

УДК 681.5.01:658.012(574)

А.А. Джусупов

Институт проблем информатики и управления МОН РК, г. Алматы

**МОНИТОРИНГ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ
ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РАЦИОНАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР**

В настоящее время реализация программы «Дорожная карта бизнеса-2020» может встретиться с трудностями из-за существующих проблем:

1) отсутствие хорошо структурированного и отлаженного механизма сбора и системного анализа информации по отраслям и регионам;

2) сдерживание развития предпринимательской инициативы в Казахстане:

а) финансовая (у малого и среднего бизнеса нет доступа к средне- и долгосрочному финансированию из средств госбюджета. В настоящее время государство не располагает достаточными средствами для их финансирования);

б) репрессивное отношение правоохранительной системы к МСБ;

3) производительность труда в нашей республике в пять раз ниже, чем у работника в развитых странах, потому что применяется устаревшая технология, старая техника;

4) существует так называемое «проклятие ресурсов»: располагая немалыми сырьевыми ресурсами, Казахстан не может в полной мере обеспечить их обработку – необходимо развитие обрабатывающей промышленности и использование инновационных технологий, позволяющих резко повысить производительность труда.

В РК уже ведется работа по решению данных проблем, но существующих средств недостаточно – необходим принципиально новый подход государственно-частного партнерства. Данная статья излагает накопленный опыт комплексного использования сырья в конце второго тысячелетия на одном из предприятий цветной металлургии РК.

Структура производства серной кислоты H_2SO_4 из отходящих газов цветной металлургии приведена на рис. 1.

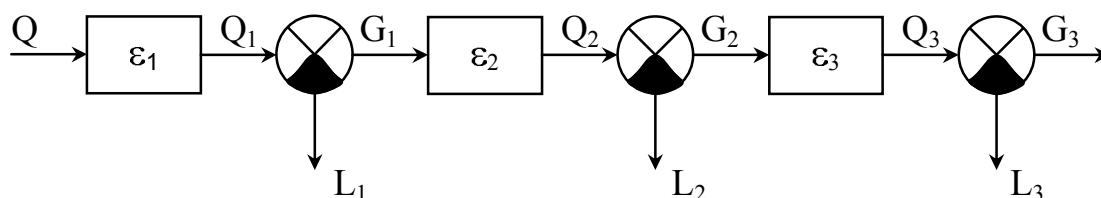


Рисунок 1 – Структура производства серной кислоты H_2SO_4

Потери сырья Q в процессе переработки разделяются на две фазы (рис. 2):

а) твердая – огарок или агломерат L_1 – безвозвратные потери по части Q ;

б) газ – исходящий в трубу L_2 и L_3 – брызги и туман H_2SO_4 в отделении абсорбции.

