

комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління (ПНМК-2010)". – Бучач: Бучачський інститут менеджменту і аудиту, 2010. – Вип. 6, 1. – С. 41 – 48.

*Надійшла до редакції  
20 березня 2012 року*

© Шевчук Б. М., Гераїмчук М. Д., Марценюк Є. О., 2012

УДК 519.2:621.391:681

## ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Каландаров П. И., Темербекова Б. М.  
Ташкентский Государственный технический университет,  
г. Ташкент, Узбекистан*

*В статье предложен алгоритм контроля достоверности информации, основанный на определенной информационной избыточности в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Решена задача выбора и получения достоверных данных на основе использования избыточных измерений технологических параметров промышленного производства.*

***Ключевые слова:** технико-экономический показатель, алгоритм, достоверность, контроль достоверности информации, избыточность, предварительный контроль, физические соотношения.*

### **Введение**

Одна из основных трудностей, которые приходится преодолевать при разработке алгоритмов расчета технико-экономических показателей (ТЭП) состоит в наличии систематических погрешностей и случайных выбросов, а также в выходе из класса точности отдельных приборов, используемых для расчета ТЭП – в условиях, когда отсутствует возможность их регулярной поверки. Ввиду этого при вычислении ТЭП не всегда удается достичь заданной точности даже при использовании самых эффективных алгоритмов переработки измерительной информации. Это обстоятельство приводит к необходимости корректировать рассчитанные значения ТЭП на основе использования дополнительных данных о процессе: известных физических соотношений между отдельными параметрами производства, информации датчиков, установленных дополнительно и т.п.

### **Постановка проблемы**

Обратимся к алгоритму контроля за достоверностью информации, основанному на информационной избыточности в АСУ ТП.

Пусть в системе осуществляется измерение  $n$  величин  $x_1, x_2, \dots, x_n$  параметров технологического процесса. Будем говорить, что имеет место информационная





$$\begin{pmatrix} b_{10} & b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{r0} & b_{r0} & \dots & b_{rn} \end{pmatrix}.$$

Покажем, как работает блок «преобразование уравнений связи». Осуществив замену (2), преобразуем матрицу  $B_{q,n}$  в матрицу  $C_{r,n}$ :

$$b_{ji} = c_{jk}; \quad j = 1, 2, \dots, r; \quad k = 0, 1, 2, \dots, n \quad i = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Исключаем  $y_n$  из  $j$ -ого уравнения:

$$y_n = -\frac{1}{c_{jn}} [c_{j0} + c_{j1}y_1 + c_{j2}y_2 + \dots + c_{j,n-1}y_{n-1}],$$

подставляем его в систему с матрицей коэффициентов  $C_r, n$  и получаем  $C_{r-1,n-1}^{(1)}$ :

$$C_{jk}^{(1)} = C_{jk} - \frac{C_{jk}}{C_{jn}}, \quad j = 1, 2, \dots, (r-1); \quad k = 0, 1, 2, \dots, (n-1).$$

Исключая из системы с матрицей  $C_{r-1,n-1}^{(1)}$  переменную  $y_{n-1}$

$$y_{n-1} = -\frac{1}{C_{j,n-1}^{(1)}} [C_{j0}^{(1)} + C_{j1}^{(1)}y_1 + \dots + C_{j,n-2}^{(1)}y_{n-2}], \quad j = 1, 2, \dots, r-1,$$

приходим к матрице  $C_{r-1,n-2}^{(2)}$  с элементами

$$C_{jk}^{(2)} = C_{jk}^{(1)} - (C_{jk}^{(1)} / C_{j,n-1}^{(1)})$$

Здесь:  $j = 1, 2, \dots, (r-2), \quad k = 0, 1, 2, \dots, (n-2)$ .

Вообще

$$y_{n-s} = -\frac{1}{C_{j,n-s}^{(3)}} [C_{j0}^{(s)} + C_{j1}^{(s)}y_1 + \dots + C_{j,n-s-1}^{(s)}y_{n-s-1}], \quad (9)$$

$$s = 0, 1, \dots, (n-m-1), \quad j = 1, 2, \dots, (r-s); \quad C_{jk}^{(s+1)} = C_{jk}^{(3)} - \frac{C_{jk}^{(3)}}{C_{j,k-s}^{(3)}}; \quad (10)$$

$$s = 0, 1, \dots, (n-m+1), \quad j = 1, 2, \dots, (r-s-1), \quad k = 0, 1, \dots, (n-s-1).$$

После исключения  $y_{m+1}$  получим матрицу с элементами  $C_{jk}^{(n-m)}$ ;  $j = 1, 2, \dots, (r-(n-m)); \quad k = 0, 1, \dots, m$ , которую представляем в виде вектора  $A_0$  и матрицы  $A: a_{j0}; \quad j = 1, 2, \dots, q$  и  $a_{jk} = C_{ij}; \quad j = 1, 2, \dots, q; \quad k = 1, 2, \dots, m$ . Матрица  $A$  и вектор  $A_0$  определяют систему уравнений (5), когда эти уравнения линейны.

Теперь обратимся к работе блока «Уравнивание». В соответствии с методом наименьших квадратов уравнивание осуществляется следующим образом. Считаем, что погрешности измерений – аддитивные случайные величины с нулевыми математическими ожиданиями и дисперсиями, приводимыми к некоторому  $\delta_0$  через веса  $P_i$ :

$$D[y_1^*] = \frac{\delta_0^2}{P_1}; \quad D[y_2^*] = \frac{\delta_0^2}{P_2}; \quad \dots; \quad D[y_m^*] = \frac{\delta_0^2}{P_m}.$$



редко – далеко не в каждом цикле измерений. Следовательно, также не в каждом цикле измерений работает блок «Преобразование уравнений связи» [4].

Далее, если уравнения связи действительно линейны (что, например, имеет место для уравнений материального баланса), то упрощается функционирование блока «Уравнивание». Матрица  $S = -P^{-1}A^T G^{-1}$  должна вычисляться в том темпе, в каком работает блок «Преобразование уравнений связи». Тогда оперативно каждый раз после получения результатов измерений  $x^*$  – необходимо выполнять лишь расчеты  $L = A_0 + AY^*$ , умножения  $V = SL$  и сложения  $Y^* + V$ .

Приведем некоторые параметры алгоритма контроля достоверности, разработанного для АСУТП промышленным производством ОАО «Навоизот». Алгоритм охватывает контролем 17 технологических параметров, основывается на 15-ти уравнениях связи. Его реализация требует около 2000 ячеек оперативной памяти вычислительной машины.

В работе решена задача выбора достоверных данных на основе использования избыточных измерений потоков и уравнений связей материальных потоков друг с другом.

Пусть дана технологическая система, в которой измеряются  $n$  потоков, причем, измерение  $x_i$  – величины каждого  $i$ -ого потока производится одновременно  $k_i$  независимыми способами. Величины  $x_i$  связаны  $m(m < n)$  независимыми линейными уравнениями материального баланса

$$f_j(x_1, \dots, x_n) = 0. \quad (19)$$

Взяв в качестве  $x_i$  измерение, произведенное одним из  $k_i$  способов, можно образовать  $S(S = \prod_{i=1}^n k_i)$  различных совокупностей из измеренных величин потоков. Подстановка в  $f_j$  каждой  $i$ -ой совокупности приводит (из-за случайных погрешностей, присутствующих в результатах измерения  $x_i$ ) к появлению в правых частях уравнений (19) разбалансов  $H_{ij}$ . Решение системы

$$f_j = H_{ij}, \quad j = 1, \dots, m \quad (20)$$

для нахождения истинных значений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  невозможно, поскольку  $m < n$ . Поэтому условимся считать достоверной ту совокупность из измеренных величин потоков, которая является наиболее вероятной. Можно показать, что такая совокупность представляет собой минимум функции

$$I(L) = \min \sum_{j=1}^m a_j H_{j1}^2, \quad (21)$$

$$L \in [1, S],$$

где  $j$  – вес  $j$ -ого разбаланса.

Такая задача решается в системе автоматизированного учета производства сложных удобрений ОАО «Аммофос» (г. Алмалык). Усвояемые компоненты продукта производства (азот, фосфор и др.) получают в результате технологического смешения в определенном соотношении потоков. В системе контроля предусмотрено по несколько прямых или косвенных измерений величин

этих потоков. В результате их использования получено 6 систем уравнений (20). Уравнения связи потоков (19) определены балансом питательных компонентов в сырье и продукте, а также условиями соответствия некоторых расчетных величин потоков их измеренным значениям. Решением задачи является выбор значений входных потоков из общего числа их измеренных значений, подстановка которых в (20) обеспечивает выполнение условия (21).

Для решения задачи используется исходная информация о величинах сырьевых и технологических потоков, о показателях качества этих потоков (концентрация, влажность, удельный вес и т.п.), о запасах сырья и продукции, об отгрузке. Часть исходной информации накапливается в течение суток в журналах диспетчера предприятия, начальников смен. Часть (по величинам потоков) планируется и подготавливается в виде суточных рапортов и данных. Вся эта исходная информация (около 116 значений 30 параметров) ежедневно поступает в АСУТП предприятия, где она обрабатывается. Результаты решения задач выдаются в виде документа, содержащего суточные и с нарастающим итогом с начала месяца данные о расчетных и измеренных значениях потоков.

### Выводы

Результаты решения задачи используются как данные суточного оперативного учета, а также для проверки точности работы хозрасчетных приборов для выявления систематических ошибок. На рис. 2 приведены графики измерения среднеквадратичной величины расхождения между расчетными и измеренными значениями двух потоков в зависимости от интервала усреднения.

