

Физико-математические науки

**СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ
ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ
ДИНАМИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
МОНИТОРИНГА МЕТОДОМ
САМООРГАНИЗАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Артеменко М. В.

*Курский государственный
технический университет
Курск*

В процессе анализа динамических свойств объекта (процесса) часто возникает задача структурно-параметрической идентификации решения уравнения динамики, общий вид которого представлен формулой (1) для управляющего и управляемого воздействия. $X(t)=F1(t) Y(t)=F2(t) X(Y)=F3(Y)$, (1) где $F1, F2, F3$ – функционалы, $X(t)$ – выходной сигнал, $Y(t)$ – входной сигнал, t – время.

Рассмотрим указанные функционалы в виде (например, для $X(t)$):

$$X(t) = B_0 + B_1 * E_x(t) + B_2 * G(t) + B_3 * F(t) + B_4 * \varepsilon(t), \quad (2)$$

где B_i – параметры уравнения, $E_x(t)$, $G(t)$, $F(t)$, $\varepsilon(t)$ – соответственно: экспоненциальная, гармоническая (колебательная), алгебраическая и случайная составляющие (термы).

В условиях маломощности экспериментального материала (несколько десятков регистраций) для идентификации (2) предлагается следующий метод, основанный на синтезе статистического и самоорганизационного подходов.

1. Регистрируется вектор значений $\{X_i / i=1, \dots, n\}$ и приводится к единичному диапазону $\{X_i^*\}$.

2. Увеличивается мощность $\{X_i^*\}$, путем уменьшения кванта времени, применяя интерполяционный многочлен, до нескольких сотен дискрет. (Применять в данном случае «раскачку Шеннона» не

рекомендуется, поскольку появляется реально не существующая случайная составляющая).

3. Формируются обучающая $\{X_i^*\}_0$ и экзаменационная $\{X_i^*\}_3$ выборки по следующей методике с обязательным включением в той же пропорции реальных (не интерполированных) значений $\{X_i^*\}$. Для достижения условия подчинения указанных выборок одному закону распределения предлагается поступать следующим образом. Характеризующий объект вектор зарегистрированных показателей сворачивается в одно значение, например, нормируя по дисперсии, как предлагает академик Ивахненко А.Г. : $SV_i = \frac{X_i^* - \bar{X}}{S}$, где

SV_i – свертка характеристик объекта, \bar{X} , S – соответственно средняя величина и СКО. По датчику случайных чисел равномерного закона распределения формируется обучающая выборка из упорядоченных соответственно значениям номеров измерений требуемой мощности. Оставшиеся объекты формируют экзаменационную выборку. Соотношения объемов обучающей и экзаменационной выборок рекомендуется придерживаться принципа «золотого сечения» – 0,62:0,38.

4. Идентифицируются на обучающей выборке методом наименьших квадратов параметры формулы (2), рассчитывая для каждого из вариантов (см. Таблицу 1) СКО отличий аппроксимантов от значений X^* на экзаменационной выборке.

5. В качестве итоговой математической модели (2) выбираются l лучших вариантов полученных в п.5 и осуществляется переход к реальным значениям X и масштабу времени с учетом выполненных операций в пп.2 и 3. Свобода выбора решений l определяется исследователем или, в общем смысле, системой управления.

Таблица 1. Варианты структур формулы (2)

№ варианта	Порядок включения составляющих термов в процессе идентификации (2)				Характеристики модели				
	$E_x(t)$	$G(t)$	$F(t)$	$\varepsilon(t)$	B_0	B_1	B_2	B_3	СКО
1	1	2	3	4					
2	1	3	2	4					
3	1	3	4	2					
4	1	4	3	2					
5	1	0	2	3					
6	1	0	3	2					
7	1	2	3	0					
8	1	3	2	0					
9	1	2	0	3					
10	1	3	0	2					
11	1	2	0	0					
12	1	0	2	0					
13	1	0	0	2					
14	1	0	0	0					
15	2	1	3	4					
16	3	1	2	4					
17	3	1	4	2					
...					
56	0	0	0	1					

Таким образом, исследователь имеет 1 наиболее адекватных в статистическом смысле решений уравнений динамики.

При расчете параметров В рекомендуется применять процедуру «выметания» статистически незначимых термов, например, по критерию Стьюдента.

