

Object of study: weight dosing in continuous action.

The main objectives of the research: improving the accuracy and quality of the feeder as an automatic system for continuous weight dosing of granular materials.

Methods: approximation by expansion in a row, the state space methods, operational calculus, the apparatus of control theory.

The main results are: It is developed the device for continuous dosing of granular materials (innovative patent of Kasachstan № 24575, published in 15.09.2011, bulletin № 9). It was offered a method for the continuous dosing of granular materials (innovative patent RK № 26500, published in 14.12.12., bulletin № 12). A new method of synthesis of optimal tuning parameters of the controller, which allows to achieve the necessary quality control.

Using of scientific results: Uses the results of research are develop control algorithms are used in products and development of engineering and manufacturing complex (IPC) LLP "UKP ASU".

Scope: The compensation algorithm is used in tape feeder-type DL Hopper and hopper feeders, dispensers, dosing algorithms for multi-component mixtures - in systems based on concentrate feed belt scale VLT-3M, as well as other products and automation systems.