



Пузанков Д. В. (председатель)  
Кутузов В. М. (заместитель  
председателя)

Мейев В. А. (ответственный  
секретарь)

Малышев В. Н. («Радиоэлек-  
троника  
и телекоммуникации»)

Соломонов А. В.  
(«Физика твердого тела  
и электроника»)

Герасимов И. В. («Информа-  
тика, управление и компью-  
терные технологии»)

Путов В. В.  
(«Автоматизация  
и управление»)

Прокофьев Г. И. («Электро-  
техника»)

Филатов Ю. В. («Приборо-  
строение и инфор-мационно-  
измерительные технологии»)

Попечителей Е. П. («Биотех-  
нические системы в медицине и  
экологии»)

Степанов С. А.  
(«Управление качеством, инно-  
вационный и антикризисный  
менеджмент»)

Маркова О. Ю. («Гуманитар-  
ные науки»)

Вендик О. Г.  
(«История науки, образования  
и техники»)

Лысенко Н. В..  
(«Современные технологии  
в образовании»)

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Попов А. Л., Вендик О. Г. Модель рамочной антенны  
для систем радиочастотной идентификации ..... 3

Малахов К. А. Улучшение визуального качества изображения  
путем регулирования параметра квантования  
для стандартных кодеров сжатия..... 8

### ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Комлев А. Е., Пастушенко Ю. И., Шаповалов В. И. Диагностика плазмы  
при распылении танталовой мишени..... 14

Шейнман И. Л., Канарейкин А. Д., Лебедева М. С., Журавлева Е. А.,  
Ефимова М. А. Двумерная динамика профилированной  
по заряду цепочки электронных сгустков в кильватерном ускорителе..... 21

### ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Выговский Л. С. Модель и метод оценки интегрированных  
объектов информатизации в условиях воздействия  
преднамеренных и непреднамеренных помех..... 26

Кухарев Г. А., Ву Зуи Линь. Экспресс-методы определения  
линии симметрии лиц ..... 30

Малов А. В. Методика построения отказоустойчивых  
контакт-центров на базе IP-телефонии с использованием  
общего резерва компонентов..... 34

Хомяков М. Ю., Кухарев Г. А. Принципы построения пакета программ  
для моделирования систем распознавания изображений лиц ..... 41

Сергеев Д. А. Формальные методы и алгоритмы согласования онтологий..... 47

Романов А. Е. Вопросы алгоритмизации процесса испытаний..... 52

Лисс А. Р., Андрианов И. А. Анализ и разработка методов  
поиска дубликатов в программном коде ..... 55

Нисковский А. В., Филатов А. Ю. Вопросы интеграции в корпоративной ин-  
формационно-вычислительной сети СПбГЭТУ «ЛЭТИ» ..... 61

### АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Шевцов И. В. Разработка тепловой модели рабочего пространства  
разложителя карбонила никеля как объекта управления ..... 66

### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Козлова О. А. Нечеткая кластеризация в задаче технического зрения  
у роботов..... 71

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Волкова А. А., Островский Д. Б. Критерий точности оценки классификацион-  
ного параметра «шумность цели» гидроакустической шумопеленгаторной  
станцией..... 78

197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»  
тел.: 234-02-23

**Учредитель:**

Государственное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический  
университет "ЛЭТИ"  
им. В. И. Ульянова (Ленина)»  
197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
Тел.: (812) 346-44-87  
Факс: (812) 346-27-58

**Свидетельство о регистрации**

ПИ № ФС2 – 8390 от 04 декабря 2006 г.  
выдано Управлением Федеральной  
службы по надзору за соблюдением за-  
конодательства в сфере массовых ком-  
муникаций и охране культурного насле-  
дия по Северо-Западному федеральному  
округу

\*\*\*

Редакторы  
Э. К. Долгатов, Н. В. Лукина,  
И. Г. Скачек  
Комп. верстка:  
Е. Н. Паздниковой,  
М. В. Егоровой, А. А. Веселова

Подписано в печать 29.09.10 г.  
Формат 6084 1/8.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Гарнитура "Times New Roman".  
Печ. л. 16,75  
Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)  
Заказ 51.

**Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"**

197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
Тел.: (812) 346-45-23  
Факс: (812) 346-28-56

*Ахметьянов В. Р., Мишина О. А.* Метод оценивания положения максима колоколообразной функции с использованием порядковых статистик..... 83

*Боронахин А. М., Ткаченко А. Н.* Результаты калибровочных испытаний триады волоконно-оптических гироскопов..... 87

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ  
В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ**

*Ковалевская А. С., Смолова О. В., Величко А. Н.*  
Биотехническая система для исследования параметров движения инфузорий..... 97

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ**

*Мамыкин А. И., Шишкина М. Н.* Методологическая концепция организации самостоятельной работы в курсе общей физики технического университета ..... 102

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ  
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

*Сулейманкадиева А. Э.* Непрерывное обучение организации в условиях экономики знаний ..... 109

**ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

*Яльшиев Р. А.* Осень 1991 года: судьба нового Союзного договора после ГКЧП..... 119

*Сведения об авторах* ..... 129

*Правила представления рукописей авторами* ..... 132

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 45821 ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ  
КАТАЛОГУ "ПРЕССА РОССИИ", ТОМ 1  
"ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ"**

**Подписка производится в любом почтовом отделении России**

*Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6)*



УДК 621.396.6

*А. Л. Попов, О. Г. Вендик*

## МОДЕЛЬ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

*Предложена аналитическая модель для расчета входного сопротивления рамочной антенны электрически большого диаметра с разбиением периметра рамки конденсаторами, выполненными в виде двухпроводных планарных линий.*

### **Радиочастотная идентификация, рамочная антенна**

Технология радиочастотной идентификации (более популярное название: RFID – Radio Frequency Identification) на текущий момент находится в активной стадии освоения новых областей применения в повседневной жизни, на производстве, в сфере управления цепями поставок и хранением товаров, розничной торговле [1], [2]. Одним из ключевых факторов столь стремительного развития RFID-систем является возможность бесконтактного обмена данными между радиочастотной меткой (транспондером, тэгом), которой маркируется объект, и считывателем (ридером) – устройством, считывающим информацию об объекте из памяти радиочастотной метки [3].

В настоящее время в RFID-системах УВЧ-диапазона (860...960 МГц) особую популярность начали приобретать рамочные конструкции антенн, позволяющие наиболее эффективно осуществлять индуктивную связь между считывателем и меткой, на стабильность которой мало влияет такой параметр маркируемых объектов, как диэлектрическая проницаемость. Подобный подход позволяет маркировать объекты, содержащие материалы с высокой диэлектрической проницаемостью и жидкости, что существенно расширяет сферу потенциальных областей применения RFID-систем.

Ключевой характеристикой антенны считывателя при индуктивном взаимодействии является напряженность магнитного поля в ближней зоне, зависящая, в том числе, и от размеров рамки. В большинстве случаев для обеспечения требуемой дистанции регистрации метки размеры рамочной антенны считывателя приходится выбирать такими, что периметр рамки становится сопоставимым с длиной волны. При этом суммарное магнитное поле может существенно уменьшаться как результат сложения полей, источником которых являются противofазные токи, протекающие по проводнику рамки. С целью исключения данного эф-

факта периметр рамки разбивается на электрически малые отрезки с использованием конденсаторов [4]. Подобный подход позволяет сохранить квазистационарное распределение тока по периметру рамки и компенсировать индуктивность полученных отрезков на заданной частоте. При этом разделительные конденсаторы могут быть выполнены в виде планарных двухпроводных линий (рис. 1).

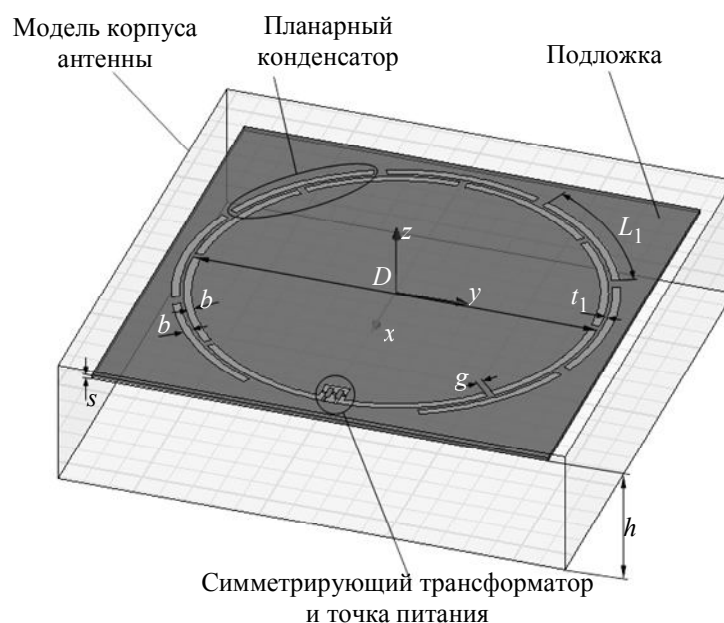


Рис. 1

Приведенная на рисунке модель антенны была рассчитана с использованием метода конечных элементов. Антенна была выполнена в виде структуры печатных проводников шириной  $b = 3$  мм на подложке из стеклотекстолита ( $\epsilon_r = 4,7$ ;  $\text{tg} \delta = 0,025$ ) толщиной  $s = 1,5$  мм. Расстояние между подложкой и экраном  $h = 40$  мм (воздушная прослойка), размеры экрана  $200 \times 200$  мм. В проводнике антенны было сделано 7 вырезов длиной  $g = 3$  мм. Реактивная часть входного сопротивления антенны подстраивалась в процессе моделирования варьированием диаметра антенны ( $D = 159$  мм), длины дополнительных линий, образующих конденсатор ( $L_1 = 61$  мм), и расстояния между дополнительными линиями и основным контуром антенны ( $t_1 = 1,5$  мм). Для согласования симметричного входа антенны (входное сопротивление  $Z_0 = 220$  Ом) с 50 Ом-коаксиальным кабелем использовался LC-симметрирующий трансформатор [5].

Показанную на рис. 1 конструкцию можно представить в виде четырехполюсника (рис. 2).

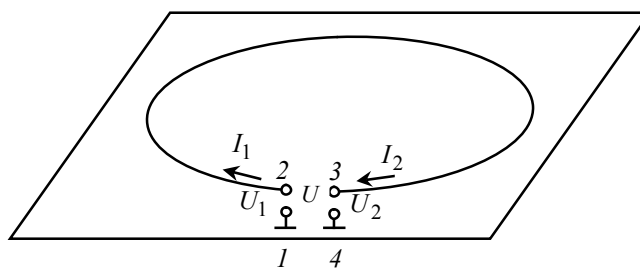


Рис. 2

Рассматриваемый четырехполюсник имеет 2 порта, образованных точками подключения 1, 2 и 3, 4. Порт 1, 2 характеризуется током  $I_1$  и разностью потенциалов  $U_1$ . Порт 3, 4 характеризуется током  $I_2$  и разностью потенциалов  $U_2$ . Между точками подключения 2 и 3 действует разность потенциалов  $U$ . При этом:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 = I; \\ U_1 &= -U_2 = \frac{1}{2}U. \end{aligned}$$

Введенные здесь ток  $I$  и разность потенциалов  $U$  приложены к точкам подключения 2, 3. Эти точки образуют двухполюсник, который представляет собой нагрузку для внешнего источника возбуждения рамочной антенны.

Используем описание напряжений и токов с помощью  $\mathbf{A}$ -матрицы:

$$\begin{cases} U_1 = AU_2 + BI_2, \\ I_1 = CU_2 + DI_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{A+1}{2}U - BI = 0, \\ \frac{C}{2}U + (1-D)I = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Элементы  $ABCD$  образуют  $\mathbf{A}$ -матрицу, которая для линии передачи записывается следующим образом [6]:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \cos kl & iZ_1 \sin kl \\ i\frac{1}{Z_1} \sin kl & \cos kl \end{bmatrix},$$

где  $Z_1$  – волновое сопротивление линии передачи, образующей рамку;  $k$  – волновое число линии передачи;  $l$  – ее длина.

Подставив в выраженную через  $U$  и  $I$  систему уравнений (1) элементы  $\mathbf{A}$ -матрицы и вычислив определитель системы получим, что последний равен нулю, следовательно, решение такой системы может быть ненулевым.

Найдем входной импеданс рамки как двухполюсника, воспользовавшись верхней строчкой системы уравнений (1) и подставив в нее элементы  $\mathbf{A}$ -матрицы:

$$Z_{\text{вх}} = \frac{U}{I} = \frac{2B}{A+1} = i2Z_1 \operatorname{tg}\left(\frac{kl}{2}\right). \quad (2)$$

В качестве параметров традиционной линии передачи принято рассматривать ее погонные параметры: погонную индуктивность  $L_1$ , погонное сопротивление  $R_1$  и погонную емкость  $C_1$ . Эти параметры используются для формирования волнового сопротивления линии передачи  $Z_1$  и ее волнового числа  $k$ :

$$Z_1 = \sqrt{\frac{\omega L_1 - iR_1}{\omega C_1}}; \quad k = \sqrt{(\omega L_1 - iR_1)\omega C_1}. \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда электрическая длина линии мала:  $kl \ll 1$ . Тогда тангенс в соотношении (2) можно заменить аргументом и, воспользовавшись соотношениями (3), преобразовать формулу для расчета входного импеданса рамки к следующему виду:

$$Z_{\text{вх}} = (i\omega L_1 + R_1)l.$$

Данное соотношение справедливо для рамки без дополнительных конденсаторов. Для описываемой модели необходимо учесть также реактивное сопротивление семи последовательно включенных конденсаторов. Тогда

$$Z_{\text{вх}} = i \left( \omega L_1 \cdot l - \frac{n}{\omega C_{\text{п.к}}} \right) + R_1 l,$$

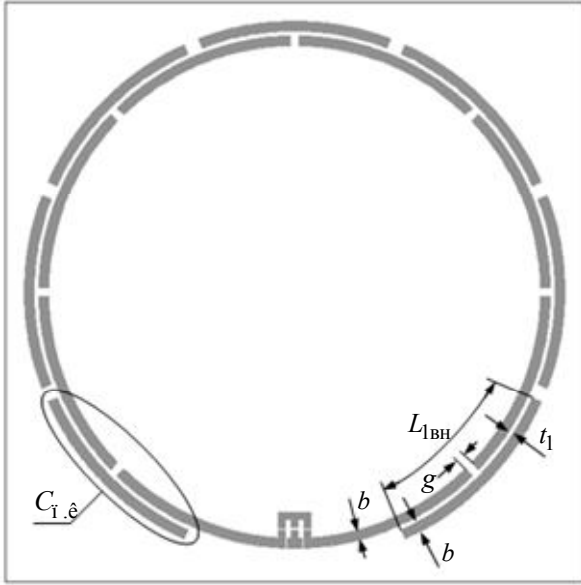


Рис. 3

где  $C_{\text{п.к}}$  – емкость планарного конденсатора (рис. 3);  $n$  – число планарных конденсаторов ( $n = 7$  в рассматриваемом случае).

Для вычисления индуктивности рамки воспользуемся следующим соотношением [7]:

$$L = L_1 l = \mu_0 R \left[ \ln \left( \frac{8R}{b_1} \right) - 2 \right],$$

где  $R$  – радиус рамки;  $b_1$  – эквивалентный радиус печатного проводника.

Рассчитать емкость планарного конденсатора можно с помощью немного модифицированного варианта уравнения для расчета емкости планарного конденсатора, взятого из [8] (рис. 1, 3):

$$C_{\text{п.к}} = \frac{1}{2} \left( \frac{L_{1\text{вн}} - g}{2} \varepsilon_0 \frac{2}{\pi} \ln \left( 4 \frac{2b + t_1}{t_1} \right) + \frac{L_{1\text{вн}} - g}{2} \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) \frac{1}{\pi} \ln \left( 16 \frac{s}{\pi t_1} \right) \right),$$

где  $L_{1\text{вн}} = 59$  мм.

Сопротивление излучения рамки ( $R_1 l$ ) можно вычислить, используя соотношение для мощности излучения рамки, приведенное в [7]. Влияние экрана на сопротивление излучения рамки учтем, разделив полученный результат пополам:

$$R_{\text{изл}} = R_1 l = \frac{1}{2} \left( \frac{2P_{\text{изл}}}{I_0^2} \right) = \frac{\pi (R \omega_0 \mu_0)^2}{4 \eta k} \frac{1}{kR} \int_0^{2kR} J_2(x) dx,$$

где  $\omega_0 = \left( L_1 l \frac{C_{\text{п.к}}}{7} \right)^{-\frac{1}{2}}$  – резонансная частота;  $\eta = 120\pi$  Ом;  $J_2(x)$  – функция Бесселя первого рода второго порядка.

Найдем коэффициент отражения:

$$S_{11} = 20 \lg \left( \left| \frac{Z_{\text{вх}} - Z_0}{Z_{\text{вх}} + Z_0} \right| \right),$$

где  $Z_0 = 220$  Ом.

Результаты расчета коэффициента отражения на входе антенны с использованием последнего соотношения сравниваются с данными электродинамического моделирования (методом конечных элементов, МКЭ) и экспериментальными результатами на рис. 4. Стоит отметить близкое сходство полученных характеристик с точки зрения резонансной частоты. Наблюдаемое же различие в уровне коэффициента отражения и ширине полосы пропускания может объясняться тем, что в аналитической модели не учитывалась частотная зависимость сопротивления элементов, образующих симметрирующий трансформатор, и использовалась достаточно приближительная оценка влияния экрана на характеристики антенны.

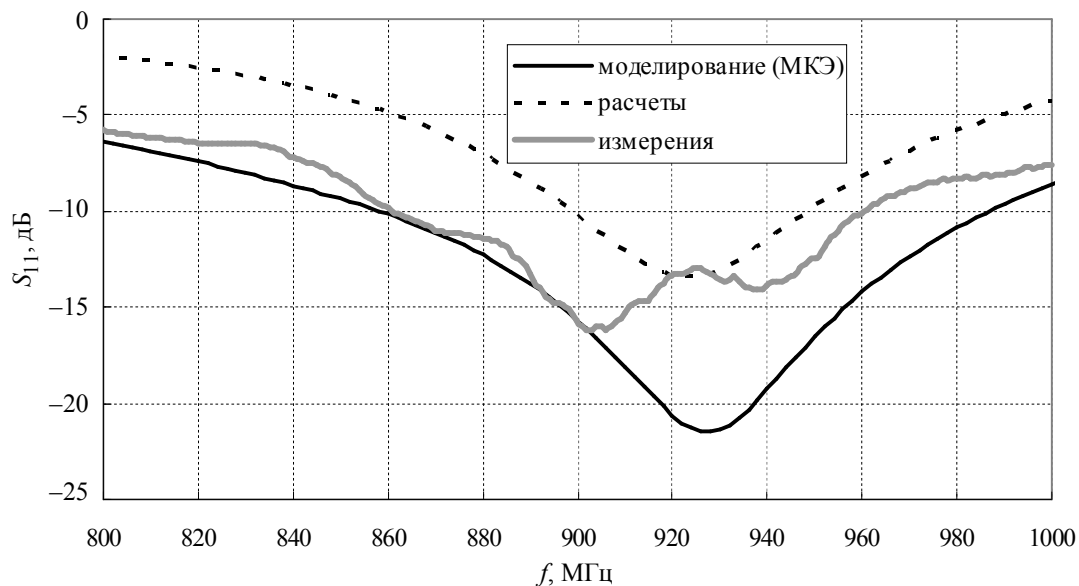


Рис. 4

В целом, представленная аналитическая модель может быть использована для предварительного расчета входного сопротивления рассматриваемой конструкции и оценки влияния на характеристики антенны физических размеров элементов рамки. Подобный подход может существенно сократить временные затраты на расчеты аналогичных структур методом электродинамического моделирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lahiri S. RFID Sourcebook. IBM Press, 2005. P. 63–100.
2. Vipul Chawla and Dong Sam Ha. An Overview of Passive RFID // IEEE Application & Practice Magazine. Sept. 2007. P. 11–17.
3. Фринкенцеллер К. Справочник по RFID. Теоретические основы и практическое применение индуктивных радиоустройств, транспондеров и бесконтактных чип-карт. М.: Додэка-XXI, 2008.
4. Dobkin D. M., Weigand S. M., Iye N. Segmented magnetic antennas for near field UHF RFID // Microwave Journal. 2007. Vol. 50, No 6. P. 96–103.
5. AVR2004: LC-Balun for AT86RF230 // Atmel Application Note. 2004. July.
6. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ устройств. М.: Радио и связь, 1987. С. 23.
7. Balanis C. A. Antenna theory: analysis and design. 2nd ed. Wiley & Sons, Inc., 1997. P. 216.
8. Вендик О. Г., Зубко С. П., Никольский М. А. Моделирование и расчет емкости планарного конденсатора, содержащего тонкий слой сегнетоэлектрика // Журнал технической физики. 1999. Т. 69. Вып. 4. С. 1–7.

A. L. Popov, O. G. Vendik

#### MODEL OF LOOP ANTENNA FOR RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION SYSTEMS

*An analytical model for calculation of input impedance of an electrically large size loop antenna with partitioning of the loop perimeter by two-wire planar capacitors is proposed.*

**Radio frequency identification, loop antenna**

## УЛУЧШЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРА КВАНТОВАНИЯ ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ КОДЕРОВ СЖАТИЯ

*Описан метод улучшения визуального качества изображения для стандартных кодеков сжатия с потерями видеоданных путем регулирования параметра квантования. Также приведено описание классификации текстур исходного изображения по признаку заметности вносимых при кодировании искажений на их фоне. Представлены результаты работы стандартного кодера с применением предложенного метода улучшения визуального качества.*

### **Сжатие с потерями, улучшение визуального качества, модуляция параметра квантования**

Современные стандартные алгоритмы сжатия видеоданных с потерями, такие, например, как MPEG-2 и H.264, позволяют регулировать выходную скорость кодера в достаточно широком диапазоне. В большинстве случаев требуемая степень сжатия достигается квантованием коэффициентов трансформирующего преобразования (дискретным косинусным преобразованием, вейвлет-преобразованием) с дальнейшим сжатием при помощи энтропийного кодирования – методом Хаффмана или арифметического кодирования. В качестве параметра, который позволяет изменять выходную скорость кодера, используют значение порога квантования. Более грубое квантование, т. е. квантование с более высоким порогом, позволяет, с одной стороны, повысить степень сжатия, а с другой – увеличивает уровень искажений, вносимых в процессе сжатия видеоданных.

Поскольку в вещательном телевидении конечным потребителем передаваемой информации является зритель, с точки зрения построения работы кодера сжатия чрезвычайно важной является задача минимизации искажений, воспринимаемых человеческим глазом. Заметность искажений для глаза зависит не только от их уровня, который может быть измерен как среднеквадратичное отклонение (СКО) значений отсчетов декодированного изображения относительно исходного, но и от текстуры исходного изображения, т. е. того фона, на который эти искажения накладываются.

Использование информации о текстурном составе изображения в сжимаемом видеоряде позволяет распределять вносимые кодером искажения в зависимости от их заметности на фоне. Распределять вносимые искажения можно регулированием параметра квантования внутри одного кадра. Использование данного метода позволяет улучшить визуальное качество декодированных видеоданных при заданной выходной битовой скорости кодера, по сравнению со случаем, когда значение параметра квантования остается фиксированным на протяжении одного кадра или поля.

**Методы улучшения визуального качества изображения с помощью параметра квантования.** Как уже отмечалось, параметр квантования определяет как степень сжатия исходного материала, так и уровень вносимых потерь. При построении алгоритмов сжатия видеоданных, адаптивных к пропускной способности каналов связи, используются алгоритмы управления выходной битовой скоростью (rate control algorithm). Алгоритм контроля битовой скорости решает задачу оптимизации качества декодированного видео при фиксированной выходной битовой скорости.



Поскольку методы улучшения визуального качества изображения, рассматриваемые в данной статье, оперируют параметром квантования, они либо являются частью алгоритма управления выходной скоростью кодера, либо результаты работы данных методов должны быть учтены при управлении выходной скоростью.

В большинстве работ, посвященных построению алгоритмов управления битовой скоростью [1], [2], главной целью является минимизация вносимых в процессе кодирования искажений, обычно выраженных в интегральных мерах оценки, например в виде СКО разности отсчетов исходного и декодированного изображений. С другой стороны, во многих работах (например, [3]–[5]), посвященных построению мер оценки качества декодированных видеоданных, отмечается, что такие интегральные меры оценки вносимых искажений, как СКО, пиковое отношение сигнал/шум (ПОСШ), не учитывают заметность их для глаза.