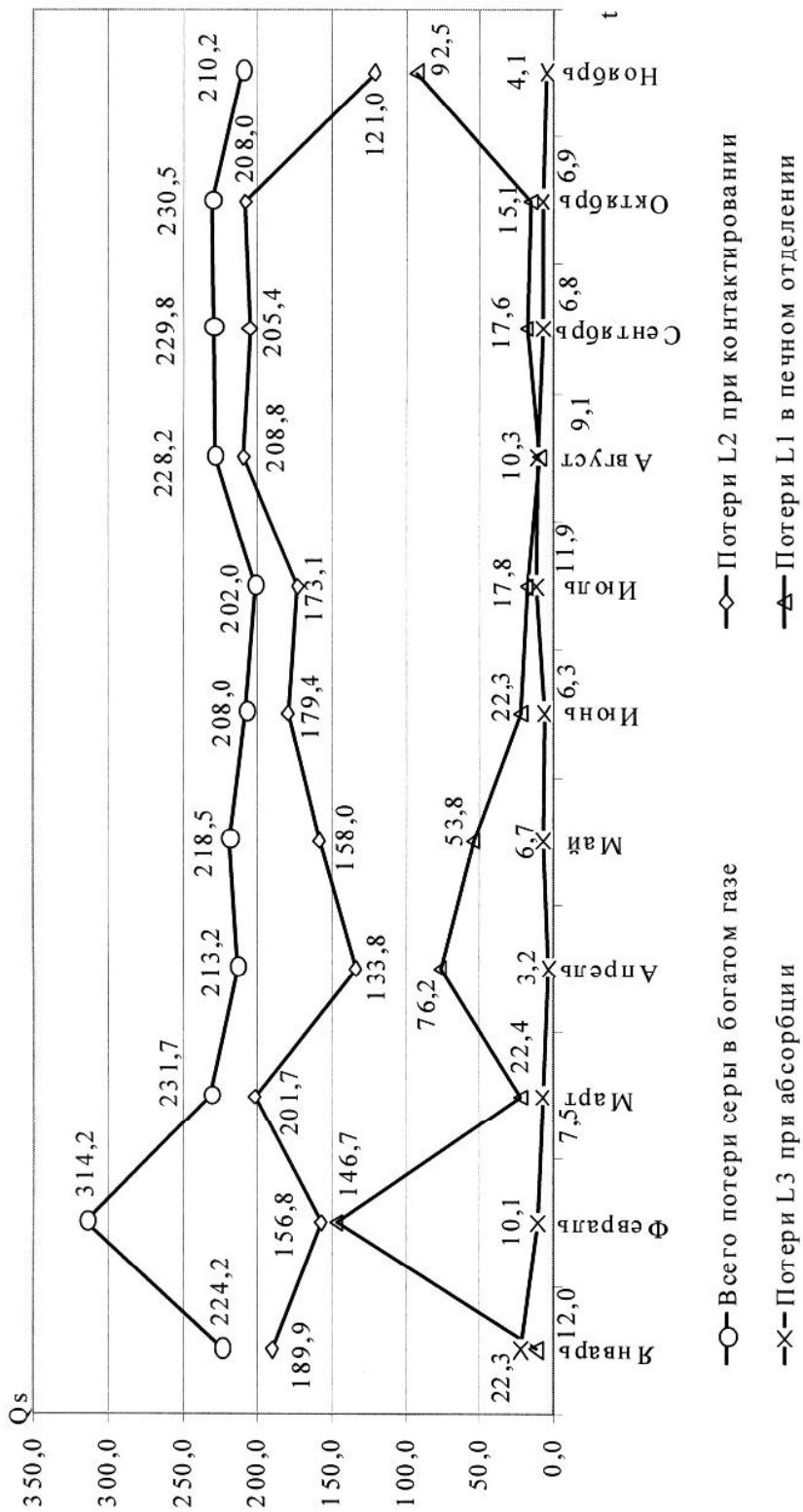


Рисунок 2 – Потери серы при производстве серной кислоты

Анализ показывает, что имеющие место потери указывают на наличие резервов, которые требуют достаточно дорогих планово-предупредительных мероприятий, профилактических ремонтов, замену устаревшего оборудования и т.д., так как износ основных фондов приближается к критическому. Один из путей, устраняющих отмеченный недостаток, – повышение качества управления за счет применения современных технологий, поскольку действующая система экологического законодательства Республики Казахстан заставляет применять современные системы мониторинга. Причем, составляющие по $(L_1+L_2+L_3) < 0,1Q$; норма экологической составляющей принята в общемировой практике эксплуатации подобных систем. Величины, воздействующие на рассматриваемый технологический процесс, можно разбить на две основные группы:

а) неконтролируемые возмущения χ_i , определяющие состояние технологического оборудования;

б) управляющие параметры u_i , компенсирующие χ .

В соответствии с приведенной на рис. 1 структурой производства H_2SO_4 получим:

$$\begin{cases} Q_1 = \varepsilon_1 Q, \\ Q_2 = \varepsilon_2 G_1, \\ Q_3 = \varepsilon_3 G_2, \\ G_1 = \chi_1 Q - L_1, \\ G_2 = \chi_1 \chi_2 Q - L_2 - L_1, \\ G_3 = \chi_1 \chi_2 \chi_3 Q - L_3 - L_2 - L_1, \end{cases} \quad (1)$$

где Q_1 – производительность печного отделения по SO_2 , кг/ч;

Q_2 – производительность контактного отделения по SO_3 , кг/ч;

Q_3 – производительность абсорбционного отделения по H_2SO_4 , кг/ч;

G_1 – расход SO_2 , поступающего на конверсию, кг/ч;

G_2 – расход SO_3 , поступающего на абсорбцию, кг/ч;

G_3 – производительность по моногидрату, кг/ч;

ε_i – коэффициент выхода продукта на i -м технологическом участке, ($i=1,2,3$) характеризует состояние технологического режима, %;

χ_i – коэффициент, определяющий потери на соответствующем участке, характеризует состояние работоспособности технологического оборудования и оснастки и зависит от u_i , %.

