

прочность были выбраны геометрические параметры концентратора напряжений.

Такие конструктивные изменения формы образца были обусловлены необходимостью применения одного и того же проходного вихретокового преобразователя обеспечивающего максимальную чувствительность измеряемого параметра при проведении испытаний.

Проходной вихретоковый преобразователь, содержащий генераторную и измерительную обмотки, устанавливается на образце в зоне концентратора напряжений. В процессе опытных исследований были подобраны оптимальные параметры вихретокового преобразователя.

Список литературы

1 Аронов А.Я., Попов А.Н., Морозов В.М., Ничипурук А.П. Экспериментальное исследование статистической взаимосвязи магнитных и механических параметров конструкционных сталей/ Дефектоскопия.-1998.-№3.-с. 25-31.

**ОРИГИНАЛЬНАЯ ПРОГРАММНО  
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКОВОЙ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ,  
ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ СВОЙСТВА  
АССОЦИАТИВНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ  
КОНВЕЙЕРНОЙ ПАМЯТИ**

Белова И. К., Прудяк П.Н.

*Московский Государственный Технический  
Университет им. Н.Э. Баумана (Калужский филиал),  
Калуга*

Исследования и разработки в области потоковых вычислительных систем ведутся в трёх основных направлениях: модели вычислительных потоковых систем, языковые средства задания вычислений в потоковых вычислительных системах, архитектура потоковых вычислительных систем.

Основной целью работы явилось создание оригинальной потоковой модели, в наибольшей степени подходящей для вычислений с ассоциативной динамической конвейерной памятью. Разработка подобной модели, с одной стороны, обеспечивает эффективную реализацию управляемых данными вычислений в системах, ориентированных на широкий класс применений, а с другой стороны, даёт возможность точного измерения влияния структурных характеристик системы с ассоциативной динамической конвейерной памятью на их производительность при помощи программного имитационного моделирования.

Модели потоковых вычислений, непосредственно ориентированные на использование свойств ассоциативной динамической конвейерной памяти по транспортировке данных и защите от множественного доступа, представляют наибольший интерес, так как физические принципы построения такой памяти:

- делают возможным её использование, как для непосредственного хранения обрабатываемых данных, так и для транспортировки их от процессора к процессору за счёт множественного доступа последних к закольцованному массиву перемещаемых записей;

- гарантируют невозможность одновременного доступа к одной и той же записи с разных направлений, что позволяет рассматривать отдельно взятую запись как критический информационный ресурс, доступный только одному процессору, связанному с определенным направлением доступа.

В связи с этим открываются большие возможности для организации параллельных вычислений в системах, включающих ассоциативную динамическую конвейерную память в качестве основного функционального компонента. Априорный анализ этих моделей показал, что наиболее перспективными являются модели с копированием кода.

Существует два подхода к реализации вычислений над структурами в потоковых вычислительных системах:

- структуры данных хранятся в памяти, а указатели на них, оформленные в виде фишек, используются в вычислительных процессах.

- каждый элемент структуры представляется в виде фишек с тегом, определяющим позицию элемента в структуре.

В докладе рассматривается акторная сетевая модель вычислений, принципы функционирования ассоциативной динамической конвейерной памяти, способы организации процесса обработки данных, при котором множество параллельно работающих процессоров взаимодействуют через ассоциативную конвейерную память; архитектура потоковой многопроцессорной вычислительной системы, существенно использующая компоненты ассоциативной динамической конвейерной памяти; особенности реализации ассоциативной динамической конвейерной памяти и вычислительной системы на её базе.

В заключении доклада обсуждаются результаты программного моделирования вычислительной системы с ассоциативной динамической конвейерной памятью.

Вычислительные системы, включающие ассоциативную динамическую конвейерную память в качестве основного функционального компонента, открывают большие возможности для организации параллельных вычислений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Образования Российской Федерации грант № 208.06.01.059

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ  
РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ГУМУСОВЫХ КИСЛОТАХ**

Бощенко Н.В., Ондар У.В.

