

На правах рукописи

Чеканов Александр Сергеевич

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТСАДОЧНЫМ  
ОТДЕЛЕНИЕМ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

05.09.03 - электротехнические комплексы и системы,  
включая их управление и регулирование

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков - 1994



00756993 (\$)

AB 29.5.77

знавчення городов Харь-  
ковского института инженеров городского хозяйства

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор  
Власов Константин Петрович

Научный консультант - кандидат технических наук, доцент  
Абременко Иван Григорьевич

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор  
Акимов Леонид Владимирович  
- кандидат технических наук, доцент  
Лазорин Александр Иванович

Ведущее предприятие - производственное объединение  
"Украиниуглеобогащение", г.Луганск

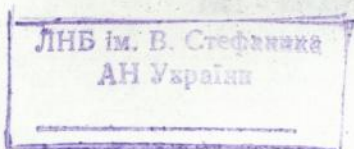
Защита состоится "19" мар 1994 г. в 14<sup>30</sup> час. на  
заседании специализированного совета К 068.39.06 при Харь-  
ковском политехническом институте (310002, г.Харьков 2, ГСП,  
ул. Фрунзе, 21)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковского  
политехнического института

Автореферат разослан "14" апрель 1994 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

Гончаров Ю.П.



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** По оценке Европейской экономической комиссии ООН по углю, мировая потребность в этом виде топлива увеличится с 3866 млн. тонн в 1990 г. до 5052 млн. тонн в 2000 г. В решении вопросов, связанных с повышением эффективности его использования в народном хозяйстве, важная роль принадлежит углеобогащательной отрасли. Необходимость ее совершенствования и развития обусловлена увеличением объема добываемых углей, а также ухудшением их качественного состава вследствие добычи угля с более глубоких горизонтов из пластов сложного строения и повышенной зольности. В то же время основные потребители угля (металлургическое производство и энергетика) требуют обеспечения их топливом постоянного качества по зольности, влаге и содержанию вредных примесей.

Современные углеобогащательные фабрики - высокомеханизированные предприятия. Они оснащены большим количеством сложных установок, машин и механизмов, приводимых в движение различными электроприводами и составляющих в совокупности непрерывные технологические линии. Все оборудование этих линий взаимосвязано между собой и предназначено для переработки исходного угля в продукты обогащения в едином технологическом процессе. Однако, при обогащении угля имеются значительные резервы повышения эффективности. Об этом свидетельствует тот факт, что потери концентрата с отходами обогащения составляют в среднем 0,5% рядового угля, а потери с низкосортным топливом (промпродуктом) достигают 40% продукта. Зольность отгружаемого концентрата колеблется в значительных пределах (4-12%), что также обуславливает потери горючей массы.

Процесс гидравлической отсадки угля как в нашей стране, так и за рубежом сохраняет основную роль среди процессов углеобогащения. Во Франции, Германии и Японии процессу отсадки подвергается 80% угля, на Украине - более 60%. В настоящее время одним из основных путей повышения эффективности процесса отсадки является его автоматизация.

Изложенное послужило основанием для проведения комплекса работ, направленных на разработку системы управления отсадочным от-

делением углеобогатительной фабрики.

Цель и задачи работы. Настоящая работа посвящена решению вопросов, связанных с анализом и синтезом адаптивной системы управления процессом отсадки на углеобогатительной фабрике, обеспечивающей максимальную его эффективность.

В соответствии с поставленной целью основными задачами исследования являются:

1. Исследование существующей модели процесса отсадки, использующей математический аппарат цепей Маркова, в части адекватного описания поведения объекта при приложении реальных управляющих и возмущающих воздействий.

2. Разработка и исследование адаптивной системы автоматического управления отдельной отсадочной машиной, определение эффективности ее применения в условиях наличия реальных возмущающих воздействий.

3. Разработка и исследование адаптивной системы автоматического управления отсадочным отделением в целом, определение ее эффективности при тех же условиях.

