

творе, должна быть постоянной (при постоянном отношении ТБФ к синтину и при одной и той же температуре), и ее можно исключить путем построения калибровочных графиков по растворам, предварительно насыщенным раствором ТБФ в синтине.

Вследствие большого различия значений молярных коэффициентов погашения урана (VI) в карбонатных растворах при 213 и 449 мкм чувствительность спектрофотометрических определений урана (VI) по поглощению в коротковолновой ультрафиолетовой области спектра должна быть значительно выше чувствительности определений по поглощению в видимой области спектра.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В рассмотренном интервале длин волн (205—340 мкм) спектр поглощения урана в карбонатных растворах характеризуется одной широкой полосой с максимумом 213 мкм.

2. Полученные результаты могут быть использованы для количественного определения урана (VI) в карбонатных растворах, содержащих примеси ДВФ, ТБФ и синтина (метод основан на измерении поглощения при 213 мкм).

Автор выражает глубокую благодарность младшему научному сотруднику Г. Д. Яцун за измерение спектров поглощения.

Поступило в Редакцию 2/VI 1964 г.  
В окончательной редакции 29/VII 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. G. Dicke, A. Duncan. Spectroscopic Properties of Uranium Compounds. New York, 1949, p. 71.

2. В. Л. Левшин. Фотолуминесценция жидких и твердых веществ. М., Гостехтеориздат, 1951, стр. 202.  
3. T. Scott, P. Dixon. Analyst, 70, 462 (1945).  
4. L. Silverman, L. Mouday. Analyt. Chem., 28, 45 (1956).  
5. A. Vason, G. Milner. Analyst, 81, 456 (1956).  
6. B. Wessling, M. DeSesa. Analyt. Abstrs, 5, 497 (1958).  
7. Аналитическая химия урана. Под ред. Д. И. Рябчикова и М. М. Сенявина. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 104.  
8. В. К. Марков и др. Уран, методы его определения. М., Атомиздат, 1964, стр. 221.  
9. B. Paige, M. Elliot, J. Rein. Analyt. Chem., 29, 1029 (1957).  
10. C. Callahan. Analyt. Chem., 33, 1660 (1961).  
11. Ф. С. Мартин, Дж. Л. Майлс. Химическая переработка ядерного топлива. М., Metallurgizdat, 1961, стр. 113.  
12. Химия ядерного горючего. Доклады иностранных ученых на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. М., Госхимиздат, 1956, стр. 187.  
13. A. Kerst, M. Helpern. Inorgan. Nucl. Chem., 20, 145 (1961).  
14. Т. С. Добролюбская. «Ж. аналит. хим.», 20, 470 (1965).  
15. В. Б. Шевченко, Б. Н. Судариков. Технология урана. М., Госатомиздат, 1961, стр. 220.

УДК 539.16.08

## Статистические характеристики функциональных измерителей скорости счета

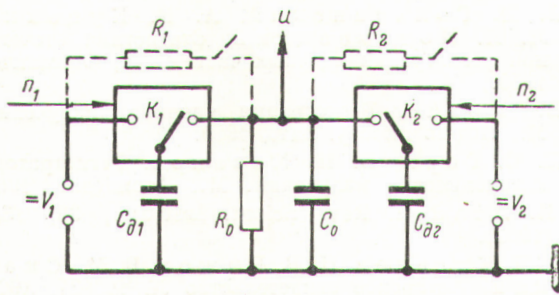
В. М. Скаткин

В результате расширения круга задач, решаемых методами непрерывного контроля радиоактивных излучений, возникла необходимость в создании функциональных измерителей скорости счета. В таких измерителях выходное напряжение (или ток) пропорционально результату алгебраического действия, которое непрерывно производится над входными скоростями счета. Примером функциональных измерителей могут служить логарифмические измерители, измерители суммы, разности и отношения скоростей счета.

В связи со статистической природой сигналов на входе выходное напряжение измерителей скорости счета флуктуирует. Величину флуктуации обычно характеризуют относительной статистической погрешностью  $\delta = \sigma/\bar{u}$ , где  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $\bar{u}$  — среднее значение напряжения. Для вычисления этих характеристик используют описанный в работе [1] метод, заключающийся в суммировании дисперсий зарядов, переданных на интегрирующий конденсатор в неперекрывающиеся интервалы времени. Однако этот метод не всегда можно использовать для вычисления дисперсии выходного напряжения функциональных измерителей скорости счета ввиду статистической зависимости величин передаваемых зарядов.

Отметим, что выходное напряжение (и его квадрат) большинства схем функциональных измерителей скорости счета в установившемся режиме является стационарной случайной функцией времени, представляющей собой марковский случайный процесс (см., например, [2]). Для такой функции легко получить выражение для среднего значения производной и, приравняв его ввиду стационарности функции к нулю, из полученного уравнения определить  $\bar{u}$  (аналогично  $\bar{u}^2$ ), а затем вычислить  $\sigma^2 = \bar{u}^2 - \bar{u}^2$  и  $\delta = \sigma/\bar{u}$ . (Метод вычисления дисперсии путем определения среднего значения производных был использован в работе [3].)

Определим указанным методом среднее значение и дисперсию выходного напряжения схемы, показанной на рисунке. Статистические характеристики перечисленных выше функциональных измерителей скорости счета можно определить из полученных уравнений как частные случаи. На ключи  $K_1$  и  $K_2$  воздействуют статистически распределенные во времени импульсы со средней частотой следования  $n_1$  и  $n_2$  соответственно. Каждый входной импульс путем переключения дозирующего элемента вызывает изменение напряжения на интегрирующем конденсаторе  $C_0$  на величину ( $V_i - u$ )  $C_i/C_0$ , где  $C_i = C_{дi}C_0/(C_{дi} + C_0)$ , если используется



Эквивалентная схема измерителя скоростей счета.

схема заряда с дозирующим конденсатором  $C_{di}$ , или  $C_i = \tau/R_i$ , если используется схема заряда через сопротивление  $R_i$  за время  $\tau$  (см. рисунок, пунктирные линии), где  $i = 1, 2$ .

Если в момент времени  $t$  выходное напряжение равно  $u(t)$  [квадрат выходного напряжения соответственно  $u^2(t)$ ], то в момент  $t + \Delta t$  оно может с различными вероятностями  $p$  принять одно из следующих значений:

$$u^k(t + \Delta t) = \begin{cases} \left[ u(t) \left( 1 - \frac{\Delta t}{R_0 C_0} \right) \right]^k & p_0 = 1 - (n_1 + n_2) \Delta t; \\ \left\{ u(t) + [V_1 - u(t)] \frac{C_1}{C_0} \right\}^k & p_1 = n_1 \Delta t; \\ \left\{ u(t) + [V_2 - u(t)] \frac{C_2}{C_0} \right\}^k & p_2 = n_2 \Delta t, \end{cases}$$

где  $p_0$  — вероятность отсутствия импульсов за время  $\Delta t$ ;  $p_1$  и  $p_2$  — вероятности поступления одного импульса «слева» или одного импульса «справа». Отсюда среднее значение функции ( $k=1$ ) в момент  $t + \Delta t$  при условии, что в момент  $t$  она приняла значение  $u(t)$ , можно найти из выражения

$$u(t + \Delta t) = u(t) \left( 1 - \frac{\Delta t}{R_0 C_0} \right) [1 - (n_1 + n_2) \Delta t] + \left\{ u(t) + [V_1 - u(t)] \frac{C_1}{C_0} \right\} n_1 \Delta t + \left\{ u(t) + [V_2 - u(t)] \frac{C_2}{C_0} \right\} n_2 \Delta t.$$

