

для которой, введя макропеременную

$$\psi_3 = \omega + \gamma_1 \delta + \gamma_2 \zeta, \quad (12)$$

можно найти внутреннее управление:

$$\varphi_2 = (k_f - \gamma_1 J) \omega + k_s \delta + \zeta - J \gamma_2 \eta (\delta - \delta_0) - \alpha_3 J \psi_3. \quad (13)$$

Первоначальное управляющее воздействие для гидравлической подсистемы управления можно определить из совместного решения (10) и функционального уравнения  $\frac{d\psi_2}{dt} + \alpha_2 \psi_2 = 0$ , с учетом модели (9). Выражение для управляющего воздействия  $\varphi_0$  слишком громоздко, поэтому не приводится в статье.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крымов Б.Г., Рабинович Л.В., Стеблецов В.Г. Исполнительные устройства системы управления летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Гамынин Н.С. и др. Гидравлический следящий привод. – М.: Машиностроение, 1968.
3. Колесников А.А. и др. Современная прикладная теория управления: Синергетический подход в теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. Ч. II.

Мотиенко Татьяна Александровна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: [tatyana@motienko.ru](mailto:tatyana@motienko.ru)

347928, Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Тел.: +7(8634)318090

Motienko Tatyana Aleksandrovna

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: [tatyana@motienko.ru](mailto:tatyana@motienko.ru)

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia

Phone: +7(8634) 318090

УДК 669.295

**Ю.П. Кирич**

#### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПОЗИЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА ГУБЧАТОГО ТИТАНА**

*Рассмотрены принципы построения интеллектуальных позиционных систем управления технологическими процессами производства губчатого титана. Актуальность работы определяется необходимостью улучшения качества управления и расширения области применения позиционных систем. Научная новизна состоит в разработке методологии синтеза и анализа интеллектуальных позиционных систем управления технологическими процессами.*

*Технологические процессы; губчатый титан; автоколебания; идентификация; адаптивное управление; ситуации функционирования; система поддержки принятия решений; система управления ситуациями функционирования.*

Y. P. Kirin

## INTELLECTUALIZATION POSITION CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES PRODUCTION OF TITANIUM SPONGE

*Principles of intellectual positioning systems for technological processes of production of titanium sponge. The relevance of the work is determined by the need to improve the quality of governance and broadening the application of positioning systems. Scientific novelty consists in the development of a methodology for synthesis and analysis of intelligent positioning systems for technological processes.*

*Technological processes; sponge titanium; fluctuations; identification; adaptive control; operation situation; the decision support system management function.*

В общем случае областью применения интеллектуальных систем является управление сложными объектами с плохо изученной динамикой, свойства, условия работы которых априорно недостаточно известны, существенно непостоянны [1].

К классу сложных объектов управления относятся процессы восстановления и вакуумной сепарации в производстве губчатого титана [2], позиционное управление которыми осуществляется в условиях неопределенности и нестационарности. Рабочие режимы позиционного управления технологическими координатами – сложные автоколебательные процессы, характеризующиеся асимметрией автоколебаний и остаточной неравномерностью, т.е. имеет место ошибка управления, величина и знак которой меняются случайным образом в ходе каждого единичного процесса восстановления и вакуумной сепарации.

Решение проблемы повышения качества управления технологическими процессами производства губчатого титана представляет значительные трудности для разработчика позиционных систем.

Существенно повысить эффективность управления процессами восстановления и вакуумной сепарации можно интеллектуализацией позиционных систем.

Применение адаптивного управления процессами восстановления и вакуумной сепарации можно считать началом интеллектуализации позиционных систем [3].

Адаптивная система управления состоит из двух частей: системы идентификации нестационарных параметров технологических процессов и системы собственно оптимального управления, вырабатывающей управляющие воздействия на основании информации, получаемой от системы идентификации. В результате идентификации определяют неизвестные коэффициенты математической модели динамики технологических процессов, которые используют для расчета оптимальных параметров настройки позиционного регулятора. Система собственно оптимального управления реализована применением методов неполного притока и неполного оттока энергии в позициях регулятора «включено» и «выключено».

Особенность организации производства губчатого титана предполагает знание априори набора ситуаций функционирования (СФ) процессов восстановления и вакуумной сепарации [4]: лимитирующих стадий процесса восстановления; положения зоны экзотермической реакции по высоте аппарата восстановления; условий передачи тепла из зоны экзотермической реакции в зоны нагрева аппарата восстановления; стадий и момента окончания процесса вакуумной сепарации; режима охлаждения конденсатора аппарата сепарации.

Определение СФ технологических процессов и принятие оперативных управленческих решений в реальном времени действующего производства осуществляет технолог – лицо, принимающее решение (ЛПР), используя свои знания,

опыт, интуицию. Однако во многих случаях знаний и интуиции даже у опытного ЛПР бывает недостаточно для однозначной оценки конкретной СФ и принятия адекватного решения. Цена ошибки ЛПР может быть достаточно велика: снижение производительности технологических процессов и качества губчатого титана, повышение энергозатрат.