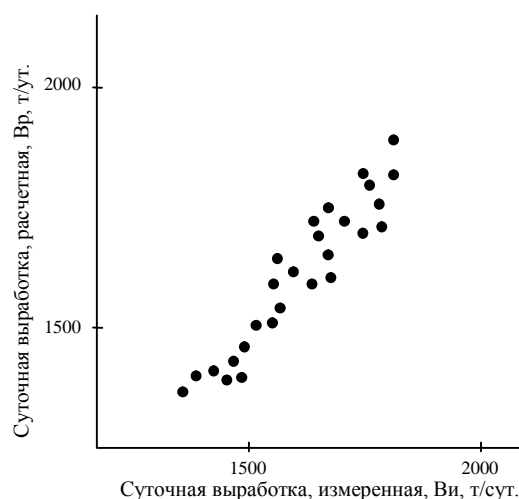
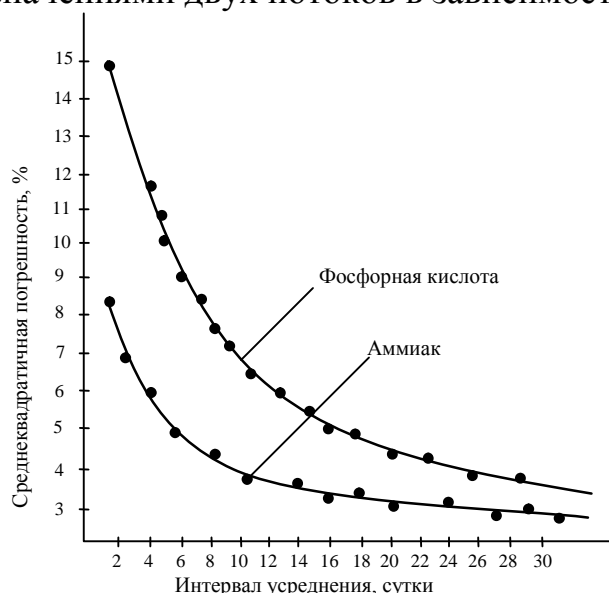


Рис.2. Изменения средней квадратичной погрешности в зависимости от интервала усреднения

Рис.3. Корреляционное поле суточных выработок

Из рисунка следует, что для выявления систематической ошибки достаточным является интервал в 5-15 суток для таких потоков, как аммиак и фосфорная

кислота. Сопоставление расчетных  $V_p$  и измеренных  $V_n$  величин по основному показателю – выработке (рис. 3) указывает на достаточную для оперативного учета точность совпадения и взаимосвязь (коэффициент корреляции 0,967). Результаты решения этой задачи используются как данные суточного оперативного заводского учета, а также для проверки точности заводских хозрасчетных приборов для выявления систематических ошибок. Отсюда вытекает вывод о возможности использования расчетных величин технологических потоков как достоверных в системе внутризаводского учета предприятия.

#### **Литература**

1. Ицкович Э.Л. Методы разработки систем централизованного контроля производства // Приборы и системы управления. – 1971. – № 3. – С. 71 - 74.
2. Информационная система производства / Н.Г. Горелик, В.Н. Соколов и др. – М.: Химическая промышленность, 1972. – 234 с.
3. Управление проектами; под. ред. В.Д. Шапиро. – СПб., 1996. – 198 с.
4. Управление химическим производством по технико-экономическим показателям. Обзорная информация // О.В. Голованов, Ю.З. Шапиро – М.: НИИЭТЭХИМ, 1988. – 257 с.

*Надійшла до редакції  
21 січня 2012 року*

© Каландаров П. И., Темербекова Б. М., 2012

УДК 621.039.56

### **ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИСТЕМ ВНУТРИРЕАКТОРНОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

*Лапа М. В., Маловик К. Н.*

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,  
г. Севастополь, Украина*

*Анализ нормативной базы оценивания ресурсных характеристик систем контроля и управления энергоблоков АЭС выявил проблемы оценки ресурсных характеристик высоконадежных уникальных систем, связанные с невозможностью применения статистических и вероятностных методов оценки на основе эксплуатационных данных. Предложен метод экспертной оценки остаточного ресурса систем внутриреакторного контроля АЭС с использованием нечеткой логики, позволяющий получить обобщенную экспертную оценку остаточного ресурса на основе эксплуатационных данных. Метод заключается в следующем: определение лингвистической переменной  $X = \psi(Y, Z, \dots W)$ ; определение частных аргументов, влияющих на комплексную оценку данной ресурсной характеристики с помощью инфологического моделирования предметной области; определение коэффициентов приоритетности частных аргументов; нахождение обобщенной оценки.*

**Ключевые слова:** *остаточный ресурс, эксплуатационные данные, системы внутриреакторного контроля, нечеткая логика.*

#### **Введение и постановка задачи**

Показателем, характеризующим влияние автоматики на безопасность АЭС,