Методы исследования. В процессе выполнения работы использовались различные методы теоретических и экспериментальных исследований. Построение математической модели процесса отсадки производилось на основе уравнений математической физики и специальных разделов теории вероятностей. В промышленных экспериментах оценка показателей процесса производилась путем опробования продуктов с последующим их фракционным анализом. Анализ и синтез САУ осуществлялся на базе основных положений и специальных разделов теории процессов обогащения и автоматического управления с применением системного подхода к анализу сложных технологических объектов. На всех этапах исследования применялась вычислительная техника.

Основные научные результаты.

1. Произведена модификация известной математической модели процесса отсадки с целью адекватного отражения закономерностей реального объекта не только в статических, а и в динамических режимах.

2. Выбраны критерии управления для отсадочной машины, а также каналы управления, воздействие по которым позволяет достичь максимальной эффективности процесса в целом. Предложен критерий

для оценки эффективности работы отсадочного отделения.

3. Обоснована необходимая дискретность выработки управляющих воздействий и, с целью достижения рассчитанного значения на практике, выполнена компенсация информационного запаздывания в каналах измерения путем прогнозирования показаний датчиков на один цикл измерения.

4. Разработаны оригинальные алгоритмы функционирования одноканальной и двухканальной экстремальных систем управления отсадочной машиной, позволяющие повисить эффективность работы системы по сравнению с существующими. Предложена адаптивная система управления отсадочным отделением.

5. Разработано аппаратное и программное обеспечение для реализации предложенных алгоритмов управления на микропроцессорной базе, а именно - на однокристалльных микро-ЭЕМ.

Практическая ценность. Математическая модель процесса отсадки доведена до конкретной вычислительной модели, позволяющей на стадии проектирования оценивать динамические свойства различных систем управления, а также определять эффективность реализации этих систем при широком диапазоне изменения возмущающих и управляющих воздействий. Разработанные структуры и принципы построения САУ использованы проектными и научно-исследовательскими институтами при создании систем управления технологическим процессом отсадки на углеобогажительных фабриках.

Реализация системы адаптивного управления доведена до стадии аппаратного и программного обеспечения микропроцессорной системы.

Реализация результатов работы. Проведенные исследования учтены при разработке систем автоматического управления Харьковским институтом инженеров городского хозяйства и СКБА "Черметавтоматика". Экономический эффект от частичного внедрения предложенных систем управления на отсадочных машинах обогатительной фабрики Западно-Сибирского металлургического комбината составил 68 тыс.руб. (в ценах 1991 г.) на одну отсадочную машину.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на международной научной сессии Высшего машино-электротехнического института (София, 1989); Всесоюзных семинарах "Распределенная обработка информации" (Новосибирск, 1991) и "Многопроцессорные вычислительные системы" (Таганрог, 1991); научно-техни-

ческих конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковского института инженеров городского хозяйства (Харьков, 1988-1992).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе одна монография и авторское свидетельство.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 88 наименований и 4 приложений. Материал диссертации изложен на 203 страницах текста, включающих 36 рисунков и 5 таблиц.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определены научно-технические задачи, решению которых посвящена диссертация, сформулирована цель исследования.

Первая глава посвящена анализу современного состояния автоматизации процесса обогащения угля отсадкой и идентификации этого процесса как объекта управления.

Особенностью процессов углеобогащения и, в частности, отсадки, с точки зрения автоматизации, является стохастичность характеристик исходного сырья, нелинейность его свойств, массовость процесса разделения, распределенность параметров обогатительного аппарата. Учет исследователями, в различной степени, перечисленных особенностей объекта привел к различным подходам в построении систем управления. Значительный вклад в теорию и практику управления процессом отсадки внесли исследования, проведенные Власовым К.П., Рафалесом-Ламарка Э.Э., Мелькумовым Л.Г., Козиным Б.Э.; Синепольским В.С., Ульшиным В.А., Марьютой А.В., Лазориним А.И., Лехшером Л.Р., Бунько В.А. и другими. В диссертации, исходя из особенностей объекта управления, выделены следующие три уровня иерархии систем управления процессом отсадки: 1 - стабилизация основных технологических параметров; 2 - управление отдельной отсадочной машиной; 3 - управление отсадочным отделением.

Анализ состояния вопроса показал целесообразность применения для исследования эффективности систем управления на всех уровнях иерархии метода математического моделирования. При этом используемые модели должны позволять определять влияние основных возмущений и управлений на качественно-количественные характе-

ристики конечных продуктов обогащения в динамических режимах.

Заканчивается глава формулировкой конкретных задач исследования.

Во второй главе разрабатывается математическая модель процесса отсадки.

За базовую была принята обобщенная модель разделительного аппарата, предложенная Власовым К.П. и Рафалес-Колбатиковым Э.Э., в основу которой положено уравнение Фоккер-Планка-Колмогорова, описывающее процессы углеобогащения, как подкласс массовых разделительных процессов:

$$\frac{\partial y(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} [-A(x,t)y(x,t)] + \frac{\partial^2}{\partial x^2} [D(x,t)y(x,t)], \quad (1)$$

где  $y$  - концентрация вещества;  $A$  - коэффициент сноса, определяющий детерминированную часть процесса;  $D$  - коэффициент диффузии, определяющий стохастическую часть процесса;  $x$  - координата.

Для решения уравнения (1) применяется математический аппарат цепей Маркова. При таком подходе рабочее пространство отсадочной машины (отсадочная постель) условно разделяется на две зоны: верхнюю и нижнюю, которые, в свою очередь, разбиваются по направлению движения материала на  $N$  ячеек. Поступающий в каждое отделение  $OM$  материал представляется как смесь тяжелых  $T$  и легких  $\bar{T}$  составляющих. По мере перемещения постели со скоростью  $u$  происходит обмен между ячейками верхней и нижней зон  $T$  и  $\bar{T}$  компонентами с переменными коэффициентами разделения  $b$  и диффузии  $d$ .

Исходя из физики процессов, происходящих в отсадочной машине, процесс обогащения можно представить в виде суперпозиции трех марковских цепей (рис.1), описывающих:

- 1) процесс транспорта и диффузии в верхней зоне;
- 2) процесс транспорта и диффузии в нижней зоне;
- 3) процесс разделения между зонами со взаимодиффузией и разгрузкой компонентов.

На рисунке приняты следующие обозначения:  $u_1, u_2$  - скорости переноса материала соответственно в верхней и нижней зоне;  $d_1, d_2$  - коэффициенты диффузии, определяющие долю материала ячейки, переходящую в соседние под действием диффузионной составляющей;

$c_{n,}$ ,  $c_{n,}$  - коэффициенты, определяющие количество материала, не участвующего в процессе транспорта в верхней и нижней зоне;  $f_{n,}$  - коэффициенты, определяющие количество материала, выделяемого из ячеек нижней зоны;  $c_{n,}$ ,  $c_{n,}$  - коэффициенты, определяющие количество материала, не участвующего в процессе разделения. Перечисленные коэффициенты представляют собой переходные вероятности марковских цепей.

Уравнения массообмена, описывающие процесс транспорта с диффузией в верхней зоне Т-компонента для  $j+1$  такта работы модели имеют вид:

$$G_{n,t+1}^T = K_{n,t-1} G_{n,t-1}^T + c_{n,t} G_{n,t}^T + K_{n,t+1} G_{n,t+1}^T; \quad (2)$$

где  $G_{n,t}^T$  - объем Т-компонента в ячейке верхней зоны.

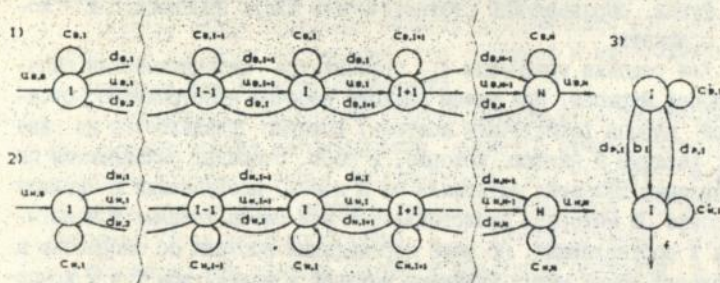


Рис. 1. Сигнальные графы цепей перехода модели процесса отсадки

(:=) - знак присвоения;  $K_{n,t-1} = c_{n,t-1} + d_{n,t-1}$  для  $t=2, N$ ;

$K_{n,t-1} = c_{n,t-1}$  для  $t=1$ ;  $K_{n,t+1} = d_{n,t+1}$  для  $t=1, N-1$ ;  $K_{n,t+1} = 0$  для  $t=N$ ;  $t$  - номер ячейки.

Аналогичный вид имеют уравнения, описывающие разделение Т-компонента между зонами и выделение его из нижнего состояния:

$$\begin{aligned} G_{n,t+1}^T &= c_{n,t} G_{n,t}^T + d_{n,t+1} G_{n,t}^T; \\ G_{n,t+1}^T &= c_{n,t} G_{n,t}^T + (b_t + d_{n,t}) G_{n,t}^T; \\ Q_{n,t+1}^T &= f_{n,t} G_{n,t}^T. \end{aligned} \quad (3)$$

где  $Q_{n,t+1}^T$  - объем Т-компонента, выделяемого из  $t$ -й ячейки

нижней зоны за один такт работы математической модели.

В качестве основных переменных модели приняты следующие величины: производительность отсадочной машины по исходному углю  $Q_1$ , породе  $Q_2$ , промпродукту  $Q_3$  и концентрату  $Q_4$ , фракционный состав  $\gamma$  и зольность  $A^d$  исходного угля, засоренность отходов легкими фракциями  $\gamma^d$ , зольности промпродукта  $A^d$  и концентрата  $A^d$ , давление воздуха в воздушном отделении P и высоты тяжелого слоя постели в породном B и промпродуктовом H отделениях. Обоснование соотношений, связывающих уравнения массобмена (2), (3) с переменными модели, производилось на основании физических представлений о процессе. Коэффициенты модели определялись из сопоставления результатов вычислительных и натуральных экспериментов.

При этом с целью адекватного отражения динамических соотношений реального объекта по каналу входные возмущения - зольность продуктов в модель введены соотношения, выполняющие функции слежения за зольностью материала в каждой ячейке верхней и нижней зон после каждого временного такта:

$$A_{i+1}^{d\tau} := \frac{(C_{e,i-1} + C_{e,i-1})G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau} + C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau} + (C_{e,i-1} + C_{e,i-1})G_{i-1}^{\tau} + C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} + C_{e,i+1} \times}{+ C_{e,i+1} G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau} +} ; \quad (4)$$

$$\times G_{i-1}^{\tau}$$

и за разделением материала между зонами

$$A_{i+1}^{d\tau} := \frac{C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau} + C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau}}{C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} + C_{p,i} G_{i-1}^{\tau}} ; \quad (5)$$

$$A_{i+1}^{d\tau} := \frac{C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau} + (b_i + C_{e,i}) G_{i-1}^{\tau} A_{i-1}^{d\tau}}{C_{e,i} G_{i-1}^{\tau} + (b_i + C_{p,i}) G_{i-1}^{\tau}}$$

После ввода этих соотношений зольность концентрата и промпродукта будет определяться как

$$A^d := (\gamma^c A^{dc} + \gamma^d A^{dd} + \gamma^e A^{de}) / (\gamma^c + \gamma^d + \gamma^e) ; \quad (6)$$

$$A^d := (\gamma^{cn} A^{dc} + \gamma^{dn} A^{dd} + \gamma^{en} A^{de}) / (\gamma^{cn} + \gamma^{dn} + \gamma^{en}) .$$

Также в модель введены зависимости, корректирующие уравнения массообмена по каналу разделения и динамические соотношения по каналу нагрузка по исходному углю - засоренность породы легкими фракциями. Адекватность математической модели проверялась по результатам моделирования и данным промышленных экспериментов.

В третьей главе обосновывается выбор критерия эффективности и разрабатывается система управления отсадочной машиной.

Известно, что целью управления процессами обогащения угля является получение максимального количества продукта заданного качества. Для достижения этой цели используется несколько критериев различного вида, причем наиболее обоснованным для процесса отсадки является применение критериев вида:

$$\Phi = \Phi_0 + aQ - b(K - K_*)^2 = \max; \quad (7)$$

где  $\Phi$  - критерий эффективности;  $\Phi_0$ ,  $a$ ,  $b$  - эмпирические коэффициенты;  $Q$  - производительность обогатительного аппарата по конечному продукту;  $K$  и  $K_*$  - текущее и заданное значения показателя качества этого продукта.

Моделирование при реальных входных возмущениях известных алгоритмов одноканальных экстремальных регуляторов с переменным шагом выявило, что при значительном вертикальном дрейфе экстремума критерия эффективности в системе может установиться устойчивый режим автоколебаний вокруг экстремальной точки с большим шагом, что существенно увеличивает потери на рыскание. Для устранения этого недостатка был предложен следующий алгоритм управления:

$$h_{n+1} = h_n + \Delta h^I U_n^{I,1} + \Delta h^{II} U_n^{II,1};$$

$$U_n^{I,1} = (1 - |U_n^{I,1}|) \operatorname{sign}(\Delta \Phi_n + \delta) \operatorname{sign}(U_n); \quad (8)$$

$$U_n^{II,1} = \left\{ \frac{1 - \operatorname{sign}(\Phi_n)}{2} (1 - |U_n^I|) + \frac{1 + \operatorname{sign}(\Phi_n)}{2} \frac{1 + \operatorname{sign}(\Delta \Phi_n)}{2} \times \right. \\ \left. \times |U_n^I| \right\} \operatorname{sign}(\Delta \Phi_n + \delta) \operatorname{sign}(U_n),$$

где  $h_n$ ,  $h_{n+1}$  - значение управления на  $n$ -м и  $n+1$ -м шаге;  
 $\Delta h^I$ ,  $\Delta h^{II}$  - шаги квантования по уровню управляющего воз-

действия;  $U_n, U_{n+1}$  - значения функции переключения на  $n$ -м и  $n+1$  шаге;  $\delta$  - зона нечувствительности экстремального регулятора;  $\Delta\Phi_n = \Phi_n - \Phi_{n-1}$  - разность между значениями функции на  $n$ -м и  $n-1$ -м шагах.

Проведен анализ информационного обеспечения САУ, в ходе которого показано, что наиболее эффективное управление процессом отсадки возможно при совместном воздействии по каналам: высота тяжелого слоя постели  $H$  и давление воздуха в воздушном отделении  $P$ . По выделенным каналам предложена двухканальная адаптивная система управления, в основу которой положен симплексный метод поиска критерия эффективности. Выбраны параметры поиска и предложен алгоритм изменения размера симплекса с сохранением его регулярности, учитывающий знак критериальной функции на этапе восхождения и число шагов, при котором остается неотброшенной хотя бы одна вершина на этапе слежения.

Показана необходимость и предложены методы прогнозирования основных качественных показателей процесса отсадки с целью компенсации запаздывания, обусловленного инерционностью датчиков. Выявлено, что если предсказание засоренности породы легкими фракциями с достаточной точностью может быть произведено по регрессионной зависимости от производительности по породе, то для прогноза зольности концентрата необходимы более сложные алгоритмы на основе экспоненциального сглаживания с адаптацией следящим сигналом вида:

$$TR_n = \frac{(\epsilon_t)_{срл}}{|\epsilon_t|_{срл}} \quad (9)$$

где  $(\epsilon_t)_{срл} = \gamma\epsilon_t + (1-\gamma)(\epsilon_{t-1})_{срл}$  - сглаженная ошибка прогноза,  $\gamma$  - параметр сглаживания.

Эффективность предложенных алгоритмов доказывалась путем сравнительного анализа функционирования различных систем управления в динамических режимах. Показано, что целесообразнее реализовать систему управления отсадочной машиной согласно рис.2, где 1,2 - датчики высоты постели; 3 - датчик зольности; 4,5 - датчики засоренности и производительности; 6 - система стабилизации частоты колебаний на основе электропневмопривода; 7,8 - системы стабилизации высоты тяжелого слоя постели в породном и промпродук-

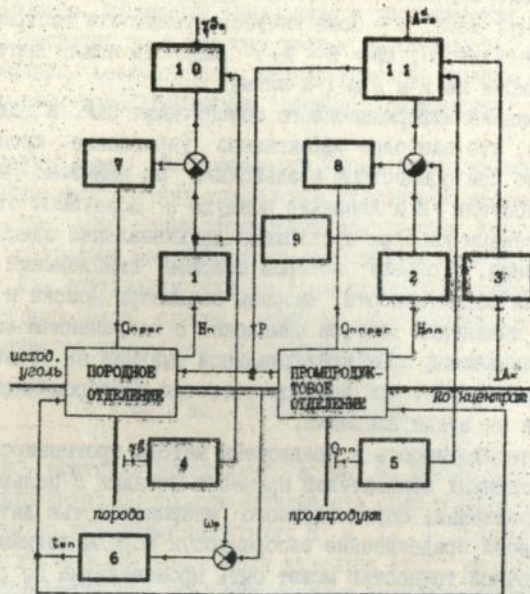


Рис. 2. Структура системы управления отсадочной машиной

товом отделении соответственно, выполненные на основе электроприводов постоянного тока; 9 - корректирующее звено; 10 - система стабилизации засоренности породы; 11 - двухканальный экстремальный регулятор. При такой структуре системы управления достигается увеличение выхода основного товарного продукта - концентрата на 0,96 т/ч при одновременном улучшении его качественных показателей.

Четвертая глава посвящена обоснованию функциональной схемы управления группой отсадочных машин, образующих отсадочное отделение. Произведен сравнительный анализ эффективности реализации различных схемных решений.

В работе показано, что наличие дисперсий зольности концентратов отдельных отсадочных машин приводит не только к уменьшению выхода суммарного концентрата отделения, но и к одновременному

ухудшению его качества. Для выработки рациональной структуры управления отсадочным отделением оно рассматривалось как единый взаимосвязанный объект управления, объединенный общей целью функционирования. Управление отделением целесообразно осуществлять изменением режима разделения только в одной (контрольной) отсадочной машине, на вход которой подается смесь промпродуктов остальных (основных) отсадочных машин. При этом контрольную машину целесообразно оснащать двухканальной системой управления в промпродуктовом и системой стабилизации засоренности породы в породном отделении. Обработка заданного значения зольности суммарного концентрата отделения в контрольной машине будет компенсировать отклонение зольности концентратов основных отсадочных машин и, следовательно, снижать динамические погрешности процесса регулирования. При этом отпадает необходимость в оснащении промпродуктовых отделений основных отсадочных машин системами экстремального управления.

Для оценки эффективности применения различных вариантов построения системы управления группой отсадочных машин проводились вычислительные эксперименты при гармонических и реальных (условия Чумаковской ЦОФ) возмущающих воздействиях. При этом исследуемое отделение из трех отсадочных машин оснащалось: в первом случае — одноканальными экстремальными системами управления в породном и промпродуктовом отделениях каждой из машин; второй вариант — каждая отсадочная машина оснащалась двухканальной адаптивной системой в промпродуктовом и системой стабилизации засоренности породы легкими фракциями в породном отделениях. При третьем варианте, выявившемся лучшим (см. табл.1), моделировалось отсадочное отделение, состоящее из двух основных и одной контрольной отсадочных машин, оснащенное системой управления, приведенной на рис.3 (то есть при наличии двухканальной адаптивной системы управления только в промпродуктовом отделении контрольной отсадочной машины). В этом случае достигается увеличение выхода концентрата отделения на 2,16 т/ч.

Для реализации предложенных алгоритмов разработана структура микропроцессорной системы управления на базе однокристалльной микросхемы К1816.

#### Основные результаты работы.

1. Произведена модификация известной математической модели

Таблица 1

Результаты обработки данных моделирования систем  
управления группой отсадочных машин

Наименование числовой характеристики	Показатель процесса X	Возмущение по нагрузке на отсадочную машину			Реальные возмущения по фракционному составу и зольности		
		Варианты систем			Варианты систем		
		1	2	3	1	2	3
Математическое ожидание $M_x$	$\bar{\Phi}_1^{*1}$	4,97	4,91	4,90	3,58	3,56	3,54
	$\Phi_4$	7,01	7,06	7,21	5,32	5,37	5,45
	$Q_{ко}, \%$	178,90	177,26	179,04	168,16	167,94	169,24
	$\Delta_{ко}^d, \%$	8,02	8,15	8,07	8,03	8,18	8,12
	$Q_{по}, \%$	50,08	51,92	52,58	46,58	47,13	47,62
	$\gamma_{о}^d, \%$	2,99	2,91	2,97	3,02	3,11	3,04
	$Q_{ппо}, \%$	31,41	28,18	30,38	28,56	27,93	28,14
	$\Delta_{ппо}^d, \%$	49,34	45,92	46,78	39,47	36,33	37,45
Дисперсия $D_x$	$\bar{\Phi}_1$	0,25	0,20	0,18	0,47	0,4	0,37
	$\Phi_4$	1,98	1,89	1,43	1,72	1,35	1,20
	$Q_{ко}, (\%)^2$	990,91	948,08	981,8	898,55	865,81	889,55
	$\Delta_{ко}, (\%)^2$	0,28	0,36	0,24	0,26	0,30	0,21
	$Q_{по}, (\%)^2$	5,01	8,63	4,44	6,02	4,47	5,51
	$\gamma_{о}, (\%)^2$	0,06	0,05	0,07	0,09	0,12	0,08
	$Q_{ппо}, (\%)^2$	4,29	12,20	12,70	1,81	6,53	7,11
	$\Delta_{ппо}, (\%)^2$	9,62	28,73	20,96	6,27	21,96	15,19

\*) Здесь  $\bar{\Phi}_1$  - средневзвешенное значение критериев эффективности породных отделений всех машин

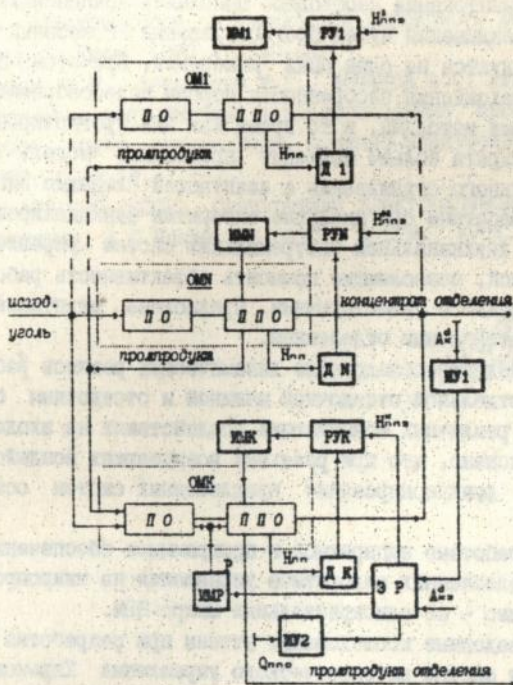


Рис. 3. Структура системы управления отсадочным отделением

процесса отсадки с целью адекватного отражения поведения реального объекта не только в статических, но и в динамических режимах.

2. На основании принятых критериев управления для отсадочной машины определены каналы управления, воздействие по которым позволяет достичь максимальной эффективности процесса в целом. Такими каналами являются давление воздуха в воздушном отделении и высота тяжелого слоя постели. Предложен критерий эффективности работы отсадочного отделения.

3. Обоснована величина шага квантования по времени управляющих воздействий, при которой достигается эффективное функционирование системы. Показано, что для реализации полученного значе-

ния шага квантования необходимо выполнить компенсацию информационного запаздывания путем прогнозирования показаний датчиков качества продуктов на один цикл измерения. При этом прогнозную модель для нахождения засоренности породы целесообразно строить регрессионными методами, в то время как для прогнозирования зольности концентрата больше подходит прогнозная модель на основе экспоненциального сглаживания с адаптацией следящим сигналом.

4. Разработаны оригинальные алгоритмы функционирования одноканальной и двухканальной экстремальных систем управления отсадочной машиной, позволяющие повысить эффективность работы системы по сравнению с существующими. Предложена адаптивная система управления отсадочным отделением.

5. Проведено исследование динамических режимов работы систем управления отдельной отсадочной машиной и отсадочным отделением в целом при различных возмущающих воздействиях на входе объекта. При этом выяснено, что при реальных возмущающих воздействиях эффективность функционирования предложенных систем остается высокой.

6. Разработано аппаратное и программное обеспечение для реализации предложенных алгоритмов управления на микропроцессорной базе, а именно - на однокристалльных микро-ЗЕМ.

7. Проведенные исследования учтены при разработке и усовершенствовании систем автоматического управления Харьковским институтом инженеров городского хозяйства, СКБА "Черметавтоматика". Экономический эффект от частичного внедрения предложенных систем управления на отсадочных машинах обогатительной фабрики Западно-Сибирского металлургического комбината составил 68 тыс. руб. (в ценах 1991 г.) на одну отсадочную машину.

#### Публикации по теме диссертации.

1. Микропроцессоры в системах управления процессами обогащения. К.П. Власов, И.Г. Абраменко, А.С.Чеканов, В.В. Шатило. - М.:Недра, 1992.-172 с.

2. Власов К.П., Чеканов А.С., Абраменко И.Г., Фатеев Ф.Н. К вопросу информационного обеспечения систем управления процессами обогащения угля// Изв. вузов. Горный журнал. 1990.- №9.-С.34-38.

3. Власов К.П., Чеканов А.С. Повышение эффективности функционирования АСУ технологическими процессами одного класса

//Повышение эффективности и надежности городского хозяйства:  
Сб. научн. тр. - Киев, 1990.- С.40-46.

4. Власов К.П., Абраменко И.Г., Чеканов А.С. Адаптивные системы управления непрерывными технологическими процессами// Труды междунар. научн. сессии Выш. машинно-электротехн. ин-та. - София, 1989.-С.23-26.

5. А.С. 1721780 (СССР). Сканирующий электропривод./К.П.Власов, А.В.Черкашин, А.С.Чеканов.- Оpubл. в Б.И., 1992, № 11..



ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Ответственный за выпуск - к.т.н., доц. Фатеев В.Н

---

от 6.04.94 г. Формат 60x84 1/16. Печ. офс.  
Объем 1,0 п.л. Заказ № 687. Тир. 100 экз. Бесплатно.

---

Ротапринт ВЦ Харьковского облуправления статистики  
310002, Харьков 2, ул. Маршала Бажанова, 28

AB 51 2

285162

AB 29.571