

структуру межсетевых обмена с ПК, на которых реализуются автоматизированные рабочие места (АРМ) диспетчера, и расширяет возможности по использованию сложных оптимальных алгоритмов управления парогенераторами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электростанций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 352 с.
2. Бесекерский В.А., Изранцев В.В. Системы автоматического управления с микроЭВМ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1987.
3. Пьявченко Т.А. Алгоритмы первичной обработки информации. Известия ТРТУ. Тематический выпуск: Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием “Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении”. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005, №1(45).

Пьявченко Тамила Алексеевна,  
Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г.Таганроге  
E-mail: [pta@tsure.ru](mailto:pta@tsure.ru)  
347928, Таганрог, пер. Некрасовский, 44  
Тел.: +7(8634)371602

Карась Вячеслав Михайлович  
Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г.Таганроге  
E-mail: [Alkey777@mail.com](mailto:Alkey777@mail.com) .

Pyavchenko Tamila Alekseevna  
Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»  
E-mail: [pta@tsure.ru](mailto:pta@tsure.ru)  
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia  
Phone: +7(8634)371602

Karas Vyichslav Mihailovich  
Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»  
E-mail: [Alkey777@mail.com](mailto:Alkey777@mail.com)

УДК 65.012.122

**В.Ф. Беккер**

#### **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ ГУБЧАТОГО ТИТАНА**

*Рассмотрена методология системного подхода к управлению непрерывно-дискретным производством губчатого титана. Актуальность работы определяется необходимостью улучшения качества сложного многомерного и многоуровневого управления. Системный анализ внутренней структуры распределенного объекта управления и взаимодействия его с внешней средой, задающей условия функционирования, обеспечивает планомерное решение иерархии взаимосвязанных задач и расширяет горизонт прогноза.*

*Системный подход; непрерывно-дискретное производство; восстановление и дистилляция губчатого титана.*

V.F. Becker

### SYSTEMS APPROACH TO MANAGEMENT OF SPONGE TITANIUM CONTINUOUS-DISCRETE MANUFACTURING

*A methodology for a systematic approach to the management of discrete-continuous production of titanium sponge is given. The relevance of the work is determined by the need to improve the quality of the complex multidimensional and multilevel management. System analysis of the internal structure of the distributed objects management and its interaction with the environment, set conditions of operation, provides a systematic decision hierarchy of interrelated tasks, and expands the horizon of the forecast.*

*System approach; a continuous-discrete production; recovery and distillation of titanium sponge.*

Проблема управления производством губчатого титана является слабо структурированной, содержащей как качественные, так и количественные элементы, причем качественные, малоизвестные, неопределенные стороны проблемы имеют тенденцию доминировать. Такие проблемы составляют основной предмет системного анализа [1].

Содержательными признаками системы являются расчлененность, целостность, связанность и неаддитивность. Рассмотрим эти признаки применительно к производству губчатого титана. Выделим в этой системе элементы технологического цикла – восстановление титана магнием; демонтаж и монтаж аппаратов; сепарацию губчатого титана; разделку блока и сортировку губчатого титана.

Система обладает целостностью, так как получает в результате взаимодействия элементов новое, отсутствующее у составляющих ее элементов качество, – выпуск продукта, а каждый элемент – конкретную технологическую цель, гарантирующую получение на выходе продукта заданного объема и качества. Благодаря эффекту эмерджентности, система приобретает возможность накопления и усиления одних или ослабления других свойств образующих ее элементов (например, обратная по производительности связь между восстановлением и сепарацией, когда полученный при высокой скорости восстановления блок губчатого титана требует более продолжительной сепарации). Связность системы формируют межэлементные взаимодействия и перемещающиеся между элементами потоки вещества (режим подачи тетраоксида титана, слива хлорида магния), энергии (включение-выключение нагревателей, вентиляторов охлаждения зон аппарата восстановления, подачи воды на охлаждение конденсатора), информации (характеристика полученного блока). Элементы, объединенные в систему, самосинхронизируются в условиях ограниченных ресурсов (энергопотребление, входные потоки магния, тетраоксида титана, ограниченные мощностью электролиза и ректификации), и поведение каждого приобретает согласованную направленность. В таком эффекте когерентно-коллективного действия проявляется неаддитивность системы, способствующая стабилизации производственного цикла.