*Иркутский государственный университет, Иркутск*

Разработана методика рентгенофлуоресцентного определения тяжелых металлов (ТМ) в гумусовых кислотах (ГК), основанная на анализе порошкообразных излучателей, масса которых может колебаться от 0,2 до 1,0 г. Подготовка проб к анализу заключается во введении внутреннего стандарта (элемент сравнения Ga) в жидкую пробу, последующем ее высушивании и перемешивании. Интенсивности рентгеновско-

го излучения регистрируются на спектрометре VRA-30 (Германия), в качестве аналитических используются AsK $\beta$ -, PbL $\beta$ - и K $\alpha$ -линии Zr, Sr, Pb, Se, Ga, Zn, Ni, Fe, Mn. Для определения элементов испытано два способа рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). В первом из них содержания элементов рассчитывают с помощью регрессионного уравнения связи, в котором переменными служат поверхностная плотность излучателя ( $P_s$ ) и интенсивности аналитических линий определяемого элемента и Fe; во втором содержания элементов определяют комбинированным способом внутреннего стандарта с поправками на интенсивности линий GaK $\alpha$  и FeK $\alpha$ . Образцами сравнения служат синтетические смеси. Установлено, что оба способа обеспечивают примерно равную точность результатов анализа.

Оценены метрологические характеристики методики. Относительное стандартное отклонение (ОСО)  $S_{\text{гв}}$ , характеризующее внутрилабораторную прецизионность определения Sr, As, Zn, Ni и Fe, равно соответственно (%) 6,5; 7,9; 6,3; 6,4; 3,4. Чувствительность методики характеризовали пределом обнаружения элементов ( $C_{0,997}$ ), который при определении Zr, Sr, Rb, Pb, As, Se, Zn, Ni, Fe, Mn в излучателях с  $P_s=0,0425\text{г/см}^2$  составил 12; 12; 15; 20; 5; 5; 5; 0,6; 0,1 и 0,1 мг/кг соответственно. При увеличении  $P_s$  значения  $C_{0,997}$  уменьшаются. Правильность методики РФА ГК оценивали методом добавок и установили, что значимые систематические погрешности в результатах отсутствуют.

Недостаток разработанной методики РФА состоит в том, что для приготовления излучателя требуется не менее 0,2 г сухой ГК. Чтобы ее получить, необходимо подвергнуть химической обработке большую навеску почвы, что увеличивает расход реактивов и снижает экспрессность анализа. Поэтому провели

исследования с целью снижения массы ГК, используемой для приготовления излучателя, до 20-50 мг. Излучатели готовили из смеси раствора ГК и внутреннего стандарта (элемент сравнения Ga) в виде полимерных пленок на основе метилцеллюлозы (МЦ) [1]. При выборе условий пробоподготовки экспериментально испытывали возможность получения пленок при соотношении ГК и МЦ, равном 1:10, 1:5, 1:4, 1:3, 1:2 и 1:1. На основании полученных результатов сделали вывод, что это соотношение следует поддерживать в интервале от 1:5 до 1:2. Для крайних значений этого интервала оценили погрешности подготовки проб, планируя эксперимент по двухступенчатой схеме дисперсионного анализа, чтобы выделить погрешности приготовления пленки ( $S_{\text{пл}}$ ) и излучателей из нее ( $S_{\text{гизл}}$ ). Указанные погрешности оценивали с помощью результатов анализа, полученных способами прямого внешнего стандарта (ПСВС), стандарта-фона (ССФ) и внутреннего стандарта (СВС) (табл. 1). Как видно из табл. 1, при использовании ПСВС для всех элементов, кроме Mo, основной вклад в суммарную погрешность  $S_{\Sigma}$  вносит погрешность  $S_{\text{гизл}}$ , что обусловлено различием  $P_s$  излучателей, приготовленных из одной пленки. Для Mo величина  $S_{\Sigma}$  связана, в основном, с погрешностью измерения аналитического сигнала ( $S_{\text{гас}}$ ), вследствие невысокого содержания его в ГК. Погрешность  $S_{\text{пл}}$  не выявилась на фоне погрешности  $S_{\text{гизл}}$ . Применение ССФ позволяет несколько снизить величину  $S_{\text{гизл}}$ , но лучшие результаты получили при использовании СВС. Способ анализа полимерных пленок, содержащих ГК, выбрали с помощью теоретических интенсивностей. Испытали следующие способы РФА:

- способ прямого внешнего стандарта

$$C_i = a_0 + a_1 I_i, \quad (1)$$

**Таблица 1.** Результаты дисперсионного анализа погрешности

Способ РФА	Обозначение погрешности	Оценка погрешности (%) для элемента									
		отношение гумат:МЦ 1:5					отношение гумат:МЦ 1:2				
		Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo
ПСВС	$S_{\text{гас}}$	3,3	2,7	2,4	2,2	27	2,9	2,0	3,4	3,1	14
	$S_{\text{гизл}}$	20	15	19	20	н/з	9,6	12	10	13	н/з
	$S_{\text{пл}}$	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	13
	$S_{\Sigma}$	20	15	19	20	27	10	12	11	13	19
ССФ	$S_{\text{гас}}$	2,5	3,0	5,8	3,8	27	2,6	2,6	3,7	5,5	13
	$S_{\text{гизл}}$	8,7	6,1	15	17	н/з	8,6	12	8,0	8,8	н/з
	$S_{\text{пл}}$	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з
	$S_{\Sigma}$	9,1	6,8	16	17	27	8,9	12	9,7	10	14
СВС	$S_{\text{гас}}$	3,3	2,6	2,3	2,1	25	2,9	2,2	4,6	3,4	13
	$S_{\text{гизл}}$	4,3	4,3	5,5	7,1	н/з	н/з	2,4	н/з	н/з	н/з
	$S_{\text{пл}}$	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з
	$S_{\Sigma}$	5,4	5,0	6,0	7,4	25	2,9	3,3	4,6	3,4	13

- классический способ внутреннего стандарта

$$C_i = a_0 + a_1 I_i / I_{\text{Ga}}, \quad (2)$$

- комбинированный способ внутреннего стандарта

$$C_i = a_0 + a_1 I_i / I_{\text{Ga}} + \sum_{j=1}^n a_j I_j / I_{\text{Ga}}, \quad (3)$$

где  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_j$ ,  $a_{ij}$  – коэффициенты, рассчитываемые методом наименьших квадратов с помощью образцов известного состава;  $I_i$  и  $I_j$  – интенсивности соответственно определяемого элемента  $i$  и влияющих элементов  $j$ ;  $n$  – число влияющих элементов, в которое входили все ТМ. Результаты оценки правильности (остаточное ОСО  $S_{\text{го}}$ ) определения элементов с помощью теоретических интенсивностей представлены в табл. 2.

Таблица 2. Выбор способа анализа

Способ анализа	Уравнение	Диапазон Ps, г/см <sup>2</sup>	S <sub>го</sub> , %								
			Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Pb
ПСВС	(1)	0,002	0,4	0,3	0,7	1,4	1,9	1,9	1,2	0,8	0,7
		0,006	0,9	0,6	0,9	2,1	2,3	2,3	1,1	0,9	0,8
		0,002-0,006	38	38	39	46	41	39	40	40	40
СВС	(2)	0,002-0,006	2,2	1,7	1,6	1,6	1,8	1,8	1,2	1,2	1,2
	(3)	0,002-0,006	0,8	0,7	0,2	2,4	1,0	0,2	1,2	0,2	1,0

Данные табл. 2 показывают, что взаимное влияние элементов в пленочных излучателях с одинаковой поверхностной плотностью невелико, что обусловлено ненасыщенностью излучателей. При объединении излучателей с разной Ps значения S<sub>го</sub> резко возрастают, то есть основным источником систематических погрешностей пленочных излучателей является различие их поверхностной плотности. Наилучший учет изменения Ps обеспечивает комбинированный СВС, но в основу методики целесообразно положить классический СВС как более простой в реализации при небольшом снижении точности. Для определения градуировочной функции использовали синтетические образцы сравнения. ОСО S<sub>гв</sub> при определении ТМ в ГК с помощью усовершенствованной методики колеблется в пределах 3-7 и 9-20 % соответственно для содержаний, больших и меньших 0,1 %. Значения C<sub>0,997</sub> для Mn, Fe, Cu, Zn и Mo в пересчете на ГК составляют 0,005; 0,004; 0,008; 0,003 и 0,014 %.

## Литература

1. Billiet J., Pams R., Hoste J. Multielement thin film standards for XRF analysis // X-Ray Spectrom. – 1980. Vol.9, № 4. P. 206-211.

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕНТЫ СТЕКЛА

Буланкин Н. К., Одегов В. А., Рожкова А. В.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате, Салават*

Для формирования ленты стекла заданной ширины и толщины используются система рольгангов (находится в печи отжига) и несколько пар утоняющих машин (находятся в ванне расплава) с регулируемым электроприводом. С их помощью на ленте стекла создаются растягивающие или сжимающие усилия путем соответствующего изменения частоты вращения рольгангов и звездочек утоняющих машин. Задачей управления является скоординированное изменение частоты вращения рольгангов и звездочек утоняющих машин с целью получения ленты заданной ширины и толщины.

В ванне расплава на ленту стекла действуют силы сопротивления  $F_c$  (силы трения скольжения ленты стекла о поверхность расплавленного олова), для преодоления которых система рольгангов в печи отжига создает основное усилие  $F$ . Под действием этого усилия ширина и толщина ленты стекла уменьшаются на величину соответственно  $Dh$  и  $Db$  по сравнению с их начальными значениями  $b_0$  и  $h_0$  в голове ванны расплава. Так как силы сопротивления  $F_c$  зависят от множества различных факторов, то ширина и толщи-

на ленты стекла на выходе из ванны расплава изменяются случайным образом и принимают значения, отличные от тех, которые требуются по техническим условиям на товарное стекло.

Для формирования ленты стекла требуемой ширины  $b$  и толщины  $h$  в ванне расплава к ней прикладывают дополнительные усилия с помощью одной или нескольких пар утоняющих машин (до шести пар). Рассмотрим алгоритм управления процессом формирования ленты по толщине с помощью двух пар утоняющих машин и системы рольгангов. Разделим ленту стекла условно на три зоны I, II и III. В зоне I с помощью звездочек первой пары утоняющих машин на ленте стекла создается дополнительное усилие  $F_1$ , которое, преодолевая силы сопротивления  $F_{c1}$ , сообщает ей линейное движение со скоростью  $V_1$  и под действием которых ее толщина изменяется и принимает значение  $h_1 = h_0 \pm Dh_1$ . В зоне II звездочки второй пары утоняющих машин создают на ленте стекла дополнительное усилие  $F_2 = F_{c2} - F_1$ , которое сообщает ей линейное движение со скоростью  $V_2$  и под действием которого ее толщина вновь изменяется и становится равной  $h_2 = h_1 \pm Dh_2$ . В зоне III основное усилие  $F = F_{c3} - F_2$  на ленте стекла создает система рольгангов, которая перемещает ее из ванны расплава в печь отжига с линейной скоростью  $V$ . В результате окончательно формируется требуемая толщина ленты стекла  $h = h_3 = h_2 \pm Dh_3$ .

В первой зоне на ленту стекла действуют только силы растяжения, поэтому происходит уменьшение ее толщины на величину  $Dh_1$ .

Во второй зоне характер изменения толщина ленты стекла зависит от соотношения сил  $F_1$  и  $F_2$ . Если  $F_1 > F_2$ , то толщина ленты стекла возрастает на величину  $Dh_2$ , т. к. при этом суммарное усилие в зоне II будет ее сжимать. В том случае, когда  $F_1 < F_2$ , то суммарное усилие в зоне II будет растягивать ленту стекла, что приведет к уменьшению ее толщины на величину  $Dh_2$ .

В третьей зоне толщина ленты стекла зависит уже от соотношения сил  $F_2$  и  $F$ . Если  $F_2 > F$ , то суммарное усилие в зоне III будет сжимать ленту стекла и ее толщина будет увеличиваться до значения  $h = h_2 + Dh_3$ . А если  $F_2 < F$ , то суммарное усилие в зоне III будет растягивать ленту стекла и ее толщина уменьшится на величину  $Dh_3$ .

Таким образом, путем соответствующего изменения усилий, дополнительно создаваемых на ленте стекла за счет изменения частоты вращения рольгангов и звездочек утоняющих машин, можно получить стекло любой заданной толщины. Аналогичным образом производится формирование требуемой ширины ленты стекла.