

С целью нахождения численных хартри-фоковских функций атома урана, приведенных в [5], по типу (2) с учетом (4), мы воспользовались программой, описанной в [6]. Все расчеты велись с двойной точностью. Метод состоял в следующем: минимизировался функционал

$$F(\vec{c}, \vec{\zeta}) = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^k c_i N_i r_M^{n_i-1} \exp(-\zeta_i r_M) - R^{X\Phi}(r_M) \right]^2 \quad (5)$$

по методу Давидона — Флетчера-Павелла, где  $\vec{c}$ ,  $\vec{\zeta}$  — два вектора размерности  $(1, K)$ , содержащие  $c_i$  и  $\zeta_i$ ;  $R^{X\Phi}(r)$  — значение хартри-фоковской функции в точке  $r$ . Суммирование в (5) осуществлялось по всем точкам, указанным в [5].

Таблица 2

Значения  $F(\vec{c}, \vec{\zeta})$  для внешних орбиталей атома урана, вычисленные по формуле (5)

Орбиталь атома урана	По нашим данным, $\times 10^3$	По данным из [7], $\times 10^3$
5-f	7,712657	7,712832
6-d	59,606190	71,416900
7-s	1,517964	3,450129

Начальные значения  $c_{i0}$  и  $\zeta_{i0}$  выбирались по методу, описанному в [7]. Результаты счета — многоэкспонентные волновые функции для внешних орбиталей атома урана — сведены в табл. 1.

Сравнение полученных данных с результатами работы [7] для 7—s, 6—d, 5—f орбиталей атома урана показывает, что вычисленные многоэкспонентные волновые функции лучше описывают хартри-фоковые функции [5], чем разложения, приведенные в [7] (табл. 2).

Волновые функции внешних оболочек урана, найденные в настоящей работе, могут быть использованы в физике атомных столкновений, молекулярной физике, физике твердого тела, а также для квантово-химических расчетов урансодержащих соединений.

### Список литературы

1. Жуков В. П., Губанов В. А., Анисимов В. И. // Оптика и спектроскопия. 1979. Т. 46. № 1. С. 85.
2. Губанов В. А., Жуков В. П., Литинский А. О. Полуэмпирические методы молекулярных орбиталей и квантовой химии. М., 1976.
3. Richardson J. W., Powell R. R. // Journ. Chem. Phys. 1963. V. 38. № 4. P. 796.
4. Richardson J. W., Powell R. R. Ibid. 1962. V. 36. № 4. P. 1057.
5. Мэлл J. B. // Atomic Data. 1973. V. 12. № 1. P. 86.
6. Химмельблау. Прикладное нелинейное программирование. М., 1975.
7. Нефедов В. С. // Радиохимия. 1980. Т. 22. № 4. С. 479.

Поступила в редакцию 27.10.87.

УДК 539.107.43

О. М. АНШАКОВ, С. А. ВЕРЕЗУБОВА,  
НГУЕН БАК ХА, В. А. ЧУДАКОВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТЯЖЕННОГО ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

Использование жидких сцинтилляторов (ЖС) позволяет создавать позиционно-чувствительные детекторы (ПЧД) с большими рабочими объемами. Вместе с тем меньший по сравнению с твердотельными сцинтилляторами световой ход ЖС предъявляет повышенные требования к уровню шумов фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) ПЧД и качеству собирания света на его фотокатод.

Для однокоординатных ПЧД с малыми относительно длины попереч-

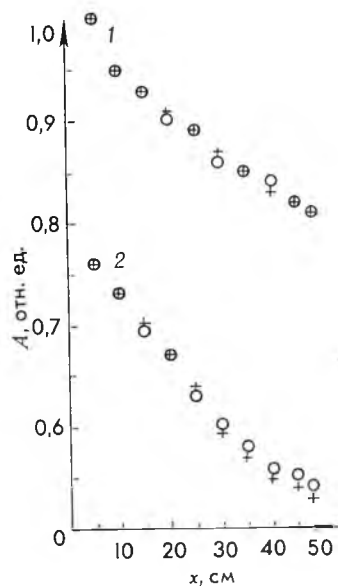
ными размерами светособирание определяется прозрачностью сцинтиллятора к собственному излучению и отражательной способностью боковой поверхности рабочего объема. Светособирание в таких ПЧД характеризуется эффективным коэффициентом поглощения  $k$  [1] или длиной ослабления  $\lambda = 1/k$  [2], на которой интенсивность световой вспышки ослабляется в  $e$  раз.

С целью исследования возможности применения индий- и гадолинийсодержащих ЖС в ПЧД низкоэнергетического гамма-излучения разработан протяженный детектор с рабочим объемом  $\varnothing 25 \times 500$  мм, представляющий собой заполненный ЖС стеклянный цилиндр (толщина стенок 1 мм), находящийся одним торцом в оптическом контакте с ФЭУ и помещенный в дюралюминиевую трубу (толщина стенки 1 мм). Использовался фотоумножитель типа ФЭУ-85 с анодной чувствительностью 100 А/лм и энергетическим эквивалентом собственных шумов 1,02 кэВ. ЖС на основе  $\alpha$ -метилнафталина с 0,5 %-ной концентрацией In и Gd изготовлен в НПО «Монокристаллреактив».

Измерения проводились в геометрии, аналогичной [2]. Амплитудные распределения выходных импульсов ФЭУ снимались с помощью многоканального анализатора АИ-1024 при различных координатах  $x$  ввода в детектор относительно фотокатода ФЭУ ( $x=0$ ) коллимированного пучка гамма-квантов с энергией 59,6 кэВ от радиоизотопного источника Am-241. Амплитуда импульсов  $A$ , по которым определялось ослабление света на расстоянии  $0 \dots x$ , выбиралась по положению полувысоты спада амплитудного распределения.