Следующая задача интеллектуализации позиционного управления состоит в разработке информационных систем поддержки управления технологическими процессами.

Такой подход предусматривает следующие этапы.

1. Построение математических моделей, описывающих СФ технологических процессов. Нестационарность и нелинейность технологических процессов накладывают своеобразный отпечаток на режимы функционирования позиционной системы управления, которые, как уже отмечалось, характеризуются автоколебаниями сложной формы с переменными параметрами. В данном случае используются упрощенные математические модели динамики, в которых СФ отслеживаются через изменение возмущающих воздействий: выделяемого тепла экзотермической реакции восстановления тетрахлорида титана магнием, потребляемого тепла на вакуумную очистку губчатого титана от примесей магния и хлорида магния [5, 6]. С применением моделей составляют аналитические описания автоколебательных режимов, характеризующие СФ технологических процессов. Проводят качественный анализ автоколебательных режимов для установления текущих СФ. Проверяют адекватность математических моделей реальным СФ.

2. Синтез системы поддержки принятия решений. Разрабатывают алгоритмы идентификации СФ технологических процессов в позиционных системах управления. При этом параметры автоколебаний технологических координат служат идентификационными признаками для определения СФ процессов восстановления и вакуумной сепарации. Результаты идентификации используются в автоматизированной системе управления для информационной поддержки ЛПР при определении текущих СФ технологических процессов [7].

3. Синтез системы управления СФ технологических процессов. При хорошо изученных СФ управление технологическими процессами осуществляется без участия ЛПР с помощью системы управления СФ. В данном случае результаты идентификации СФ используются для коррекции технологических процессов, например, для автоматического переключения режимов охлаждения конденсатора аппарата сепарации, для автоматического отключения нагревателей аппарата по окончании процесса сепарации. Система управления СФ реализована в виде подсистемы в составе автоматизированной системы управления технологическими процессами производства губчатого титана [8].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ерофеев А.А.* Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – СПб.: Политехника, 1998. – 295 с.
2. *Кирич Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Краев С.Л.* Идентификация технологических процессов производства губчатого титана // Проблемы управления. 2008. № 4. С. 71-77.
3. *Кирич Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф.* Построение адаптивной системы управления технологическими процессами в производстве губчатого титана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. №2. С.1-7.
4. *Кирич Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В.* Анализ динамики позиционных систем управления процессами производства губчатого титана // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-18: Сб. тр. 18-й Междунар. научной конференции. – Казань: КГТУ, 2005. – Т. 10. – С. 84–86.

5. Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В. Разработка алгоритма контроля динамики позиционного управления вакуумной сепарацией губчатого титана // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-19: Сб. тр. 19-ой Междунар. науч. конф., – Воронеж: ВГТА, 2006. – Т.6. – С. 136-139.
6. Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В. Качественный анализ динамики позиционного регулирования температуры процесса восстановления титана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 10. С. 54-56.
7. Кирин Ю.П., Черепанов А.И., Протасов Ю.А. и др. Принципы построения двухуровневой АСУ процессами сепарации губчатого титана // Цветная металлургия. 1983. №13. С. 33-35.
8. Кирин Ю.П., Черепанов А.И., Протасов Ю.А. и др. Минимизация длительности процессов сепарации титана в АСУТП // Цветные металлы. 1983. №1. С. 51-54.

Кирин Юрий Петрович

Березниковский филиал Пермского государственного технического университета

E-mail: [z Xenon@narod.ru](mailto:z Xenon@narod.ru)

618221, Пермский край, г. Березники, ул.Юбилейная 74-64, 31, кв. 6

Kirin Yury Petrovich

Berezniki branch of the Perm State Technical University

E-mail: [z Xenon@narod.ru](mailto:z Xenon@narod.ru)

74-64, Ubileynaj street, Berezniki, 618221, Russia

УДК 681.323

**О.Н. Пьявченко**

#### **СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРА И ОБРАБОТКИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОВХОДОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ МОДУЛЯХ**

*В работе рассматриваются схемы процессов сбора и обработки сигналов датчиков физических переменных, определяются условия, которые следует выполнять при реализации этих схем в интеллектуальных микропроцессорных модулях.*

*Схема; организация; процесс; архитектура; микропроцессорный модуль.*

**O.N. Pyavchenko**

#### **SCHEMES OF THE ORGANISATION OF GATHERING AND PROCESSING OF ANALOGUE SIGNALS IN MULTI-PORT INFORMATION MICROPROCESSOR MODULES**

*In work schemes of processes of gathering and processing of signals of gauges of physical variables are considered, defined by conditions, which should be carried out at realization of these schemes in intellectual microprocessor modules.*

*The scheme; the organization; process; architecture; the microprocessor module.*

В ближайшей перспективе появление и применение в локальных и распределенных микрокомпьютерных системах мониторинга быстродействующих динамических объектов прецизионных многоходовых многофункциональных интеллектуальных микропроцессорных модулей (ИММ) [1], предназначенных для решения в темпе реального времени совокупностей следующих задач: