



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 854449

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий
выдал настоящее свидетельство на изобретение:

"Способ автоматического управления процессом флотации"

Заявитель: ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ
ИНСТИТУТ ИМ. Г. В. ПЛЕХАНОВА

Автор (авторы): Тихонов Олег Николаевич, Кузнецов Петр
Владимирович и Андреев Евгений Евгеньевич

Заявка № 2845666 Приоритет изобретения 30 ноября 1979г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР

14 апреля 1981г.

Председатель Комитета

Начальник отдела



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 854449

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 30.11.79 (21) 2845666/22-03

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.08.81. Бюллетень № 30

Дата опубликования описания 17.08.81

(51) М. Кл.³

В 03 D 1/00

(53) УДК 622.765
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

О.Н. Тихонов, П.В. Кузнецов и Е.Е. Андреев

(71) Заявитель

Ленинградский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горный институт
им. Г.В. Плеханова

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФЛОТАЦИИ

1

Изобретение относится к управлению процессом флотации и может быть использовано при разработке и внедрении автоматизированных систем управления флотационными технологическими процессами на обогатительных фабриках цветной и черной металлургии, промышленности строительных материалов, химической промышленности.

Известен способ управления процессом флотации, основанный на изменении величины циркулирующих потоков. Этот способ обеспечивает оптимальную производительность флотации по руде и предотвращает перегрузки в цепи циркулирующей нагрузки свинцовой флотации [1].

Недостаток этого способа состоит в том, что в нем не предусмотрена регулировка циркулирующих потоков, ставящая своей целью достижение равенства циркулирующих в схеме нагрузок, что значительно снижает точность

2

сепарации (разделения) минералов флотацией.

Известен способ автоматического управления процессом флотации, включающий изменение циркулирующих потоков по измеренному расходу твердого в них. В указанном способе измеренный расход циркуляционной нагрузки изменяют путем одновременного и однонаправленного воздействия на пеногоны всех перемешивателей [2].

Недостаток указанного способа заключается в отсутствии синхронизации работы основной и перемешивающих операций в смысле равенства циркулирующих нагрузок, в результате чего полностью недоиспользуются сепарационные свойства процесса, снижается точность сепарации минералов флотацией и, как следствие, технологические показатели процесса.

Цель изобретения — повышение точности управления процессом флотации с перемешивающей и контрольной операциями.

Поставленная цель достигается тем, что измеряют величину расхода циркулирующих потоков в перечистной и контрольных операциях, сравнивают измеренные величины, при положительной разности уменьшают степень аэрации в контрольной операции и увеличивают в перечистной, а при отрицательной разности степень аэрации по операциям изменяют на обратную.

На фиг.1 приведена сепарационная характеристика отдельной флотомашин; на фиг.2-4 сепарационные характеристики собственно для синхронизированной схемы, и два варианта десинхронизации; на фиг.5 - структурная схема САР.

Рассматривая флотацию как сепарационный (разделительный) процесс, протекающий при определенной степени измельчения частиц и обработке их поверхности реагентами, вносим понятие распределения $\gamma(k)$ минеральных частиц по флотирруемости k . Термин флотирруемость определяет способность минеральных частиц "прилипать" к пузырьку, т.е. закрепляться на его поверхности. При этом, чем с большей силой частица "прилипает" к пузырьку, тем больше величина флотирруемости, характеризующая флотирруемость частицы и наоборот. Отсюда следует, что частицы, которые не извлекаются в процессе флотации, т.е. уходят в камерный продукт (хвосты), имеют величину флотирруемости $k=0$. Частицы, нацело извлекаемые в пенный продукт (концентрат), имеют максимальное значение величины $k = k_{max}$ флотирруемости. Таким образом, во-первых, в объеме флотомашин величина флотирруемости минеральных частиц принимает непрерывный ряд значений от $k=0$ до $k = k_{max}$ и, во-вторых, всю принимаемую обычно за единицу массу частиц можно разделить на весовые доли, причем каждая весовая доля имеет свой диапазон флотирруемости, отличный от других, т.е. в измельченном и обработанном реагентами сырье существует распределение $\gamma(k)$ минеральных частиц по флотирруемости. При этом распределение минеральных частиц по флотирруемости $\gamma(k)dk$ количественно характеризует весовую долю (или объемную) частиц узкой фракции флотирруемости $[k, k+dk]$ в рассматриваемой смеси частиц сырья. Возникает необходимость дать численную оценку

величины флотирруемости. За меру флотирруемости мономинеральных частиц берут коэффициент скорости кинетики флотации k (м/с), определяемый из уравнения кинетики Белоглазова для

$$\epsilon_{\text{кон}}(t) = 1 - e^{-kst}, \quad (1)$$

где $\epsilon_{\text{кон}}$ - извлечение в пенный продукт, весовая доля;

S - свободная поверхность пузырьков в единице объема пульпы, $\text{м}^2/\text{м}^3$ (мера степени аэрации);

t - продолжительность флотации

Флотирруемость k численно равна средней скорости прибытия с закреплением минеральных частиц на границу раздела газ-жидкость при единичной концентрации их в пульпе и при $S = 1 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и определяется экспериментально через тангенс угла наклона касательной в начале кривой (1) кинетики флотации. При этом сепарирующие характеристики отдельной флотомашин или всего флотационного процесса в целом можно оценивать функцией распределения извлечений узких фракций флотирруемости в концентрат $\epsilon_{\text{кон}}(k)$ которая численно равна отношению веса узкой фракции $[k, k+dk]$ в концентрате к весу ее в исходном сырье:

$$\epsilon_{\text{кон}}(k) = \frac{Q_{\text{кон}} \gamma_{\text{кон}}(k) dk}{Q_{\text{исх}} \gamma_{\text{исх}}(k) dk}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{кон}}, Q_{\text{исх}}$ - производительность по концентрату и по исходному;

$\gamma_{\text{кон}}(k), \gamma_{\text{исх}}(k)$ - функции распределения частиц по флотирруемости для концентратов и сырья.

В простейшем случае, когда флотационная схема состоит из одной (основной) операции, то

$$\epsilon_{\text{кон}}(k) = 1 - e^{-kst_{\phi}}, \quad (3)$$

где t_{ϕ} - продолжительность флотации в данной операции, с;

k - переменная флотирруемость минеральных частиц, м/с.

Из формулы (3) видно, что флотационная машина является неидеальным сепаратором, чувствительным к флотуемости минеральных частиц $k = \text{Var}$. Ее сепарационная характеристика по каналу "исходное питание - пенный продукт" имеет экспоненциальный характер и отличается от характеристики идеального сепаратора уравнением ступенчатого звена вида

$$\varepsilon_{\text{цф}}(k) = \bar{\varepsilon}(k - k_p) = \begin{cases} 1 & \text{для } k > k_p \\ 0 & \text{для } k < k_p \end{cases}$$

где k_p - константа, определяемая как флотуемость разделения.

Частицы сырья, обладающие флотуемостью разделения $k = k_p$ наполовину попадают в концентрат, наполовину в хвосты (частицы преимущественно попадают в концентрат, а частицы с $k < k_p$ в хвосты).

Если время флотации $t_{\text{ф}} = \text{Const}$ и $S = \text{Const}$, то различные по флотуемости фракции извлекаются в концентрат с разной долей, ибо $k = \text{Var}$. Из определения величины k_p (флотуемость разделения) следует, что $\varepsilon_{\text{коп}}(k) = 0,5$, откуда после логарифмирования формулы (3), находим

$$k_p = \frac{\ln 2}{S t_{\text{ф}}} \approx \frac{0,7}{S' t_{\text{ф}}} \quad (4)$$

Увеличение $t_{\text{ф}}$ или S ведет к уменьшению k_p и, наоборот, значение k_p зависит от реагентной обработки минералов и является характеристикой только флотомашин, поскольку величины $t_{\text{ф}}$ и S параметры, характеризующие свойства данной флотомашин, а формула 3 - главная сепарационная характеристика этой машины.

Рассмотрим схему флотации.

Опуская вычисления по уравнениям баланса записывают сразу конечную формулу для результирующей сепарационной характеристики всей схемы, выраженной через характеристики

$$\varepsilon_{\text{рез}}(k) = \frac{q_4(k) dk}{q_{\text{исх}}(k) dk} = \frac{\varepsilon_1(k) \varepsilon_2(k)}{1 - \varepsilon_1(k) + \varepsilon_1(k) \varepsilon_2(k) - \varepsilon_3(k) + \varepsilon_1(k) \varepsilon_3(k)}$$

где $\varepsilon_1(k), \varepsilon_2(k), \varepsilon_3(k)$ - сепарационные характеристики контрольной и переместной операций; q_4 и $q_{\text{исх}}$ - секундная масса узкой фракции флотуемости в переместном и исходном продуктах.

Сепарационные характеристики для циркулирующих нагрузок получаются из уравнений баланса схемы по узким фракциям флотуемости $[k, k + dk]$.

$$\varepsilon_{1,5}(k) = \frac{q_5(k)}{q_1(k)} = \frac{\varepsilon_1(1 - \varepsilon_2)}{1 - \varepsilon_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_1 \varepsilon_3} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{1,6}(k) = \frac{q_6(k)}{q_1(k)} = \frac{\varepsilon_3(1 - \varepsilon_1)}{1 - \varepsilon_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_1 \varepsilon_3} \quad (7)$$

На фиг. 2 по формулам (5) - (7) построены графики $\varepsilon_{\text{рез}}(x)$, $\varepsilon_{1,5}(x)$ и $\varepsilon_{1,6}(x)$, где $x = S_1 t_{\text{ф}1} \cdot k$ для синхронизированной схемы, когда $S_1 t_{\text{ф}1} = S_2 t_{\text{ф}2} = S_3 t_{\text{ф}3}$ и $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 1 - e^{-x}$.

На фиг. 3 показан типичный вариант десинхронизации при котором

$$S_2 t_{\text{ф}2} > S_1 t_{\text{ф}1} \text{ и } S_3 t_{\text{ф}3} < S_1 t_{\text{ф}1},$$

а на фиг. 3 - другой типичный вариант десинхронизации (в другую сторону), при котором

$$S_3 t_{\text{ф}3} > S_1 t_{\text{ф}1} \text{ и } S_2 t_{\text{ф}2} < S_1 t_{\text{ф}1}.$$

На фиг. 4 штрихами показана кривая $\varepsilon_{\text{рез}}$ на фиг. 2.

Чтобы из данных анализа на фиг. 3 получить практические выводы, следует указать, что производительность по твердому в указанном продукте равна.

$$Q_{\text{ТВ}1} = \int_{k_{\text{мин}}}^{k_{\text{мак}}} q_1(k) dk = \int_{k_{\text{мин}}}^{k_{\text{мак}}} q_{\text{исх}}(k) \varepsilon_{1,1}(k) dk, \quad (8)$$

где $q_{исх}(k)dk = Q_{исх} \gamma_{исх}(k)$ - характеризует распределение узких фракций флотиремости в питании схемы.

Из формулы 8 следует, что циркулирующая нагрузка $Q_5 = \int q_5 dk = \int q_{исх} \epsilon_{15} dk$ тем больше, чем больше площадь под графиком $\epsilon_{15}(k)$ на фиг.3, то же относится и ко второй циркулирующей нагрузке $Q_6 = \int q_6 dk$. С учетом этого, из анализа кривых (фиг.2) можно сделать следующие выводы: в синхронизированном режиме производительности по твердому в обоих циркулирующих нагрузках одинаковы $Q_5 = Q_6$; при десинхронизации наоборот $Q_5 \neq Q_6$; в синхронизированном режиме $\epsilon_{рес}(k)$ имеет максимальную крутизну в точке k_p и ближе к идеальному ступенчатому закону $\epsilon_{ид} = 1(k - k_p)$, чем в любых несинхронизированных режимах.

Синхронизация, которая повышает точность сепарации минералов флотацией и, следовательно, технико-экономические показатели, можно осуществить автоматически по следующему правилу. Если $Q_5 = Q_6$, то $k_{p1} = k_{p2} = k_{p3}$ и необходимо не изменять управляющее воздействие. Если $Q_5 < Q_6$, то $S_3 t_{\phi 3} < S_1 t_{\phi 1} < S_2 t_{\phi 2}$ необходимо увеличить $S_3 t_{\phi 3}$ и уменьшить $S_2 t_{\phi 2}$. Если $Q_5 > Q_6$, то $S_3 t_{\phi 3} > S_1 t_{\phi 1} > S_2 t_{\phi 2}$ необходимо уменьшить $S_3 t_{\phi 3}$ и увеличить $S_2 t_{\phi 2}$.

Из этого следует, что для выравнивания потоков (синхронизации схемы) необходимо воздействовать либо на степень аэрации S_i , либо на время флотации $t_{\phi i}$.

На степень аэрации можно воздействовать путем регулирования расхода воздуха, подаваемого в камеры флотомашин, а на время флотации - учитывая, что $t_{\phi i} = V/Q_i$, изменяя расход пульпы через флотомашину. Выбор того или иного способа зависит от того, какой из вариантов оказывается наиболее простым для данных конкретных условий.

Структурная схема устройства автоматического управления (фиг.5), реализующая способ, содержит расходомеры 1 и 2 твердого в циркулирующих

нагрузках перечистой и контрольной операции, например щелевые расходомеры типа ИРТ, регулятор 3, например УВМ типа М-6000, исполнительные механизмы 4 и 5 подачи воздуха в камеры флотомашин перечистой и контрольной операции.

Работа устройства осуществляется следующим образом.

Циркулирующие нагрузки Q_5 и Q_6 автоматически измеряются расходомерами 1 и 2 твердого в пульпе. Измеренные сигналы сравниваются друг с другом в регуляторе 3. При $Q_5 \neq Q_6$ регулятор посредством исполнительных механизмов 4 и 5 дает команду на изменение подачи воздуха (и следовательно степени аэрации S_2 и S_3) в машинах перечистой и контрольной флотации в соответствии с вышеизложенным правилом, т.е. при $Q_5 > Q_6$ уменьшается подача воздуха (значит и степень аэрации S_3) в контрольную операцию (либо увеличиваются те величины в перечистой операции), при $Q_6 > Q_5$ регулятор дает обратные команды, если $Q_5 = Q_6$, то регулирующие воздействия не изменяют.

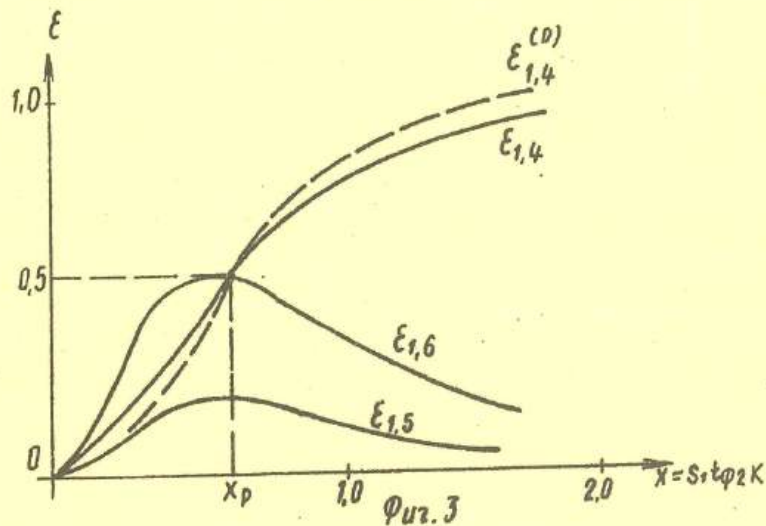
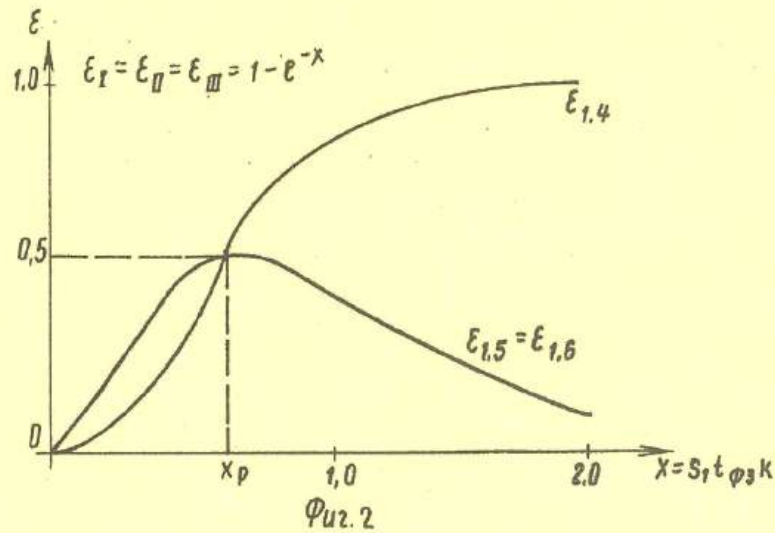
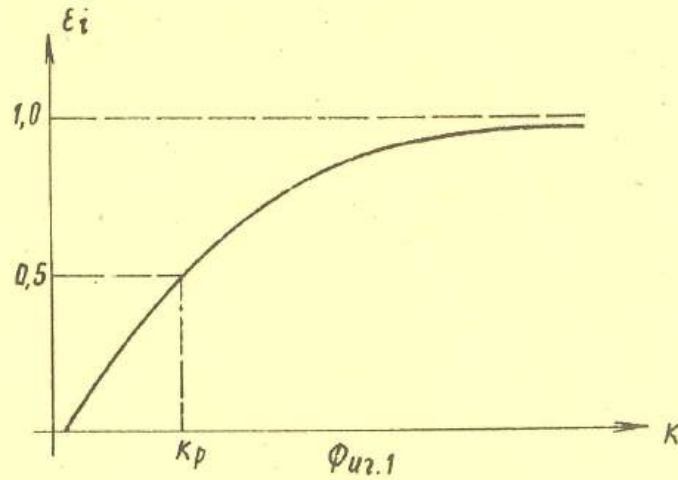
Использование предлагаемого изобретения позволяет повысить точность сепарации минеральных частиц, что ведет к увеличению извлечения в концентрат ценных компонентов и повышению их содержания в концентратах.

Формула изобретения

Способ автоматического управления процессом флотации, включающий изменение циркулирующих потоков по измеренному расходу твердого в них, отличающийся тем, что, с целью повышения точности управления процессом флотации с перечистой и контрольной операциями, измеряют величину расхода циркулирующих потоков в перечистой и контрольной операциях, сравнивают измеренные величины, при положительной разности уменьшают степень аэрации в контрольной операции и увеличивают в перечистой, а при отрицательной разности степень аэрации по операциям изменяют на обратную.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Барский Л.А., Козин В.З. Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. М., "Недра", 1979, с.256.
2. Авторское свидетельство СССР № 598643, кл. В 03 D 1/00, 1979.