Составляющие формулы (2) предлагается идентифицировать следующими способами:

1) Для $E_x(t)$ – из набора: $A_0 \cdot \text{EXP}(A_1 \cdot t)$, $\text{EXP}(A_0 + A_1 \cdot t)$, $A_0 + A_1 \cdot \text{CH}(t)$, $A_0 + A_1 \cdot \text{SH}(t)$, $A_0 + A_1 \cdot \text{TH}(t)$, $A_0 + A_1 \cdot \text{ACH}(t)$, $A_0 + A_1 \cdot \text{ASH}(t)$, $A_0 + A_1 \cdot \text{ATH}(t)$;

2) Для $G(t)$ - применяется аппарат метода группового учета аргументов синтеза математических моделей по некротным гармоникам (или применить Фурье-анализ с последующим отбросом незначимых термов);

3) Для $F(t)$ – из набора: $A_0 + A_1 \cdot t$, $A_0 + A_1 \cdot \text{Ln}(t)$, $1/(A_0 + A_1 \cdot t)$, $A_0/(A_1 + t)$, $A_0 \cdot t/(A_0 + A_1 \cdot t)$, $t/(A_0 + A_1 \cdot t)$, $A_0 \cdot A_1^t$, $A_0 \cdot A_1^{-t}$, $A_0 + A_1/t$, $A_0 + A_1 \cdot t + A_2 \cdot t^2$;

4) Для $\varepsilon(t)$ – по методике, предложенной И.Г.Уразбахтиным.

Таким образом, селекция лучших математических структур (2) на рядах самоорганизационного моделирования позволяет получить наиболее адекватное решение поставленной задачи.

ВЛИЯНИЕ ТИПА ИОНА НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛИНОПТИЛОЛИТА

Барышников С.В., Ланкин С.В.,
Стукова Е.В., Юрков В.В.

*Благовещенский государственный педагогический университет,
Благовещенск*

Цеолиты - кристаллические водные алюмосиликаты, структуры которых содержат однородные поры молекулярных размеров, вмещающие слабо связан-

ные с каркасом различные катионы (I и II групп периодической системы Д.И. Менделеева) и молекулы воды. Слабосвязанные катионы и молекулы воды в порах цеолитов приводят к большим значениям диэлектрической проницаемости на низких частотах и существенной зависимости электрофизических свойств цеолитов от частоты и температуры. Вода может быть удалена при нагреве или вакуумировании цеолита, что мало влияет на алюмосиликатный жесткий каркас – его структура практически не изменяется. При этом электрические свойства цеолита полностью будут полностью определяться ионами металлов.

Целью данной работы являлось исследование зависимости диэлектрических свойств цеолита от типа основного иона. В качестве объекта исследования был выбран клиноптилолит: Сингония - моноклинная. Пространственная группа симметрии $C2/m$. Параметры элементарной ячейки по данным рентгеноструктурного анализа: $a = 1,761 \text{ нм}$, $b = 1,780 \text{ нм}$, $c = 0,741 \text{ нм}$, $\beta = 115,2^\circ$. Для эксперимента использовались прессованные образцы из Li, Na, K – клиноптилолита в виде таблеток, полученных сухим прессованием из фракции $< 0,1 \text{ мм}$ под давлением $\sim 20 \text{ МПа}$. Образцы имели форму дисков диаметром 10 мм и толщиной 2 мм. Electroды получались путем вжигания серебряной пасты.

Ионообменные формы клиноптилолита получались модифицированием его монофракций. Исходный материал обрабатывался в статических условиях 1М растворами солей LiCl, NaCl, KCl при комнатной температуре в течение суток. Эмпирическая формула клиноптилолита, полученная из результатов химического анализа контрольной монофракции, имеет вид: $\text{Ca}_2\text{MgK}[\text{Al}_6\text{Si}_{28}\text{O}_{70}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$. Химический состав образцов определялся методами фотоэлектрокалориметрии и атомной адсорбции [1]. Масса навесок составляла 0,1 г. В таблице приведены состав образцов в весовых процентах.

Таблица 1. Состав образцов в весовых процентах

Образец	Li Вес. %	K Вес. %	Na Вес. %	Mg Вес. %	Ca Вес. %
Образец 1 (калиевая форма)	-	3,41	0,445	0,432	0,728
Образец 2 (натриевая форма)	-	1,145	2,923	0,528	0,864
Образец 3 (литиевая форма)	1,338	1,394	0,742	0,594	1,335

Измерения диэлектрической проницаемости ε и $\text{tg} \delta$ проводились в температурном интервале 300 - 600 К на частотах 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^6 Гц. На частотах 10^2 , 10^3 , 10^4 Гц использовался измеритель импеданса E7-14, на частоте 10^6 Гц – E7-12. Температурная стабилизация составляла порядка 1,0 К. Для устранения влияния адсорбированной воды образцы перед измерениями отжигались при температуре 550 - 600 К в течение двух часов.

Как показали исследования, с повышением температуры ε и $\text{tg} \delta$ растут. Степень роста определяется частотой и зависит от типа основного иона. На рис.1 приведена температурная зависимость диэлектрической проницаемости на частоте 10^6 Гц, где кривые 1, 2, 3 соответствуют образцам, приведенным в таблице.

В дегидратированном клиноптилолите основной вклад в диэлектрическую проницаемость должна давать ионно-миграционная поляризация: