

# Автоматизация и Современные Технологии

---

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

**Главный редактор**

**В.Л. Белоусов** – д.э.н., проф., МГУПИ

**РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ:**

**Бучаченко А.Л.** – д.х.н., проф., ИПХФ РАН

**Гусев А.А.** – д.т.н., проф., МГТУ "СТАНКИН"

**Дегтярев Ю.И.** – д.т.н., проф., МАИ

**Елисеев В.А.** – д.т.н., Ин-т Инновац.-технологич.  
менеджмента

**Иванов А.П.** – д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)

**Мальцева С.В.** – д.т.н., проф., НИУ ВШЭ

**Нефедов Е.И.** – д.ф.-м.н., ИРЭ РАН

**Шебалин И.Ю.** – к.ф.-м.н.,  
ООО "Изд-во Машиностроение"  
(заместитель главного редактора)

**Янович Е.Л.** – д.э.н., проф., Кошалинский поли-  
технич. ин-т (Польша)

**РЕДАКЦИЯ:**

**Шебалин И.Ю.** – зам. главного редактора

**Осипова В.Г.** – научный редактор

**Богус С.В.** – секретарь

*Адрес редакции:*

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 748 0290,

E-mail: [ast@mashin.ru](mailto:ast@mashin.ru); <http://www.mashin.ru>

1

2014

**УЧРЕДИТЕЛИ:**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ  
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

---

Журнал зарегистрирован 9 апреля 1999 г.  
за № 018684 в Комитете  
Российской Федерации по печати

---

Журнал входит в перечень  
утверждённых ВАК РФ изданий  
для публикации трудов соискателей  
учёных степеней

---

ООО "Издательство Машиностроение"

*Адрес издательства:*

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 268 3858,

факс: (499) 269 4897

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗАЦИЯ

#### НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Иванов А.А. Робототехника в механообработке . . . . . 3
- Горячев О.В., Чадаев А.В. Анализ характеристик привода стабилизации и наведения оптико-электронного модуля с различными алгоритмами управления . . . . . 6
- Антипин А.Ф. Системы управления технологическими процессами на базе многомерных логических регуляторов . . . . . 12
- Редькин А.В., Сорокин П.А. Управление стреловым краном с учётом дополнительных динамических нагрузок . . . . . 19

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Корчак Е.С., Середа А.В. Современные технологии проектирования корпусов рабочих цилиндров мощных гидравлических прессов . . . . . 22
- Ивашов Е.Н., Князева М.П. Алгоритмы последовательных и параллельных вычислений на основе квантовых точек с изомерными ядрами . . . . . 26
- Клячкин В.Н., Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А. Моделирование вибраций гидроагрегата на основе адаптивных динамических регрессий . . . . . 30
- Лебедев В.А. Энергосбережение при электродуговой механизированной и автоматической сварке с импульсной подачей электродной проволоки . . . . . 34
- Чернов С.А. Моделирование недеформируемых узловых соединений в стержневых системах . . . . . 39

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Голосовский М.С. Модель жизненного цикла разработки программного обеспечения в рамках научно-исследовательских работ . . . . . 43

### ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Компания 3М расширяет локализацию научно-исследовательской базы в России . . . . . 47

### ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

- По страницам журналов . . . . . 48

## CONTENTS

### AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

- Ivanov A.A. Robotics in machining a workpiece . . . . . 3
- Goryachev O.V., Chadaev A.V. The characteristics analysis of the stabilization and guidance drive for optical-electronic module with various control algorithms . . . . . 6
- Antipin A.F. Control systems of technological processes on the basis of multidimensional logical regulators . . . 12
- Redkin A.V., Sorokin P.A. Control method of jib crane with the definition of additional dynamic loads . . . . . 19

### MODERN TECHNOLOGIES

- Korchak E.S., Sereda A.V. Modern designing technologies of the working cylinder bodies for power hydraulic presses . . . . . 22
- Ivashov E.N., Knyazeva M.P. Algorithms of the serial and parallel calculation on the grounds of quantum dots with isomer kernels . . . . . 26
- Klyachkin V.N., Kuvayskova Yu.E., Aleshina A.A. The hydraulic unit vibration modelling on the grounds of adaptive dynamic regresses . . . . . 30
- Lebedev V.A. Energy saving at the mechanized and automatic arc welding with pulse wire feed . . . . . 34
- Chernov S.A. Modeling of not deformable nodal connections in rod systems . . . . . 39

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

- Golosovskiy M.S. Life cycle model of the software development within scientifically-research works . . . . . 43

### ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

- The company 3M expands the location of the research base in Russia . . . . . 47

### SURVEY OF PERIODICALS

- Periodicals review . . . . . 48

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу "Роспечать" – 70537, по каталогу "Пресса России" – 27838, по "Каталогу российской прессы "Почта России" – 60267) или непосредственно в издательстве по факсу: (499) 269 4897, по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru) (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298

Сдано в набор 01.11.13. Подписано в печать 23.12.13.  
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ.л. 5,88. Цена свободная

Отпечатано в ООО "Белый ветер"  
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

Перепечатка материалов из журнала "Автоматизация и современные технологии" возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Автоматизация и современные технологии" обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель

УДК 681.513

**Е.Н. Ивашов**, д-р техн. наук, проф., **М.П. Князева**  
(Московский институт электроники и математики национального  
исследовательского университета "Высшая школа экономики")

eivashov@hse.ru

## АЛГОРИТМЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК С ИЗОМЕРНЫМИ ЯДРАМИ

*Рассмотрены алгоритмы последовательных и параллельных вычислений, выполненных на основе машины Тьюринга и кинетической машины Кирдина. Предложены устройства флэш-памяти, долговременной памяти, энергонезависимой памяти, выполненные в виде квантовых точек на изомерных ядрах для реализации последовательных и параллельных вычислений.*

**Ключевые слова:** машина Кирдина, машина Тьюринга, квантовые точки, изомерные ядра.

*Algorithms of the serial and parallel calculation executed on the grounds of Turing machine and kinetic machine of Kirdin are considered. USB flash memory, long term memory, nonvolatile memory formed as quantum dots on isomer kernels for implementation of the serial and parallel calculation are proposed.*

**Key words:** kinetic machine of Kirdin, machine of Turing, quantum dots, isomer kernels.

**Введение.** Для описания последовательных алгоритмов существует много формальных способов: машины Тьюринга (МТ), грамматики Хомского типа 0, нормальные алгоритмы Маркова (НАМ), системы Поста, большинство языков программирования.

Записанный с одним из этих способов алгоритм можно промоделировать алгоритмом, записанным с любым другим из них, так как все вышеперечисленные способы эквивалентны.

Работу МТ можно промоделировать с помощью кинетической машины Кирдина (КМК). МТ детерминирована, следовательно, соответствующая ей КМК также будет детерминирована и будет состоять только из команд прямой замены. Такую КМК моделируют с помощью нормальных алгоритмов Маркова. Отсюда следует алгоритмическая универсальность КМК, поскольку существует тезис Черча–Тьюринга, который говорит, что любой вычислительный процесс, который можно разумно назвать алгоритмом, можно промоделировать на МТ [1].

В состав МТ входит управляющее устройство и бесконечная лента, разбитая на ячейки, где в каждой ячейке может быть записан единственный символ заданного алфавита  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ ; считывающая и пишущая головка, которая в зависимости от символа, записанного в этой ячейке, и состояния управляющего устройства записывает символ в ячейку, затем либо сдвигается влево или вправо на одну ячейку, либо остаётся на месте;

управляющее устройство принимает новое состояние.

Для любого внутреннего состояния  $q_i$  и символа  $a_j$  однозначно заданы:

следующее состояние  $q_j$ ;

новый символ  $a_{j+1}$ , который нужно записать вместо  $a_j$  в ту же ячейку;

направление сдвига головки  $d_k$ , обозначаемое символом в алфавите  $D = \{L, R, E\}$  ( $L = Left$ ,  $R = Right$ ,  $E = Equal$ ) [1].

Это задание описывается таблицей или системой команд, имеющих вид  $q_i a_j \rightarrow q'_i d_k$  [1].

**Понятие КМК.** Пусть  $L$  – алфавит символов.  $L^*$  – множество всех конечных слов или цепочек в алфавите  $L$ . Обработываемой единицей является ансамбль слов  $M$  из алфавита  $L$ , который отождествляется с функцией  $FM$  с конечным носителем на  $L^*$ , принимающей неотрицательные целые значения –  $FM: L^* \rightarrow N \cup \{0\}$ . Значение  $FM(s)$  интерпретируется как число экземпляров слова  $s$  в ансамбле  $M$  [2].

Обработка состоит в совокупности элементарных событий, которые происходят недетерминировано и параллельно. Элементарное событие  $S$ : состоит в том, что из ансамбля  $M$  изымается ансамбль  $K^-$  (это возможно, если для всех  $s$   $F_K^-(s) \leq F_M(s)$ ) и добавляется ансамбль  $K^+$ , т. е.  $F_{M'} = F_M - F_K^- + F_K^+$ . Ансамбли  $K^-$  и  $K^+$  однозначно задаются правилами или командами, которые объединяются в программу.

Пусть  $u, \omega, v, f, g, k, q, s$  – терминальные символы, обозначающие некоторые цепочки символов из  $L$ , являющиеся подцепочками слов из  $L^*$  [2].

МТ детерминирована и последовательна, следовательно, КМК также будет детерминирована и в каждый момент времени будет существовать лишь одно событие, являющееся допустимым. Алфавитом для КМК будет являться  $L = A \cup Q$ . Начальный ансамбль состоит из одного слова, соответствующего стандартной конфигурации МТ  $M_0 = \{q_0 \alpha\}$ , где  $\alpha \in A^*$ . Можно описать моделирование команд МТ таблицей, где команде МТ соответствует ответная команда КМК.

Команда МТ	Команда КМК
$q_i a_j \rightarrow q'_i a'_j R$	$u q_i a_j \omega \rightarrow u a'_j q'_i \omega$ $u a'_j q'_i \rightarrow u a'_j q'_i \lambda$
$q_i a_j \rightarrow q'_i a'_j L$	$u a_1 q_i a_j \omega \rightarrow u q'_i a_1 a'_j \omega$ ... $u a_m q_i a_j \omega \rightarrow u q'_i a_m a'_j \omega$ $q_i a_j \omega \rightarrow q'_i \lambda a'_j \omega$
$q_i a_j \rightarrow q'_i a'_j E$	$u q_i a_j \omega \rightarrow u q'_i a'_j \omega$

Программа для полученной детерминированной КМК состоит только из команд прямой замены [2].

Рассмотрим некоторые схемы реализации таких машин.

**Устройство флэш-памяти на квантовых точках в диэлектрической среде** (рис. 1) содержит корпус, установленный в нём набор нанообъектов долговременной памяти, выполненный с возможностью электрической связи с тактовым генератором и источником излучения. Набор нанообъектов долговременной памяти выполнен в виде квантовых точек на изомерных ядрах, расположенных в диэлектрической среде, а источник излучения выполнен в виде гамма-квантового излучателя–приемника.

В качестве элементов памяти используют квантовую точку. Под этим понятием понимают некоторую (искусственно) созданную область вещества (так называемые "островки" или остров-

ные кристаллические структуры), т. е. структуру размером в несколько нм, в которой можно "хранить" небольшие количества электронов. Квантовые точки могут образовываться в результате процессов самосборки.

Устройство флэш-памяти на квантовых точках в диэлектрической среде работает следующим образом. При работе тактового генератора происходит периодическое подключение и отключение квантовых точек с частотой, равной частоте тактового генератора (тактовая частота). Запись информации осуществляется при возбуждении квантовых точек на изомерных ядрах под действием гамма-квантового излучения. При этом состоянию с возбуждённым ядром соответствует единица (один бит информации), а с невозбуждённым – ноль. Считывание информации осуществляется в обратном порядке, т. е. тактовый генератор подключает соответствующую квантовую точку, и гамма-излучение передаётся на излучатель–приемник [3].