Существует множество работ, в которых авторы предлагают меры количественного описания уровня вносимых искажений с учетом их видимости для зрительной системы человека [3], [5]. Построение данных мер сталкивается со сложностью количественного описания зрительных ощущений. Еще более трудной задачей является создание алгоритмов управления выходной скоростью, которые производят математическую оптимизацию мер вносимых искажений с учетом их заметности.

С другой стороны, существуют как эмпирические, так и основанные на физиологии зрения методы классификации текстур исходного изображения по заметности на их фоне вносимых искажений. Использование этих методов позволяет вводить механизм, который будет увеличивать порог квантования на тех участках изображения, где вносимые искажения менее заметны, и уменьшать порог там, где искажения будут наиболее заметны. Подобные механизмы называются механизмами модуляции параметра квантования (*qp-modulation*). Функциональная схема кодера с модуляцией параметра квантования представлена на рис. 1. Результатом работы механизма является маска значений  $\Delta qp$  до добавляемых к параметру квантования одного кадра. Величина  $\Delta qp$  может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Поскольку изменение параметра квантования ведет к изменению выходной скорости кодера, значения  $\Delta qp$  должны учитываться при управлении битовой скоростью.

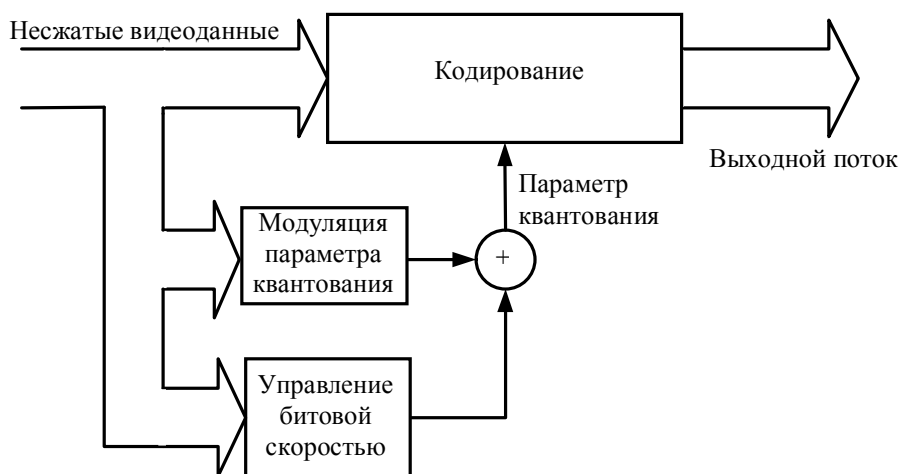


Рис. 1

**Методы классификации текстур исходного изображения по заметности на их фоне вносимых искажений.** Заметность искажений на фоне исходного изображения может быть описана эффектом маскирования.

В работе [3] при помощи эффекта маскирования вычисляется порог обнаружения объекта  $C_T$  (тот контраст объекта, при котором он становится заметным) в зависимости от контраста фона  $C_M$ :

$$C_T = \begin{cases} C_{T0} \text{ при } C_M < C_{T0}, \\ C_{T0} \left( \frac{C_M}{C_{T0}} \right)^\varepsilon - \text{ в остальных случаях,} \end{cases} \quad (1)$$

где  $C_{T0}$  – порог обнаружения в отсутствие маскирующего воздействия – фона.

В данном случае объектом являются артефакты кодирования, а фоном – исходное изображение. Из выражения (1) следует, что увеличение контраста фона приводит к росту порога обнаружения объекта, т. е. к меньшей заметности. Эффект маскирования проявляется в случае, когда и объект и фон близки по ориентации в пространстве и в частотной области [3]. Если объект и фон имеют различную ориентацию в пространстве, например горизонтальные полосы на фоне вертикальных полос, и далеки друг от друга в частотной области (имеются в виду как пространственные, так и временные частоты), эффект маскирования не проявляется и значение параметра  $\varepsilon$  в формуле (1) падает до нуля.

В случае работы кодера сжатия, различные пространственные частоты выражается в коэффициентах косинусного преобразования. При высоких значениях амплитуд коэффициентов ДКП для всех отсчетов можно считать, что вносимые искажения будут мало заметны на подобной текстуре и ее можно квантовать с использованием более грубой шкалы.

Для классификации текстур предлагается использовать меру, суть которой иллюстрируется функциональной схемой на рис. 2.



Рис. 2

Данная мера классифицирует текстуры на уровне макроблоков (блоки изображения размером  $16 \times 16$ ). Над исходными точками производится ДКП, далее результаты поступают на пороговое устройство. На выходе счетчика будет число коэффициентов ДКП, амплитуда которых превышает пороговое значение. Чем выше данная мера, тем в большей степени будет проявляться эффект маскирования и тем менее заметны будут для глаза вносимые в процессе сжатия искажения.

**Улучшение механизма путем сегментации изображения.** Предложенная мера классификации текстур позволяет оценить заметность для глаза вносимых искажений на конкретном участке изображения – макроблоке. Соответственно, для вычисления значений маски  $\Delta qp$  может быть использована следующая формула:

$$\Delta qp = F(n),$$

где  $n$  – результат меры классификации текстур, вычисленный по схеме, представленной на рис. 2;  $F$  – функция вычисления  $\Delta qp$  по результату меры  $n$  (должна быть монотонно возрастающей, в данном случае используется линейная функция).

В большинстве случаев естественное изображение может быть разбито на ряд областей, внутри которых текстура меняется незначительно. Вполне логичным является решение об установлении одинаковых значений параметра квантования для всех макроблоков одной области со схожей текстурой. Данный подход имеет 2 основных преимущества. Во-первых, вносимые при кодировании искажения будут равномерно распределены внутри конкретной области. Во-вторых, при таком принципе назначения параметра квантования образуются большие группы расположенных вместе макроблоков с одинаковым значением параметра квантования, что снижает количество бит, необходимых для передачи данного параметра.

Значение параметра квантования является суммой параметра квантования, выставляемого на кадр, и значения маски. Для того чтобы одна область с определенной текстурой была закодирована с постоянным параметром квантования, необходимо, чтобы значение  $\Delta qp$  для всей области было одинаковым.

Для равномерного квантования областей со сходной текстурой используется процедура разбиения исходного изображения на области со сходной текстурой. Для этой цели формируется карта мер классификации текстур, которую можно рассматривать как монохромное изображение, отсчетами которого являются значения  $n$  меры классификации текстур. Данные значения вычисляются по схеме, представленной на рис. 2. Далее полученное изображение подвергается процедуре сегментации.

В качестве алгоритма сегментации был выбран алгоритм разрастания регионов (region growing algorithm) [6], главным достоинством которого является то, что в процессе сегментации используется не только информация о значениях отсчетов изображения, но и учитывается их взаимное расположение.

**Результаты работы кодера с предложенным механизмом улучшения визуального качества.** Работа предложенного механизма рассматривается на двух исходных видеопоследовательностях – тестовых клипах различных разрешений. Первый тестовый клип имеет разрешение  $1920 \times 1080$  точек, второй –  $352 \times 288$ . Каждая из видеопоследовательностей представляет собой набор однотипных кадров без смен сцены.

Каждый из исходных клипов сжимается кодером стандарта h.264 с применением предложенного механизма улучшения визуального качества изображения. Поскольку рассматривается механизм, изменяющий параметр квантования внутри одного кадра, при сжатии использовались только кадры типа Intra.

Один из кадров первого клипа представлен на рис. 3 а. На нем присутствуют различные типы текстур, свойственных естественному изображению, а именно гладкая текстура неба и часть, насыщенная обилием мелких деталей. Из практики сжатия видеоданных с потерями средствами стандартных алгоритмов известно, что артефакты кодирования наиболее заметны именно на гладких текстурах, таких, как небо с облаками.

На рис. 3 б представлено распределение параметра квантования для кадра, изображенного в левой части рисунка. Более темные участки изображения соответствуют более грубому квантованию. Из данного распределения видно, что участки изображения с более гладкой текстурой (такой, как небо) квантуются менее грубо. Более высокий порог квантования используется для участков, где вносимые искажения будут менее заметны для глаза вследствие большего маскирования.

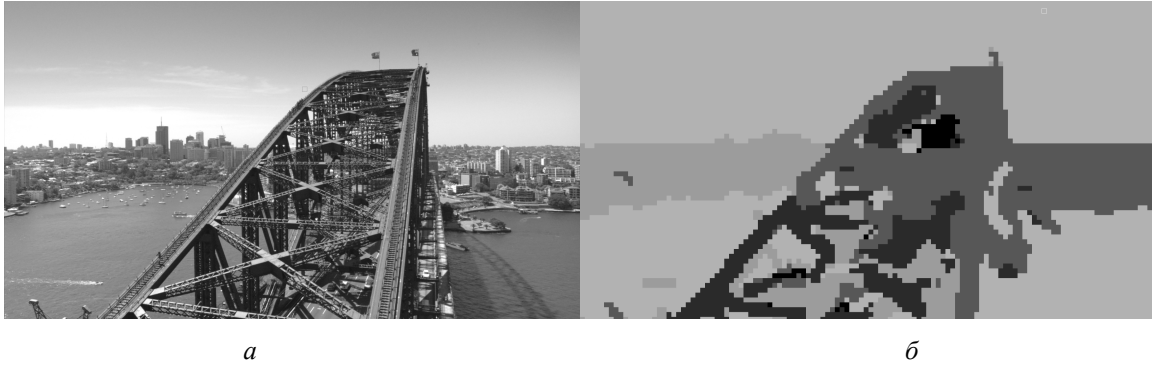


Рис. 3

Один из кадров второго клипа представлен на рис. 4, а. На рис. 4, б показано распределение параметра квантования для этого кадра, а на рис. 5, а – декодированное изображение.



Рис. 4

Тот же кадр был сжат с постоянным параметром квантования, но с той же выходной битовой скоростью, что и для случая с модуляцией параметра квантования. Декодированное изображение представлено на рис. 5, б. На рис. 6 показаны увеличенные фрагменты изображений, представленных на рис. 5.



Рис. 5



Рис. 6

Сравнивая изображения на рис. 5 и 6, можно сделать вывод о том, что, несмотря на одинаковую выходную битовую скорость кодера для обоих случаев, на закодированном с постоянным параметром квантования изображении, в отличие от изображения, закодированного с применением предложенного механизма, присутствуют хорошо различимые глазом артефакты кодирования. Данные артефакты наблюдаются на гладкой текстуре неба (рис. 5, а и 6, б).

Таким образом, при заданной выходной битовой скорости кодера с помощью параметра квантования происходит перераспределение битового бюджета внутри одного кадра таким образом, что уровень вносимых искажений минимален для участков, на которых эти искажения наиболее заметны.

Обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что применение предложенного механизма регулирования параметра квантования позволяет улучшить визуально воспринимаемое качество изображения при заданной выходной скорости кодера по сравнению со случаем равномерного квантования одного кадра или поля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

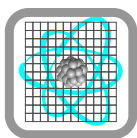
1. He Z., Mitra S. K.. Optimum Bit Allocation and Accurate Rate Control for Video Coding via p-domain Source Modeling // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 2002. Vol. 12, № 10.
2. Jiang M., Ling N. Bit allocation scheme for low-delay h.264/AVC rate control, ICIP 2006.
3. Van den Branden Lambrecht C. J., Verscheure O. Perceptual quality measure using spatio-temporal model of the human visual system // Proc. SPIE Digital Video Compression: Algorithm and Technologies, San Jose, January 28 – February 2, 1996. Vol. 2668. P. 450–461.
4. Wong Z., Bovik A.. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity // IEEE Transaction on image processing. 2004. Vol. 13, № 4.
5. Xiao F. DCT-based Video Quality Evaluation, 2000, student final project Digital Video Processing (EE392J).
6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006.

*K. A. Malakhov*

#### *VISUAL QUALITY IMPROVEMENT BY QUANTIZE PARAMETER CONTROL FOR STANDARD COMPRESSION ENCODER*

*New image visual quality improvement method for standard lossy compression coders is described. Also source image texture classification by perceptibility of insertion distortion is offered. The results of standard coder with offered method of visual quality improvement executing is presented.*

**Lossy compression, visual quality improvement, quantize parameter modulation**



УДК 621.3.049.772.1

*А. Е. Комлев, Ю. И. Пастушенко, В. И. Шаповалов*

## ДИАГНОСТИКА ПЛАЗМЫ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ ТАНТАЛОВОЙ МИШЕНИ

*Проведен анализ спектров испускания плазмы в магнетронной системе постоянного тока при распылении танталовой мишени в реактивной газовой среде, содержащей смесь аргона и кислорода. Анализ полученных спектров позволил определить критические точки перехода мишени из металлического режима в оксидный.*

**Оксид тантала, реактивное магнетронное распыление, оптическая эмиссионная спектроскопия**

Пленки оксида тантала ( $Ta_2O_5$ ), благодаря своим электрическим, оптическим и химическим свойствам, перспективны для применения в электронике, интегральной оптике, оптоэлектронике, медицине и др. [1]–[8].

Наиболее совершенные пленки  $Ta_2O_5$  осаждают в реактивной плазме газового разряда низкого давления [9], [10]. Для многофакторной технологии осаждения пленок методом реактивного распыления характерны нелинейные эффекты [10], [11]. Они обусловлены процессами, активированными плазмой и происходящими на внутренних поверхностях вакуумной камеры, в частности, на поверхности мишени. Поэтому изучение состояния поверхности мишени и его изменения возможно с помощью диагностики плазмы.

Известно множество методов диагностики. К ним относятся различные зондовые методы (электрические, магнитные, СВЧ-зонды и др.) [12], [13], масс-спектрометрия [14], [15], оптическая эмиссионная спектроскопия (ОЭС) [16]–[22].

В данной статье приведены результаты исследования процессов распыления танталовой мишени магнетрона постоянного тока с помощью ОЭС. Исследования проведены в реактивной среде смеси  $Ar + O_2$ . Изучено влияние потока кислорода, вводимого в вакуумный объем, и тока разряда на состав плазмы магнетронного разряда. Установлена связь между составом плазмы и состоянием поверхности мишени.

Исследования проведены в типовой высоковакуумной системе, оснащенной паромасляным диффузионным насосом с номинальной быстротой действия  $0.05 \text{ м}^3/\text{с}$  и механическим насосом 2НВР-5Д с номинальной быстротой действия  $0.005 \text{ м}^3/\text{с}$ . Объем вакуумной камеры

равен  $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Остаточное давление в камере не превышало  $3 \cdot 10^{-2} \text{ мТорр}$ . Для создания рабочей газовой среды использованы аргон и кислород высокой чистоты. Все эксперименты проведены при парциальном давлении аргона 6 мТорр. Поток кислорода, вводимого в камеру (расход кислорода), варьировался в диапазоне  $0 \dots 10 \text{ см}^3/\text{мин}$ . Плоский магнетрон с водоохлаждаемой мишенью диаметром 60 мм из химически чистого тантала (Ta) работал на постоянном токе ( $I_p = 0.6 \dots 1.5 \text{ А}$ ,  $U_p = 400 \dots 900 \text{ В}$ ). Для измерения спектров испускания плазмы использована спектроколориметрическая приставка к ПЭВМ (разработка СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), которая предназначена для регистрации оптических спектров в диапазоне  $250 \dots 1000 \text{ нм}$  со спектральным разрешением в видимой части спектра не более 2.5 нм и имеет абсолютную ошибку измерения длины волны в видимой части спектра не более  $\pm 0.5 \text{ нм}$ . Вывод оптического сигнала, генерируемого плазмой, из вакуумной камеры выполнен с помощью кварцевого моноволокна диаметром 0.4 мм.

*Распыление мишени в среде аргона.* Для достоверной идентификации линий в спектрах испускания реактивной плазмы первоначально был изучен процесс распыления Ta в инертной среде. Идентификация наблюдаемых линий в спектре (рис. 1) облегчается знанием используемых химических элементов. При распылении химически чистой мишени из Ta в среде Ar основными компонентами плазмы являются нейтральные и ионизированные атомы этих элементов, находящиеся в основном и возбужденном состояниях.

В видимой области спектра испускания аргона наблюдаются линии, соответствующие переходам в состояние  $4s$  [17]. Переход в состояние  $4s$  возможен за счет как прямого, так и ступенчатого возбуждения (через уровни состояния  $4p$  и  $5p$  с испусканием фотона). В состоянии  $4s$  нейтральный атом аргона имеет четыре энергетических уровня: резонансные  $1s_2$  (с энергией 11.83 эВ) и  $1s_4$  (11.62 эВ), с которых возможен переход в основное состояние  $3p$ ; метастабильные  $1s_3$  (11.71 эВ) и  $1s_5$  (11.55 эВ), с которых запрещен переход в основное состояние [22]. В спектрах на рис. 1 в области 750...800 нм имеются три наиболее интенсивные линии возбужденных атомов аргона (ArI): 750.4, 763.5 и 810.4 нм.

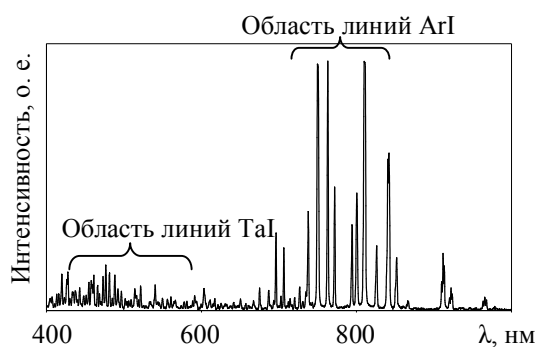


Рис. 1

Возбуждение атомов Ta возможно за счет электронного удара или обмена возбужденными состояниями. Из всех возможных процессов ионизации Ta наиболее вероятны электронный удар и пеннинговая ионизация с участием метастабильного атома  $\text{Ar}^m$  [22]:



Линии возбужденных атомов тантала (TaI) наблюдаются в спектрах на рис. 1 в области 450...550 нм: 481.2, 521.2 и 540.2 нм.

*Распыление мишени в среде кислорода.* В этом случае газовая среда содержит атомарные и молекулярные частицы: Ar,  $\text{Ar}^+$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^+$ , O и  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (кроме этого, возможны фрагменты и комплексы  $\text{Ta}_2\text{O}_x$ ). Молекулярные спектры кислорода и  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  представляют собой полосы

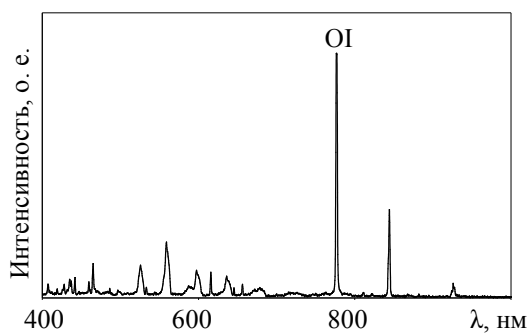


Рис. 2

[22]–[24], поэтому крайне сложны для идентификации частиц. Наиболее удобны для этих целей атомарные спектры, которые могут представлять собой отдельные линии возбужденных атомов кислорода (OI).

На рис. 2 представлен спектр испускания разряда при распылении танталовой мишени в среде кислорода. Наиболее интенсивная линия в этом спектре на длине волны порядка 777 нм соответ-

ствует атомарному кислороду. Недостаточная разрешающая способность спектрофотометра, на котором выполнялись измерения, не позволила выделить три линии испускания атомарного кислорода, расположенные в этой области: 777.2, 777.4 и 777.5 нм [25], [26].

В таблице указаны линии, которые в дальнейшем были использованы для ОЭС процесса распыления тантала. Следует отметить, что линии ArI и OI будут возникать в спектрах испускания плазмы при распылении любых металлов в среде  $Ar + O_2$ .

Наиболее интенсивные спектральные линии

Линия	ArI			OI	TaI		
$\lambda$ , нм	750.4	763.5	811.5	777.1	481.2	521.2	540.2

Многочисленные экспериментальные исследования реактивного распыления металлических мишеней в среде  $Ar + O_2$  позволили установить основные особенности процесса [10], [27], [28]:

- независимыми переменными процесса распыления являются поток (расход) кислорода, вводимый в вакуумную камеру, и ток разряда;
- зависимость парциального давления кислорода от его расхода (или тока разряда) носит нелинейный характер и содержит область с отрицательной производной;
- мишень может находиться только в двух стационарных режимах работы: «металлическом» и «оксидном»;
- для зависимости парциального давления кислорода от его расхода (или тока разряда) характерен гистерезисный эффект.

Танталовая мишень распылялась в среде  $Ar + O_2$ , измерялась интенсивность линий спектра испускания плазмы при постоянном токе и изменении расхода кислорода (обозначим его через  $Q_0$ ). Эксперименты были проведены в стационарных режимах, при которых каждое измерение спектра испускания после установки нового значения расхода кислорода выполнялось после завершения переходного процесса в системе распыления.

На рис. 3 приведены фрагменты двух спектров испускания плазмы в среде  $Ar + O_2$ : *a* – область линий TaI; *б* – область линий ArI и OI. Сплошные линии обозначают металлический режим, штриховые – оксидный. При металлическом режиме работы мишени в спектре наблюдаются линии ArI и TaI, линия кислорода отсутствует. После перехода в оксидный режим из спектра исчезли линии TaI, появилась линия OI и уменьшилась интенсивность всех линий ArI (штриховые линии на рис. 3).



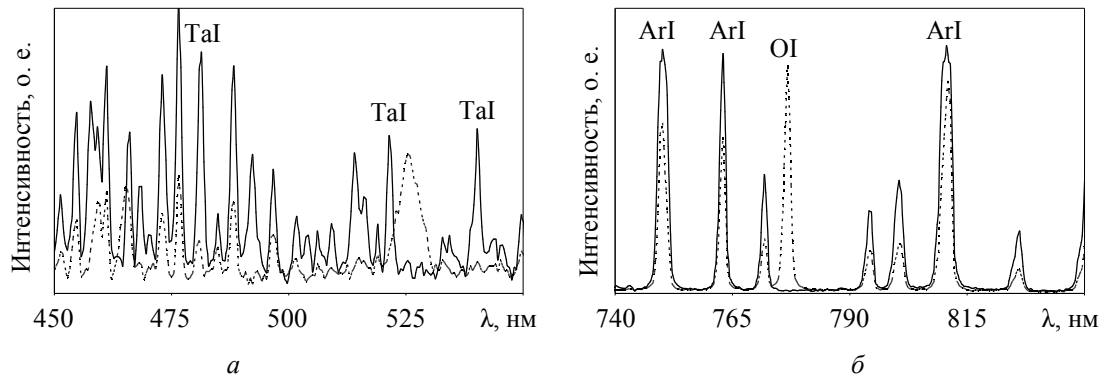


Рис. 3

На рис. 4, *a* значками разной формы показано изменение интенсивности трех линий TaI, указанных в таблице, и линии OI. Приведенные результаты отражают области стационарных режимов работы мишени (постоянные интенсивности линий) и переход мишени из металлического режима в оксидный (интенсивность линии TaI снижается до нуля, а OI – резко возрастает). Из рис. 4, *a* видно, что после изменения режима рост интенсивности линии OI приобретает линейный характер, отражающий работу высоковакуумного насоса (быстрота откачки камеры обратно пропорциональна тангенсу угла наклона линейного участка штриховой кривой). Кроме этого, из рис. 4, *a* следует, что в пределах погрешности эксперимента все линии TaI идентично отражают изменения, происходящие в системе распыления, которые описывает сплошная аппроксимирующая кривая.