Опыт эксплуатации производственных систем подобного класса показывает, что χ_i меняется случайным образом в интервале времени от 0 до τ , где τ – время безаварийной работы технологического оборудования и оснастки, $\chi_i \in ДН$ – пространство работоспособности. Поскольку для любого технологического режима значения χ (ε, u) обычно близки к стационарным, функция распределения $F[\chi(\varepsilon, u)]$ соответствует гауссовской: можно оценить влияние изменения χ при переходе от одного вида управления к другому с сохранением заданного технологического режима в пространстве ДН. Последнее определяется своим средним значением $\bar{\chi}$ и средним квадратичным отклонением σ , характеризующим качество мониторинга. Если предположить, что $\bar{\chi} = \tau / \tau + \tau_p$, где τ_p – время, затрачиваемое на ремонт оборудования и оснастки, то можно подсчитать вероятность сокращения сроков ремонтов с расстановкой приоритетов выхода на ремонт в

зависимости от χ , степени важности оборудования с целью соблюдения технологического режима и регламента, которое оценивается неравенством

$$M(\bar{\chi}) - 3\sigma(\bar{\chi}) \leq \chi \leq M(\bar{\chi}) + 3\sigma(\bar{\chi}), \quad (2)$$

где $M(\bar{\chi})$ – математическое ожидание χ ;

$\sigma(\bar{\chi})$ – среднее квадратическое отклонение χ ,

в зависимости от которых появляется возможность принять управляющее решение, компенсирующее сбой системы перераспределением нагрузки между оборудованием, или подготовиться к остановке на ремонт для устранения отказа.

Таким образом, оценку качества ведения процесса предлагаем осуществлять по следующей методике:

а) составить синтезированную структуру производственного процесса (рациональная модель);

б) рассчитать величины χ и L ;

в) оценить эффективность системы.

Данный подход является развитием идей Кафарова В.В. и Ицковича И.Л. в решении задачи «неполноты сгорания топлива в топке» [1, 2].

На рис. 3 представлена структура контактного аппарата К-39-4.

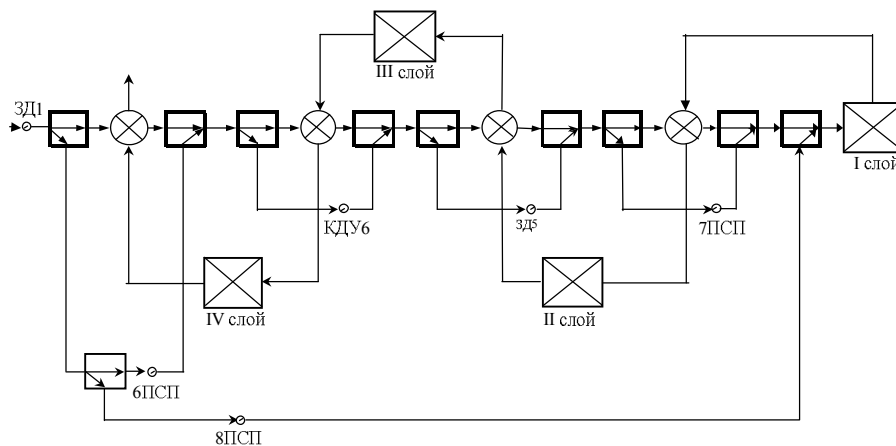
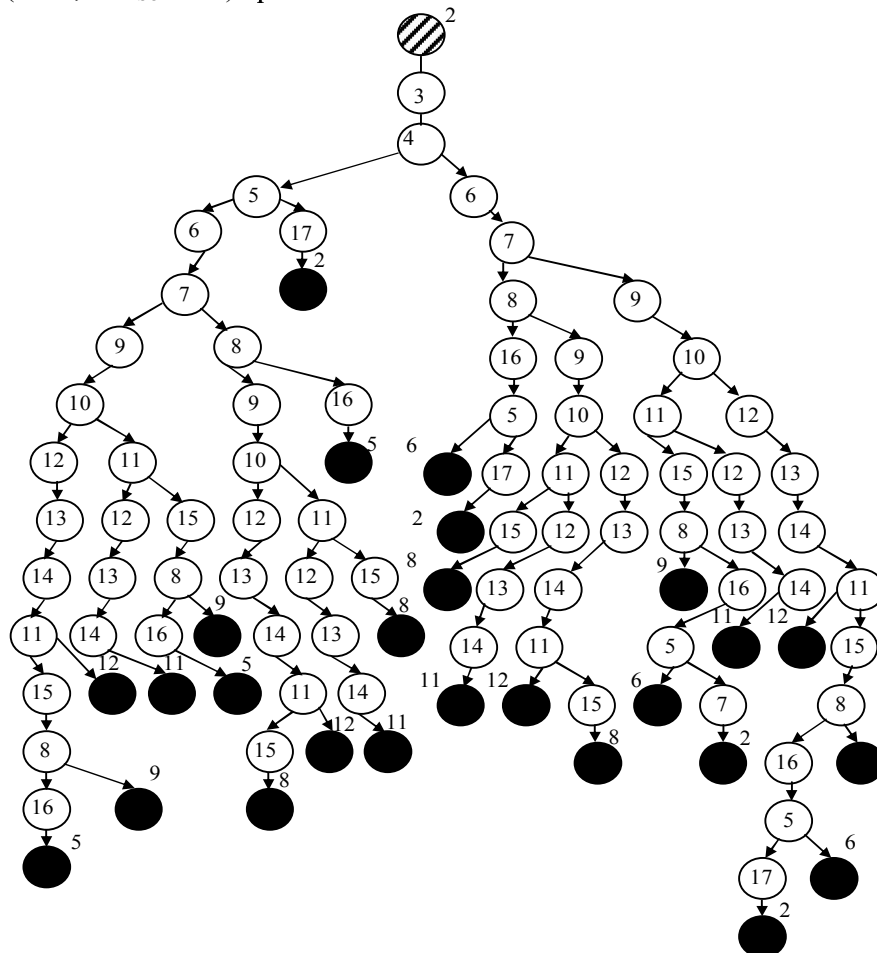


Рисунок 3 – Структура контактного аппарата К-39-4

На рис. 4 приведена преобразованная структура в виде параметрического потокового графа, с помощью которого, следуя методике Кафарова В.В., определен порядок расчета элементарных звеньев по ходу газовой смеси естественным образом. Таким образом, получаем следующие технологические потоки: $P_4(P_3, P_{20}, P_{21})$, $P_7(P_{19}, P_{18})$, $P_{10}(P_{16}, P_{17})$, $P_{13}(P_{14}, P_{15})$, которые и устанавливают порядок расчета математических моделей, порядок опроса первичных датчиков и определения принадлежности регулирующего органа (затвора) тому или иному узлу. Однако данный подход, связанный с использованием метода ветвей и границ, достаточно громоздкий. Нами предложен рациональный метод расчета управляющих воздействий в соответствии с определенными технологическими потоками с использованием математической модели [3]. Тогда исходной для расчета управляющих воздействий с учетом возможных ресурсов – запаса хода исполнительных механизмов будет:

$$T_{K1} \cdot a1 = 7ПСЦ \cdot T_{ВЫХ1} \cdot a5 + C_{SO2} \cdot a3 + (T_{3x0} \cdot 6ПСЦ + (1 - 8ПСЦ) T_{ВЫХ}^1 +$$

$$\begin{aligned}
 &+T_{\text{ВЫХ1}} \cdot (1 - 7\text{ПСП}) \cdot a2 + Q(p) \cdot a4; \\
 T_{\text{К2}} \cdot b1 &= 3Д5 \cdot T_{\text{ВЫХ2}} \cdot b5 + C_{\text{SO2}}(1 - E1) \cdot b3 + T_{\text{К1}} \cdot b2 + Q(p)(1 - 0,5 \cdot C_{\text{SO2}} \cdot E1) \cdot b4; \\
 T_{\text{К3}} \cdot a1 &= КДУ6 \cdot T_{\text{ВЫХ3}} \cdot m5 + C_{\text{SO2}}(1 - E2) \cdot m3 + T_{\text{К2}} \cdot m2 + \\
 &+ Q(p)(1 - 0,5 \cdot C_{\text{SO2}} \cdot E2) \cdot m4; \\
 T_{\text{К4}} \cdot p1 &= T_{\text{ВЫХ}}^{\text{ч}} \cdot (1 - 8\text{ПСП} - КДУ6) \cdot p5 + C_{\text{SO2}}(1 - E3) \cdot p3 + T_{\text{К3}} \cdot p2 + \\
 &+ Q(p)(1 - 0,5 \cdot C_{\text{SO2}} \cdot E3) \cdot p4.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$