На рисунке представлены результаты относительных измерений зависимости  $A(x)$ , проведенных при использовании боковых покрытий (черная бумага и алюминиевая фольга), окружающих цилиндр с ЖС без воздушного зазора. Полученные данные нормированы на значение  $A=A$  при  $x=5$  см для гадолинийсодержащего ЖС. Исследования показали, что для рассматриваемой конструкции детектора качество внешнего бокового отражателя практически не влияет на светособирание в ПЧД, так как, по-видимому, значительная часть света, прошедшего в боковую стенку стеклянного цилиндра, захватывается в угол полного внутреннего отражения и не попадает на фотокатод ФЭУ, диаметр рабочей поверхности которого 25 мм.

Для детектора на ЖС с Gd относительная сцинтилляционная эффективность выше, чем для ЖС с In в 1,3 раза. Оценка длины ослабления для детекторов с указанными ЖС дает  $246 \pm 4$  и  $140 \pm 4$  см соответственно. Эффективность регистрации гамма-излучения изотопа Am-241 при  $x=25$  мм, определенная для детектора в соответствии с [3], составила для ЖС с In ( $37,1 \pm 0,4$  %) и для ЖС с Gd — ( $43,8 \pm 0,5$  %).



Зависимость амплитуды  $A$  выходных импульсов протяженного детектора от координаты  $x$  ввода пучка гамма-излучения для гадолинийсодержащего (1) и индийсодержащего (2) ЖС при боковых отражателях:  
 O — алюминиевая фольга; + — черная бумага

### Список литературы

1. Цирлин Ю. А., Дайч А. Р., Соколовская Т. И., Нагорная Л. Л. // ЖПС. 1965. Т. 2. № 4. С. 371.

2. Бэм Я., Выскочил С., Завада П., Крумштейн З. В., Монич Е. А., Муравьев Б. А., Ронжник А. К., Харчилава А. И., Шафарик К., Ци-сек З. // ПТЭ. 1981. № 5. С. 55.

3. Петржак К. А., Бак М. А. // ЖТФ. 1955. Т. 25. С. 636.

Поступила в редакцию 27.10.87

УДК 517.916

О. А. КОНОНОВА

## ОБ ИЗОХРОННОСТИ ЦЕНТРА ОДНОЙ СИСТЕМЫ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Рассматривается система нелинейных колебаний:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= y; \\ \frac{dy}{dt} &= -x + c_0x^2 + d_0x^3 + l_0x^4 + y(b_1x + c_1x + d_1x^3) + \\ &+ y^2(a_2 + b_2x + c_2x^2) + y^3(a_3 + b_3x) + a_4y^4. \end{aligned} \quad (1)$$

Для системы (1) И. С. Куклесом найдены необходимые и достаточные условия, при которых точка  $O(0, 0)$  является центром. Этих условий девять [1]. Изохронность центра  $(0, 0)$  в случаях I—IV показана в [2].

В данной заметке рассматривается вопрос об изохронности центра в 8-м случае центра, когда  $a_4 = a_3 = a_2 = c_0 = c_1 = l_0 = 0$ . Система (1) в 8-м случае центра имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= y; \\ \frac{dy}{dt} &= -x + d_0x^3 + y(b_1x + d_1x^3) + y(b_2x + b_3xy). \end{aligned} \quad (2)$$

**Теорема.** Система (2) изохронна только в случае  $d_0 = -\frac{1}{9}b_1^2$ ;  $d_1 = b_2 = b_3 = 0$  и в линейном случае.

Чтобы начало координат было изохронным центром, необходимо и достаточно существования голоморфного в окрестности  $(0, 0)$  преобразования:

$$u = x + \sum_{i+j \geq 2}^{\infty} \alpha_{ij}x^i y^j; \quad v = y + \sum_{i+j \geq 2}^{\infty} \beta_{ij}x^i y^j,$$

переводящего систему (2) в систему

$$\frac{du}{dt} = v; \quad \frac{dv}{dt} = -u. \quad (3)$$

Непосредственные вычисления дают следующие необходимые условия изохронности:

1.  $b_1^2 + 3b_2 + 9d_0 = 0$ ;
2.  $6b_1d_1 + 6b_1b_3 + 9b_2d_0 + 18b_1^2d_0 + 9b_1^2b_2 + 2b_1^4 + 9b_2^2 = 0$ ;
3.  $18b_2d_1 + 12b_1^2d_1 + 2b_1^2b_3 + 3b_3b_2 = 0$ ;
4.  $\frac{7}{60}b_1d_1d_0 - \frac{157}{36}b_1b_2d_1 - \frac{197}{60}b_1^3d_1 + \frac{214}{15}b_1^2d_0^2 + \frac{1783}{45}b_1^2b_2d_0 +$   
 $+ \frac{2}{135}b_1^3b_3 + \frac{12166}{945}b_1^4d_0 + \frac{12077}{1620}b_1^4b_2 + \frac{911}{72}b_1^2b_2^2 + \frac{508}{405}b_1^6 +$   
 $+ \frac{69}{15}b_1b_3d_0 + \frac{135}{8}b_2^2d_0 + \frac{35}{4}b_2d_0^2 + \frac{4}{3}b_1b_2b_3 + \frac{113}{24}b_2^3 = 0$ .

Если  $b_1 = 0$ , тогда  $b_2 = d_0 = 0$  и система (2) имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = y; \quad \frac{dy}{dt} = -x + d_1x^3y + b_3xy^3. \quad (5)$$