**Устройство долговременной памяти** (рис. 2) содержит элементы памяти, записывающие и считывающие головки, выполненные с возможностью электромагнитного взаимодействия с элементами памяти. Элементы памяти выполнены в виде наночастиц железного порошка, взвешенного в жидком галлии. Наночастицы железного порошка представляют собой квантовые точки на изомерных ядрах, являющихся дважды магическими. За-

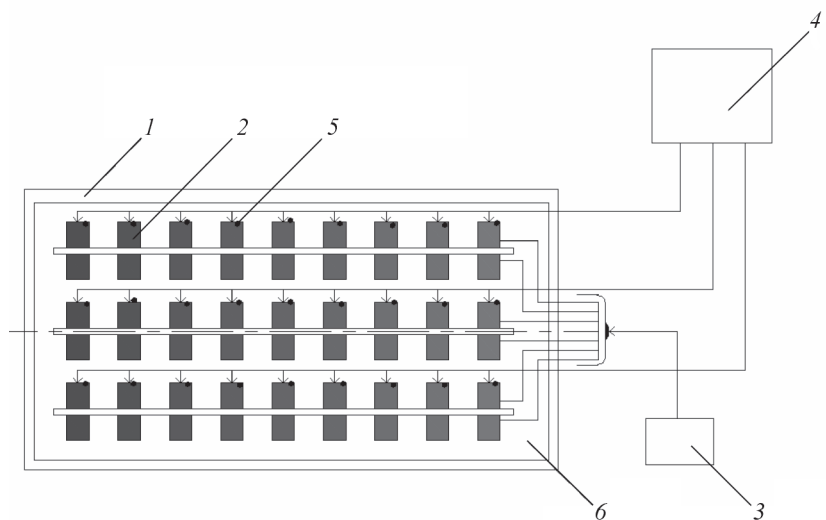
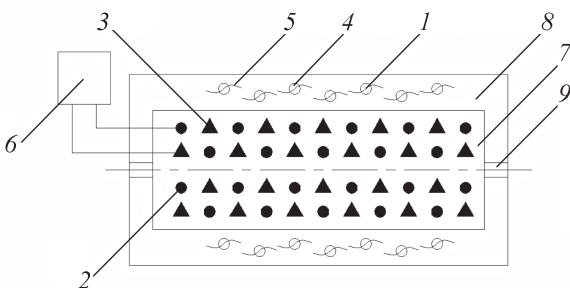


Рис. 1. Устройство флэш-памяти на квантовых точках в диэлектрической среде:

1 – корпус; 2 – нанообъекты долговременной памяти; 3 – тактовый генератор; 4 – источник и приёмник излучения; 5 – квантовые точки; 6 – диэлектрическая среда (масло)



**Рис. 2. Устройство долговременной памяти:**

1 – элементы памяти; 2 – записывающие головки; 3 – считывающие головки; 4 – наночастицы железа; 5 – жидкий галлий; 6 – тактовый генератор; 7 – барабан; 8 – суспензия Ga–Fe

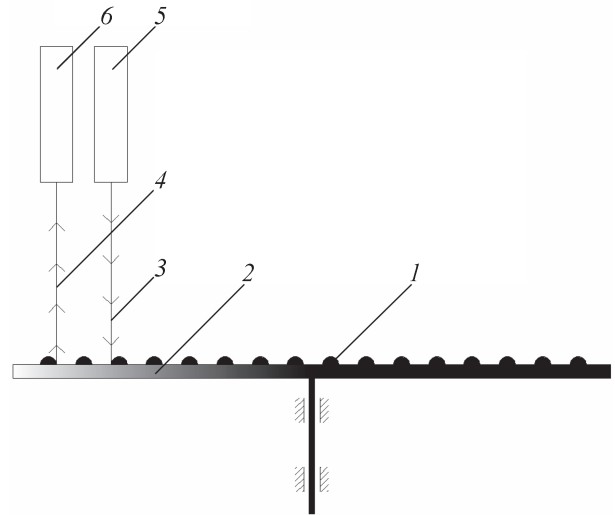
писывающие и считывающие головки установлены на наружной поверхности барабана, расположенного в суспензии Ga–Fe, с возможностью вращения вокруг своей оси и электрически связанные с тактовым генератором.

Устройство долговременной памяти работает следующим образом. Запись информации осуществляется посредством записывающих головок, сигнал от которых поступает на элементы памяти. При этом элементы памяти переходят в возбуждённое состояние. Так как элементы памяти представляют собой квантовые точки на изомерных ядрах, являющихся дважды магическими, то их возбуждённое состояние, а следовательно, и информация в них, может сохраняться несколько тыс. лет.

Считывание информации происходит следующим образом. От считывающих головок подаётся квант гамма-излучения, необходимый для "раскачки" квантовой точки, в результате чего квантовая точка излучает полученный ранее квант гамма-излучения, который регистрируется считывающими головками.

Таким образом, одна квантовая точка может нести один бит информации. Считывающие и записывающие головки во время своей работы реализуют алгоритм работы КМК, т. е. алгоритм параллельного считывания и записи информации [4].

**Устройство энергонезависимой памяти** (рис. 3) содержит элементы памяти, расположенные на носителе информации, например диске, записывающие и считывающие головки, выполненные с возможностью электромагнитного взаимодействия с элементами памяти. Элементы памяти выполнены в виде атомов с изомерными ядрами, например, атомов железа, а записывающие и считывающие головки соответственно в виде источника и приемника гамма-излучения.



**Рис. 3. Устройство энергонезависимой памяти:**

1 – элементы памяти; 2 – носитель информации; 3 – записывающие головки; 4 – считывающие головки; 5 – источник гамма-излучения; 6 – приёмник гамма-излучения

Устройство энергонезависимой памяти работает следующим образом. При получении сигнала от записывающей головки квантовые точки и изомерные ядра переходят в возбуждённое состояние под действием гамма-излучения. Каждое изомерное ядро соответствует элементарной ячейке памяти в 1 бит, а 8 бит соответствуют ячейке памяти в 1 байт. Запись информации осуществляется по всем квантовым точкам, расположенным на носителе информации, например на диске при его вращении.

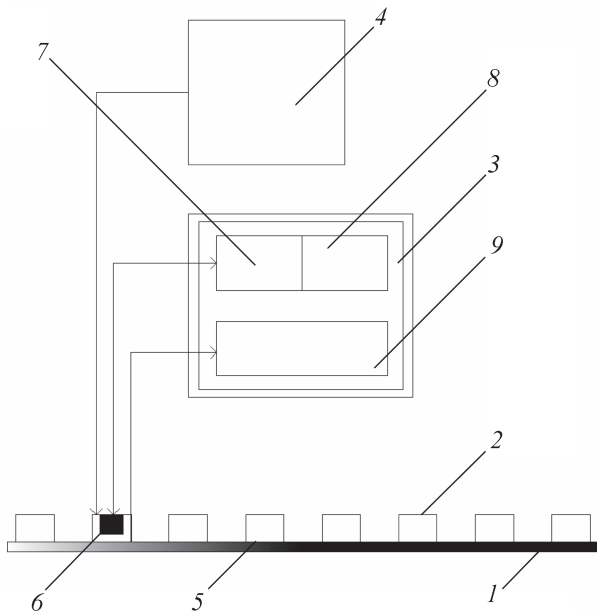
Считывание информации с носителя информации, в частности с диска, осуществляется в обратном порядке. От источника гамма-излучения подаётся квант гамма-излучения, необходимый для "раскачки" квантовой точки, в результате чего квантовая точка излучает соответствующий гамма-квант, который и регистрируется приёмником гамма-излучения. Таким образом, считывание информации осуществляется на всех участках диска.

