

Семинар Отдела динамических систем, 19.01.2011, 15-00.

**Обработка экспериментальных данных
электрохимических процессов в условиях неопределённости.
Методы интервального анализа.**

Кумков С.И.

Задача обработки зашумленных экспериментальных данных электрохимического процесса [1] и оценивания его параметров формулируется как задача решения системы неравенств. Вследствие малой длины выборки замеров и отсутствия информации не только о вероятностных характеристиках погрешностей измерения, но и о их уровне, невозможно обосновать использование стандартных статистических подходов. В таких условиях работоспособными оказываются методы интервального анализа [2].

Задана выборка замеров [1] потенциала $\{x_n, E_n\}$, $n = 1, N$ электрохимического процесса для упорядоченных по возрастанию значений аргумента x_n . На исследуемом интервале аргумента x зависимость потенциала $E(x)$ процесса описывается линейной функцией $E(x) = Bx + A$, где B – коэффициент наклона; A – постоянная составляющая. По условиям проведения эксперимента полагается, что значения аргумента x_n известны точно, а структура зашумленных замеров имеет вид $E_n = E_n^{\text{ист}} + e$, $|e| \leq e_{\max}$, где $E_n^{\text{ист}}$ – неизвестное измеряемое истинное значение потенциала; e – суммарная погрешность измерения, ограниченная по модулю величиной e_{\max} .

На практике величина e_{\max} либо неизвестна, либо известна весьма приближённо и, как правило, занижена. Поэтому обработка экспериментальных данных ведётся в условиях неопределённости характеристик суммарной погрешности измерений. При некотором уровне ограничения e_{\max} для замеров выборки строится набор интервалов неопределённости (ИНЗ) $H_n = [E_n - e_{\max}, E_n + e_{\max}]$, $n = 1, N$. Выборка полагается совместной, если через все ИНЗ замеров можно провести хотя бы одну зависимость (описывающую функцию) заданного вида. Такая зависимость полагается допустимой. Совокупность всех допустимых зависимостей (т.е. проходящих через совместный набор ИНЗ замеров) полагается трубкой зависимостей данного набора. Совместному набору допустимых зависимостей (трубке) соответствует множество допустимых значений параметров – информационное множество параметров (ИМ) исследуемой зависимости $I(B, A) = \{B, A : E_n - e_{\max} \leq Bx_n + A \leq E_n + e_{\max}, \forall n = 1, N\}$.

Теперь задача обработки зашумленных экспериментальных данных и оценивания параметров процесса формулируется как задача решения этой системы неравенств в условиях неопределённости величины погрешности e_{\max} измерений. Первым шагом в предлагаемом подходе является оценивание снизу фактического уровня e_{\max}^* суммарной погрешности в исходной выборке, при котором ИМ непусто – “почти точечное”. Для дальнейшего построения ИМ используется “эффективный” уровень ограничения $e_{\max}^{\exists} > e_{\max}^*$ с небольшим практическим запасом относительно величины e_{\max}^* .

Предлагаемые интервальные алгоритмы конкретизируют сильные общие подходы (например, [3]) интервального анализа на специальный случай переопределённой интервальной системы линейных алгебраических уравнений (ИСЛАУ), в которой матрица коэффициентов точечная, а правые части (свободные члены) являются интервалами одинаковой длины, но с неопределённостью её величины. По сравнению с общим случаем ИСЛАУ, в рассматриваемом точечном (не интервальном) случае задания коэффициентов системы удаётся разработать простые вычислительные процедуры и получить простое точное описание множества решений в виде многоугольника с линейными границами на плоскости параметров.

По взаимно-однозначному соответствию между каждой точкой ИМ и соответствующей допустимой зависимостью на плоскости процесса, строится трубка допустимых зависимостей, т.е. трубка допустимых значений зависимости на плоскости $x \times E$ процесса. Стандартные подходы такой важной информации не дают. Формулируются два утверждения, позволяющие предельно упростить построение информационного множества и трубки допустимых зависимостей.

Литература

1. Новоселова А.В., Смоленский В.В. Окислительно-восстановительные потенциалы $Tm(III)/Tm(II)$ в расплавленном хлориде цезия // Труды Новомосковского института Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Серия Физическая химия и электрохимия / Под ред. проф. А.В. Волковича. Новомосковск: ГОУ ВПО НИ РХТУ. 2009. вып. 3 (23). С. 142–154.
2. Кумков С.И. Обработка экспериментальных данных ионной проводимости расплавленного электролита методами интервального анализа // Расплавы, № 3, 2010, С. 86–96.
3. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ. Электронная книга: <http://www.nsc.ru/interval/Library/InteBooks/SharyBook.pdf>