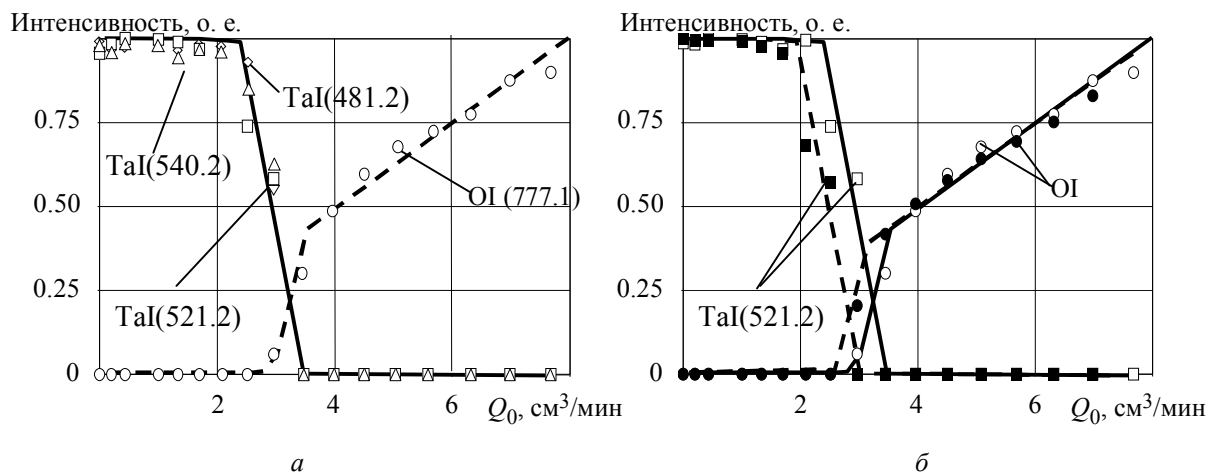


Рис. 4

На рис. 4, *б* представлены типичные результаты, отражающие характерные процессы, происходящие в системе распыления при изменении потока кислорода и постоянном токе разряда. Светлые значки и сплошные аппроксимирующие линии отражают изменение в системе при увеличении  $Q_0$ , темные значки и штриховые линии – при уменьшении  $Q_0$ . Зависимости на рис. 4, *б* демонстрируют гистерезис, присущий процессу реактивного распыления для установки, на которой проводился эксперимент.

На рис. 5 приведены графики, характеризующие изменение интенсивности линий TaI при плотности тока разряда [mA/cm<sup>2</sup>]: 1 – 30; 2 – 37; 3 – 44. Увеличение тока разряда приводит к смещению точек перехода мишени из металлического режима в оксидный режим в область

бóльших значений расхода кислорода. Этот результат очевиден, поскольку на мишени конкурируют два процесса: реакция окисления тантала и распыление оксидной пленки ионами аргона. Повышение скорости распыления при увеличении тока разряда требует увеличения скорости реакции, что обеспечивается увеличением расхода кислорода.

Для реактивного распыления характерен еще один эффект, иллюстрируемый рис. 6, на котором представлено изменение интенсивности линий OI (штриховая линия) и аргона (сплошные линии): 1 – ArI (750); 2 – ArI (763); 3 – ArI (810). Как видно из рис. 6, переход мишени в оксидный режим, отражаемый штриховой линией, при постоянном парциальном давлении аргона приводит к уменьшению возбуждения его нейтральных атомов более чем на 25 %. Дальнейшее увеличение расхода кислорода еще больше снижает интенсивность линий ArI.

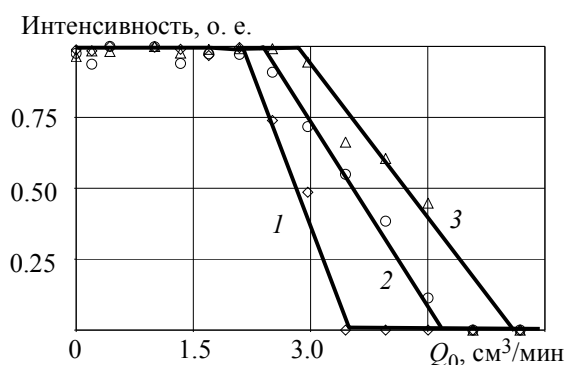


Рис. 5

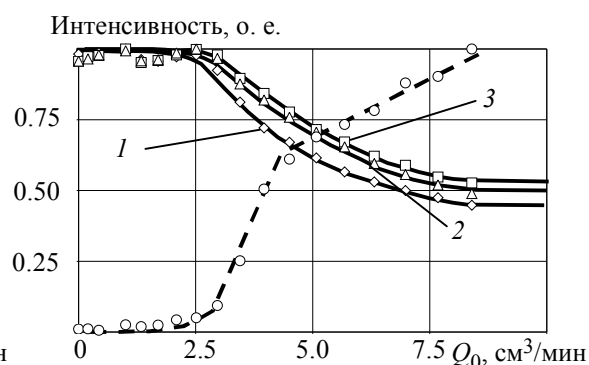
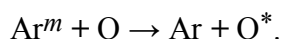


Рис. 6

На рис. 7 показано влияние тока разряда на этот эффект (изменение интенсивности линий ArI (750) (сплошные линии) и OI (штриховые линии) при плотности тока разряда  $J$  [мА/см<sup>2</sup>]: 1 – 30; 2 – 37; 3 – 44). Темные значки на рис. 7 отражают изменение линии ArI (750). Для каждого из трех значений плотности тока, при которых проводились измерения, использована определенная форма значка. Светлыми значками аналогичной формы нанесены значения интенсивности линии кислорода OI. Из рис. 7 видно, что результаты, полученные при разных токах разряда, в относительных единицах достаточно хорошо описываются одной (сплошной) кривой. Наибольшее расхождение наблюдается в области, где происходит изменение режима работы мишени. Границы этой области задают результаты измерения интенсивности линии OI, которые аппроксимированы штриховыми линиями.

Наблюдаемое на рис. 6 и 7 уменьшение возбуждения нейтральных атомов аргона обусловлено тем, что молекулярный и атомарный кислород, имеющие меньшие потенциалы возбуждения и ионизации, перехватывают эти процессы на себя. Вследствие этого, снижается вероятность как ионизации, так и возбуждения атомов аргона электронным ударом. Кроме этого происходит так называемое тушение метастабильных атомов аргона  $Ar^m$  по реакции [21]:



Снижение концентрации ионов аргона при переходе мишени в оксидный режим сопровождается уменьшением тока разряда, как показано на рис. 8, на котором отображено относительное изменение плотности тока разряда  $J$  при номинальном значении [мА/см<sup>2</sup>]: 1 – 30; 2 – 37; 3 – 44. В начале перехода мишени из металлического режима ток снижается на 30–50 %.

Затем он возрастает до уровня 12–15 %. После установления стационарного оксидного режима значение тока устанавливается на номинальном уровне.

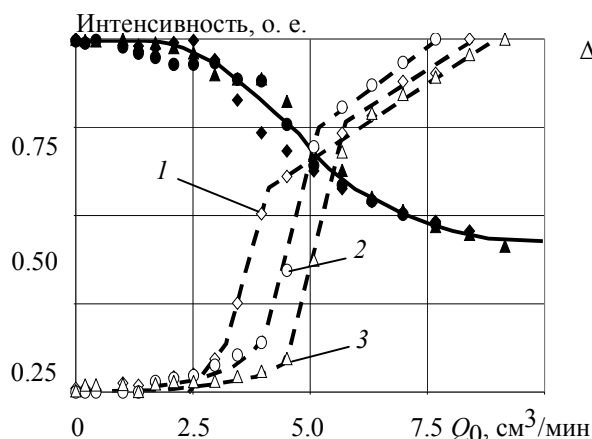


Рис. 7

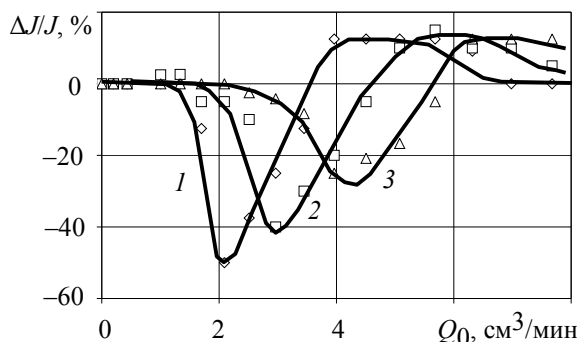


Рис. 8

Исследование процесса реактивного распыления в нестационарном режиме позволило выявить кинетику перехода системы распыления из металлического режима в оксидный. Суть эксперимента состояла в следующем. В начальный момент времени при заданном токе разряда без подачи кислорода был установлен металлический режим работы мишени. Далее расход кислорода ступенчато увеличили до значения, при котором мишень стационарно работает в оксидном режиме, и наблюдали за изменением интенсивности линий TaI и OI, поддерживая ток разряда на постоянном уровне.

Типичный результат такого эксперимента показан на рис. 9 (изменение состава газовой среды при переходе мишени из металлического режима в оксидный: 1 – линия TaI, 2 – линия OI), откуда видно, что мишень полностью покрывается оксидом примерно за 6 с (кривая 1).

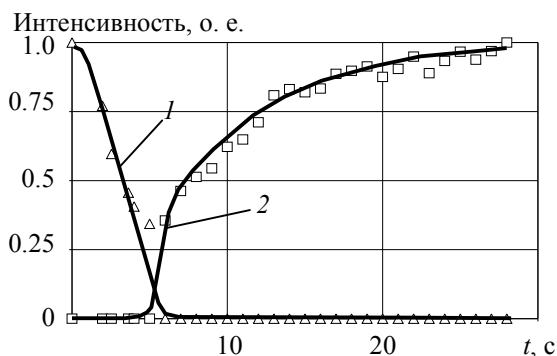


Рис. 9

После этого интенсивность линии TaI выходит на уровень шума. Линия OI (кривая 2), отражающая уменьшение сорбции кислорода на стенке камеры, продолжает нарастать. Переходной процесс в системе распыления полностью завершился примерно через 30 с.

На основании изложенного, можно сделать следующие выводы. При распылении химически чистого Ta в среде Ar спектры испускания плазмы магнетронного разряда содержат линии ArI и TaI. При введении в инертную среду кислорода спектр испускания остается неизменным вплоть до перехода мишени в оксидный режим работы, при котором поверхность мишени полностью покрыта пленкой оксида тантала. В спектре в этом случае исчезает линия TaI, появляется линия OI, интенсивность которой возрастает пропорционально величине входного потока кислорода, и более чем на 25 % снижается интенсивность всех линий ArI. Переход мишени в оксидный режим сопровождается изменением тока разряда.

При изучении зависимости интенсивности линий OI и TaI от входного потока кислорода выявлен гистерезис. Увеличение тока разряда приводит к смещению точек перехода мишени из металлического режима в оксидный режим в область больших значений расхода кислорода. Физико-химическая природа этого эффекта и его модели описаны во многих работах [10], [29], [30].

Кинетика перехода системы распыления в оксидный режим при постоянном токе и ступенчатом изменении расхода кислорода такова, что поверхность мишени полностью зарастает оксидом примерно за 6 с. При этом сорбционный процесс на стенках камеры, который отражает линия ОI, завершается примерно через 30 с.

Полученные в результате исследования результаты позволяют считать, что оптическая эмиссионная спектроскопия дает возможность детально изучать процесс реактивного магнетронного распыления.

Исследования проводятся при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 10-03-00845-а).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chang P. H., Liu H. Y. Structures of tantalum pentoxide thin film formed by reactive sputtering of Ta metal // *Thin Solid Films*. 1995. Vol. 258. P. 56–63.
2. Optical properties of amorphous and polycrystalline tantalum oxide thin films measured by spectroscopic ellipsometry from 0.03 to 8.5 eV / E. Franke, M. Schubert, C. L. Trimble et al. // *Thin Solid Films*. 2001. Vol. 388. P. 283–289.
3. Optical properties of reactively sputtered Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> films / F. Rubio, J. M. Albella, J. Denis et al. // *J. Vac. Sci. Technol.* 1982. Vol. 21. P. 28–34.
4. Influence of the porosity of RF sputtered Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> thin films on their optical properties for electrochromic applications / C. Corbella, M. Vives, A. Pinyol et al. // *Solid State Ionics*. 2003. Vol. 165. P. 15–22.
5. Hara H., Ohta T. Dynamic response of a Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gate pH-sensitive field-effect transistor // *Sensors and Actuators B*. 1996. Vol. 32. P. 115–119.
6. Mattsson M. S., Niklasson G. A. Isothermal transient ionic current as a characterization technique for ion transport in Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> // *J. Appl. Phys.* 1999. Vol. 85. P. 8199–8204.
7. Granqvist C. G. *Handbook of Inorganic Electrochromic Materials*. Amsterdam: Elsevier, 1995. 408 p.
8. Electrochemical and microstructural studies of tantalum and its oxide films for biomedical applications in endovascular surgery / R. A. Silva, M. Walls, B. Rondot et al. // *J. Mater. Sci.: Mater. Med.* 2002. Vol. 13. P. 495–500.
9. Preparation and characterization of tantalum oxide films produced by reactive DC magnetron sputtering / J. M. Ngaruiya, S. Venkataraj, R. Drese et al. // *Phys. Stat. Sol.* 2003. Vol. 198. P. 99–110.
10. Model relating process variables to film electrical properties for reactively sputtered tantalum oxide thin films / P. Jain, V. Bhagwat, E. J. Rymaszewski et al. // *J. Appl. Phys.* 2003. Vol. 93. P. 3596–3604.
11. Structural and optical properties of thin lead films produced by reactive direct current magnetron sputtering / S. Venkataraj, R. Drese, O. Kappertz et al. // *Phys. Stat. Sol. (a)*. 2001. Vol. 188. P. 1047–1058.
12. Зондовая диагностика сильноионизированной плазмы инертных газов при атмосферном давлении / Ф. Г. Бакшт, Н. К. Митрофанов, А. Б. Рыбаков, С. М. Школьник; Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН, 1997.
13. Козлов О. В. Электрический зонд в плазме. М.: Атомиздат, 1969. 291 с.
14. Пупышев А. А., Суриков В. Т. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Образование ионов. Екатеринбург: УРО РАН, 2006. 276 с.
15. Понькин Н. А. Что в имени твоём, масс-спектрометрия? Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики / ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2006. 20 с.
16. Irving P. H. *Optical diagnostics for thin film processing*. San Diego: Academic Press, 1996. 815 p.
17. Optical diagnostics of d.c. and r.f. argon magnetron discharges / M. F. Dony, A. Ricard, J. P. Dauchot et al. // *Surf. Coat. Technol.* 1995. Vol. 74–75. P. 479–484.
18. Investigation on optical emission spectra during ECR plasma enhanced magnetron sputtering carbon nitride film deposition / J. Xu, T. Ma, J. Zhang et al. // *Intern. J. Modern Phys. B*. 2002. Vol. 16. P. 1120–1126.
19. Oxygen active species in an Ar–O<sub>2</sub> magnetron discharge for titanium oxide deposition / V. Vancoppenolle, P.-Y. Jouan, A. Ricard et al. // *Appl. Sur. Sci.* 2002. Vol. 205. P. 249–255.
20. Deposition of TiO<sub>x</sub> thin film using the grid-assisting magnetron sputtering / M. J. Jung, Y. M. Kim, Y. M. Chung et al. // *Thin Solid Films*. 2004. Vol. 447–448. P. 430–435.
21. Lounsbury J. B. Effects of Added O<sub>2</sub> upon Argon Emission from an rf Discharge // *J. Vac. Sci. Technol.* 1969. Vol. 6. P. 836–842.
22. Hopwood J., Qian F. Mechanisms for highly ionized magnetron sputtering // *J. Appl. Phys.* 1995. Vol. 78. P. 758–765.
23. Герцберг Г. Спектры и строение двухатомных молекул. М.: Изд-во иностр. лит., 1949. 403 с.
24. Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1962. 892 с.

25. Time-resolved optical emission spectroscopy of pulsed DC magnetron sputtering plasmas / J. Lopez, W. Zhu, A. Freilich et al. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2005. Vol. 38. P. 1769–1780.
26. Optical emission spectroscopy, thermodynamical and thermal disequilibrium aspects in an inductively coupled plasma torch. Experimental applications to  $N_2-O_2$  mixtures / P. Andre, J. Ondet, G. Bouchard et al. // J. Phys. D: Appl. Phys. 1999. Vol. 32. P. 920–929.
27. Preparation and characterization of tantalum oxide films produced by reactive DC magnetron sputtering / J. M. Ngaruiya, S. Venkataraj, R. Drese et al. // Phys. Stat. Sol. 2003. Vol. 198. P. 99–110.
28. Simulation and dielectric characterization of reactive dc magnetron cosputtered  $(Ta_2O_5)_{1-x}(TiO)_x$  thin films / J. Westlinder, Y. Zhang, F. Engelmark et al. // J. Vac. Sci. Technol. B. 2002. Vol. 20, № 3. P. 855–861.
29. Frequency response in pulsed DC reactive sputtering processes / L. B. Jonsson, T. Nyberg, I. Katardjiev et al. // Thin Solid Films. 2000. Vol. 365. P. 43–48.
30. Barybin A. A., Shapovalov V. I. Nonisothermal chemical model of reactive sputtering // J. Appl. Phys. 2007. Vol. 101. P. 054905-1–10.

A. E. Komlev, Yu. I. Pastushenko, V. I. Shapovalov

#### PLASMA DIAGNOSTICS UNDER TANTALUM TARGET SPUTTERING

*Plasma emission spectra in dc magnetron system were analyzed under sputter deposition of tantalum target in reactive gaseous medium containing argon and oxygen mixture. Analysis of obtained spectra allowed to determine critical points of target transition from metallic to oxide mode.*

**Tantalum oxide, reactive magnetron sputtering, optical emission spectroscopy**

УДК 537.533.7

*И. Л. Шейнман, А. Д. Канарейкин,  
М. С. Лебедева, Е. А. Журавлева, М. А. Ефимова*

### **ДВУМЕРНАЯ ДИНАМИКА ПРОФИЛИРОВАННОЙ ПО ЗАРЯДУ ЦЕПОЧКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ В КИЛЬВАТЕРНОМ УСКОРИТЕЛЕ**

*Исследована самосогласованная поперечная динамика сильнооточных релятивистских электронных пучков, используемых для генерации кильватерных полей в многосгустковых схемах кильватерного ускорения в структурах с диэлектрическим заполнением. Определено влияние фокусировки на дальность полета пучка и на передаваемую ускоряемому электронному сгустку энергию для схем с профилированным и равномерным распределением заряда в последовательности генераторных сгустков. Сформулированы требования к системе фокусировки пучка. Работа поддержана грантами РФФИ № 09-02-00921 и Минобрнауки России.*

**Эффект Вавилова–Черенкова, кильватерное ускорение, кильватерный ускоритель, релятивистские электронные пучки, коэффициент трансформации энергии**

Метод диэлектрического кильватерного ускорения электронов является одним из перспективных направлений создания высокоградиентных структур современных линейных ускорителей [1]–[8].

Основной элемент кильватерного ускорителя представляет собой цилиндрический металлический волновод, заполненный внутри диэлектриком с вакуумным каналом вдоль оси. Короткий электронный сгусток с большим зарядом и относительно небольшой энергией частиц при пролете по вакуумному каналу генерирует моду черенковского излучения  $TM_{01}$  с продольной компонентой электрического поля. Следующий за ним с задержкой, подбираемой из требования согласования с ускоряющей фазой кильватерного поля, ведомый сгусток с малым зарядом ускоряется этим кильватерным полем.

Величина заряда ведущего сгустка, который можно пропустить через волновод, ограничена техническими возможностями фотоинжектора, создаваемым пространственным зарядом сгустка кулоновским полем и размерами вакуумного канала волновода. В связи с этим для увеличения возбуждаемого в волноводе ускоряющего поля взамен одиночного сгустка применяют цепочку сгустков. Ускорительная схема с плоским профилем последовательности сгустков (Flat Bunch Train – FBT) используется для когерентного сложения полей отдельных сгустков и увеличения суммарного ускоряющего поля (рис. 1, *a*).

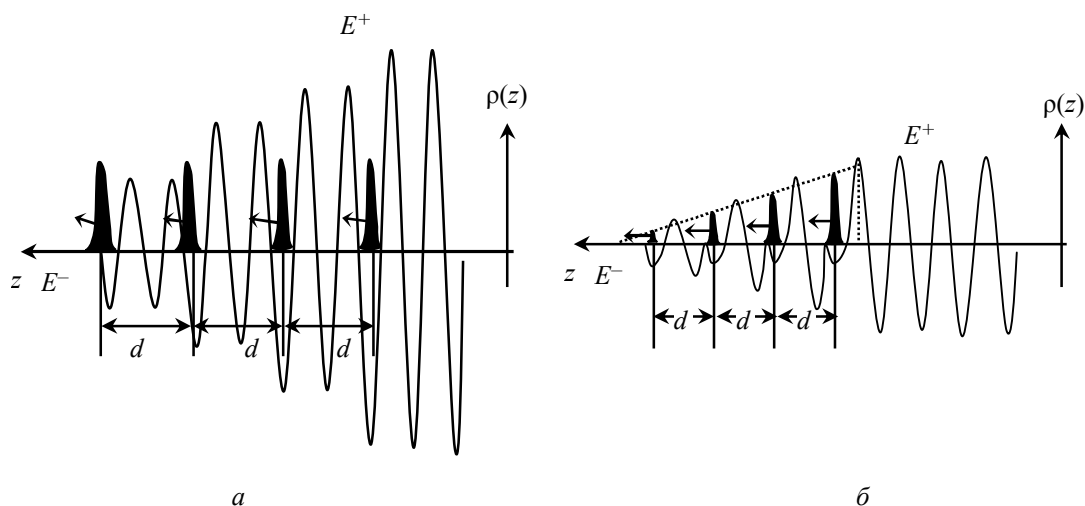


Рис. 1

Повышение эффективности ускорителя связано с увеличением доли энергии ведущего сгустка, которая передается частицам ускоряемого пучка. Коэффициент трансформации энергии  $R$  определяется как отношение максимального приращения энергии электронов в ведомом сгустке к максимальной убыли энергии ведущих сгустков  $R = \Delta W^+ / \max |\Delta W^-|$ . Ускорительная схема с треугольным профилем цепочки гауссовых сгустков (Ramped Bunch Train – RBT, рис. 1, *б*) максимизирует коэффициент трансформации энергии  $R$ . При этом необходимо одновременно как максимально полное экстрагирование энергии из ведущего сгустка  $\Delta W^-$ , так и увеличение переданной ускоряемому сгустку энергии  $\Delta W^+$ . Указанный критерий требует обеспечения максимально возможной дальности пролета  $L$ , на которой сгусток взаимодействует с ускорительной структурой, что, в свою очередь, предъявляет существенные требования к обеспечению поперечной устойчивости ускоряющего и ускоряемого пучков.

Наличие, наряду с продольными полями, поперечных отклоняющих пучок полей приводит к касанию стенок волновода, потери сначала отдельных частиц, а затем и всего сгустка. При возрастании потерь заряда ускоряющего пучка уменьшается переданная ускоряемому сгустку энергия  $\Delta W^+$ . Поперечные неустойчивости ограничивают продольную длину ускорительной структуры, а также определяют расстояние, на котором возможна передача энергии от ведущего сгустка к ускоряемому пучку [2], [4]–[6]. При введении внешней фокусировки поперечные неустойчивости частично подавляются, что приводит к увеличению дальности полета.

Расчет величин полей, создаваемых сгустками, будем проводить в предположении гауссового распределения зарядов как по продольной  $f(\zeta)$ , так и по радиальной  $f(r)$  координате [2], [8]. Поскольку математическое ожидание гауссового закона находится в центре распределения, а во влиянии отклоняющих полей преобладает дипольная мода с линейным нарастанием амплитуды по радиусу ( $I_1(kr) \approx kr$  при малых  $kr$ ), для анализа динамики пучка можно считать, что заряд сосредоточен в центре поперечного распределения сгустка [3]. Напряженность продольного поля и действующую на электроны радиальную силу, создаваемые гауссовым сгустком единичного заряда, можно определить, взяв интеграл-свёртку поля точечного заряда с распределением заряда  $f(\zeta)$  в сгустке:

$$E_{zli} = \sum_{n,m} \psi_{E_{z n,m}} I_n(k_{r n,m} r(\zeta, t)) \int_0^{\zeta} f(\zeta_0) \cos(k_{z n,m} (\zeta - \zeta_0 - z_i)) I_n(k_{r n,m} r(\zeta_0, t)) d\zeta_0,$$

$$F_{rli} = -e \sum_{n,m} \psi_{F_{r n,m}} I'_n(k_{r n,m} r(\zeta, t)) \int_0^{\zeta} f(\zeta_0) \sin(k_{z n,m} (\zeta - \zeta_0 - z_i)) I_n(k_{r n,m} r(\zeta_0, t)) d\zeta_0 + F_f,$$

где  $\psi_{E_{z n,m}}$  – коэффициенты ряда, зависящие от геометрии, диэлектрической проницаемости волновода и начального положения заряда;  $\zeta = z - Vt$  – расстояние за сгустком;  $k_{z n,m} = 2\pi \nu_{n,m} / (\beta c)$  – продольная компонента волнового вектора кильватерной волны ( $\nu_{n,m}$  – собственные частоты волновода, зависящие от его геометрических размеров и диэлектрических свойств материала);  $z_i$  – координата центра  $i$ -го сгустка;  $F_f$  – внешняя фокусирующая сила.

Напряженность продольного электрического поля и радиальная сила, создаваемые цепочкой сгустков, могут быть найдены суммированием полей, создаваемых отдельными сгустками:  $E_z = \sum q_i E_{zli}$ ,  $F_r = \sum q_i F_{rli}$ .

Новые координаты частицы можно найти путем интегрирования основного уравнения динамики в релятивистской форме [4].

Численные расчеты динамики пучка с учетом жесткой фокусировки магнитным полем проводились для волновода и пучка с параметрами:  $R_w = 0.63$  см – внешний радиус волновода;  $R_c = 0.5$  см – внутренний радиус волновода;  $\epsilon_1 = 17$  – диэлектрическая проницаемость материала;  $f = 13.625$  ГГц – базовая частота волновода;  $Q = -40$  нКл; среднеквадратическая длина каждого гауссова сгустка 0.2 см; начальное отклонение сгустков от оси волновода  $r_0 = 0.01$  см; начальные энергии ведущих сгустков  $W_d = 0$  МэВ.

Для удержания сильноточного электронного пучка целесообразно использовать жесткую фокусирующую систему, основанную на чередовании магнитных квадрупольных фокусирующих и дефокусирующих линз [7], [8], создающих магнитное поле, равное нулю на оси волноводной структуры и линейно нарастающее при отклонении от оси. Секция фокусирующей системы представляет собой пару магнитных квадрупольных линз, повернутых друг относительно друга на  $90^\circ$ . В ходе численного эксперимента производился подбор оптимальных параметров фокусирующей системы: длины фокусирующей секции  $L_s$  и индукции фокусирующего поля  $B$ .

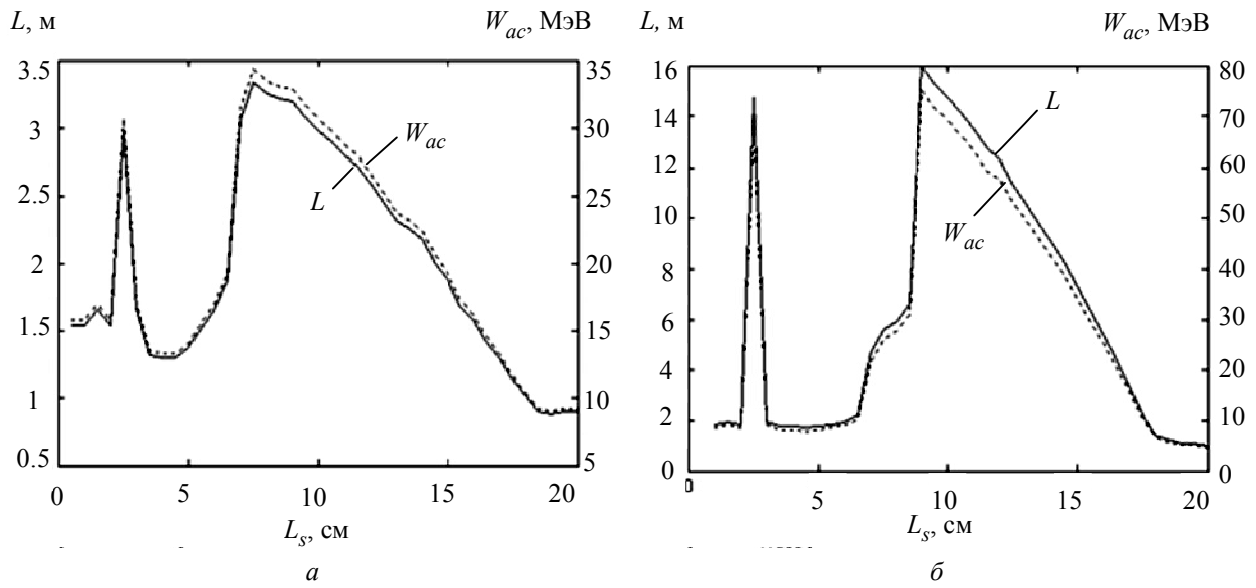


Рис. 2

Путем численного моделирования были получены зависимости дальности полета сгустка  $L$  до касания сгустком стенки волновода от длины фокусирующей секции  $L_s$  для цепочки сгустков равного заряда (рис. 2, *а*) и для профилированной цепочки сгустков (рис. 2, *б*), при максимальном значении фокусирующего поля  $B = 1$  Тл, что соответствует градиенту магнитного поля  $dB/dr = 0.8$  Тл/см. Для обеспечения максимальной дальности полета при фиксированном значении магнитного поля требуется точный подбор длины секции фокусирующей системы. Зависимости приращения энергии сгустка ( $W_{ac}$ ) и дальности полета от длины секции носят схожий характер. Для проектирования фокусирующей системы целесообразно использовать более широкий второй резонанс.

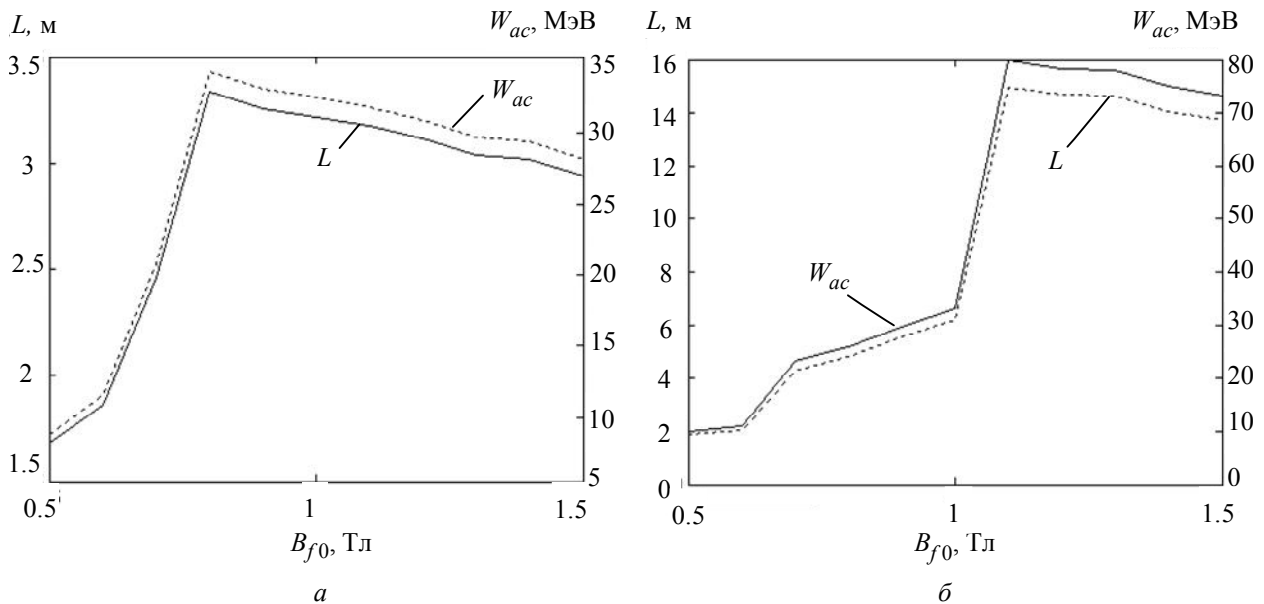


Рис. 3

Зависимость дальности полета сгустка  $L$  от индукции  $B$  для цепочки сгустков равного заряда представлена на рис. 3, *а* и для профилированной цепочки сгустков на рис. 3, *б*, при длине секции  $L_s = 8.5$  см.



На рисунках видно скачкообразное нарастание дальности полета и энергии перед максимумом и плавное незначительное спадание после него. Таким образом, при фиксированной длине секции фокусирующей системы, при индукции поля меньше некоторого порогового значения удержание пучка невозможно. Для обеспечения максимальной дальности полета требуется точный подбор индукции магнитного поля фокусирующей системы. Дальность полета, близкая к максимальной, достигается, начиная с порогового значения индукции.

Энергия, передаваемая сгустку, в случае профилированной цепочки сгустков значительно выше, чем в случае цепочки сгустков равного заряда.

Таким образом, для достижения максимальной передачи энергии ускоряемому сгустку необходим подбор оптимальных значений фокусирующего поля и длины периода фокусирующего элемента при заданных энергии размерах и заряде пучка.

Работа поддержана грантами РФФИ № 09-02-00921-а и Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы Министерства образования и науки России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Experimental demonstrations of wake-field effects in dielectric structures / W. Gai, P. Schoessow, B. Cole et al. // *Phys. Rev. Lett.* 1988. Vol. 61, № 24. P. 2756–2760.
2. Numerical Simulations an Intense Charged Particle Beam Propagation in a Dielectric Wake Field Accelerator / W. Gai, A. D. Kanareykin, A. L. Kustov, J. Simpson // *Phys. Rev. E.* 1997. Vol. 55, № 3. P. 3481–3488.
3. King-Yuen Ng. Single-Bunch Beam Breakup in a Dielectric-Lined Waveguide // *Proceedings XVth International Conference on High Energy Accelerators (FERMILAB-Conf-92/212)*. Hamburg, Germany, July 20–24, 1992.
4. Шейнман И. Л., Канарейкин А. Д. Поперечная динамика и межсгустковый энергообмен в ускорительной структуре с диэлектрическим заполнением // *ЖТФ*. 2008. Т. 78, № 10. С. 103–109.
5. Studies of Beam Breakup in Dielectric Structures / A. Kanareykin, C. Jing, A. Kustov et al. // *Proceedings European Particle Accelerator Conference (EPAC'08)*. Genoa, Italy, 2008. P. 1643–1645.
6. Sheynman I. L., Kanareykin A. D. Self-consistent Transverse Dynamics and Interbunch Energy Exchange in Dielectric Loaded Wakefield Accelerating Structures / *Proceedings European Particle Accelerator Conference (EPAC'08)*. Genoa, Italy, 2008. P. 3224–3227.
7. Павлов В. М. Линейные ускорители. Ч. II: Динамика частиц в линейных ускорителях. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1999. 108 с.
8. Thomas P. Wangler. *RF Linear Accelerators*. Wiley-VCH, 2008. 450 p.

*I. L. Sheynman, A. D. Kanareykin, M. S. Lebedeva, E. A. Zhuravleva, M. A. Efimova*

#### *2D-DYNAMICS OF A RAMPED CHARGE ELECTRON BUNCH TRAIN IN A WAKEFIELD ACCELERATOR*

*We investigated of a self consistent transverse dynamics of a high current relativistic electron beams used to generate the wake fields in multi bunch wakefield acceleration schemes in structures with dielectric filling. Influence focusing on the flying range and on energy passed to accelerated bunch for schemes with triangle and uniform charge profile in a sequence of generator bunches. System requirements for the focus of the beam are formulated. Work is supported by grants, grant RFBR No. 09-02-00921 and grant Education and Science Ministry of Russia.*

**Effect of Vavilov-Čerenkov, wakefield acceleration, wakefield accelerator, relativistic electron bunches, energy transformation ratio**



УДК 681.3

*Л. С. Выговский*

## **МОДЕЛЬ И МЕТОД ОЦЕНКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ И НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ**

*Описана методика для улучшения качества оценки интегрированных объектов интеграции (ИОИ), учитывающая воздействие преднамеренных и непреднамеренных помех в сети связи общего пользования. Моделирование воздействия помех описывается процессом перколяции.*

**Интеграция, объект информатизации, метод Монте-Карло, теория перколяции, вскрытие структуры сети общего пользования, оценка структур сети, моделирование**

Современные объекты информатизации органов государственной власти (ОГВ) сильно интегрированы с неконтролируемыми сетями связи общего пользования (ССОП), что ставит вопрос об оценке воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех на работоспособность ИОИ. При этом, как правило, существует несколько альтернативных операторов телекоммуникационных услуг, которые предлагают различные варианты связи между абонентами ОГВ. Если ИОИ является межрегиональным, с большой долей уверенности можно предположить, что при передаче информационных потоков между абонентами ОГВ будет задействовано оборудование нескольких операторов. В этом случае оператор связи, обеспечивающий передачу информационных потоков, при выборе маршрута будет принимать во внимание не только технические характеристики канала (надежность, скорость и т. д.), но и экономические показатели стоимости передачи трафика. Поскольку оператор будет использовать общедоступную инфраструктуру Интернета, при выборе маршрута необходимо учитывать воздействие преднамеренных или непреднамеренных помех (ПНП) на логическом уровне. Таким образом, возникает ряд вопросов, связанных с оценкой воздействия ПНП на ИОИ ОГВ, а именно:

- какова вероятность сохранения связи между абонентами ОГВ в ИОИ в условиях воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех;

- какова вероятность сохранения связи между случайно выбранными абонентами ИОИ и заранее выбранными группами ключевых абонентов ИОИ.

Для ответа на поставленные вопросы предлагается модель и методика оценки ИОИ ОГВ в условиях воздействия ПНП.

С середины XX в. для моделирования и анализа процесса разрушения регулярных структур широко используется раздел теории фракталов – теория перколяции (percolation (лат.) – просачивание). Рассмотрим [1] лесной массив в период засухи. Для простоты будем считать, что деревья располагаются в узлах квадратной решетки. Каждое дерево имеет некоторую  $p < 1$  вероятность возгорания. В засуху может начаться пожар, который либо распространится по всему лесному массиву, либо будет локальным. Компьютерное моделирование показало, что, если вероятность  $p$  возгорания дерева превышает значение  $p \approx 0.593$ , пожар распространится по всему массиву и достигнет его верхней и нижней границ. В иных случаях он будет локальным. Сгоревшие деревья образуют кластер. Кластер, включающий в себя узлы из двух противоположных сторон, называется перколяционным (в теории графов – стягивающим). Основным вопросом теории перколяции являются условия возникновения и свойства перколяционного кластера.

Хорошо изученными являются регулярные решетки, так как именно с их помощью описываются такие процессы, как раскол ледяных глыб, фазовый переход *парамагнетик–ферромагнетик* (физика), полимеризация или связывание маленьких молекул в макромолекулы (химия) [2]. Все эти процессы успешно моделируются на регулярных решетках различной структуры. Для них рассчитаны критические значения образования перколяционного кластера [3]. При расчете критических значений применяется метод статистических испытаний Монте-Карло [4]. Для каждого узла решетки, независимо от других, с помощью датчика случайных чисел определяется вероятность разрушения. Если эта вероятность больше заданной вероятности устойчивости узла, узел считается разрушенным (физическая трактовка может быть другой). Далее анализируют кластер из разрушенных узлов.

В результате многочисленного компьютерного моделирования процесса перколяции были выявлены различные свойства перколяционного кластера [5], основным из которых является наличие критического порога вероятности разрушения  $p_c$ . При его преодолении вероятность образования перколяционного кластера на бесконечно больших решетках стремится к 1 и образовывается строго один кластер. Если  $p < p_c$ , вероятность образования кластера стремится к 0. При этом размер перколяционного кластера на бесконечно больших решетках стремится к бесконечности.

Представим структуру ИОИ в виде графа, узлами которого являются узлы связи ИОИ, а ребрами – связи между ними. Теория перколяции, будучи адаптированной к предметной области ИОИ, позволяет смоделировать воздействие преднамеренных или непреднамеренных помех. Главным отличием между регулярными решетками и реальными структурами ИОИ является отсутствие четко выраженных границ и аналитического решения, охватывающего весь спектр возможных конфигураций.

Проблема отсутствия узлов решается выявлением узлов ИОИ, отсутствие связи между которыми означает неспособность ОГВ осуществлять необходимое информационное взаи-

модействие. В случае ИОИ, включающих в себя элементы ССОП, ключевыми узлами могут стать пограничные узлы сетей ОГВ, которые обеспечивают взаимодействие с узлами оператора связи. Из этих ключевых узлов образуются границы, при этом

$$B = \{b_j\}, b_j \subset k_i, |b_j| > 0, \quad |B| \geq 2,$$

где  $B$  – множество границ,  $b$  – граница,  $k$  – ключевой узел.

После введения границ структуры теорию перколяции можно использовать как метод для анализа воздействия помех на ИОИ. Сопоставим каждому узлу ИОИ вероятность устойчивости  $p_y$  к воздействию ПНП и определим степень воздействия  $p_{воз}$  на него. Если  $p_{воз} > p_{уст}$ , узел считается вышедшим из строя, иначе – работающим. Моделирование проводится несколько раз, после чего получают вероятностные характеристики кластера, приведенные в таблице.

Показатель	Описание
$p_{с.с}$	Вероятность сохранения связи между ключевыми узлами ИОИ
$p_{дост}$	Вероятность доступности ключевых узлов ИОИ из произвольно выбранного узла ИОИ
$S_{max}$	Размер максимального кластера
$S_{сред}$	Средний размер кластера
$C_{кол}$	Количество кластеров

Можно говорить о том, что отсутствие кластера, включающего в себя хотя бы по одному узлу из каждой границ (т. е. перколяционного кластера), означает невозможность системы обеспечить транзит информации ОГВ. Таким образом, кластер, обеспечивающий передачу информации между абонентами ОГВ в условиях воздействия ПНП, является перколяционным и обладает всеми его свойствами.

Методика оценки структуры ИОИ в условиях воздействия ПНП в качестве входных данных принимает план связи и требования к показателям качества ИОИ, идентификаторы узлов ССОП и наличие линий связи между ними. Дополнительно указываются шаг и границы изменения вероятности  $p_y$  и количество испытаний на каждом шаге.

Если структуру ССОП невозможно получить как исходные данные от оператора, ее выявляют мониторингом ССОП специализированным программным обеспечением (ПО). В семейство ОС Linux (МСВС 3.0 в том числе) входит утилита traceroute, которая позволяет построить маршруты до разных точек сети. Анализируя полученные маршруты можно построить структуру сети. Для автоматизации этого процесса используют сетевой сканер nmap [6] и графическую утилиту zenmap. Для поиска альтернативных маршрутов нужно использовать многоагентное ПО, которое анализирует маршруты, полученные не с одного узла, а с нескольких. Данную задачу решает пакет VisualRoute, который состоит из приложения мониторинга VisualRoute и агента MyConnection Sever. Многоагентное ПО позволяет решать задачи подсистемы мониторинга структуры и параметров ИОИ.

Для каждого варианта ИОИ строится граф, узлами которого являются узлы связи УС, а ребрами – связи между ними. Далее каждый граф анализируется по следующему алгоритму:

1. Полученные графы запоминают в массиве  $S$ , переменную перебора элементов массивов  $i$  инициализируют значением 1.

2. В  $S$  загружается очередная структура  $S[i]$ .

3. Переменную  $p_y$  инициализируют в начальную нижнюю границу вероятности устойчивости.

4. Методом статистических испытаний, как было описано ранее, определяют  $p_{с.с}$  и  $p_{дост}$  для  $S$  и запоминают значения в таблице  $R[i, p_y]$ . При этом проводят заданное количество испытаний.

5. Состояние работает/поражен узлов  $s$  сбрасывается в исходное значение (работает).

6. Переменную  $p_y$  увеличивают на шаг изменения вероятности устойчивости.

7. Если  $p_y$  больше верхней границы изменения вероятности устойчивости, переходят на шаг 2, иначе на шаг 4.

8. Увеличивают  $i$  на 1.

9. Если  $i$  меньше количества элементов в  $S$ , переходят на шаг 2.

10. На основе значений  $R[i, p_y]$  для каждой структуры строятся функции  $p_{с.с}$  от  $p_y$  и  $p_{дост}$  от  $p_y$ .

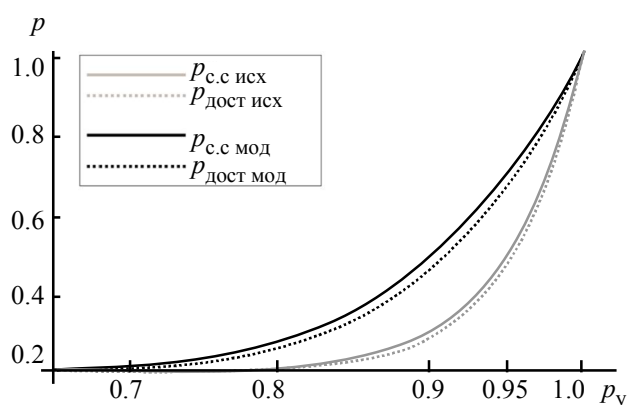
11. Полученные функции различных структур  $p_{с.с}$  от  $p_y$  сравниваются между собой методом поточечной разности. Если функции  $p_{с.с}$  имеют пренебрежимо малую разницу, аналогичным образом сравнивают  $p_{дост}$ .

12. На основании сравнения  $p_{с.с}$  и  $p_{дост}$  принимают решение о выборе той или иной структуры ИОИ.

Результат работы методики на структуре ведомственной сети из 130 узлов и ее незначительной модификации, заключающейся в добавлении 10 связей, показан на рисунке.

Разработанная методика позволяет повысить достоверность результатов сравнительной оценки структур ИОИ в условиях воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех. Несмотря на то,

что вопросы управления структурой системы связи в целях повышения эффективности, надежности и качества уже неоднократно решались, предлагаемая методика применима именно в области интегрированных объектов информатизации органов государственной власти в условиях использования ресурсов Единой сети электросвязи.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шредер М. Фракталы, хаос и степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.

2. Тарасевич Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы: Учеб. пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002.
3. Suding, Paul N., Ziff, Robert M. Site percolation thresholds for Archimedean lattices // Phys. Rev. E. 1999. Vol. 60. P. 275–283.
4. Растрингин Л. А. По воле случая. М.: Молодая гвардия, 1986.
5. Федер Е. Фракталы / Пер. с англ. М.: Мир, 1991.
6. Gordon F. Nmap Network Scanning: The Official Nmap Project Guide to Network Discovery and Security Scanning – Insecure. com LCC, 2009.

L. S. Vygovskiy

*MODEL AND METHOD OF AN ESTIMATION OF THE INTEGRATED OBJECTS OF INFORMATION IN THE CONDITIONS OF EFFECT OF DELIBERATE AND INADVERTENT INTERFERENCES*

*The technique for improvement of quality of an estimation of the integrated objects of integration is described it is necessary, considering influence of deliberate and inadvertent hindrances in a communication network of the general using. Modeling of influence of hindrances is described by process percolation.*

**Integration, the information object, method of Monte-Carlo, the percolation theory, opening of structure of a network of the common using, an estimation of structures of a network, modeling**

УДК 004.932.2

*Г. А. Кухарев, Ву Зуи Линь*

## **ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНИИ СИММЕТРИИ ЛИЦ**

*Рассмотрен экспресс-метод оценки положения линии симметрии на исходном изображении с лицом, когда область лица не находится в центре изображения, а фон неоднороден по текстуре и цвету.*

### **Экспресс-метод, линии симметрии лица**

В практике распознавания изображений с лицами необходим этап предварительного анализа исходных изображений и этап последующей их предобработки по результатам выполненного анализа. Эти 2 этапа позволяют улучшить качество исходных изображений и приводят, в конечном счете, к повышению результативности их распознавания [1]–[2].

Задачами этапа анализа могут быть: оценка положения области лица на поле всего изображения; оценка положения и параметров оси симметрии лица; определение угла наклона области лица в поле исходного изображения; оценка качества освещения левой и правой половин области лица и наличия теней и т. д. При этом если границы размещения или угол наклона области лица выходят за некоторые заданные пределы, то последующее использование исходного изображения лица становится невозможным.

Задачами второго этапа являются: выравнивание области лица по вертикальным границам изображения и/или размещение области лица в центре изображения; поворот области лица относительно оси Z, удаление или компенсация теней.

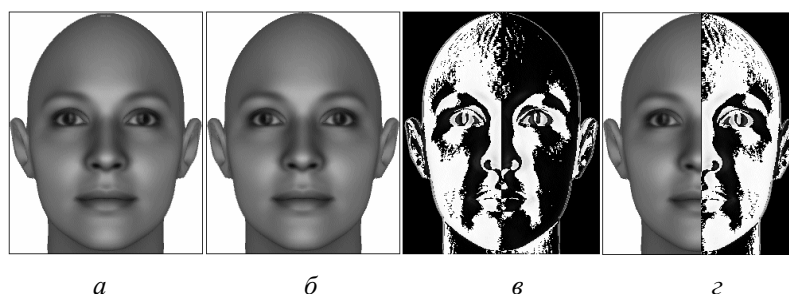
Некоторые методы точного анализа исходных изображений с лицами и последующей их предобработки были представлены авторами в работах [3]–[5].

Цель настоящей статьи – представление новых методов анализа исходных изображений и их предобработки. Главная характеристика этих методов – простота их реализации. Это позволяет отнести новые методы к классу экспресс-методов и предложить их для мобильных систем распознавания лиц, имеющих ограниченные ресурсы быстродействия, памяти и ограничения на встроенные методы обработки изображений.

### **Обсуждение задач о линии симметрии лиц.**

*Случай 1.* Пусть задано изображение  $F$  размером  $M$  на  $N$  пикселей.

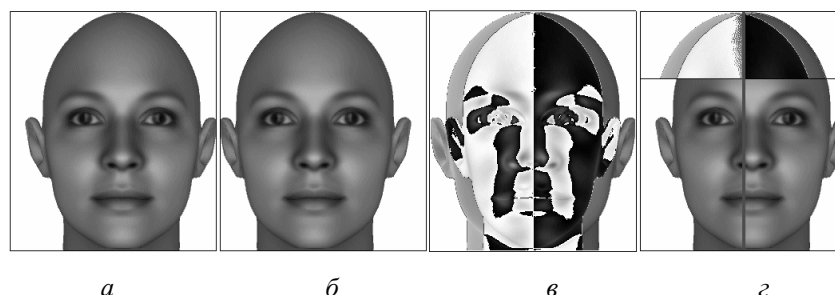
Лицо на изображении ориентировано в фас и точно размещено в центральной области изображения так, как показано на рис. 1, *а*.



*Рис. 1*

На рис. 1, *б* показано изображение, полученное зеркальным отражением исходного относительно вертикальной оси (оси  $Y$ ). На рис. 1, *в* представлено изображение, полученное как разность первых двух изображений. Это изображение имеет четко выраженную границу, разделяющую левую (более светлую) и правую (более темную) стороны лица. Видно, что эта граница точно совпадает с линией симметрии лица на исходном изображении (рис. 1, *г*).

*Случай 2:* лицо на изображении также ориентировано в фас, но размещено немного не в центральной области изображения (рис. 2, *а*). Здесь, например, левая граница изображения находится дальше от области лица, чем правая граница.



*Рис. 2*

На рис. 2, *б* показано зеркальное отражение исходного изображения. На рис. 2, *в* показана разница исходного и зеркального изображений. Теперь граница, разделяющая «левую» и «правую» стороны полученного изображения, не соответствует положению линии симметрии лица на исходном изображении (рис. 2, *г*). Отметим, что «разделяющая граница» сдвинута на половину разницы между расстояниями от границ области лица до вертикальных границ исходного изображения и этот сдвиг направлен в сторону большего расстояния. Данный факт может быть использован для точного определения координат линии симметрии.

Однако в реальных условиях ситуация становится еще сложнее: фон изображения, как правило, не однороден по текстуре и цвету, что может «размыть разделяющую границу» или создаст условия невозможности оценки расстояний от области лица до границ исходного изображения.

**Новое решение задачи о линии симметрии лиц.** Общая стратегия решения поставленной задачи состоит в том, чтобы случай 2 исходных данных привести к случаю 1. Обратимся к изображениям на рис. 3, где показаны 2 варианта исходных изображений.



Рис. 3

Попробуем привести эти исходные данные к первому случаю: выровняем область лица по центру поля всего изображения и элиминируем влияние неравномерного фона и цвета.

Для этого сформируем двумерное симметричное окно  $W$  (например, окно Хемминга – Symmetric Hamming Window) и помножим на него исходное изображение. Если  $W$  – окно,

представляемое как матрица размера  $M \times N$ , то умножение реализуется следующим образом:

$$R = F \circ W, \quad (1)$$

где знак  $\circ$  соответствует операции покомпонентного умножения соответствующих элементов обеих матриц;  $R$  – результат перемножения – матрица размера  $M \times N$ .

Результат (1) и его зеркальное отображение показаны на рис. 3 с правой стороны. Заметим, что в матрице  $R$  влияние неравномерного фона и цвета на границах изображения уже не так заметно.

Теперь найдем проекцию результата  $R$  вдоль оси  $Y$  (по столбцам):

$$p(n) = \sum_{m=1}^M r(m, n), \quad \forall n = 1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

где  $r(m, n)$  – элемент матрицы результата.

Для наглядности отобразим все  $N$  значений проекции (2) в прямом и обратном порядке на графике, представленном на рис. 4. Эти проекции соответствуют результату (1) и его зеркальному отображению.

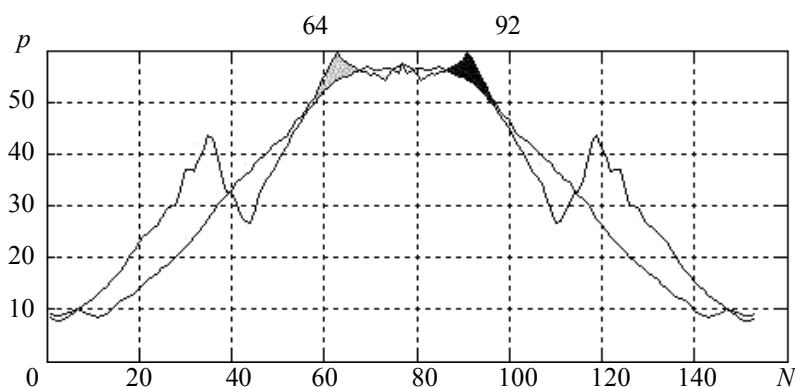


Рис. 4

На кривой проекций (2) также имеется максимум. Симметричный ему другой максимум соответствует проекции, представленной в обратном порядке. На рис. 4 они выделены разным цветом. Над графиками проекций показаны координаты максимумов (64-й и 92-й столбцы), расстояние между которыми – 28 столбцов.



Расстояние между максимумами будет соответствовать разнице между отрезками от границ области лица до вертикальных границ исходного изображения. Теперь несложно уменьшить исходное изображение в направлении оси  $X$  на вычисленную разницу.

Если, например, тройка параметров  $\{index1, index2, d\}$  определяет координаты максимумов и расстояние между ними, то это уменьшение реализуется следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{if } index1 > index2 \quad f_{\text{new}}(m, n) &= f(m, n); \\ \text{if } index2 > index1 \quad f_{\text{new}}(m, n) &= f(m, n + d), \quad \forall n = 1, 2, \dots, N - d; \quad \forall m, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $f_{\text{new}}(m, n)$  – элемент нового (уменьшенного) изображения с лицом, точно размещенным в центре этого изображения.

Процедура (3) сводит исходную задачу к случаю 1, для которого положение оси симметрии определяется на середине нового изображения (рис. 5).

Результаты для других возможных вариантов исходных изображений приведены на рис. 6. Здесь показаны результаты для лица, повернутого в плоскости  $XY$ , поэтому положение линии симметрии совпадает с истинным ее значением только в точке, соответствующей «кончику носа». Однако и эта оценка может быть использована как первое приближение в более точных методах [4], [5].

Представленные идеи можно использовать, например, для построения новых изображений лиц, если исходное изображение имеет тень на одной из половин области лица\*. Пример решения этой задачи показан на рис. 7.

На рис. 7,  $a, б$  – исходное изображение с тенью, причем  $б$  – «зеркальное» изображение;  $в$  – разница между изображениями  $a$  и  $б$ ;  $г$  – новое изображение без теней, составленное из половинок изображений  $в$  (левая часть) и  $a$  (правая часть).



Рис. 5



Рис. 6



$a$

$б$

$в$

$г$

Рис. 7

\* Face Data Base Yale-B: <http://cvc.yale.edu/projects/yalefacesB/yalefacesB.html>

Итак, представлен экспресс-метод оценки положения линии симметрии на исходном изображении с лицом, когда область лица не находится в центре изображения, а фон не однороден по текстуре и цвету. Метод требует:  $MN$  операций умножения для реализации (1);  $MN$  операций сложения для реализации (2); одной операции поиска максимума в векторе, состоящем из  $N$  элементов; одной операции переписи массива (3). Метод реализован в среде пакета MATLAB, а представленные в статье рисунки отображают полученные при этом результаты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li S., Jain A. Handbook of Face Recognition. Springer, 2005.
2. Gao X. et al. Standardization of Face Image Sample Quality // Lecture Notes in Computer Science. 2007. Vol. 4642. P. 242–251.
3. Кухарев Г. А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека. СПб.: Политехника, 2001.
4. Кухарев Г. А., Каменская Е. И., Ву Зуи Линь. Метод определения линии симметрии лица в приложении к задачам билометрии // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2009. № 7. С. 39–44.
5. Кухарев Г. А., Ву Зуи Линь, Nguen the Binh. Метод определения линии симметрии на изображении лица повернутого в плоскости XY на произвольный угол // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 2. С. 7–11.

*Georgy Kukharev, Vu Duy Linh*

*THE EXPRESS – METHODS OF FACIAL SYMMETRY LINE DETECTION*

*The method of symmetry line detection on face images is proposed, when the area of face is not at the centre of the image, and the background is not homogeneous on texture and color.*

**Express-method, symmetry line detection**

УДК 004.77+004.052

*А. В. Малов*

## **МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ КОНТАКТ-ЦЕНТРОВ НА БАЗЕ IP-ТЕЛЕФОНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЩЕГО РЕЗЕРВА КОМПОНЕНТОВ**

*Описываются метод повышения надежности актуальных на сегодняшний день контакт-центров на базе Internet Protocol (IP)-телефонии с использованием общего резервирования его компонентов и альтернативные методики. Рассматриваются аналитические модели надежности контакт-центров, спроектированных с использованием данного подхода.*

**Контакт-центры, IP-телефония, надежность вычислительных комплексов, методы повышения надежности контакт-центров**

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие информационных технологий. В частности, активно развиваются центры обслуживания вызовов (ЦОВ), которые стремительно вошли в жизнь современного общества и стали его неотъемлемой частью. В них объединились телекоммуникационные, компьютерные и социальные технологии. По сравнению, например, с многоканальными номерами, они значительно удобнее для пользователей и позволяют предоставить множество дополнительных услуг. Безусловно, их число будет постоянно расти по мере экономического развития в целом.

Одним из наиболее современных и перспективных видов ЦОВ являются контакт-центры на базе IP-телефонии [1], [2], однако и они не лишены недостатков. К последним можно отнести необходимость использования дополнительных решений для повышения надежности оборудования [3]. Вопрос надежности особенно актуален при вызове спецслужб (например, служба скорой медицинской помощи, пожарная служба, МЧС) или получении неотложной консультации. Как показывает обзор современной литературы, в настоящее время достаточно мало конкретных методик построения надежных контакт-центров и критериев оценки их надежности [2].

Существующие модели систем с общим резервом [4]–[6] построены, как правило, с учетом идеальных характеристик контроля работоспособности. В работе [7] рассматриваются вопросы надежности функционирования программного обеспечения сложных систем. Часть результатов этой работы можно использовать применительно к контакт-центрам. Статистика показывает, что часто в реальных системах причиной отказа служат аппаратные неполадки (отсоединившиеся разъемы, перегоревшие блоки питания и т. п.) [8]. Вследствие этого результатов подобных работ недостаточно для комплексного анализа надежности контакт-центров.

В данной статье рассматривается вопрос повышения надежности контакт-центров с помощью общего резерва для его однотипных компонентов (в основном серверов) и оценка эффективности данной методики по критерию надежности на основе построенных математических моделей процесса отказов и восстановлений (ПОВ) контакт-центра с учетом параметров контроля.

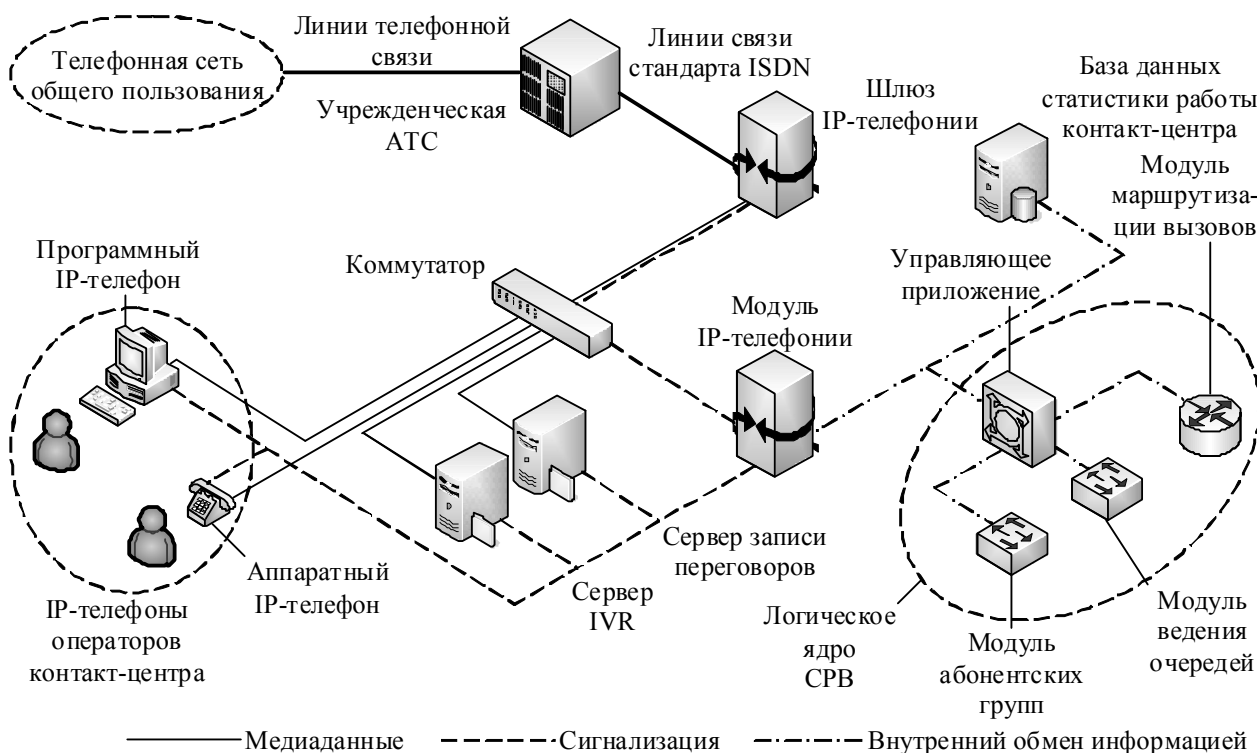


Рис. 1

Для наглядности на рис. 1 приведена функциональная схема центра обработки вызовов. Важно отметить, что блоки, изображенные на этом рисунке, являются скорее функциональ-

ными, чем физическими, а их размещение по отдельным физическим устройствам может быть самым произвольным [1], [2]. Физически все модули ЦОВ, исключая шлюз IP-телефонии, так как он является специальным программно-аппаратным комплексом, могут быть размещены на одном сервере. Этого будет достаточно для небольшого контакт-центра с малой производительностью. При росте производительности контакт-центра количество серверов должно также увеличиваться. Это связано в первую очередь с тем, что контакт-центр не может обслужить больше вызовов, чем могут обслужить серверы с работающими на них модулями ЦОВ и шлюз IP-телефонии и, таким образом, для роста производительности контакт-центра нужно увеличивать количество серверов, на которых работают модули ЦОВ.

Анализ основных функций контакт-центра и его устройства показывает, что контакт-центр представляет собой многоканальную систему массового обслуживания с ограниченной (но достаточно большой) очередью на входе, с ненадежными обслуживающими приборами [2]. Обслуживающими приборами в данном случае являются не только агенты контакт-центра, как может показаться на первый взгляд, но и модули ядра контакт-центра, так как именно они ставят поступивший вызов в очередь, распределяют вызовы по свободным агентам и следят за вызовом до его окончания. Наиболее критичными с точки зрения отказоустойчивости являются серверы ядра СРВ, модуль IP-телефонии и шлюз IP-телефонии, отказ любого из данных модулей приводит к неработоспособности всего контакт-центра.

Одним из возможных способов повышения надежности контакт-центра является кластеризация системы. Методика кластерной системы высокой готовности подразумевает объединение двух или более единиц оборудования в единую подсистему, обеспечивающую ту или иную функциональность [8]. Кластерный подход используется при отдельном резервировании какого-либо компонента системы, отвечающего за определенную функциональность. Если в системе существует несколько однотипных компонентов, то целесообразно использовать общие резервные элементы. Серверы контакт-центра с работающими на них модулями можно представить как набор однотипных элементов и соответственно поставить задачу оценки «канальной» надежности [4]. В таком случае рассматривается система из некоторого числа однотипных рабочих элементов, часть которых предназначена для скользящего резерва, когда каждый резервный элемент может заменить любой из отказавших.

В статье рассмотрен метод повышения отказоустойчивости контакт-центров с использованием общего резерва компонентов. Данный способ следует использовать для групп однотипного оборудования контакт-центра, например для серверов ядра СРВ, модуля IP-телефонии и т. д. Рассматриваются математические модели, позволяющие оценить эффективность рассматриваемого подхода по критерию надежности, с учетом параметров контроля.

**Математическая модель ПОВ одиночного элемента (сервера).** В состав отказоустойчивого контакт-центра на базе IP-телефонии в том или ином виде должна входить подсистема контроля работоспособности. Обычно в подобную систему входят средства аппаратного, программно-логического и тестового контроля. Отказы, охваченные аппаратным контролем, фиксируются с некоторой вероятностью  $\alpha$ . Отказы, не фиксируемые этими средствами, обнаруживаются периодически с помощью совокупности тест-программ. Время пребывания в состоянии необнаруженного отказа определяется периодом тестового контроля  $T$ . Примем допущение об

идеальном качестве проверочных тестов, т. е. они фиксируют любые отказы, не фиксируемые аппаратным контролем.

Таким образом, в процесс отказов и восстановлений одиночного сервера целесообразно ввести следующие состояния:  $S_1$  – исправное состояние;  $S_2$  – состояние необнаруженного отказа;  $S_3$  – состояние восстановления, после отказа (диагностика и ремонт).

Обозначим через  $\Phi_{ij}(t)$  условную вероятность того, что полумарковский процесс будет находиться в состоянии  $S_i$  не более  $t$  и перейдет в состояние  $S_j$  ( $i, j = 1, 2, 3$ ). Так как любой такой промежуток с течением времени заканчивается, то можно записать  $\sum_{j=1}^3 \Phi_{ij}(\infty) = 1$ .

Описанный полумарковский процесс полностью задается совокупностью условных вероятностей переходов  $\{\Phi_{ij}(t)\}$  [9].

Примем и обозначим следующие параметры:

$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$  – функция распределения (ФР) времени наработки устройства до отказа;

$G(t) = 1 - e^{-\mu t}$  – ФР времени ремонта устройства;

$H(t) = \frac{t}{T}$ ,  $0 \leq t \leq T$  – ФР времени пребывания устройства в состоянии необнаруженного

отказа.

При отказе устройства в момент времени  $t$  возможны следующие события и соответствующие им вероятности:

а) фиксируемый отказ, процесс из состояния  $S_1$  переходит в состояние  $S_2$ . Соответствующая этому событию вероятность имеет вид  $\Phi_{12}(t) = \alpha F(t)$ ;

б) нефиксируемый отказ, процесс из состояния  $S_1$  переходит в состояние  $S_3$ . Вероятность ситуации  $\Phi_{13}(t) = (1 - \alpha)F(t)$ .

Условная вероятность перехода из состояния нефиксируемого отказа  $\Phi_{32}(t) = H(t)$ .

Переходу процесса из состояния фиксируемого отказа в исправное соответствует вероятность  $\Phi_{21}(t) = G(t)$ .

Выражение для ФР времени наработки на отказ имеет вид  $V(t) = \Phi_{12}(t) + \hat{O}_{13}(t) = F(t)$ . С учетом этого математическое ожидание (МО) времени наработки на отказ вычисляется по формуле

$$M[\zeta] = \int_0^{\infty} t dF(t) = \frac{1}{\lambda}. \quad (1)$$

Выражение для ФР времени восстановления имеет вид  $U(t) = \hat{O}_{12}(\infty)\hat{O}_{21}(t) + \hat{O}_{13}(\infty)\hat{O}_{32}(t) * \hat{O}_{21}(t) = \alpha G(t) + (1 - \alpha)H(t) * G(t)$ , где знак \* означает операцию свертки

двух функций. Воспользовавшись данной формулой, нетрудно получить выражение для МО времени восстановления устройства:

$$M[\xi] = \int_0^{\infty} t dU(t) = \frac{1}{\mu} + (1-\alpha) \frac{T}{2}. \quad (2)$$

**Математическая модель ПОВ при общем резерве и полностью ограниченном восстановлении.** Рассмотрим систему, состоящую из  $n$  рабочих единиц оборудования (серверов) и  $k$  резервных. Таким образом, для функционирования системы предназначено  $N = n + k$  элементов. Система будет находиться в состоянии отказа в том случае, если одновременно будут находиться в состоянии отказа  $k + 1$  и более ее компонентов. Примем для системы полностью ограниченное восстановление, т. е. при любом числе отказавших элементов в системе может восстанавливаться не более одного из них. Предположим, что все компоненты системы имеют одинаковую интенсивность потока отказов  $\lambda$  и восстановлений  $\mu$ . На рис. 2 представлен граф состояний данной системы. Здесь  $H_i$  соответствует состоянию системы, когда в состоянии отказа находится  $i$  элементов. Система находится в состоянии отказа, если из строя вышло хотя бы  $k + 1$  элементов, т. е. при  $i > k$ . Штрихами обведена группа состояний, соответствующих отказу системы.

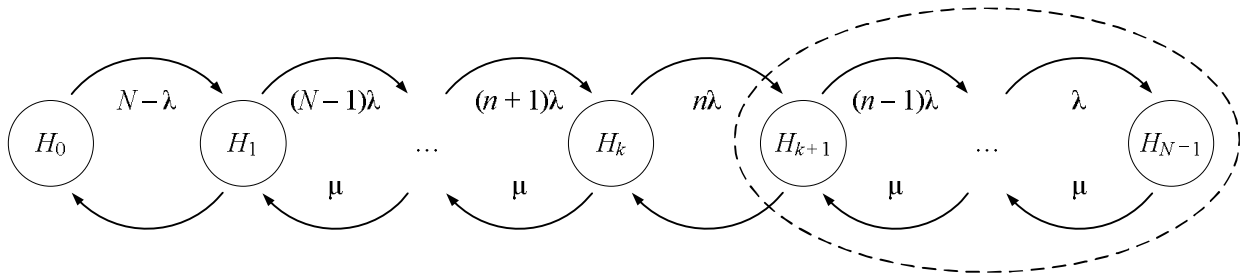


Рис. 2

Из определения коэффициента готовности ( $K_r$ ) [10] следует, что его значение можно вычислить по формуле  $K_r = \sum_i P_i$ , где  $\sum_i P_i$  – сумма вероятностей исправных состояний системы. Для рассматриваемой системы исправными являются состояния из последовательности от  $H_0$  до  $H_k$  включительно.

Для вычисления МО времени восстановления данной системы можно воспользоваться известным выражением [5]:

$$M[\xi^{n,k}] = \frac{(n-1)!}{\lambda} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(n-i)!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^i, \quad (3)$$

где  $M[\xi^{n,k}]$  – МО времени восстановления системы из  $n$  рабочих компонентов и  $k$  резервных с потоком отказов  $\lambda$  и восстановлений  $\mu$ .

Используя известное выражение  $M[\zeta^{n,k}] = M[\xi^{n,k}] [K_r / (1 - K_r)]$ , с учетом (3) можно получить выражение для МО времени безотказной работы

$$M[\zeta^{n,k}] = \frac{(n-1)!}{\lambda} \sum_{i=0}^k \frac{1}{(n+i)!} \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^i. \quad (4)$$

На рис. 3 приведены характеристики, отражающие зависимость МО времени безотказной работы систем, состоящих из  $n$  активных компонентов, от их числа. В данном примере для каждого из элементов приняты следующие характеристики: вероятность обнаружения отказа аппаратным контролем  $\alpha = 0.9$ , интенсивность потока восстановления  $\mu = 0.5 \text{ ч}^{-1}$ , интенсивность потока отказов  $\lambda = 0.01 \text{ ч}^{-1}$ , период тестового контроля  $T = 0.1 \text{ ч}$ .

На данном рисунке последовательность  $f_1(n)$  характеризует МО времени безотказной работы системы, состоящей из  $n$  активных элементов, от их числа. Количество общих резервных элементов системы равно единице ( $k = 1$ ) для любых значений числа рабочих элементов ( $n$ ). Последовательность  $f_2(n)$  – характеристика МО времени безотказной работы системы, состоящей из  $n$  элементов, без применения резервирования.

МО времени безотказной работы каждого элемента системы вычисляется по выражению (1), а МО времени восстановления – по выражению (2). Далее значения, обратные полученным, подставляются в выражения (3), (4) в качестве интенсивностей потоков отказов и восстановлений элементов соответственно. Строго говоря, время восстановления элемента с учетом параметров контроля не должно иметь экспоненциального распределения. Предполагается, что его можно заменить экспоненциальным распределением с эквивалентным МО. Правомерность сделанных предположений и полученные результаты подтверждаются результатами моделирования. Рассмотренный подход позволяет учесть параметры контроля при вычислениях.

Из графика видно, что МО времени безотказной работы системы, состоящей из  $n$  элементов, без применения резервирования (последовательность  $f_2(n)$ ) незначительно уменьшается с ростом их числа на данном участке. МО времени безотказной работы системы, состоящей из  $n$  активных компонентов и одного элемента общего резерва (последовательность  $f_1(n)$ ),

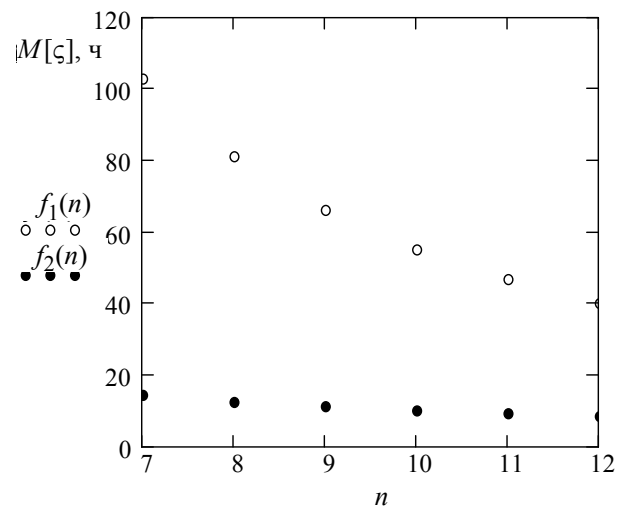


Рис. 3

изменяется. В начале участка его значение достаточно велико, но с ростом  $n$  уменьшается. Это связано в первую очередь с тем, что в системе постоянное число резервных элементов, при малых значениях  $n$  их число относительно велико, а в конце участка становится недостаточным.

Для повышения показателей надежности систем на практике можно использовать несколько ремонтных бригад, которые, при необходимости, будут одновременно восстанавливать отказавшее оборудование. Это позволяет увеличить интенсивность восстановления системы. Для расчета надежности подобных систем, обслуживаемых несколькими ремонтными бригадами, требуются соответствующие модели. Математические модели при общем резерве и числе ремонтных органов, не большем, а также большем числа резервных, анало-

гичны рассмотренной модели. В первом случае для системы нужно принять возможность восстановления не одного элемента при любом числе отказавших элементов, а не более  $L$  из них, причем  $1 \leq L \leq k$ . Во втором случае нужно принять следующие параметры восстановления: в системе имеется  $L$  ремонтных органов, при этом  $k + 1 \leq L \leq N$ .

**Выводы.** Приведены математические модели, позволяющие оценить характеристики надежности контакт-центра, спроектированного с использованием общего резерва. Данные модели позволяют учесть различные характеристики контроля и разное число ремонтных бригад. Рассмотренные методы и модели как отдельно, так и в сочетании с другими, не рассмотренными в данной статье, могут применяться для повышения отказоустойчивости контакт-центров, а также оценки их надежности как на стадии проектирования, так и для анализа характеристик разработанных систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн Б. С., Фрейнкман В. А. Call-центры и компьютерная телефония. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2002.
2. Малов А. В. Контакт-центры на базе IP-телефонии // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. Вып. 8. С. 26–32.
3. Зарубин А. А. Формула контакт-центра // Сети и системы связи. 2003. Вып. 8. С. 52–55.
4. Козлов Б. А. Резервирование с восстановлением. М.: Сов. радио, 1969.
5. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006.
6. Ушаков И. А. Вероятностные модели надежности информационно-вычислительных систем. М.: Радио и связь, 1991.
7. Липаев В. В. Надежность программных средств. М.: СИНТЕГ, 1998.
8. Горшков В. Кластерные решения // Сетевой журнал. 2001. Вып. 5. [Режим доступа: <http://www.setevoi.ru/cgi-bin/text.pl/magazines/2001/5/70>, своб. Язык: русский]
9. Шакун Г. И., Трофимов П. И., Алтарев В. П. Отказоустойчивость систем передачи данных. М.: Радио и связь, 1984.
10. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965.

*A. V. Malov*

### *METHOD FOR BUILDING RELIABLE CONTACT-CENTERS ON THE BASIS OF THE IP-TELEPHONY WITH COMMON RESERVE*

*Method for increasing reliability with usage of common reserve for components of the contact-centers on the basis of the Internet Protocol (IP)-telephony having actual nowadays and alternative methods are described. Analytical models of the reliability of the contact-centers designed by such method are observed.*

**Contact-centers, IP-telephony, reliability of computers complexes, methods for increasing reliability of the contact-centers**



## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПАКЕТА ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ

*Рассмотрены новый программный пакет графического моделирования и оценки систем распознавания изображений лиц, описана структура пакета.*

### Распознавание лиц, предметно-ориентированное моделирование

Автоматическое распознавание лиц на изображениях – одна из нерешенных проблем. Прогресс в ее решении во многом определяется наличием необходимого инструментария для моделирования, сравнительной оценки известных и разработки новых алгоритмов распознавания. Вопросам создания пакета программ для моделирования соответствующих задач и систем посвящена данная статья. Вначале рассматриваются общие вопросы создания и исследования систем распознавания изображений лиц, затем – принципы построения пакета программ и выбор варианта реализации пакета.

**Моделирование систем распознавания изображений лиц.** В настоящее время активно развиваются предметно-ориентированные языки программирования и языково-ориентированное программирование [1]. Их отличие от традиционного, объектно-ориентированного подхода связано с возможностью программирования сразу в терминах концепций и понятий решаемой проблемы.

Для решения задач графического моделирования систем распознавания целесообразна разработка специализированного предметно-ориентированного языка программирования, с возможностями моделирования различных алгоритмов и их последовательностей, быстрой постановки экспериментов и не требующего навыков программирования.

Создание систем, отвечающих перечисленным требованиям, позволит существенно упростить разработку, модификацию и исследование систем распознавания. Целью создания универсального пакета моделирования является решение следующих прикладных задач биометрии:

- выбор и параметрическая оптимизация модели системы распознавания;
- тестирование с использованием стандартных и специальных баз лиц;
- оценка эффективности созданной модели системы распознавания;
- сравнение конкурентных моделей систем распознавания;
- исследование и минимизация пространства признаков и т. д.

Существующее программное обеспечение (ПО) для моделирования систем распознавания изображений лиц можно разделить на две группы: универсальное ПО и специализированные пакеты программ. К первой группе относится любая среда программирования на языке общего назначения (Microsoft Visual Studio, Eclipse и т. д.), ко второй – среды технического моделирования и вычислений (MATLAB, LabVIEW и т. д.), а также специализированные программные средства с фиксированным набором модулей. ПО второй группы допускает использование предметно-ориентированного языка. К специализированному ПО относят-

ся: National Instruments Vision Assistant<sup>\*</sup>, FaReS-MOD (Face Recognition System Modeler) [2] и FaRetSys (Face Retrieval System) [3]. Особенностью большинства сред технического моделирования и вычислений является универсальность и широкий набор сторонних библиотек математической статистики (МС) и цифровой обработки изображений (ЦОИ).

Среда Vision Assistant ориентирована на решение задач пакетной обработки изображений, позволяет создавать в интерактивном режиме только линейные вычислительные модели без возможности классификации. Среда не является полноценным средством моделирования систем распознавания.

Среда FaReS-MOD является самой функциональной из названных. Представленный в ней набор модулей позволяет проектировать системы, содержащие все этапы распознавания от предобработки до классификации, но только линейной структуры. Проработана методология построения систем распознавания, настройка систем и получение результатов моделирования.

Среда FaRetSys во многом аналогична предыдущей, но позволяет создавать каскадные и параллельные системы для построения эффективных, в плане качества распознавания и быстродействия, систем на базе простых классификаторов. Возможно расширение функционала пользовательскими модулями. Недостатками среды является малый базовый функционал, невозможность перестройки параметров системы.

Большой практический интерес представляет разработка программного средства на предметно-ориентированном языке, объединяющего в себе достоинства вышеописанных средств, включающего в свой состав известные алгоритмы предобработки изображений, экстракции/селекции признаков, классификации и способного обрабатывать большие объемы данных. Вопросы, связанные с созданием такого пакета программ – FaReS-MOD+ (Face Recognition System Modeler Plus), предъявляемыми к нему требованиями и его составом будут рассмотрены далее.

**Face Recognition System Modeler Plus.** Блок-схема построения модели системы распознавания представлена на рис. 1. Проектирование модели реализуется в интерактивном режиме и включает в себя:

- синтез новой исходной структуры или выбор ее прототипа;
- определение структуры исходных и выходных данных;
- выбор блоков системы, установку функций и параметров их работы;
- выбор/установку режима работы всей системы.

Пакет программ должен решать следующие задачи:

- построение и анализ модели системы распознавания;
- модификация проекта;
- сравнение различных моделей систем распознавания;
- исследование влияния структуры модели и параметров отдельных блоков обработки на результат;

---

<sup>\*</sup> . NI Vision Assistant Tutorial. <http://www.ni.com/pdf/manuals/372228k.pdf>

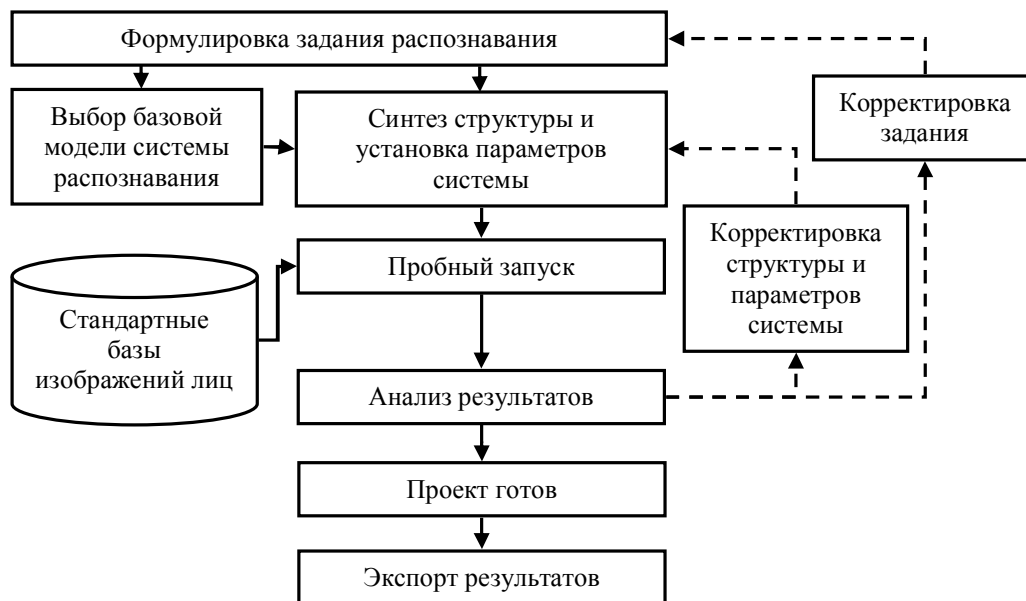


Рис. 1

- оценка качества работы моделей по точности распознавания, быстродействию, распределению/кластеризации данных в признаковом пространстве и т. д.;
- возможность расширения состава пакета программ.

Состав и назначение компонентов пакета программ. Модульная структура пакета программ представлена на рис. 2.

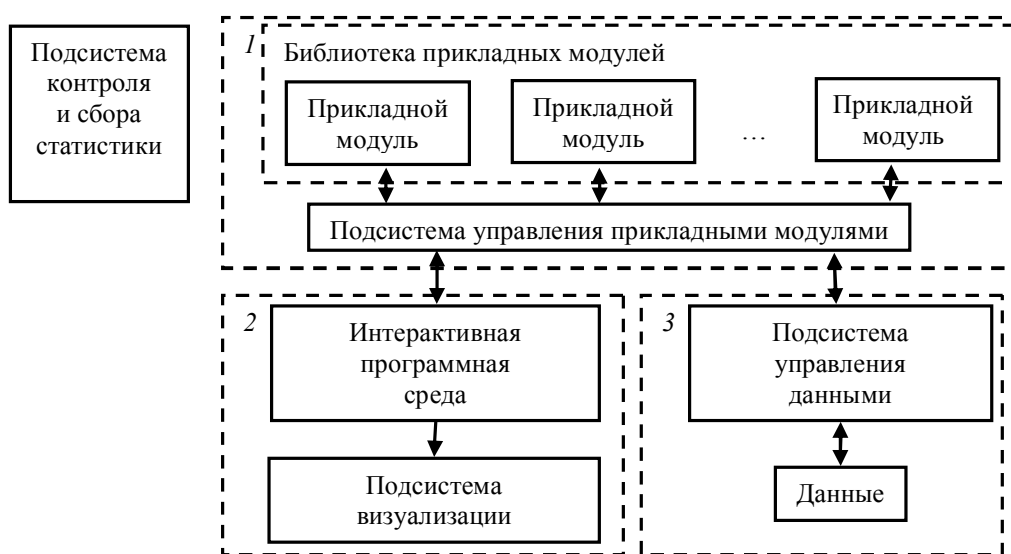


Рис. 2

В предложенной архитектуре можно выделить 3 основные части, отмеченные на рис. 2 номерами 1–3. Такое построение позволяет разделить между собой систему ввода/вывода 3, интерактивную программную среду 2 и библиотеку прикладных модулей 1, что улучшает масштабируемость, сопровождаемость и надежность системы в целом. Модульная архитектура обеспечивает гибкость и расширяемость системы без существенного увеличения трудозатрат на ее реализацию. Для создания собственных прикладных модулей разработчику предоставляется набор интерфейсов.

Подсистема управления данными обеспечивает взаимодействие прикладных модулей с файловой системой, а также операции импорта/экспорта данных (сохранение/загрузка проекта, генерация отчета, сборка автономного модуля).

Интерактивная программная среда представляет собой графическую оболочку управления пакетом и позволяет:

- построить модель системы распознавания на основе прикладных модулей;
- управлять прикладными модулями и их взаимодействием;
- собирать и накапливать статистическую информацию о работе системы и модулей;
- получать доступ к внешним ресурсам;
- импортировать и экспортировать данные.

Все прикладные модули реализуют единообразный интерфейс взаимодействия кода модуля с другими подсистемами (рис. 3).

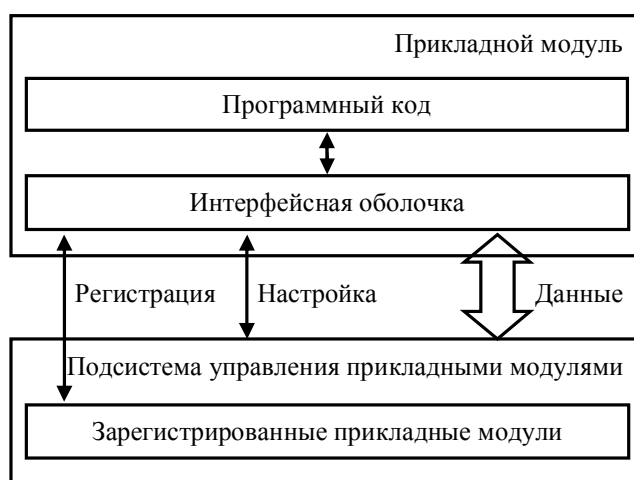


Рис. 3

В соответствии с выдвинутыми требованиями к пакету программ и спецификой предметной области можно выделить следующие группы модулей:

- модули для работы с базами изображений;
- модули предобработки изображений;
- модули экстракции/селекции признаков;
- модули классификации;
- модули отображения результатов.

Подсистема управления прикладными модулями осуществляет настройку модулей и предоставляет доступ к их функционалу, взаимодействует с интерактивной программной средой.

**Особенности реализации.** Реализация пакета программ включает в себя выбор среды реализации и языка программирования, архитектуры пакета и особенностей ее реализации.

**Среда реализации пакета программ.** Для реализации пакета программ может быть использована как специализированная вычислительная среда (MATLAB, LabVIEW и т. д.), так и универсальная среда программирования (MS Visual Studio, Eclipse, Borland Builder и т. д.). Выберем Java как одну из наиболее популярных платформ для разработки ПО [4]. Ограничимся использованием только профессиональных интегрированных средств разработки на Java, удовлетворяющих базовым критериям OpenSource, оставляя вне рассмотрения коммер-

ческое ПО. В настоящее время существует большое количество средств разработки для Java, но ранее перечисленным требованиям удовлетворяют только Eclipse и NetBeans. Опрос java-разработчиков, проведенный популярным web-ресурсом ONJava, выявил, что среди лидирующих сред разработки безусловную победу одержала Eclipse, набрав 62 % голосов, 29 % программистов использовали различные редакторы и командную строку, 20 % предпочли IntelliJ, а 16 % – NetBeans. Также 16 % предпочитают прочие среды. Eclipse, безусловно, является лучшей Open Source-средой разработки приложений на языке Java [5]. Для наглядности сравним Eclipse с наиболее распространенными специализированными вычислительными средами LabVIEW и MATLAB (см. таблицу).

Вычислительные средства	LabVIEW 8.6	MATLAB 7.6+ Simulink	Eclipse 3.4
Язык программирования	Графический	Графический, MATLAB script	Java
Библиотеки ЦОИ и МС (встроенные/внешние)	+/-	+/+	-/+
Возможность сборки автономно исполняемого модуля или библиотеки	+	+	+
Возможность загрузки внешних библиотек	DLL	Имеющих С-интерфейс, Java классы	+
Взаимодействие с другими процессами	TCP/IP	COM, DDE-механизм и MEX-файлы	CORBA, RMI, TCP/IP, средства ОС
Поддержка распараллеливания	+	+	+
Быстродействие (+, ++, +++)	+	+	+++
Скорость создания ПО (+, ++, +++)	++	++	+
Механизмы отладки (+, ++, +++)	+	++	+++
Механизмы рефакторинга (+, ++, +++)	+	++	+++

На основании таблицы можно сделать следующие выводы:

- специализированные среды обладают встроенными библиотеками, что может сократить время разработки и является гарантом корректности результатов их работы;
- скорость работы ПО, созданного в универсальных средах разработки, выше;
- визуальное программирование в специализированных средах сокращает время программирования, в универсальных средах может быть создано более «гибкое» ПО;
- поддержка проекта, созданного в специализированных средах, сильно усложняется по мере роста проекта.

В результате для реализации пакета программ была выбрана среда прикладного программирования Eclipse, к достоинствам которой можно отнести богатый функционал и доступность.

*Реализация архитектуры пакета программ.* В настоящее время активно развиваются платформы предметно-ориентированного моделирования, которые позволяют легко реализовывать средства графического проектирования, ориентированные на специфику той или иной проблемной области. Оказывается, что создать на их основе собственный графический редактор намного проще. Краткий обзор и сравнение самых «зрелых» на сегодняшний день DSM-платформ можно найти в [5]. Основываясь на обзоре, было принято решение использовать Eclipse/GMF (Graphical Modeling Framework) как наиболее подходящую среду для разработки горизонтального прототипа пакета программ. Выбор интегрированной в состав

Eclipse среды GMF позволяет использовать весь богатый графический функционал Eclipse и сконцентрироваться только на создании отдельных видов и редакторов в рамках этой графической среды.

**Выводы.** В статье сформулированы задачи, возникающие при создании средств моделирования систем распознавания изображений лиц, разработаны рекомендации по построению пакета программ для моделирования и анализа таких систем. Предложена архитектура пакета, приведены состав подсистем и их назначение.

Пакет позволит, не прибегая к классическому программированию, быстро поставить эксперимент, исследовать систему распознавания лиц и сравнить ее результативность с другими, ранее созданными системами. За счет открытой архитектуры состав пакета может быть расширен новыми методами и алгоритмами.

В будущем планируется ввести в состав пакета модули для распределения и распараллеливания вычислений с использованием сетевого взаимодействия и современных многоядерных архитектур. Планируется реализовать возможность экспорта автономных исполняемых программных модулей, которые могут быть использованы конечными пользователями для решения конкретных задач распознавания.

Данный пакет может использоваться для поддержки лабораторного практикума в учебном процессе по таким дисциплинам, как «Компьютерные методы идентификации личности», «Распознавание образов» и др.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев С. Языково-ориентированное программирование: следующая парадигма // RSDN Magazine. 2005. № 5. Б. С.
2. Kukharev G., Kuzminski A. An environment for recognition system modeling // Enhanced methods in computer security, biometric and artificial intelligence systems. 2005. P. 157–164.
3. Kukharev G., Mikiasz M., Taudal B. Strategia budowy systemow klasy «Face Retrieval» // Metody Informatyki Stosowanej. 2007. T. 12. S. 61–72.
4. Орлик С. Open Source среды разработки приложений на языке Java [Электронный ресурс] – Электрон. текст. и граф. дан. – [Б. м.]: Б. изд., Б. д. – Режим доступа: [http://www.elashkin.com/attach.asp?a\\_no=91](http://www.elashkin.com/attach.asp?a_no=91), свободный.
5. Building Tools for Model Driven Development. Comparing Microsoft DSL Tools and Eclipse Modeling Plugins / V. Pelechano, M. Albert, J. Munoz, C. Cetina // Actas del Taller sobre Desarrollo de Software Dirigido por Modelos. MDA y Aplicaciones. 2006. Vol. 227. W/O P.

*M. U. Khomyakov, G. A. Kukharev*

### *CONCEPT OF PROGRAM PACKAGE DEVELOPMENT FOR FACE RECOGNITION SYSTEM MODELING*

*Visual programming in terms of graphical models became one of the most long-term approaches for modeling software development. In the work we present the new software for graphical modeling and face recognition systems comparison.*

**Face recognition, domain-specific modeling**

## ФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ОНТОЛОГИЙ

*Рассматриваются методы и алгоритмы поиска отображающей онтологии, представленной в дескриптивной логике ALC, на основе анализа логических аксиом онтологии и тезауруса, определяющего лексические отношения между словами. Предлагается метод поиска ошибочных отображений, основанный на анализе их влияния на семантику терминов и взаимных зависимостях между отображениями. Описаны результаты работы методов на тестовых онтологиях, используемых в IZCON и ОАЕИ.*

### Отображение онтологий, онтологический сервис, тезаурус

Онтологии определяют явную спецификацию концептуализации на основе набора определений классов, отношений, объектов с помощью формальных логических аксиом и неформальных описаний. Развитие формальных логических моделей, объектно-ориентированного подхода и сетевых сервисов привело к распространению онтологий в различных областях, таких, как дистанционное обучение, электронная коммерция, медицинские системы, поисковые системы, корпоративные информационные системы, классификационные и исследовательские системы [1]. Для представления онтологий используются различные модели представления знаний, такие, как семантические сети, фреймовые системы, дескриптивная логика, логика предикатов первого порядка и др.

Задача согласования онтологий состоит в поиске отображающей онтологии. Ее отображения представляются формальными логическими зависимостями (например, «класс-подкласс») между терминами, определенными в различных онтологиях. В зависимости от ограничений на отображения выделяют 4 вида подходов к отображению:

1. *Ontology merging*. Две согласуемые онтологии объединяются для создания третьей онтологии с сохранением моделей и знаний, заложенных в согласуемых онтологиях. В этом случае отсутствуют какие-либо ограничения на отображения.

2. *Ontology mapping*. Процесс согласования заключается в выделении возможных отношений между выражениями согласуемых онтологий. В отображениях должна существовать возможность группировки конструкций по согласуемым онтологиям [2].

3. *Ontology matching* заключается в поиске отношений между терминами согласуемых онтологий и является подклассом *ontology mapping* [3].

4. *Ontology alignment*. Подход предназначен для поиска некоторого классификационного отношения между классами из различных онтологий и является подклассом *ontology matching* [4].

Наиболее широко распространено 4 применения отображающих онтологий: преобразование данных, обработка запросов, расширение онтологии, построение логического вывода на их основе [5].