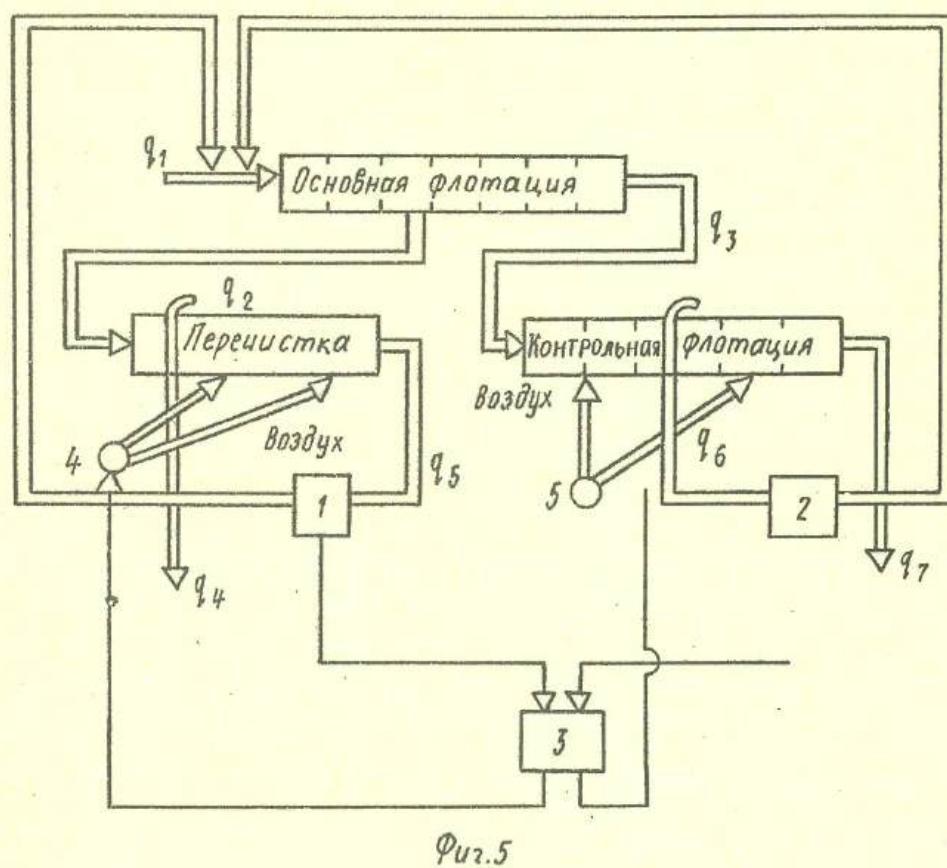
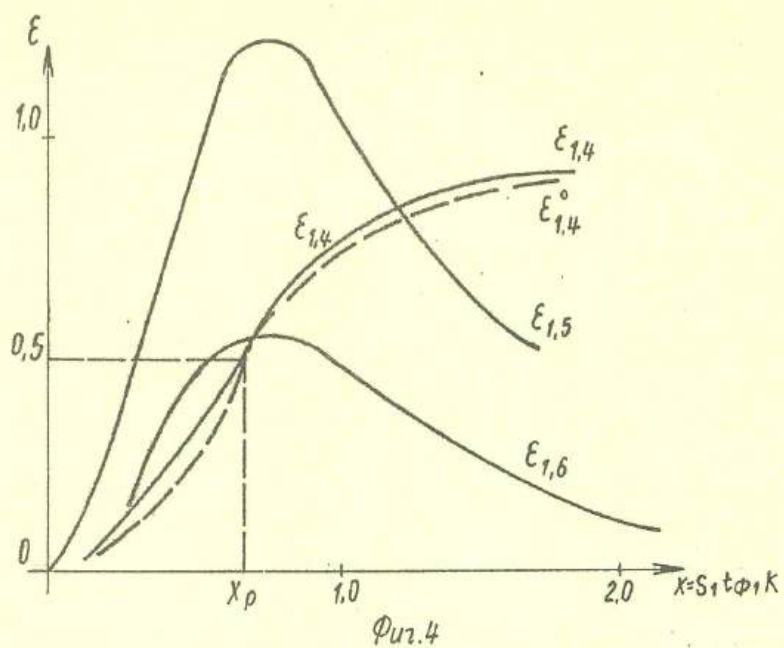
ольной
исходо-
апри-
ельные
ка в ка-
и конт-
ляется

и Q_6
ододе-
Изме-
руг с
 $\neq Q_6$
тель-
анду
и следо-
и S_3)
ольной
еизло-
7 Q_6
начит
льную
е вели-
при Q_6
оманды,
воздей-

о изоб-
ность
что
в кон-
ювыше-
гах.

вления
и изме-
о изме-
к, о т-
с це-
ения
ой и
ют ве-
ютоков
ераци-
чины,
ншают
опера-
ой, а при
азра-
обратную.

ртизе
Систем-
ых ис-
.256.
СССР
9.



Редактор Т. Веселова Составитель В. Персиц Техред А. Ач Корректор С. Корниенко
 Заказ 6557/9 Тираж 625 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4