	Вершины, входящие в контур	Контур	№	Вершины, входящие в контур	Контур
I	2-3-4-5-17-2	A	IX	5-6-7-9-10-11-15-8-16-5	F
II	5-6-7-8-16-5	B	XVIII	2-3-4-6-7-8-16-5-17-2	G
III	8-9-10-11-15-8	C	XII	5-6-7-9-10-12-13-14-11-15-8-16-5	J
IV	11-12-13-14-11	D	XXII	2-3-4-6-7-9-10-11-15-8-16-5-17-2	K
VI	8-9-10-12-13-14-11-15-8	E	XXVI	2-3-4-6-7-9-10-12-13-14-11-15-8-16-5-17-2	L

Рисунок 4 – Структура К-39-4 в виде параметрического потокового графа

Подставив в выражения (3) известные значения температур, согласно регламенту и

$E_4 = 0,98$, значения a_i , b_i , m_i , p_i , $i = \overline{1,4}$ – коэффициенты пропорциональности изменяются от 0 до 1, взятые из модели [5], определим управляющее решение для наиболее типичных случаев:

а) все ПСП = 0 – байпасирующие каналы закрыты, за исключением задвижки Y_0 поступления газовой смеси в аппарат, когда ресурс – автотермичность – эксплуатируется максимальным образом, получим $\varepsilon_1 = 0,43$, $\varepsilon_2 = 0,681$, $\varepsilon_3 = 0,835$, $\varepsilon_4 = 0,98$;

б) все ПСП = 1 – байпасирующие каналы открыты, контактная масса перегрета, получим $\varepsilon_1 = 0,716$, $\varepsilon_2 = 0,772$, $\varepsilon_3 = 0,832$, $\varepsilon_4 = 0,98$;

в) КДУ6 = 0, 8ПСП = 1, ЗД5 = 0, 7ПСП = 0, получим $\varepsilon_1 = 0,72$, $\varepsilon_2 = 0,73$, $\varepsilon_3 = 0,75$, $\varepsilon_4 = 0,98$;

г) КДУ6 = 1, 8ПСП = 0, ЗД5 = 1, 7ПСП = 1, получим $\varepsilon_1 = 0,43$, $\varepsilon_2 = 0,77$, $\varepsilon_3 = 0,75$, $\varepsilon_4 = 0,98$.

Отсюда видно как влияет изменение управляющих решений на численное значение степени контактирования, а значит на качественные характеристики технологического процесса производства серной кислоты из отходящих газов цветной металлургии.

Таким образом, на основании рационального метода построения сложных структур проведена оценка точности параметров χ и L . Для решения задачи мониторинга экологически опасных объектов необходимо иметь на производстве датчики:

а) весоизмеритель готового продукта;

б) газоанализаторы SO_2 и H_2 ;

в) измеритель пылей и паров серной кислоты.

Кроме того, требуется наладить систему оборота промышленной воды.

В процессе исследования получены результаты, которые имеют прикладное значение и представляют интерес для разработчиков систем автоматизированного управления в режиме ON LINE, для разработчиков экспертных систем – в режиме OFF LINE. В таблице приведены результаты предложенной безотходной, экологически безопасной технологии серно-кислотного производства на действующем оборудовании.

Технико-экономические показатели работы серно-кислотного производства

Параметры	Ручное управление		Автоматическое управление в отделении обжига		Автоматическое управление в контактном отделении	
	$\overline{\chi}$	σ	$\overline{\chi}$	σ	$\overline{\chi}$	σ
1. Коэффициент выгорания серы из сырья ε_1 , доли ед.	0,945	0,045	0,981	0,035	0,988	0,035
2. Концентрация SO_2 на входе в контактный аппарат, %	7,5	0,334	7,5	0,334	0,75	0,103
3. Концентрация SO_2 на выходе из контактного аппарата, %	0,216	0,0224	0,216	0,0224	0,21	0,009
4. Степень конверсии ε_2 , доли ед.	0,974	0,0013	0,974	0,00134	0,976	0,001
5. Производительность системы по моногидрату, т/смена	216	21,6	226	18,4	229	17,5
6. Технологическая составляющая себестоимости серной кислоты, т/смена	18,04	1,09	17,35	0,95	17,23	0,63

Список литературы

1. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1976. – 464 с.
2. Ицкович И.Л. Контроль производства с помощью вычислительных машин. – М.: Энергия, 1975. – 417 с.
3. Джусупов А.А. Экологические подходы в концепциях с применением инфо-коммуникационных технологий // I Межд. науч.-практ. конф. «Информатизация общества», Секция 2: Информатизация науки, техники и технологий. – Астана, 2004. – С.18-20.

Получено 16.06.10

