

Том 433, Номер 5

ISSN 0869-5652

Август 2010



ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК

<http://www.naukaran.ru>
<http://www.maik.ru>



“НАУКА”

Российская академия наук

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК

ТОМ 433 № 5 2010 Август

Основан в 1933 г.
Выходит 3 раза в месяц
ISSN 0869-5652

*Журнал издается под руководством
Президиума РАН*

Главный редактор
Ю.С. Осипов

Редакционная коллегия

Е.Ф. Мищенко (*заместитель главного редактора*),
С.М. Алдошин, А.Ф. Андреев, Д.В. Аносов, В.И. Арнольд,
О.А. Богатиков, А.А. Боярчук, В.А. Васильев, В.И. Васильев,
Г.П. Георгиев, Г.С. Голицын, Ю.В. Гуляев, Н.Л. Добрецов,
В.П. Дымников, С.В. Емельянов, Г.А. Заварзин, В.А. Ильин,
Ю.М. Каган, М.П. Кирпичников, В.В. Козлов, А.И. Коновалов,
С.К. Коровин, В.М. Котляков, В.А. Левин, В.А. Матвеев,
И.И. Моисеев, Н.Ф. Морозов, В.В. Осико, М.А. Островский,
Д.С. Павлов, Р.В. Петров, В.П. Платонов, Ю.М. Пушаровский,
Г.И. Савин, Е.Д. Свердлов, А.Н. Скринский, Ю.Д. Третьяков,
М.В. Угрюмов, А.М. Черепашук, Г.Г. Черный

Ответственный секретарь И.В. Исавнина

Адрес редакции: 117997, ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90, комн. 301
тел. 334-73-80

Москва
Издательство "Наука"

СОДЕРЖАНИЕ

Том 433, номер 5, 2010

МАТЕМАТИКА

- Базисные свойства корневых функций одной спектральной задачи со спектральным параметром в граничных условиях
З. С. Алиев 583
- Структура многомерных диофантовых приближений
А. Д. Брюно 587
- О принципе компенсированной компактности
В. В. Жиков, С. Е. Пастухова 590
- Об асимптотике спектра оператора Штурма–Лиувилля с точечным взаимодействием
Р. С. Исмаилов, А. Г. Костюченко 596
- О сходимости разностных схем сквозного счета
О. А. Ковыркина, В. В. Остапенко 599
- Сильно регулярный граф с параметрами (486, 112, 36, 66) не существует
А. А. Махнев, А. А. Махнев-мл. 604

ИНФОРМАТИКА

- Двусторонние ресурсные сети – новая потоковая модель
О. П. Кузнецов, Л. Ю. Жиликова 609

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

- О необходимых и достаточных условиях синтеза нанороботов
М. Б. Игнатьев 613

ФИЗИКА

- Пределы распространения медленной волны оптического пробоя в волоконном световоде
В. И. Горбаченко, А. Ю. Довженко, А. Г. Мержанов, Э. Н. Руманов, В. Е. Фортон, О. Е. Ячменева 618
- Синтез гидрата метана при низкотемпературной конденсации молекулярных пучков
М. З. Файзуллин, А. В. Решетников, В. П. Коверда 622

МЕХАНИКА

- Об устойчивости течения жидкости в канале периодического сечения
Н. В. Быков, В. И. Пустовойт 625
- Об устойчивости песчаного дна канала постоянной ширины
А. Г. Петров, И. И. Потапов 631
- Газодинамическая структура течения и развитие возмущений в микроструях
В. М. Фомин, В. М. Анискин, А. А. Маслов, С. Г. Миронов, И. С. Цырюльников 635

ХИМИЯ

- Новые перфторированные 2',2'-дипиримидинилалканы
Д. Ю. Вебрицкий, М. А. Курыкин, М. Л. Кештов, А. Р. Хохлов 9

Получение термо- и светостойкого красителя на основе диангидрида периллен-3,4,9,10-тетракарбоновой кислоты и 3-аминопропилтриэтоксисилана

В. В. Семенов, Н. В. Золотарева, Е. Ю. Ладилина, Л. Г. Клапшина, И. С. Григорьев, М. А. Лопатин, А. И. Кириллов, Г. А. Домрачев

642

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Водные растворы макроциклического пиридин-пиррольного соединения низких концентраций: взаимосвязь параметров супрамолекулярных наноразмерных ассоциатов, физико-химических свойств и физиологической активности

И. С. Рыжкина, Л. И. Муртазина, Е. Д. Шерман, Ю. Н. Валитова, Е. А. Катаев, А. И. Коновалов

647

ГЕОЛОГИЯ

О составе железомарганцевых корок Атлантического океана

Г. Н. Батулин, В. Т. Дубинчук

652

Новые представления о формировании скоплений углеводородов в северной части Индийского океана

О. В. Левченко, В. В. Матвеенков, Л. П. Волокитина

658

Новая электронная карта активных разломов юга Восточной Сибири

О. В. Лунина, А. С. Гладков, П. П. Шерстянкин

662

ГЕОХИМИЯ

Самородная платина в переходном слое глин на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Восточные Альпы, Австрия): первая находка

С. Е. Борисовский, А. Ф. Грачев

668

Изотопное и химическое U–Pb-датирование гранитоидов Западно-Сибирского мегабассейна

К. С. Иванов, Ю. В. Ерохин, Ю. Н. Федоров, В. В. Хиллер, В. С. Пономарев

671

Грамачиолит-(Y): первая находка в России

И. В. Козырева, И. В. Швецова

675

Признаки жидкостной несмесимости в онгонитовой магме по данным изучения расплавных и флюидных включений в породах массива Ары-Булак (Восточное Забайкалье)

И. С. Перетяжко, Е. А. Савина

678

ГЕОФИЗИКА

Тепловое поле и глубины очагов землетрясений Байкальской рифтовой зоны

В. А. Голубев

684

Влияние сильных электромагнитных полей на скорость сейсмостектонических деформаций

Н. Т. Тарасов

689

ГЕОГРАФИЯ

Рельеф дна и водное тело подледникового озера Восток, Восточная Антарктида

В. Н. Масолов, С. В. Попов, В. В. Лукин, А. М. Попков

693

БИОХИМИЯ, БИОФИЗИКА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

Биодеградируемые матрицы из регенерированного шелка *Bombix mori*

И. И. Агапов, М. М. Мойсенович, Т. В. Васильева, О. Л. Пустовалова, А. С. Коньков, А. Ю. Архипова, О. С. Соколова, В. Г. Богуш, В. И. Севастьянов, В. Г. Дебабов, М. П. Кирпичников

699

Изучение полиморфизма гена сахарозсинтазы <i>Sus2</i> у культурных и дикорастущих видов томата <i>К. В. Борис, Н. Н. Рыжова, К. Г. Скрябин</i>	703
Нарушение псевдогифального роста у мутантов по фактору терминации трансляции eRF1 дрожжей <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Г. А. Журавлёва, А. В. Петрова</i>	707

ФИЗИОЛОГИЯ

Трис-(2-гидроксиэтил)аммоний 2-метил- и 2-метил-4-хлор-феноксиацетаты – эффективные ингибиторы агрегации тромбоцитов и антиоксиданты <i>А. Н. Мирскова, С. Н. Адамович, Р. Г. Мирсков, М. Г. Воронков</i>	710
Арабиногалактан – растительный полисахарид как новое средство для клатрирования фармаконов <i>Т. Г. Толстикова, М. В. Хвостов, А. О. Брызгалов, А. В. Душкин, Г. А. Толстиков</i>	713

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Межвидовые взаимоотношения симбиотических амфипод на камчатском крабе в Баренцевом море <i>А. Г. Дворецкий, В. Г. Дворецкий</i>	715
---	-----

Правила для авторов	718
---------------------	-----

Сдано в набор 11.05.2010 г.	Подписано к печати 01.07.2010 г.	Формат бумаги 60 × 88 ¹ / ₈
Цифровая печать	Усл. печ. л. 18.0	Усл. кр.-отт. 7.3 тыс.
	Тираж 397 экз.	Уч.-изд. л. 17.9
		Бум. л. 9.0
		Зак. 453

Учредители: Российская академия наук, Президиум РАН

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 90
Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”
Отпечатано в ППП “Типография “Наука”, 121099 Москва, Шубинский пер., 6

О НЕОБХОДИМЫХ И ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЯХ
СИНТЕЗА НАНОРОБОТОВ

© 2010 г. М. Б. Игнатъев

Представлено академиком Я.Б. Данилевичем 26.02.2008 г.

Поступило 10.11.2009 г.

В настоящее время поставлена задача создания нанороботов, которые могли бы манипулировать атомно-молекулярными структурами как строя на этих структур наноооружения, так и разбирая наноооружения по мере надобности. Уже имеется большой опыт создания человекооразмерных робототехнических систем, отработаны их алгоритмы функционирования при манипулировании различными предметами, при сборке и разборке различных машин и сооружений [1, 2]. Переход на наноразмеры оказывается непростым делом. Химия предстает очень большой спектр веществ, из которых могли бы синтезироваться нанороботы, и для сокращения этого списка и выбора подходящих веществ как раз и нужно выработать необходимые и достаточные условия синтеза нанороботов. Для решения этой задачи прежде всего необходим единый язык описания как атомно-молекулярных структур, так и алгоритмов функционирования будущих нанороботов. Такой общий язык описания предлагается методом лингвокомбинаторного моделирования [4, 5, 7, 8].

1. Лишь для небольшого числа реальных систем имеются математические модели. Прежде всего системы описываются с помощью естественного языка. Предлагается способ перехода от описания на естественном языке к математическим уравнениям. Например, пусть имеется фраза

$$\text{WORD1} + \text{WORD2} + \text{WORD3}. \quad (1)$$

В этой фразе мы обозначаем слова и только подразумеваем смысл слов. Смысл в сложившейся структуре естественного языка не обозначается. Предлагается ввести понятие смысла в форме

$$\begin{aligned} &(\text{WORD1}) * (\text{SENSE1}) + \\ &+ (\text{WORD2}) * (\text{SENSE2}) + \\ &+ (\text{WORD3}) * (\text{SENSE3}) = 0. \quad (2) \end{aligned}$$

Будем обозначать слова как A_i от английского Arrangement, а смыслы – как E_i от английского

Essence, i – номер переменной. Тогда уравнение (2) может быть представлено как

$$A_1 * E_1 + A_2 * E_2 + A_3 * E_3 = 0. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) являются моделями фразы (1). Если есть математическое уравнение $F(x_1, x_2, x_3) = 0$, то можно получить форму (3) посредством дифференцирования этого уравнения; тогда A_i будут частными производными, а E_i – производными по времени от переменных.

Эта модель является алгебраическим кольцом и можно разрешить уравнение (3) либо относительно A_i либо относительно E_i путем введения третьей группы переменных произвольных коэффициентов U_s [1–3]

$$\begin{aligned} A_1 &= U_1 * E_2 + U_2 * E_3, \\ A_2 &= -U_1 * E_1 + U_3 * E_3, \\ A_3 &= -U_2 * E_1 - U_3 * E_2 \end{aligned} \quad (4)$$

или

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * A_2 + U_2 * A_3, \\ E_2 &= -U_1 * A_1 + U_3 * A_3, \\ E_3 &= -U_2 * A_1 - U_3 * A_2, \end{aligned} \quad (5)$$

где U_1, U_2, U_3 – произвольные коэффициенты, которые можно использовать для решения различных задач на многообразии (3). Например, если хотим достигнуть максимум по переменной x_3 , то можно назначить произвольные коэффициенты $U_2 = -b * A_1, U_3 = -b * A_2$ и тогда получим

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= U_1 * A_2 - b * A_1 * A_3, \\ \frac{dx_2}{dt} &= -U_1 * A_1 - b * A_2 * A_3, \\ \frac{dx_3}{dt} &= b * (A_1 * A_1 + A_2 * A_2), \end{aligned} \quad (6)$$

и если $b > 0$, то переменная x_3 устойчиво стремится к максимуму, а для манипуляции траекторией остается коэффициент U_1 .

В общем случае, если имеем n переменных и m многообразий ограничений, то число произ-

Таблица 1. Количество произвольных коэффициентов в структуре эквивалентных уравнений

n	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$	$m = 8$
2	1							
3	3	1						
4	6	4	1					
5	10	10	5	1				
6	15	20	15	6	1			
7	21	35	35	21	7	1		
8	28	56	70	56	28	8	1	
9	36	84	126	126	84	36	9	1

вольных коэффициентов S будет равно числу сочетаний из n по $m + 1$ [1] (см. табл. 1),

$$S = C_n^{m+1}, \quad n > m. \quad (7)$$

Число произвольных коэффициентов является мерой неопределенности и адаптивности.

Лингвокомбинаторное моделирование заключается в том, что в конкретной предметной области выделяются ключевые слова, которые объединяются во фразы типа (1), на основе которых строятся эквивалентные системы уравнений с произвольными коэффициентами. В частном случае они могут быть дифференциальными уравнениями и при их исследовании можно использовать хорошо разработанный математический аппарат. Лингвокомбинаторное моделирование включает все комбинации и все варианты решений и является полезным эвристическим приемом при изучении плохо формализованных систем [3–8].

2. Перейдем к построению лингвокомбинаторных моделей атомов и молекулярных структур, при этом будем исходить из ключевых базовых понятий, которые уже сложились в науке. Рассмотрим в качестве примера атом водорода и в качестве ключевых слов возьмем слова “атом”, “протон”, “электрон”, тогда фраза (1) будет иметь вид

$$\text{Atom} + \text{Proton} + \text{Electron}. \quad (8)$$

И в эквивалентных уравнениях (3), (4) и (5) A_1 – характеристика атома водорода, E_1 – изменение этой характеристики, A_2 – характеристика протона, E_2 – изменение этой характеристики, A_3 – характеристика электрона, E_3 – изменение этой характеристики.

Для моделирования дейтерия используем ключевые слова “атом”, “протон”, “электрон”, “нейтрон”

$$\text{Atom} + \text{proton} + \text{electron} + \text{neutron} \quad (9)$$

и эквивалентные уравнения будут

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * A_2 + U_2 * A_3 + U_3 * A_4, \\ E_2 &= -U_1 * A_1 + U_4 * A_3 + U_5 * A_4, \\ E_3 &= -U_2 * A_1 - U_4 * A_2 + U_6 * A_4, \\ E_4 &= -U_3 * A_1 - U_5 * A_2 - U_6 * A_3, \end{aligned} \quad (10)$$

где $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6$ – произвольные коэффициенты, A_1 – характеристика атома дейтерия, E_1 – изменение этой характеристики, A_2 – характеристика протона атома дейтерия, E_2 – изменение этой характеристики, A_3 – характеристика электрона атома дейтерия, E_3 – изменение этой характеристики, A_4 – характеристика нейтрона атома дейтерия, E_4 – изменение этой характеристики. В случае атомных реакций возможно превращение дейтерия в водород посредством трансформации уравнений (10) в уравнения (4).

В качестве другого примера рассмотрим структуру молекулы, составленную из двух атомов водорода,

$$\begin{aligned} &\text{Молекула} + \text{протон} 1 + \text{протон} 2 + \\ &+ \text{электрон} 1 + \text{электрон} 2. \end{aligned} \quad (11)$$

В этой структуре пять слов и эквивалентные уравнения будут иметь вид

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * A_2 + U_2 * A_3 + U_3 * A_4 + U_4 * A_5, \\ E_2 &= -U_1 * A_1 + U_5 * A_3 + U_6 * A_4 + U_7 * A_5, \\ E_3 &= -U_2 * A_1 - U_5 * A_2 + U_8 * A_4 + U_9 * A_5, \\ E_4 &= -U_3 * A_1 - U_6 * A_2 - U_8 * A_3 + U_{10} * A_5, \\ E_5 &= -U_4 * A_1 - U_7 * A_2 - U_9 * A_3 - U_{10} * A_4, \end{aligned} \quad (12)$$

где A_1 – характеристика молекулы, E_1 – изменение этой характеристики, A_2 – характеристика протона 1, E_2 – изменение этой характеристики, A_3 – характеристика протона 2, E_3 – изменение этой характеристики, A_4 – характеристика электрона 1, E_4 – изменение этой характеристики, A_5 – характеристика электрона 2, E_5 – изменение этой характеристики, U_1, U_2, \dots, U_{10} –

произвольные коэффициенты; A_4, A_5, E_4, E_5 характеризуют молекулярные орбитали.

Аналогичным образом возможно построение лингвокомбинаторных моделей всех известных элементов таблицы Менделеева и их изотопов и молекулярных структур. Это еще один путь для компьютерного моделирования физико-химических реакций. Следует отметить сходство предлагаемого метода описания атомно-молекулярных структур с методом линейной комбинации атомных орбиталей [9] и их различие, которое заключается в том, что в лингвокомбинаторном методе рассматриваются все комбинации взаимодействий.

Структурная стабильность, совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, т.е. сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних воздействиях, обеспечивается адаптационными возможностями атомных и молекулярных систем [6]. В представленных лингвокомбинаторных моделях адаптационные возможности систем определяются числом произвольных коэффициентов в структуре эквивалентных уравнений и наибольшая структурная стабильность достигается в зоне адаптационного максимума, который обнаруживается у различных систем с числом переменных больше шести [1, 2], см. табл. 1. Для удержания систем в зоне адаптационного максимума можно использовать различные методы – рост числа переменных, наложение и снятие ограничений, объединение систем в коллективы. Действительно, если имеем две системы

$$S_1 = C_{n_1}^{m_1+1}, \quad S_2 = C_{n_2}^{m_2+1}, \quad (13)$$

то путем наложения общих ограничений m_{col} получим коллектив

$$S_{col} = C_{n_1+n_2}^{m_1+m_2+m_{col}+1}. \quad (14)$$

При этом в зависимости от конкретных параметров может быть $S_{col} > S_1 + S_2$, когда объединение в коллектив приводит к росту адаптационных возможностей, а может быть $S_{col} < S_1 + S_2$, когда адаптационные возможности меньше суммы адаптационных возможностей исходных систем. Лингвокомбинаторное моделирование может явиться полезным инструментом при анализе и синтезе атомно-молекулярных систем, и полученное описание можно использовать для выбора наиболее подходящих для синтеза нанороботов химических веществ.

3. Рассмотрим пути перехода из одной мировой точки в другую этим методом. Мировая точка есть точка трехмерного мира в конкретный момент времени. Координаты мировой точки X_1, X_2, X_3, X_4 . Событие есть физический феномен, который происходит в конкретной мировой точке. Четы-

рехмерное расстояние между двумя мировыми точками X_1, X_2, X_3, X_4 и X_5, X_6, X_7, X_8 есть X_9

$$c^2(X_4 - X_8)^2 - (X_1 - X_5)^2 - (X_2 - X_6)^2 - (X_3 - X_7)^2 = (X_9)^2, \quad (15)$$

где c – скорость света, $(X_4 - X_8)$ – интервал времени.

Возможны различные пути перехода из одной мировой точки в другую, что отражается в структуре эквивалентных уравнений, которые мы получаем после дифференцирования уравнения (15) и применения нашего метода:

$$A_1 * E_1 + A_2 * E_2 + \dots + A_9 * E_9 = 0, \quad (16)$$

где

$$A_1 = -(X_1 - X_5), \quad E_1 = \frac{dX_1}{dt}, \quad A_2 = -(X_2 - X_6),$$

$$E_2 = \frac{dX_2}{dt}, \quad A_3 = -(X_3 - X_7), \quad E_3 = \frac{dX_3}{dt},$$

$$A_4 = c(X_4 - X_8), \quad E_4 = \frac{dX_4}{dt}, \quad A_5 = (X_1 - X_5),$$

$$E_5 = \frac{dX_5}{dt}, \quad A_6 = (X_2 - X_6), \quad E_6 = \frac{dX_6}{dt},$$

$$A_7 = (X_3 - X_7), \quad E_7 = \frac{dX_7}{dt}, \quad A_8 = -c(X_4 - X_8),$$

$$E_8 = \frac{dX_8}{dt}, \quad A_9 = -X_9, \quad E_9 = \frac{dX_9}{dt}.$$

Структура эквивалентных уравнений следующая:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * A_2 + U_2 * A_3 + U_3 * A_4 + U_4 * A_5 + \\ &+ U_5 * A_6 + U_6 * A_7 + U_7 * A_8 + U_8 * A_9, \\ E_2 &= -U_1 * A_1 + U_9 * A_3 + U_{10} * A_4 + U_{11} * A_5 + \\ &+ U_{12} * A_6 + U_{13} * A_7 + U_{14} * A_8 + U_{15} * A_9, \\ E_3 &= -U_2 * A_1 - U_9 * A_2 + U_{16} * A_4 + U_{17} * A_5 + \\ &+ U_{18} * A_6 + U_{19} * A_7 + U_{20} * A_8 + U_{21} * A_9, \\ E_4 &= -U_3 * A_1 - U_{10} * A_2 - U_{16} * A_3 + \\ &+ U_{22} * A_5 + U_{23} * A_6 + \\ &+ U_{24} * A_7 + U_{25} * A_8 + U_{26} * A_9, \\ E_5 &= -U_4 * A_1 - U_{11} * A_2 - U_{17} * A_3 - \\ &- U_{22} * A_4 + U_{27} * A_6 + \\ &+ U_{28} * A_7 + U_{29} * A_8 + U_{30} * A_9, \\ E_6 &= -U_5 * A_1 - U_{12} * A_2 - U_{18} * A_3 - \\ &- U_{23} * A_4 - U_{27} * A_5 + \\ &+ U_{31} * A_7 + U_{32} * A_8 + U_{33} * A_9, \\ E_7 &= -U_6 * A_1 - U_{13} * A_2 - U_{19} * A_3 - \\ &- U_{24} * A_4 - U_{28} * A_5 - \\ &- U_{31} * A_6 + U_{34} * A_8 + U_{35} * A_9, \end{aligned} \quad (17)$$

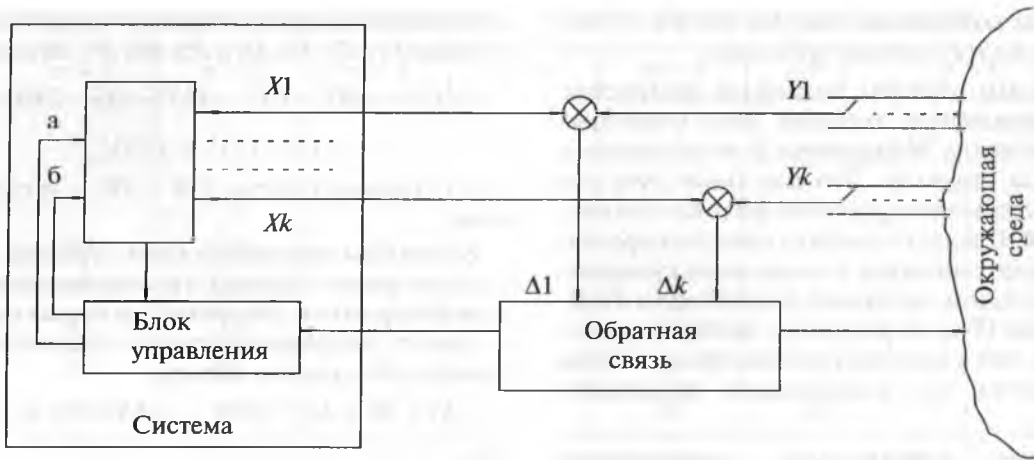


Рис. 1. Модель система–среда.

$$\begin{aligned}
 E8 &= -U7 * A1 - U14 * A2 - U20 * A3 - \\
 &\quad - U25 * A4 - U29 * A5 - \\
 &\quad - U32 * A6 - U34 * A7 + U36 * A9, \\
 E9 &= -U8 * A1 - U15 * A2 - U21 * A3 - \\
 &\quad - U26 * A4 - U30 * A5 - \\
 &\quad - U33 * A6 - U35 * A7 - U36 * A8,
 \end{aligned}$$

где U_1, U_2, \dots, U_{36} могут быть использованы для настройки модели. Система уравнений полная, она содержит все комбинации путей между двумя мировыми точками. Наноструктуры должны понимать естественный язык. Сегодня имеется множество барьеров между человеком и наноструктурами. Лингвокомбинаторное моделирование помогает преодолеть эти барьеры в физике, химии, биологии и других науках.

На рис. 1 показано взаимодействие системы с окружающей средой, где X_1, X_2, \dots, X_k – переменные наноробота, Y_1, Y_2, \dots, Y_k – переменные среды, которые взаимодействуют с нашей системой. Система обратной связи учитывает рассогласования между переменными нашей системы и средой. Блок управления в качестве инструментов управления имеет возможность изменять произвольные коэффициенты (настройка) и изменять количество наложенных на систему ограничений (а и б).