Перенесем  $u(t)$  в левую часть, разделим на  $\Delta t$  и перейдем к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$ . Проведем усреднение по всем значениям  $u(t)$ , и, приравняв полученное выражение к нулю, найдем

$$\bar{u} = \frac{R_0(C_1 V_1 n_1 + C_2 V_2 n_2)}{1 + R_0 C_1 n_1 + R_0 C_2 n_2}.$$

Используя выражение для среднего значения квадрата функции ( $k=2$ ) в момент  $t + \Delta t$ , нетрудно таким же способом определить величину  $\bar{u}^2$ , а затем и  $\sigma^2$ . Окончательно получим

$$\sigma^2 = \frac{C_1 C_2 n_1 n_2 \left\{ \frac{2}{R_0} [V_1^2 C_1 + V_2^2 C_2 - (C_1 + C_2) V_1 V_2] + C_1 C_2 (n_1 + n_2) (V_1 - V_2)^2 \right\} + \frac{1}{R_0^2} (C_1^2 V_1^2 n_1 + C_2^2 V_2^2 n_2)}{\left[ 2 \frac{C_0}{R_0} + C_1 (2C_0 - C_1) n_1 + C_2 (2C_0 - C_2) n_2 \right] \left( \frac{1}{R_0} + C_1 n_1 + C_2 n_2 \right)^2}.$$

Значения статистической относительной погрешности для различных схем функциональных измерителей скорости счета

Тип функционального измерителя скорости счета	Значения параметров	$\bar{u}$	$\delta$	Литература
Линейный измеритель	$n_2=0;$ $u \ll V_1$	$V_1 n_1 R_0 C_1$	$(1/2 n_1 R_0 C_0)^{1/2}$	[4, 5]
Измерители суммы и разности (нижний знак)	$V_1 = \pm V_2 = V;$ $u \ll V$	$V R_0 (C_1 n_1 \pm C_2 n_2)$	$\frac{(C_1^2 n_1 + C_2^2 n_2)^{1/2}}{(2R_0 C_0)^{1/2} (C_1 n_1 \pm C_2 n_2)}$	[5]
Измерители отношения	$V_2=0; R_0=\infty;$ $C_1=C_2=C$	$V_1 \frac{n_1}{n_1 + n_2}$	$\left( \frac{n_2}{n_1} \frac{C}{2C_0 - C} \right)^{1/2}$	[6]
	$V_2=0; R_0=\infty;$ $C_1, C_2 \ll C_0;$ $u \ll V_1$	$V_1 \frac{C_1 n_1}{C_2 n_2}$	$\left[ \frac{C_2}{2C_0} \left( 1 + \frac{n_2}{n_1} \right) \right]^{1/2}$	[7]
Логарифмический измеритель	$n_2=0;$ $C_1 \ll C_0$	$\frac{V_1 n_1 R_0 C_1}{1 + n_1 R_0 C_1}$	$\left[ \frac{1}{2n_1 R_0 C_0 (1 + n_1 R_0 C_1)} \right]^{1/2}$	[4, 5]

В таблице даны выражения для  $\bar{u}$  и  $\sigma = \sigma/\bar{u}$ , полученные из последних двух уравнений при указанных значениях параметров, а также приведена литература, в которой описаны принципиальные схемы.

Поступило в Редакцию 7/VIII 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Schiff, Evans. Rev. Scient. Instrum., 7, 546 (1936).
2. В. С. Пугачев. Теория случайных функций. М., Физматгиз, 1962.

3. В. И. Гольданский, А. В. Куценко, М. И. Подгорецкий. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. М., Физматгиз, 1959.
4. В. Прайс. Регистрация ядерного излучения. М., Изд-во иностр. лит., 1960.
5. Л. С. Горн, Б. И. Хазанов. Регистраторы интенсивности излучений. М., Атомиздат, 1965.
6. R. Hindel. Rev. Scient. Instrum., 33, 1343 (1962).
7. Б. Л. Киселев, Н. В. Рыжов, В. М. Скатикин. Авторское свидетельство № 166937, 1964.