Квантовая точка – это фрагмент проводника или полупроводника, ограниченный по всем трём пространственным измерениям и содержащий электроны проводимости. Точка должна быть достаточно маленькой настолько, чтобы существенны были квантовые эффекты. Это достигается, если кинетическая энергия электрона, обусловленная неопределённостью его импульса, будет заметно больше всех других энергетических характеристик, в первую очередь, больше температуры, выраженной в энергетических единицах [5].



**Устройство флэш-памяти с преобразователем магнитных сигналов** (рис. 4) содержит матрицу с закреплённым на ней элементами логической памяти типа "0–1", преобразователь магнитных сигналов, тактовый генератор, связанный с элементами логической памяти и преобразователем электромагнитных сигналов, а также элементы логической памяти, выполненные в виде квантовых точек с изомерными ядрами, и преобразователь магнитных сигналов в виде передатчика – приёмника, гамма-квантов и приёмника Оже-электронов.

Квантовые точки (их иногда ещё называют искусственными атомами) представляют собой специальным образом полученные (выращенные) наноразмерные объекты (наночастицы), созданные на основе обычных неорганических полупроводниковых материалов (Si, InP, CdSe и др.), ведущие себя как отдельные атомы. Это наноразмерные островки-включения одного полупроводникового материала (с меньшей шириной запрещённой зоны) в матрицу другого (с большей шириной запрещённой зоны). Они могут поглощать световые волны, перемещая электроны на более высокий энергетический уровень, и выделять свет при переходе электронов на низкоэнергетический уровень.



**Рис. 4. Устройство флэш-памяти с преобразователем магнитных сигналов:**

1 – матрица; 2 – элементы логической памяти типа "0–1"; 3 – преобразователь магнитных сигналов; 4 – тактовый генератор; 5 – квантовые точки; 6 – изомерные ядра; 7 – передатчик–приемник; 8 – гамма-кванты; 9 – Оже-электроны

Рентгеновское излучение, которое образуется при взаимодействии электронов с атомом, может частично рассеиваться внутри самого атома, в результате чего из этого атома могут эмитироваться наружу электроны (Оже-электроны). Такой атом становится дважды ионизированным. Эмиссия Оже-электронов особенно характерна для атомов с малыми атомными номерами. Оже-электроны могут эмитироваться лишь с очень незначительной глубины (около 1 нм).

Устройство флэш-памяти с преобразователем магнитных сигналов работает следующим образом. Элементы логической памяти "1–0", выполненные в виде квантовых точек, с помощью воздействия на них тактового генератора вводятся в возбуждённое состояние, которое соответствует "1" или "0", и фиксируются преобразователем электромагнитного сигнала. За счёт возбуждения гамма-квантами, пересылаемого на матрицу передатчиком гамма-квантов, изомерные ядра переходят в возбуждённое состояние, в котором могут находиться неограниченный период времени, далее приёмник гамма-квантов фиксирует состояние квантовых ячеек памяти по энергии, выпущенной электронами с помощью приемника Оже-электронов, и после преобразования электромагнитных сигналов (ПЭС), считываются в цифровом виде матрицы логических ячеек "1–0". Процесс нанесения информации на матрицу памяти происходит в результате преобразования цифровых импульсов в энергию гамма-квантов, за счёт которой возбуждаются квантовые ячейки и переходят в состояние, отвечающее состоянию логической памяти ячеек "1–0" [6].

**Заключение.** В предложенных устройствах долговременной памяти на квантовых точках с изомерными ядрами реализуется алгоритм как последовательных, так и параллельных вычислений. Рассмотренные технические решения послужат основой для создания современных устройств записи и считывания информации.

Применение устройства флэш-памяти на квантовых точках в диэлектрической среде позволяет увеличить объём памяти при уменьшении реальных размеров устройства.

Применение устройства долговременной памяти позволяет увеличить ёмкость материального носителя информации при уменьшении его объёма.

Применение устройства энергонезависимой памяти также позволяет увеличить ёмкость материального носителя информации при уменьшении его объёма.

Применение устройства флэш-памяти с преобразователем магнитных сигналов позволяет снизить габаритные размеры и увеличить размер памяти при реализации матрицы с элементами логической памяти на наноразмерном уровне.

#### *Библиографические ссылки*

1. Горбунова Е.О. Алгоритмическая универсальность кинетической машины Кирдина. Методы нейроинформатики: сб. науч. трудов / под ред. А.Н. Горбаня. Красноярск: КГТУ, 1998. С. 41–47.
2. Горбунова Е.О. Фinitность и детерминированность простых программ для кинетической машины Кирдина.

Методы нейроинформатики: сб. науч. трудов / под ред. А.Н. Горбаня. Красноярск: КГТУ, 1998. С. 23–40.

3. Пат. № 62731 РФ. Устройство флэш-памяти / Е.Н. Ивашов, С.М. Пак. 2007. Бюл. № 9.
4. Пат. № 66609 РФ. Устройство долговременной памяти / Е.Н. Ивашов, Т.Т. Козанов, Н.В. Мазур, С.М. Пак. 2007. Бюл. № 25.
5. Пат. № 66862 РФ. Устройство энергонезависимой памяти / Е.Н. Ивашов, Т.Т. Козанов, Н.В. Мазур, С.М. Пак. 2007. Бюл. № 27.
6. Пат. № 66863 РФ. Устройство флэш-памяти / Е.Н. Ивашов, Т.Т. Козанов, Н.В. Мазур, С.М. Пак. 2007. Бюл. № 27.

УДК 519.246.8

**В.Н. Клячкин**, д-р техн. наук, проф., **Ю.Е. Кувайскова**, канд. техн. наук, доц., **А.А. Алёшина**  
(Ульяновский государственный технический университет)

E-mail: v\_kl@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ ГИДРОАГРЕГАТА НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕГРЕССИЙ

*Для моделирования вибраций гидроагрегата предложен подход адаптивного регрессионного моделирования, предусматривающий при построении математических моделей временных рядов последовательную адаптацию к нарушениям основных предположений регрессионного анализа. Построенная модель вибраций адекватна реальной ситуации и позволяет прогнозировать состояние гидроагрегата, что предупреждает об аварийной ситуации.*

**Ключевые слова:** гидроагрегат, вибрации, временной ряд, адаптивные динамические регрессии.

*The adaptive regression modelling method for the hydraulic unit vibration modelling providing consecutive adaptation to infringements of the regression analysis basic assumptions at construction of the temporal rows mathematical models is proposed. Constructed vibration model is adequate to a real situation and allows predicting a hydraulic unit state that warns about an emergency.*

**Key words:** hydraulic unit, vibrations, temporal row, adaptive dynamic regressions.

Одно из направлений повышения эффективности управления гидроагрегатом связано с возможностью раннего предупреждения об аварийной ситуации с помощью прогнозирования состояния агрегата по множеству его характеристик, в частности по вибрациям.

Система вибромониторинга гидроагрегата включает контролируемые характеристики (показания распределённой сети датчиков относительной и абсолютной вибрации, а также датчиков измерения скорости вращения вала), которые образуют систему временных рядов (ВР). Для данной системы можно построить соответствующие математические модели как в режиме запуска агрегата, так и в режиме работы в сети. На базе этой модели возможно прогнозирование изменения характеристик аг-

регата и обнаружение нарушений процесса до того, как контролируемые параметры превысили предельные значения [1].

Для анализа вибраций гидроагрегата в режиме запуска предлагается использовать подход адаптивного регрессионного моделирования, предусматривающего при построении математических моделей ВР последовательную адаптацию модели к возможным нарушениям основных предположений регрессионного анализа [2]. При этом построенная модель вибраций адекватна реальной ситуации и позволяет прогнозировать состояние гидроагрегата, что предупреждает об аварийной ситуации.

В режиме работы в сети, при условии стационарной работы агрегата, для оценки стабильности процесса могут быть использованы многомерные