С внешней стороны взаимосвязь с другими производствами по материальным потокам тетраоксида титана и магния задает некоторую совокупность возмущающих факторов, определяющих условия функционирования системы. Особенностью производства губчатого титана является завершенность технологиче-

ского цикла выпуском конечного продукта, которая обуславливает самостоятельность и автономность технико-экономической деятельности с возможностью оценки состояния системы.

Производство титана магнийтермическим способом носит непрерывно-дискретный характер, обусловленный тем, что:

– восстановление и вакуумная сепарация имеют непрерывный характер, а переработка отсепарированного блока губчатого титана и формирование партий товарной продукции – дискретный;

– каждый процесс протекает в дискретные интервалы времени;

– специфика производства исключает непосредственные материальные потоки между переделами, поэтому процессы меняются дискретно по переделам и циклам;

– каждый технологический процесс ведется по своему критерию, а в то же время все вместе они должны обеспечивать оптимальность глобального критерия (качество, производительность, себестоимость);

– непрерывная информация по выходным показателям переделов восстановления и сепарации отсутствует;

– обоснованную оценку качества ведения процессов по переделам в целом можно дать только в дискретные моменты времени – по окончании полного производственного цикла.

В качестве критерия управления производством губчатого титана принимают [2] производительность  $F$  основных переделов производства при заданной норме качества  $X$ , управляющих воздействиях  $U$  на процесс в отдельном аппарате и ограничениях  $Y$  на материальные потоки.

Критерии на различных уровнях ( $F$  – производство,  $F^k$  – передел,  $F_m^k$  – аппарат) имеют вид:

$$F = f(X^k, Y^k), \quad k = \overline{1, 4};$$

$$F^k = y(X_m^k, Y_m^k), \quad k = \overline{1, 4}, \quad m = \overline{1, n_k};$$

$$F_m^k = q(X_m^k, U_m^k, Y_m^k), \quad k = \overline{1, 4}, \quad m = \overline{1, n_k},$$

где  $k$  – отдельный передел из четырех составляющих производство (восстановление, монтаж-демонтаж, сепарация, разделка блока губчатого титана);  $m$  – отдельный аппарат из общего числа аппаратов  $n_k$  на каждом  $k$ -м переделе. Специфике многоуровневой структуры функционирующей системы соответствуют суммирующие (интегральные) свойства критериев:

$$F = e \prod_k F^k;$$

$$F^k = e \prod_m F_m^k, \quad k = \overline{1, 4};$$

$$F_m^k = e \prod_m q(X_m^k, U_m^k, Y_m^k), \quad k = \overline{1, 4}.$$

Следовательно, управлять необходимо так, чтобы обеспечить оптимум глобального критерия  $F$ , суммирующего локальные критерии  $F^k$  управления  $k$ -ми переделами. Эти локальные критерии  $F^k$  определяются критериями  $F_m^k$  управления для каждого  $m$ -о аппарата из общего их числа  $n_k$  на каждом  $k$ -м переделе.

Критерии  $F_m^k$  в свою очередь ищутся для заданного качества  $X_m^k$  при ограничениях  $Y_m^k$  на материальные потоки по управляющим воздействиям  $U_m^k$  на процессы в отдельных  $m$ -х аппаратах в допустимой области их функционирования. На множестве локальных критериев  $F^k$  управления каждым  $k$ -м переделом  $k = \overline{1,4}$  и критериями  $F_m^k$  управления  $m$ -ми аппаратами существует система приоритетов. Аддитивность глобального критерия допускает декомпозицию задачи управления «по целям» и позволяет решать ее относительно локальных критериев  $F_m^{(1)}$ ,  $F_m^{(2)}$ ,  $F_m^{(3)}$ ,  $F_m^{(4)}$  для каждого из четырех переделов производства:

$$F = F_m^{(1)} + F_m^{(2)} - F_m^{(3)} - F_m^{(4)},$$

$$\text{opt}(F) \text{Ю} \left\{ \max_{X_{OF}} F_m^{(1)}, \max_{X_{OF}} F_m^{(2)}, \min F_m^{(3)}, \min F_m^{(4)} \right\}$$

где  $F_m^{(1)}$  – производительность передела восстановления  $m = \overline{1, n_{(1)}}$ . Максимизация этого критерия при ограничениях  $Y_m^{(1)}$  на материальные потоки приводит, в конечном счете, к управлению  $U_m^{(1)}$ , позволяющему максимизировать производительность  $F_m^{(1)}$  отдельных  $m$ -х аппаратов восстановления при заданной  $X_m^{(1)}$  норме качества блока губчатого титана;

$F_m^{(2)}$  – производительность передела дистилляции  $m = \overline{1, n_{(2)}}$ . Определение управляющего воздействия  $U_m^{(2)}$  на процесс сепарации, сокращающего время процесса при требуемом качестве  $X_m^{(2)}$  продукта, повышает цикловую производительность  $F_m^{(2)}$  каждого  $m$ -го аппарата вакуумной сепарации в рамках ограничений  $Y_m^{(2)}$  на материальные ресурсы;

$F_m^{(3)}$  – потери производительности из-за недоиспользования резерва качества продукта при сортировке и комплектовании товарных партий;

$F_m^{(4)}$  – потери производительности из-за нарушения ритмичности производственного цикла. Относительно этого критерия решаются задачи оперативного планирования и стабилизации производственного цикла.

Анализ технологических параметров и экономических показателей в условиях функционирования системы позволил определить статьи экономии за счет: сокращения продолжительности цикла восстановления и дистилляции и увеличения количественных циклов; увеличения съема губчатого титана с одного технологического процесса; повышения сортности губчатого титана; сокращения потерь магния в производстве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новосельцев В.И., Тарасов Б.В., Голиков В.К. Теоретические основы системного анализа. – М.: Майор, 2006. – 592 с.
2. Кирил Ю.П., Беккер В.Ф., Затонский А.В. Совместное проектирование технологии и системы управления вакуумной сепарацией губчатого титана. – Пермь: ПермГТУ. 2008. – 128 с.

Беккер Вячеслав Филиппович  
Березниковский филиал Пермского государственного технического университета  
E-mail: [z xenon@narod.ru](mailto:z xenon@narod.ru)  
618221, Пермский край, г. Березники, ул.Пятилетки, 31, кв. 6

Becker Vyacheslav Filippovich  
Berezniki branch of the Perm State Technical University  
E-mail: [z xenon@narod.ru](mailto:z xenon@narod.ru)  
31-6, Pautiletka street, Berezniki, 618221, Russia

УДК 66:5

**Ю.П. Кири**

### **ПОЗИЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*Рассмотрена методология синтеза и анализа позиционного управления технологическими процессами в условиях неопределенности. Актуальность работы определяется необходимостью улучшения качества управления и расширения области применения позиционных систем. Научная новизна состоит в разработке теоретических основ позиционного управления технологическими процессами в условиях неопределенности.*

*Технологические процессы; условия неопределенности; автоколебания; модели динамики; синтез и анализ позиционного управления.*

**Y.P. Kirin**

### **POSITIONAL CONTROL TECHNOLOGICAL PROCESSES UNDER UNCERTAINTY**

*A methodology for synthesis and analysis of technological processes positional control is given. The relevance of the work is determined by the need to improve the quality of management and expand the application of positioning systems. Scientific novelty consists in the development of theoretical foundations of the positional control of technological processes under uncertainty.*

*Technological processes; the conditions of uncertainty; fluctuations; model dynamics; synthesis and analysis of positional control.*

Позиционные системы управления (СУ) используются для управления широким классом технологических процессов в различных отраслях промышленности. Реальные технологические процессы – нелинейные динамические системы, функционирующие в условиях неопределенности и нестационарности, вызванными возмущениями и изменением статических и динамических характеристик оборудования. Как объекты управления, они отличаются сложностью и неполной априорной определенностью связей между переменными. Повышение эффективности функционирования таких технологических объектов может быть достигнуто улучшением качества позиционных систем.

Решение такой задачи встречает значительные трудности.

Существующие методы синтеза и анализа позиционных СУ [1] разработаны применительно к сравнительно простым стационарным объектам управления. Динамические свойства объектов предполагаются заранее известными. Рабочие режимы позиционных СУ – установившиеся автоколебания. Основные задачи анали-