УДК 620.193.4:621.039.546

## Коррозионная стойкость конструкционных материалов в борсодержащих растворах

В. Н. Белоус, А. И. Громова, Э. Т. Шаповалов, В. В. Герасимов

Бор обладает большим сечением захвата нейтронов в области малых энергий [1], что позволяет применять борсодержащие растворы как для нейтронной защиты, так и для регулирования работы реактора.

Например, в США борная кислота применяется для холодной и горячей остановки реактора «Янки», а также для защиты при перегрузке горючего [2]. Аварийное введение борной кислоты в воду первого контура осуществляется в кипящем реакторе [3] и в теплофикационном тяжеловодном реакторе R-3 [4]. На атомной электростанции «Индиан-Пойнт» борная кислота используется для дополнительного точного контроля реактивности в течение всего срока службы активной зоны [5].

С внедрением водных растворов бора в ядерную технику возник вопрос о стойкости таких конструкционных материалов, как сталь ОХ18Н10Т, углеродистая сталь, алюминиевый сплав АМг-5, титан и свинец в борсодержащих растворах.

В частности, имеются сведения [6] об ингибирующем действии борной кислоты на цирконий при температуре 500° С.

Целью настоящей работы было получение сравнительных данных по коррозионному поведению перечисленных выше конструкционных материалов в борсодержащих растворах при температуре до 100° С, а также изучение щелевой и контактной коррозии.

В экспериментах применялись растворы борной кислоты, тетрабората натрия и тетрабората аммония. Эти соединения бора наиболее изучены, хорошо растворимы и, по-видимому, некоррозионноактивны.

Борсодержащие растворы двух концентраций (табл. 1) готовились на основе обессоленной воды следующего состава:  $Cl^- = 0,06 \text{ мг/л}$ ;  $SO_4 = 3,5 \text{ мг/л}$ ;  $Fe = 0,136 \text{ мг/л}$ ; сухой остаток =  $4,1 \text{ мг экв/л}$ ;  $pH = 5,95$ .

Образцы перечисленных материалов испытывались в кварцевых ампулах в деаэрированных растворах при температуре 100° С и в деаэрированных и насыщенном воздухом растворах при комнатной температуре. Деаэрация растворов осуществлялась аргоном. Испытания на контактную и контактно-щелевую коррозию проводились в растворах борной кислоты первой группы в течение 100 ч.

Исследовалась контактная и контактно-щелевая коррозия следующих пар материалов: сталь ОХ18Н10Т — свинец; сплав ВТ-1-2 — свинец; сплав АМг-5 — свинец. Зазор между образцами в испытаниях на контактно-щелевую коррозию был равен 0,1 мм. Скорость коррозии всех образцов рассчитывалась весовым методом после снятия продуктов коррозии с образцов. Продукты коррозии с титана и стальной стали снимались в 1 N растворе серной кислоты с ингибитором 4М (5 мл/л) при катодной обработке с плотностью постоянного тока  $0,25 \text{ а/дм}^2$ , с алюминиевого сплава — при кипячении продуктов коррозии в растворе, содержащем 35 г/л фосфорной кислоты и 75 г/л хромового ангидрида, а со свинца — при погружении образцов в насыщенный раствор уксуснокислого аммония при комнатной температуре.

Нержавеющая сталь, как и следовало ожидать, показала высокую стойкость во всех трех растворах

Таблица 1  
Характеристики исходных растворов при комнатной температуре

Группа растворов	Характеристики раствора	Борная кислота	Тетраборат натрия	Тетраборат аммония
1	Бор, г/л pH * Кислород, мг/л	7,32 5,5 Не опр.	4,85 9,75 3,4	4,85 9,4 4,4
2	Бор, г/л pH * Кислород, мг/л	2,44 6,75 3,4	2,5 9,45 5,1	2,49 9,25 8,6

\* Растворы, насыщенные воздухом.