В наноструктурах одна из главных проблем – это проблема сборки. Наноробот должен взять атом и перенести его в другое место, по сути дела перевести его из одной мировой точки в другую. В качестве исходного рассмотрения можно взять механическую трехзвенную руку манипулятора, который может переносить предметы из одной точки в другую, где X_1, X_2, X_3 и X_4, X_5, X_6 – координаты концов первого жесткого звена длиной L_1 ; X_4, X_5, X_6 и X_7, X_8, X_9 – координаты концов второго жесткого звена длиной L_2 ; X_7, X_8, X_9 и

X_{10}, X_{11}, X_{12} – координаты концов третьего жесткого звена длиной L_3 . Тогда исходные уравнения трехзвенной руки манипулятора будут

$$\begin{aligned}
 (X_1 - X_4)^2 + (X_2 - X_5)^2 + (X_3 - X_6)^2 &= L_1^2, \\
 (X_4 - X_7)^2 + (X_5 - X_8)^2 + (X_6 - X_9)^2 &= L_2^2, \quad (18)
 \end{aligned}$$

$(X_7 - X_{10})^2 + (X_8 - X_{11})^2 + (X_9 - X_{12})^2 = L_3^2$ и эквивалентные уравнения будут содержать

$$S = C_n^{m+1} = C_{12}^4 = 792$$

произвольных коэффициента. Некоторые молекулы имеют примерно такое же количество произвольных коэффициентов; именно среди них и необходимо искать те вещества, из которых можно синтезировать наноробота, который мог бы переносить атом из одного места в другое.

Таков аналитический путь выбора веществ для синтеза нанороботов. Нанороботы могут иметь различный вид [8, 10]; это могут быть “наноколеса”, “наностержни” и другие конструкции со своей сенсорикой, двигателями и системами принятия решений.

4. В качестве итогов нашего рассмотрения можно сформулировать необходимые условия для синтеза наноробота: сложность веществ, из которых синтезируется наноробот, должна быть больше сложности реализуемых нанороботом алгоритмов.

В качестве достаточного условия существования наноробота в изменяющейся среде необходимо, чтобы наноробот находился в зоне адапционного максимума. Тогда он сможет в полной мере использовать свои возможности и обеспечить свою выживаемость в максимально возможном диапазоне изменений окружающей среды.

Нанороботы можно разделить на естественные и искусственные. К естественным нанороботам можно отнести молекулы ДНК, вирусы и дру-

ие структуры. Внешнее управление естественными нанороботами затруднено. При создании искусственных нанороботов предполагается возможность внешнего управления ими, чтобы они могли выполнять команды человека.

Лингвокомбинаторное моделирование — это универсальный метод моделирования плохо формализованных систем в самых различных областях науки, техники, в различных областях человеческой деятельности. В каждом конкретном применении этого метода необходимо осуществлять верификацию модели, проверять ее на соответствие поведению реального объекта. Наличие произвольных коэффициентов и возможность расширения модели, возможность включения новых переменных, новых ключевых слов, позволяют настраивать модель для моделирования сложных наноструктур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Игнатъев М.Б.* Голономные автоматические системы. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 204 с.
2. *Игнатъев М.Б., Кулаков Ф.М., Покровский А.М.* Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. Л.: Машиностроение, 1972. 1-е изд. 256 с., 2-е изд. 1973; 3-е изд. 1977.
3. *Ignatyev M.B.* In: Proc. SIMTEC'93. Intern. Simulation Technol. Conf. San Francisco, 1993. P. 41–42.
4. *Ignatyev M.B., Makina D.M., Petrishev N.N., et al.* Proc. High Performance Comput. Symp. HPC 2000 / Ed. A. Tentner. Wash. (D.C.) 2000. P. 66–71.
5. *Ignatyev M.B.* In: Proc. VI World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Inf. V. 11. Computer Science. II. Orlando, 2002. P. 224–227.
6. *Бейдер Р.* Атомы в молекулах. М.: Мир, 2001.
7. *Ignatyev M.B.* In: AIP Conf. Proc. Melville; N.Y., 2006. V. 839. P. 322–330.
8. *Ignatyev M.B.* // Intern. J. Comput. Anticipatory Syst. 2008. V. 22. P. 17–23.
9. *Дьячков П.Н.* Углеродные нанотрубки — строение, свойства, применение. М.: Бином, 2006. 294 с.
10. Архитектура виртуальных миров / Под ред. М.Б. Игнатъева. СПб., 2009. 288 с.