Для согласования онтологии используются различные подходы, основанные на анализе

- названий терминов с помощью тезаурусов [5],
- структуры классификации и семантической сети [3],
- использования онтологий для описания объектов,

- отображений в другие онтологии,
- экспертных знаний [4].

Широкое распространение получили комбинированные подходы, основанные на их сочетаниях [6].

В разрабатываемом онтологическом сервисе используем алгоритм из следующих шагов:

- согласуемые онтологии разбиваются на фрагменты;
- для каждой пары фрагментов строятся возможные отображения;
- из отображений для фрагментов исключаются взаимосвязанные и противоречивые отображения и создаются варианты отображающих онтологий;
- на основании функции предпочтения выбирается используемый вариант отображающей онтологии для фрагментов с учетом информации об отображении других фрагментов.

Существующие онтологии можно разделить на 3 группы:

- большие онтологии, содержащие более 10 000 терминов и использующие для их определения небольшое количество отношений (таких, как *part-of*, *subclass* и лингвистические отношения);
- средние онтологии, определяющие классы и новые отношения между ними с помощью логических аксиом;
- небольшие онтологии, содержащие до 100 терминов и используемые в основном в конкретных задачах и для тестирования.

Разработанные алгоритмы наиболее эффективны при согласовании средних и небольших онтологий. Небольшие онтологии могут быть обработаны без декомпозиции. При разработке средних онтологий используются специальные методологии. В результате их применения отношения и аксиомы связывают термины неравномерно, позволяя разделить онтологию на пересекающиеся фрагменты без существенной потери семантики.

В разработанных методах используем онтологии, представленные в дескриптивной логике, являющейся подмножеством логики предикатов. Для разделения онтологии на фрагменты всем предикатам (концептам и ролям) назначаются вершины графа, в котором дуги показывают наличие аксиомы, содержащей оба термина. Далее граф разбивается на подграфы с минимальным числом вершин  $N$ , связанных с вершинами из других подграфов не более чем  $M$  дугами, где  $N$  и  $M$  определяются пользователем. Во фрагмент онтологии добавляются все аксиомы, содержащие хотя бы один термин из подграфа. При таком разбиении одна аксиома может появляться в нескольких фрагментах онтологии. Значения  $N$  и  $M$  зависят от сложности аксиом онтологии, предметной области и доступного времени для решения задачи.

На втором шаге используется тезаурус для генерации возможных отображений на основе логического вывода. Тезаурус является простейшей формой онтологии, определяющей отношения «синоним», «антоним» и «гиперним» для слов и выражений из одного или нескольких языков. Построение названий терминов из одинаковых слов и слов, отношения между которыми определены тезаурусом, обеспечивает основу для построения отображений. В связи с этим каждый термин онтологии разбивается на слова и комбинации слов, которые определены в другой онтологии или тезаурусе. Разбиение терминов может внести семантическую и логическую ошибку. Для их минимизации каждое разбиение проверяется на непро-



тиворечивость с онтологией и ранее найденными разбиениями. Формально разбиение представляется в виде конъюнкции предикатов с арностью, равной арности разбиваемого термина.

Для построения отображений необходимо заменить термины тезауруса и другие элементарные термины, полученные на предыдущем шаге, терминами из согласуемых онтологий средствами логического вывода. На каждом шаге вывода используется хотя бы одно выражение, содержащее исключаемые термины.

Так как из набора аксиом онтологий и дополнительных выражений в общем случае можно построить бесконечное множество выводимых отображений, необходимо фильтровать полученные результаты. Для этого из результатов исключаются отображения, выводимые из других отображений, и используются стратегии вывода с анализом длины выведенных отображений. Полученные таким методом отображения могут содержать ошибочные отображения. Задача третьего шага найти и исключить их.

На третьем шаге используются следующие предположения:

1. Тезаурус позволяет найти все возможные элементарные отображения между терминами.

2. Если существует новое структурно простое отображение, которое делает несколько исходных отображений выводимыми, то это отображение считается потерянным на предыдущем шаге.

3. Предположение о полноте онтологической теории относительно выбранной концептуализации в рамках данных языков представления аксиом. Если в результате согласования онтологий в исходной онтологии можно вывести утверждение, выходящее за рамки ее аксиом, представимое на формальном языке исходной онтологии и состоящее только из элементов исходной онтологии, то при согласовании была допущена ошибка, которая исправляется исключением одного из отображений, породившего новое утверждение.

Совместное использование первого и второго предположений позволяет выделять группы взаимосвязанных отображений, являющихся ошибочными в рамках данного тезауруса. На основе этого подхода построен алгоритм формального анализа для поиска ошибочных отображений.

Для поиска потерянных отображений все термины заменяются их определениями, которые при подстановке в любую аксиому делают ее тавтологией. Для этого все термины разбиваются на две группы: примитивные и полностью определенные. Предположим, имеется частичное определение `developer` как подкласса `employee`. Для полноты определения `developer` необходимо ввести вспомогательный класс  $A$ , который при пересечении с `employee` даст `developer`. Этот класс  $A$  фактически обозначает потерянные свойства, позволяющие отличить `developer` от `employee`. После этого `developer` может быть заменен во всех аксиомах онтологии и отображениях на конъюнкцию классов `employee` и  $A$  без потери семантики.

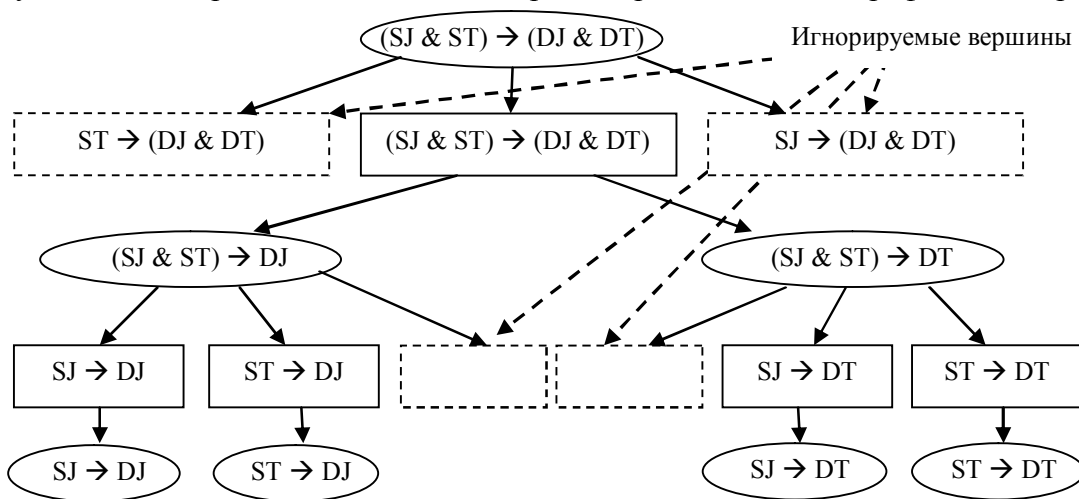
После замены всех определяемых терминов на их полные отображения все аксиомы онтологий станут тавтологиями и получатся онтологии из примитивных независимых друг от друга терминов.

Для поиска потерянных отображений строится И-ИЛИ-граф, разбивающий исходные отображения на элементарные по следующему принципу: исходные и возможные отображе-

ния представляются вершинами типа «ИЛИ»; вершины типа «И» являются вспомогательными; если вершина типа «ИЛИ» не является простейшим отображением, то она должна содержать хотя бы одну вершину типа «И».

Рассмотрим построение графа на примере. Предположим, на этапе лексического анализа были построены отображения  $SI \rightarrow DI$  и  $SJ \rightarrow DJ$ . При этом в согласуемых онтологиях есть аксиомы  $SI \rightarrow SJ$  и  $DI \rightarrow DJ$ .

В этом случае можно построить полные определения  $SI \Leftrightarrow SJ \& ST$  и  $DI \Leftrightarrow DJ \& DT$ . После подстановки определений в отображение получаем 2 отображения  $SJ \rightarrow DJ$  и  $(SJ \& ST) \rightarrow (DJ \& DT)$ . Полученный граф показан на рисунке. Отображения обозначены эллипсами. В прямоугольниках вершины типа «ИЛИ». При построении И-ИЛИ-графа часть вершин



игнорируются, так как они не содержат дополнительных решений. Из рисунка видно, что исходное отображение объясняется комбинацией двух отображений: отображением  $SJ \rightarrow DJ$  и новым отображением  $ST \rightarrow DT$  из терминов, введенных на этапе построения полного определения. Последнее отображение служит только для оценки. Отображение считается потерянным, если выполняется критерий

$$AN + M \leq BE,$$

где  $A$  и  $B$  – коэффициенты, задаваемые пользователем;  $E$  – количество исходных отображений, объясняемых  $M$  примитивными отображениями и  $N$  отображениями со вспомогательными терминами, такими, как  $ST$  и  $DT$ .

Для упрощения перебора все вершины графа размечаются вектором весов. Исходное отображение с номером  $i$  имеет вес, равный единице на  $i$ -й позиции. Все его гипотезы имеют веса, равные суммарным весам родителей, деленным на количество гипотез. Построенные отображения имеют веса, равные максимальному весу их гипотез. Для получения всех способов объяснения  $K$  отображений необходимо перебирать комбинации вершин, у которых суммарный вес на  $K$  позициях больше единицы.

После обнаружения групп отображений, порождающих новые знания, и групп, основанных на потерянных отображениях, все отображения можно сгруппировать. В реальных онтологиях исходные предположения, положенные в основу третьего шага, могут нарушаться, поэтому окончательно исключать их из списка отображений можно только на следующем шаге по специальному критерию.

Источником нарушения предположений могут быть ошибки в концептуализации. Например, в целевой онтологии понятие «Государство» является подклассом понятия «Строка». Если в исходной онтологии понятие «Государство» является подклассом «Региона», то в исходной онтологии появляется несущественная связь между понятиями «Государство» и «Строка». Другим источником новых знаний может быть различие в предметных областях онтологий.

В результате использования алгоритма можно построить дерево групп, где вершины дерева размечены найденными группами, породившими потерянные отображения и новые знания. Дочерние вершины строятся:

- исключением группы, породившей потерянное отображение;
- заменой ее на потерянное отображение;
- разрешением проблемы нового знания.

На четвертом шаге выбирается используемая группа. Для этого алгоритм оценивает подобие концептуализаций на основе отображений. В основе алгоритма лежит анализ областей определения и областей значения ролей. В рассмотрении участвуют только роли, непосредственно связанные с отображаемыми конструкциями. Правая и левая части отображений рассматриваются как понятия онтологии, которые должны быть связаны одинаковыми отношениями с другими равными терминами. Использование такого понятия в другом отображении считается  $n$ -арным отношением, связывающим данное понятие с множеством других понятий. Критерий основан на нормированной сумме отношений числа общих отношений к общему числу отношений.

Используемые алгоритмы были протестированы на онтологиях *Animal* и *Soccer*, использованных в *IZCON Ontology Alignment Experiment* для сравнения различных сервисов согласования онтологий. В данном эксперименте оценивалась точность построения отображений между двумя классами из разных онтологий. В результате эксперимента вычислялось количество корректно найденных отображений  $C$ , общее количество найденных отображений  $F$  и общее количество реальных отображений между классами двух онтологий  $E$ . На основе этих значений вычислялись 3 оценки точности перевода:

- точность поиска отображений  $P (C/F)$ ,
- полнота поиска  $R (C/E)$ ,
- интегральная оценка  $I (2PR/(P + R))$ .

Онтологический сервис, построенный на данных алгоритмах, по интегральной оценке на этих онтологиях превзошел известные аналогии на 0.05 (получены значения 0.87 против 0.82 для сервиса ATL на онтологиях *Animal* и 0.77 разрабатываемым сервисом против 0.72, достигнутых ATL для онтологий *Soccer*).

Другой эксперимент проводился на множестве онтологий, разработанных в рамках *Ontology Alignment Evaluation Initiative 2005* для тестирования сервисов согласования онтологий. Тестовое множество содержало 2265 пар онтологий, основанных на простых классификациях терминов. На нем были получены следующие результаты:

- 452 отображающие онтологии были обнаружены без ошибок;
- в 743 онтологиях перевод одного или нескольких терминов был неправильным;
- в остальных случаях отображения были найдены частично.

При этом следует отметить, что данное множество онтологий содержит небольшие онтологии до 20 терминов с минимальной логической теорией и значительным количеством типовых ошибок.

Дальнейшее исследование проводится в направлении применения онтологического сервиса в системах кодогенерации. Онтологический сервис используется для согласования правил построения кода и декларативной модели программы, основанной на описании интерфейса, потоковой модели и модели управления методов в дескриптивной логике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Namyoun Choi, Il-Yeol Song, Hyoil Han. A survey on ontology mapping // ACM SIGMOD Record. 2006. Vol. 35. Issue 3. P. 34–41.
2. Kalfoglou Y. Schorlemmer M. Ontology mapping: the state of the art // The Knowledge Engineering Review. 2003. Vol. 18. Issue 1. P. 1–31.
3. Ehrig M. Ontology alignment: Bridging the Semantic Gap. / Springer, Germany, 2007. P. 247.
4. . A Pattern-based Ontology Matching Approach for Detecting Complex Correspondences / D. Ritze, C. Meilicke, O. Sváb-Zamazal, H. Stuckenschmidt // Proc. of the 4th Intern. Workshop on Ontology Matching (OM-2009) collocated with the 8th Intern. Semantic Web Conference (ISWC-2009), Chantilly, USA, October 25, 2009. CEUR Workshop Proceedings 551 CEUR-WS. org 2009. P. 25–36.
5. Ghazvinian A., Noy F. N., Musen M. A. Creating Mappings For Ontologies in Biomedicine: Simple Methods Work // AMIA Annual Symposium, San Francisco, 2009.
6. Tan H., Lambrix P. A method for recommending ontology alignment strategies// ISWC/ASWC. 2007. P. 494–507.

*D. A. Sergeev*

#### *THE FORMAL METHODS AND ALGORITHMS OF ONTOLOGY MAPPING*

*The methods and algorithms for mapping ontologies represented in the descriptive logic based on the logical axioms and thesaurus describing the lexical relations between words are dealt with. To search erroneous mappings the filtering method analyzing the dependency between the mappings and term semantics is proposed. The result of method application to I3CON and OAEI test suites is presented.*

**Ontology mapping, ontology service, thesaurus**

УДК 621.399

*А. Е. Романов*

## **ВОПРОСЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ**

*Рассматриваются вопросы построения математического обеспечения подсистемы САПР для автоматизации испытаний приборов, входящих в состав систем автоматического управления.*

**Испытания, САПР, автоматизация**

Постоянно возрастающие требования к приборам систем управления сказываются на трудоемкости испытаний. Наибольший вес имеют натурные испытания приборов систем управления в составе разнообразного оборудования самолетов, судов и других подвижных объектов. Расходы ресурсов на натурные испытания чрезвычайно велики (постройка специальных летательных аппаратов и судов для испытаний, создание специальной контрольно-

измерительной аппаратуры, многочисленный персонал испытателей и т. д.), а получаемые результаты ограничены [1], [2].

Весьма важной является задача статистического анализа испытательных данных. Недостаточно оценивать поведение приборов систем управления при системе действующих сил, моментов и возмущений, пользуясь детерминированными и вероятностными математическими моделями, основанными только на теории стационарных случайных процессов [1], [3]. Неучет нестационарности случайных процессов при оценивании значений их вероятностных характеристик может привести к возникновению больших погрешностей измерения и неправильной интерпретации полученных результатов.

В связи с этим создание подсистемы САПР для испытаний приборов систем управления должно снизить затраты на испытания, исключить трудоемкие проектные процедуры и повысить точность анализа получаемой испытательной информации.

Достижение этих целей обеспечивается внедрением средств САПР в практику испытаний приборов систем управления, позволяющих организовать испытания на основе полунатурного моделирования с автоматизацией процедур управления, сбора данных и их обработки.

Аппаратная часть, программное и информационное обеспечение подсистемы САПР для испытаний составляют отдельные компоненты САПР и входят в общую структуру, ранее принятую в [4]. Математическое обеспечение предложенной подсистемы должно позволять решать следующие основные задачи: формирование возмущающего воздействия, управление процессом испытаний, обработка результатов испытаний. Первые две задачи подробно рассмотрены в [5]. Рассмотрим задачу обработки результатов испытаний.

Анализ и расчет статистических характеристик входных и выходных сигналов приборов систем управления, являющихся в общем случае нестационарными случайными процессами, как правило, осложняется следующими причинами: нестационарностью процессов, проявляющейся во временной зависимости математического ожидания и дисперсии; невозможностью повторить испытания, что приводит к задаче обработки только одной записи результатов испытаний; отсутствием математической модели прибора и процессов, протекающих в нем. Чем точнее требуется рассчитать вероятностные характеристики, тем важнее становится задача выбора методов измерения, поэтому проблема определения класса нестационарных случайных процессов является одной из главных.

Основной задачей при получении значений вероятностных характеристик по одной реализации случайного процесса является выбор методов оценивания, которые определяются вероятностной моделью исследуемого процесса. В случае стационарной модели оправданно использование наиболее изученных и отработанных методов корреляционного и спектрального анализа. Поскольку реальные процессы лишь в ограниченной мере могут быть отнесены к данному типу, предлагается оценивать случайный процесс  $y(t)$  с помощью показателя нестационарности  $\eta(\hat{\Theta})$ , который характеризуется либо своим максимальным значением

$$\eta_{\text{м}}(\Theta) = \lim \max \left\{ E \left[ \left( \hat{\Theta}[y(t)] - \Theta[y(t)] \right)^2 \right] \right\} / \varepsilon_{\text{д}}^2(\Theta),$$

либо средним значением за интервал изменения аргумента

$$\eta_{\text{cp}}(\hat{\Theta}) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{\varepsilon_{\text{д}}^2(\Theta)(\xi_2 - \xi_1)} \int_{\xi_1}^{\xi_2} E \left[ \left( \hat{\Theta}[y(t)] - \Theta[y(t)] \right)^2 \right] d\xi,$$

где  $E \left[ \left( \hat{\Theta}[y(t)] - \Theta[y(t)] \right)^2 \right]$  – средний квадрат ошибки оценки  $\hat{\Theta}[y(t)]$  вероятностной характеристики  $\Theta[y(t)]$ ;  $\xi_1, \xi_2$  – нижняя и верхняя границы изменения аргумента вероятностной характеристики  $\Theta[y(t)]$ ;  $\varepsilon_{\text{д}}(\Theta)$  – допустимое значение среднеквадратической погрешности измерения значения вероятностной характеристики  $\Theta[y(t)]$ . Если показатель нестационарности оказался меньше либо равен единице, то применение классических методов корреляционного и спектрального анализа оправданно и случайный процесс может быть отнесен к типу процессов со слабой степенью нестационарности при расчете значений вероятностных характеристик. В противном случае процесс  $y(t)$  относится к типу процессов с сильной степенью нестационарности и требуется применять методы анализа нестационарных случайных процессов.

В качестве модели процессов целесообразно использовать вероятностные модели нестационарных случайных процессов аддитивно-мультипликативного вида

$$y(t) = \varphi_1(t)x(t) + \varphi_2(t), t \in [0, T], \quad (1)$$

где  $\varphi_1(t), \varphi_2(t)$  – неслучайные, детерминированные функции, определяющие законы изменения математического ожидания и дисперсии на анализируемом отрезке времени  $T$ ;  $x(t)$  – стационарный эргодический случайный процесс. Нестационарные случайные процессы, относящиеся к классу аддитивно-мультипликативных вероятностных моделей, приводимы к стационарному виду и позволяют оценивать значения вероятностных характеристик по одной выборочной реализации процесса. Частными случаями модели (1) являются:

– аддитивная, описывающая класс процессов, нестационарных по математическому ожиданию

$$y(t) = x(t) + \varphi_2(t);$$

– мультипликативная, описывающая класс процессов, нестационарных по дисперсии

$$y(t) = \varphi_1(t)x(t).$$

Такой класс моделей, приводимых к стационарному виду, позволяет при получении вероятностных характеристик иметь только одну выборочную реализацию процесса бесконечной длительности. Для рассматриваемого класса моделей в качестве вероятностных характеристик при расчете показателя нестационарности  $\eta(\hat{\Theta})$  будут выступать: корреляционная функция, математическое ожидание, дисперсия. Таким образом, алгоритм определения класса случайного процесса представляется в виде последовательного перебора гипотез о характере случайного процесса (выборка коррелирована, нестационарность математического ожидания, нестационарность дисперсии, нестационарность математического ожидания и

дисперсии). Далее на основании решения о классе случайного процесса  $y(t)$  принимается решение о допустимости использования классических методов анализа, рассчитанных для стационарных случайных процессов, либо о необходимости применения методов обработки нестационарных случайных процессов.

Рассмотренный алгоритм определения класса случайных процессов предлагается использовать при построении математического обеспечения подсистемы САПР для испытаний приборов систем управления с помощью современных аппаратно-программных средств National Instruments, частично рассмотренных в [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сольнищев Р. И. Автоматизация проектирования систем автоматического управления. М.: Высш. шк., 1991.
2. Сольнищев Р. И., Алексеев А. В., Ласуков Ю. А. Идентификация класса нестационарных случайных процессов в подсистеме «Испытания» САПР приборов подвижных объектов // ЭВМ в проектировании и производстве. 1989. № 4. С. 144.
3. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1989.
4. Сольнищев Р. И., Романов А. Е. Подсистема САПР испытаний на основе динамического моделирующего комплекса и аппаратно-программного обеспечения National Instruments // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2009. № 10. С. 35.
5. Сольнищев Р. И. Вычислительные машины в судовой гироскопии. Л.: Судостроение, 1977.

*A. E. Romanov*

### *QUESTIONS OF THE ALGORITHMIZATION OF THE PROCESS OF THE TESTS*

*Are examined questions of the construction of software of a subsystem CAD for the automation of the tests of instruments, which form part of the systems of automatic control*

**Testing, CAD, the automation**

УДК 004.421.6

*А. Р. Лисс, И. А. Андрианов*

## **АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОИСКА ДУБЛИКАТОВ В ПРОГРАММНОМ КОДЕ**

*Поиск дублирующегося программного кода необходим как для повышения качества разрабатываемого программного обеспечения, так и для поиска плагиата. Предлагается свести эту задачу к задаче поиска общих фрагментов текста в предобработанном откомпилированном коде. За счет этого автоматически будет отбрасываться большое число отличий в коде, не влияющих на результат. Для поиска общих фрагментов текста применены суффиксные деревья. Предлагается алгоритм, многократно ускоряющий их построение для специфических входных данных.*

**Суффиксные деревья, поиск по сходству, алгоритм Укконена, статистика совпадений**

Дублирование исходного кода возникает естественным образом в процессе разработки и сопровождения программного обеспечения (ПО). По встречающимся в литературе оценкам, в промышленном ПО дублирование может превышать 50 % (интересно, что для open source-продуктов это значение обычно многократно меньше). Дублирование кода имеет целый ряд отрицательных моментов – разрастание как размеров исходных текстов, так и бинарных файлов, снижение уровня абстракции, необходимость поддержки нескольких копий почти одинакового кода и др.

Другой важной задачей, предполагающей поиск дублирующегося кода, является контроль плагиата. Данная задача особенно актуальна для образовательного процесса. Не секрет, что всегда находятся недобросовестные студенты, пытающиеся сдать чужие программы (возможно, слегка видоизмененные) или использовать фрагменты чужого кода в своих программах. При этом могут меняться имена идентификаторов, форматирование исходного текста, вставляться лишние переменные и т. п. Простое сравнение файлов не позволяет выявлять такие случаи. Выделим основные требования к такому ПО и поясним их выбор:

1. Выявление различных форм отличий программного кода, не влияющих на конечный результат.

2. Разработанное ПО не должно требовать значительных временных и пространственных ресурсов.

3. Возможность быстрой и несложной настройки под различные языки программирования и их диалекты.

Известны различные подходы к решению данной задачи. Так, для выявления плагиата в программном коде предлагалось применять сравнение таких характеристик, как число операторов, операндов, частоту ссылок на переменные и т. п. Подобные подходы носят общее название подсчета атрибутов («attribute counting techniques»). При небольших модификациях исходного текста хорошо работает простой подход, основанный на поиске общих подстрок. Его расширением является параметризованное сравнение – сравнение текстов в предположении, что они могут отличаться лишь систематическим изменением имен идентификаторов. Это направление исследовалось в работе Б. Бэйкер, для реализации такого сравнения предложены специализированные структуры данных – параметризованные суффиксные деревья. Более сложными, но и дающими лучшие результаты, являются подходы, основанные на выполнении синтаксического (и, возможно, частично семантического) анализа исходных текстов. Примером может служить система Plague, в которой строятся так называемые профили исходных текстов, отражающих последовательность используемых в программе управляющих структур. Для сравнения профилей используется одна из разновидностей поиска наибольших общих подпоследовательностей. Существуют также подходы, основанные на сравнении синтаксических деревьев, графов выполнения программ, и некоторые др.

Однако все рассмотренные способы обладают одним из двух недостатков: обеспечивается либо выявление только сравнительно простых случаев изменений в коде, либо наблюдается сильная привязка к конкретным языкам программирования. Авторами данной статьи предлагается следующий подход, в приемлемой степени сочетающий оба требования. Для выполнения синтаксического анализа кода можно не разрабатывать специализированное ПО для каждого входного языка, а воспользоваться имеющимися современными оптимизирующими компиляторами и их следующими свойствами: генерируемый код не зависит от наименований идентификаторов, форматирования текста и т. п.; альтернативные конструкции во многих случаях компилируются в один и тот же код; избыточный код не компилируется (если компилятор в состоянии его распознать); при замене простых типов данных на типы со схожими свойствами код, как правило, меняется незначительно.



Чтобы выполнялось первое свойство, необходимо лишь исключить запись отладочной информации в результирующий файл. Для иллюстрации второго приведем следующий пример (табл. 1). Предположим, цикл for заменили циклом while.

Таблица 1

Код	Первый файл	Второй файл
Исходный	<pre>for (int i=0; i&lt;20; i++) {   c+=a; a*=2; }</pre>	<pre>int i=0; while (i&lt;20) {   c+=a; a*=2; i++; }</pre>
Откомпилированный	<pre>xor edx, edx @3: add ecx, eax mov ebx, eax add ebx, ebx mov eax, ebx @5: inc edx cmp edx,20 jl short @3</pre>	<pre>xor edx, edx @2: add ecx, eax mov ebx, eax add ebx, ebx mov eax, ebx  inc edx cmp edx,20 jl short @2</pre>

Видно, что полученный ассемблерный код почти идентичен. Конечно, это верно не всегда – важную роль играют как конкретный компилятор, так и особенности исходного текста. Однако результаты на практике оказываются вполне удовлетворительными. Таким образом, в качестве текстов для сравнения может быть взят некоторый промежуточный результат компиляции – ассемблерный текст, байт-код или объектный код, из которого оставляется только последовательность кодов операций. В справедливости оставшихся свойств можно убедиться сходным образом.

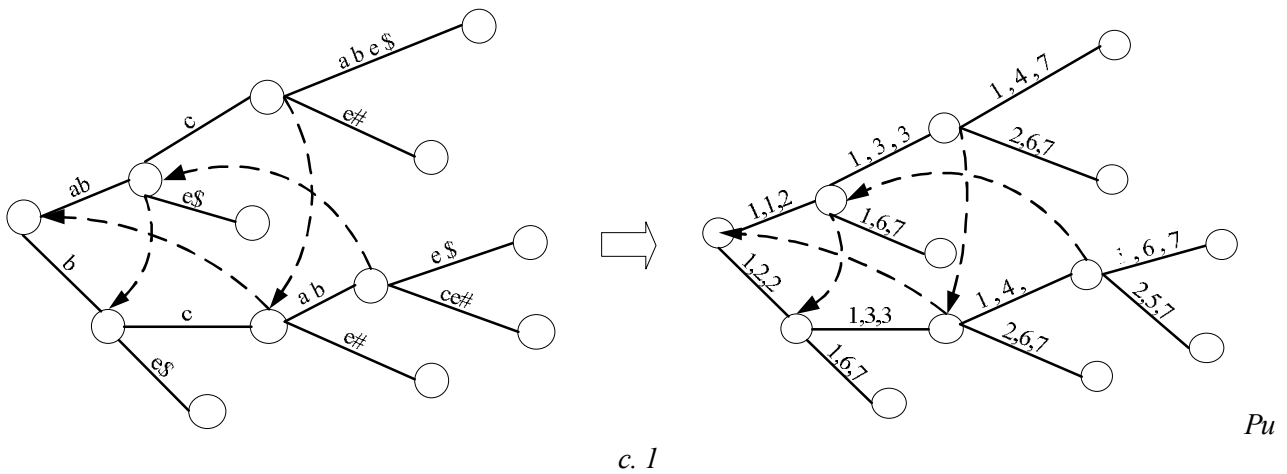
Полученные выводы позволяют перейти от поиска по сходству в программном коде к более простой задаче – поиску совпадающих фрагментов в текстах – последовательностях кодов операций после компиляции. Более формально: дано множество строк  $F = \{F_1, \dots, F_n\}$  и проверяемый документ  $S$ . Требуется определить подмножество  $F' \subseteq F$  строк, которые имеют  $k$  или более общих подстрок с  $S$  длины не менее  $l$  ( $k$  и  $l$  – константы, зависящие от конкретного приложения). Данная задача может быть эффективно решена с помощью специальной структуры данных – суффиксных деревьев (СД).

СД представляет собой дерево, каждая дуга которого нагружена меткой – подстрокой исходной строки (для экономии памяти на дугах хранятся не сами подстроки, а их позиции в исходной строке). На рис. 1 представлен пример обобщенного неплотного СД. Дуги нагружены подстроками исходных строк (дерево слева), реально хранятся номера строк, начальные и конечные позиции подстрок в них (дерево справа).

Каждому суффиксу исходной строки однозначно соответствует конкатенация меток на пути от корня дерева до одного из его листьев. Аналогично, каждый узел дерева соответствует некоторой подстроке – конкатенации меток на пути от корня до этого узла. Узел, соответствующий некоторой строке  $v$ , будем обозначать как  $\bar{v}$ .

Штрихами показаны суффиксные связи – специальные дуги, создающиеся в процессе работы алгоритмов построения СД и полезные также для решения некоторых задач. Суффиксной связью называется дуга из узла  $\bar{vw}$  в узел  $\bar{w}$ , где  $v$  – непустая строка минимальной

длины, такая, что узел  $\bar{w}$  существует в дереве. Если такой строки не существует, то суффиксная связь идет в корень.



Расширением СД является неплотное, или разреженное СД (далее НСД) – оно строится не над всеми суффиксами исходной строки, а лишь над некоторым их подмножеством. Частный случай – равномерно неплотное СД, включающее в себя лишь те суффиксы, позиции начала которых в строке отстоят друг от друга на одинаковые расстояния (например, суффиксы, начинающиеся в 1-й, 3-й, 5-й, 7-й и т. д. позициях).

В основе решения вышеописанной задачи лежит построение структуры данных, называемой статистикой совпадений [1]. Пусть  $t$  и  $p$  – исходные строки. Тогда статистикой совпадений для  $t$  относительно  $p$  будет массив  $ms [1..|t|]$ , где  $ms [i]$  – длина наибольшей общей подстроки  $t$ , начинающейся в позиции  $i$  и встречающейся также где-то в  $p$ .

Заполняется  $ms$  следующим образом. Вначале определяется  $ms [1]$ , для чего нужно двигаться от корня СД, построенного для  $p$ , в соответствии с символами строки  $t$  до обнаружения несовпадения. Длина совпавшей части  $t [1..j]$  даст  $ms [1]$ . Чтобы эффективно найти  $ms [2]$ , используется тот факт, что позиция, соответствующая подстроке  $t [2..j]$ , заведомо имеется в дереве, и для перехода к ней необходимо выполнить переход по суффиксной связи, а затем – так называемую канонизацию [1]. Аналогично определяется  $ms [3]$  и т. д. Если СД для  $p$  уже построено, то сложность вычисления статистики совпадений составляет  $O(|t|)$ .

Для решения поставленной задачи строится суффиксное дерево над  $S$  (за линейное время с помощью алгоритма Укконена), после чего последовательно строится статистика совпадений для каждого  $F_i \in F$  (относительно  $S$ ). На основе статистики совпадений легко определяется степень их сходства.

Суффиксное дерево над заданной строкой может быть построено за линейное время с использованием, например, алгоритма Укконена. Однако при этом предполагается, что размер алфавита, в котором записан исходный текст, можно считать константой. В данном же случае размер алфавита равняется количеству операций в результирующем языке компиляции и может достигать нескольких сотен символов, что весьма негативно влияет на скорость не только построения дерева, но и поиска в нем.

Авторами предлагается способ, позволяющий снизить зависимость от размера алфавита с линейной до логарифмической. При этом скорость выполнения обходов дерева не снижает-

ся, а требования к памяти возрастают незначительно – лишь на несколько процентов. Основой послужила работа [2], в которой показана возможность преобразования уже построенного СД к бинарному виду заменой всех символов на дугах дерева их двоичными представлениями (что приводит к необходимости соответствующей перестройки дерева). В результате время поиска в таком дереве будет зависеть от размера алфавита уже не линейно, а логарифмически. Однако время построения дерева даже несколько увеличивается за счет появления дополнительного этапа. Пример такого СД показан на рис. 2, исходный и закодированный тексты для этого примера приведены в табл. 2.

Возможно, однако, и непосредственное построение такого дерева. Смежные позиции суффиксов, входящих в дерево, находятся в двоичном представлении исходного текста на одинаковом расстоянии друг от друга (равном 8), т. е. имеется так называемое равномерно неплотное СД. Существует модифицированный алгоритм Укконена для построения такого НСД за линейное время. Поскольку длина текста в двоичной записи увеличивается в 8 раз (считая, что каждый символ кодируется 8 битами), то соответственно растет и число действий алгоритма Укконена. Однако при этом размер алфавита перестает влиять на построение и использование дерева. Таким образом, по сравнению с построением СД над текстом в оригинальной записи временная сложность построения снижается с  $O(n \cdot |\Sigma|)$  до  $O(n)$ . Для общего случая – алфавита произвольно большого размера – кодовое представление одного символа будет занимать  $O(\log|\Sigma|)$  бит и временная сложность построения итогового дерева составит  $O(n \log|\Sigma|)$ .

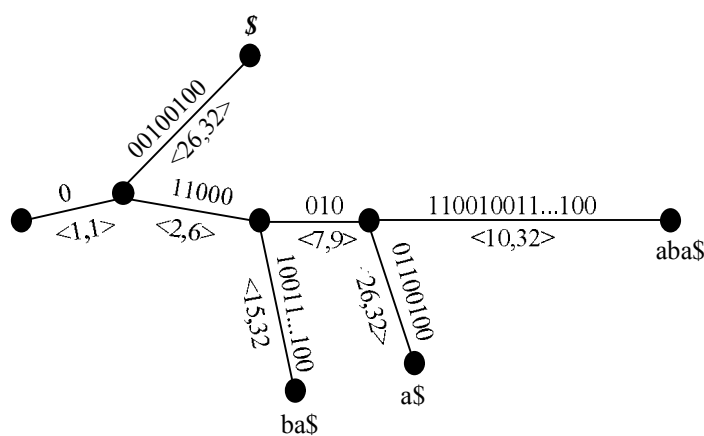


Рис. 2

Таблица 2

Текст	Символы текста			
Исходный	a	b	a	\$
Кодированный	01100001	01100010	01100001	00100100
Начала суффиксов для НСД	▲	▲	▲	▲

Далее заметим, что использование именно двоичной записи для кодирования исходного текста является не лучшим вариантом. Недостаток бинарного алфавита в том, что полученное СД будет также бинарным, а число внутренних узлов в таком дереве ровно на единицу меньше числа листьев. Для сравнения, в СД в обычном ASCII-алфавите число внутренних узлов составляет около 0,6 от числа листьев. Следовательно, переход к бинарному алфавиту связан с существенным проигрышем в памяти (так как на один внутренний узел требуется примерно в 2 раза больше памяти, чем на один лист).

На рис. 3 показаны графики типичных зависимостей числа внутренних узлов  $n$  и времени построения дерева  $t$  (в секундах) от размера алфавита  $k$ . Сопоставляя обе зависимости, можно сделать вывод, что наиболее подходящий размер алфавита, в который следует выполнять кодирование, лежит в диапазоне от 3 до 5. Учитывая соображения программной реализации, в качестве размера алфавита целесообразно взять значение 4, так как при этом обработка каждого входного символа эффективно реализуется несколькими инструкциями процессора.

На практике предложенный подход дает выигрыш в скорости от нескольких раз до нескольких десятков раз в зависимости от вида индексируемых данных (обычный текст, html, бинарные файлы и др.) В данном случае, когда исходный текст является последовательностью команд из откомпилированного кода, скорость построения и поиска в дереве увеличивается в 10 раз и более.

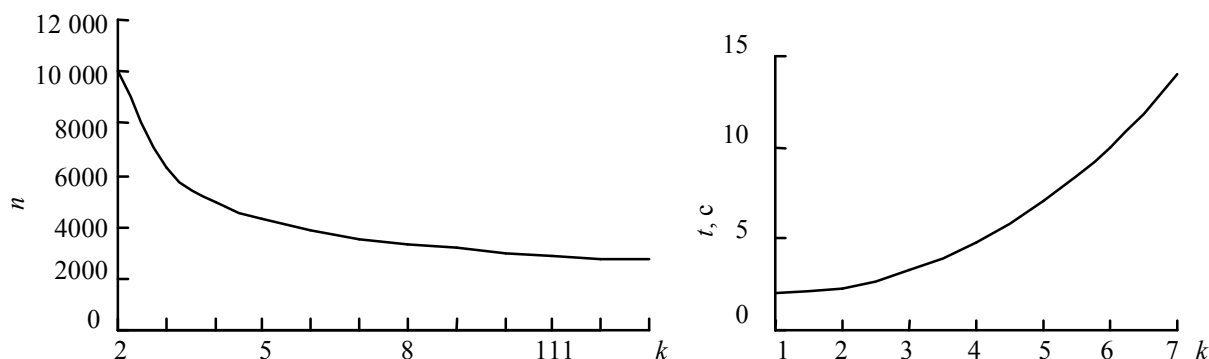


Рис. 3

Разработанные алгоритмы были реализованы и в настоящее время используются для двух различных целей. Модуль контроля плагиата, включенный в настоящее время в систему дистанционного практикума по программированию кафедры АВТ Вологодского государственного технического университета, позволяет отслеживать подозрительные студенческие решения и информировать об этом преподавателей. В то же время реализация вполне пригодна и для поиска дублирующегося кода в ведущихся программных проектах. Так, экспериментальное применение для одной из реальных разработок позволило выявить и устранить порядка 5 % сходного кода.

Следует заметить, что предложенный способ повышения скорости построения суффиксных деревьев достаточно универсален и пригоден не только для рассмотренной в статье задачи, но может успешно использоваться в ряде других приложений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гасфилд Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах: Информатика и вычислительная биология / Пер. с англ. – СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2003.
3. Anderson A., Nilsson S. Efficient implementations of suffix trees // Software – Practice and Experience. 1995. Vol. 25. P. 129–141.

*A. R. Liss, Andrianov I. A.*

*THE ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF METHODS OF SEARCH OF DUPLICATES  
IN PROGRAMMING CODE*

*Search of a duplicated program code is necessary both for improvement of quality of the developed software, and for search of plagiarism. It is offered to reduce this problem to a problem of search of the common fragments of the text in the preprocessed compiled code. As a result the big number of differences in a code, not influencing on result will be automatically rejected. Suffix trees are applied to search of the common fragments of the text. The algorithm repeatedly accelerating construction of suffix trees for specific input data is offered.*

**Suffix trees, similarity search, Ukkonen algorithm, statistics of matching**

УДК 004.7

*А. В. Нисковский, А. Ю. Филатов*

## **ВОПРОСЫ ИНТЕГРАЦИИ В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ СПБГЭТУ «ЛЭТИ»**

*Описано информационно-образовательное пространство пользователя, изложены подходы к интеграции служб описания сетевых ресурсов, предложена схема реализации метакаталога информационно-вычислительной сети университета.*

**Корпоративные сети, интеграция, сетевой каталог, метакаталог, пользователь**

Сложность и разнородность современных систем, необходимых для поддержки различных видов деятельности в университетах, в первую очередь связанных с поддержкой учебного процесса, обеспечение унифицированного авторизованного и защищенного доступа к ресурсам и сервисам предъявляют новые требования к управлению сетевой и информационной инфраструктурой в университетах [1].

Поддержка учебного процесса как совокупность использования различных независимых систем заменяется созданием и использованием интегрированных решений (сетевая и системная интеграция), на базе которых формируется образовательная среда современного университета [2], [3].

**Информационно-образовательное пространство пользователя.** Типовой состав компонентов единого информационно-образовательного пространства пользователя необходимо рассматривать как со стороны потребителя предложенных сервисов, так и со стороны реализации сетевых служб, обеспечивающих работу пользователя [4].

Типовой состав компонентов (со стороны пользователя) информационно-образовательного пространства студента содержит [4], [5]:

- электронную почту;
- личный домашний каталог пользователя;
- ресурсы печати;
- доступное рабочее место включая ноутбуки и мобильные устройства;
- приложения, используемые пользователем в рабочем (образовательном, исследовательском) процессе;
- «виртуальный рабочий стол»;
- web-интерфейс;
- электронную библиотеку университета;
- систему дистанционного обучения;
- систему аутентификации пользователя.

Типовой состав компонентов (со стороны технического обеспечения) информационно-образовательного пространства пользователя содержит [4], [5]:

- сетевые каталоги в составе информационно-вычислительной сети вуза;
- средства интеграции информации в сетевых каталогах;
- необходимое количество серверов с соответствующим ПО для предоставления требуемых сетевых сервисов;
- программное обеспечение организации процессов аутентификации и авторизации студентов-пользователей;
- комплекс ПО для создания «виртуального рабочего стола» пользователя.

При практической реализации указанных компонентов разработаны жизненные циклы ключевых сетевых объектов, принимающих непосредственное участие в межсетевых взаимодействиях, – пользователя, компьютера и приложения. На основании данных жизненных циклов определены операции, необходимые для полноценного перехода объекта из одного состояния в другое. Эти состояния непосредственно указаны в описании жизненных циклов объектов.

**Подходы к интеграции служб описания сетевых ресурсов.** Основная цель – оптимизация процессов управления информационной инфраструктурой и обеспечение идентичности описания пользователей в каждой из систем и синхронизации дополнительной информации, например паролей, которые для каждого типа системы могут формироваться по собственным правилам.

Решение проблемы управления идентичностью описания пользователей (Identity Management) базируется на реализации концепции метакаталога как ядра интеграции служб описания сетевых ресурсов различных систем.

Метакаталог создается на основе одной из промышленных реализаций: Microsoft Active Directory, Novell eDirectory (ранее Novell Directory Services), IBM Directory Server, LDAP Directory и т. д. При реализации метакаталога может быть применен один из подходов:

- создание метакаталога единой структуры;
- создание метакаталога гетерогенной структуры.

Метакаталог единой структуры подразумевает использование однотипных сетевых каталогов и значительно проще в реализации.

Метакаталог гетерогенной структуры предпочтительнее, поскольку он не ограничивает спектр возможных к применению в информационно-вычислительных сетях вузов служб сетевых каталогов, но и в реализации такой подход сложнее.

Реализация метакаталога целесообразна на основе такого сетевого каталога, который является кроссплатформенным, т. е. не зависящим от конкретного вида операционных систем серверов, служит базой для других приложений, обеспечивает безопасность, надежность, репликацию, высокую скорость работы [6].

Особую проблему при интеграции разнородных систем в рамках метакаталога представляет синхронизация паролей пользователей, для которых необходим одновременный доступ к различным системам, обладающим собственными механизмами формирования и управления паролями. Задачи подобного класса объединяются под общим названием «Управление паролями» (Password Management).

Решение задачи управления паролями обеспечивает «прозрачный» доступ (Transparent Access) пользователей к различным системам с помощью только одной пары идентифицирующих пользователя ключей – имени регистрации и пароля.

**Реализация сетевого каталога информационно-вычислительной сети университета.** Управление пользователями и решение задач технического администрирования компонентов информационно-образовательного пространства студента реализуется на базе кросс-платформенной службы сетевого каталога eDirectory производства компании Novell, Inc., обладающей следующими основными свойствами<sup>1</sup>:

- поддержка приложений, базирующихся на службах каталогов;
- доступ к ресурсам с использованием однократной регистрации;
- масштабирование практически до любых размеров;
- обеспечение безопасности сетевых ресурсов;
- средство организации межсетевых взаимодействий;
- наличие средств интеграции каталогов;
- гибкость схемы службы каталога;
- поддержка открытых стандартов;
- удобные средства управления;
- легкая адаптация службы каталога для учета особенностей организации;
- наличие средств простой и быстрой разработки приложений.

С помощью сетевого каталога eDirectory в корпоративной информационно-вычислительной сети университета решаются следующие задачи:

- обеспечение системы идентификации и управления политиками для пользователей и рабочих станций;
- управление доступом сотрудников и студентов в Интернет;
- управление системой электронной почты для сотрудников;
- реализация доступа к информационным системам коллективного пользования (в том числе АСУ «Деканат», система «Консультант+», АБИС «ИРБИС»);
- реализация персональных home-directory для студентов и сотрудников;
- обеспечение файлового обмена и хранения информации для подразделений вуза;
- управление сетевой печатью для подразделений вуза;
- управление системой цифровых сертификатов и системой авторизации, в том числе использующей биометрические характеристики, при доступе пользователей к сетевым ресурсам и сервисам.

Обработка результатов внедрения данного сетевого каталога выявила значительное повышение качества сопровождения пользователей по сравнению с аналогичной ситуацией без использования предоставляемых каталогом механизмов управления. Важнейшим показателем повышения качества сопровождения пользователей можно назвать время, затрачиваемое на создание или изменение программного и сетевого окружения пользователей.

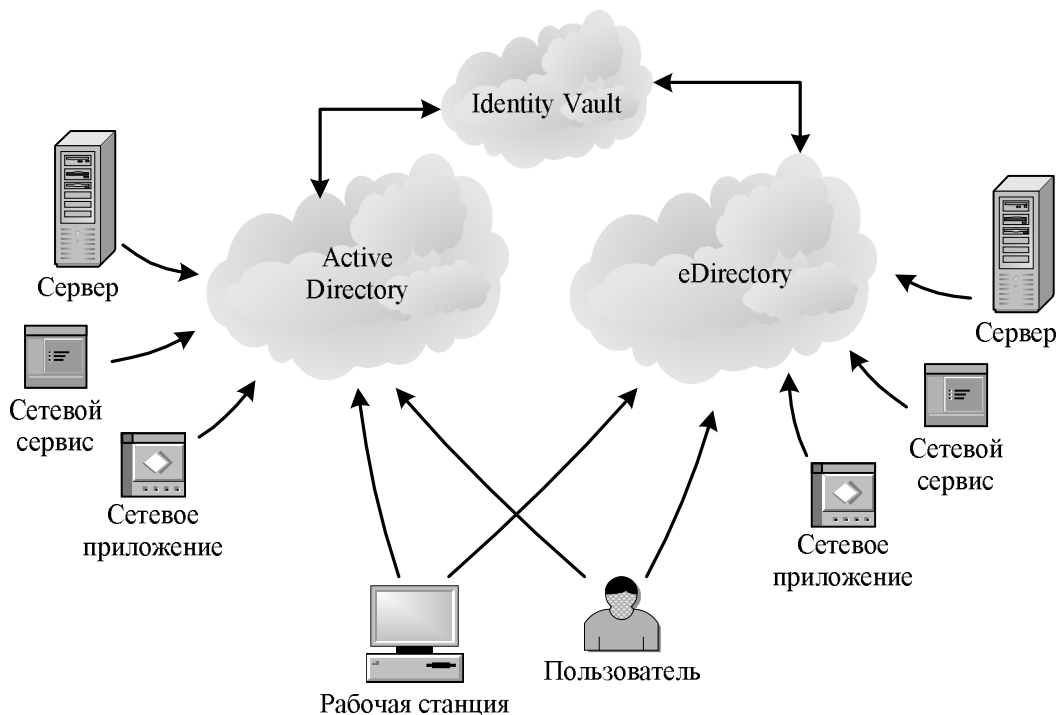
**Реализация метакаталога информационно-вычислительной сети университета.** На базе eDirectory совместно с программной системой Novell Identity Manager реализуется метакаталог университета как среда интеграции различных информационных и сервисных систем

---

<sup>1</sup> <http://www.novell.com/documentation>

– унаследованных систем (АРМов, баз данных и т. д.), системы SAP R/3, системы дистанционного обучения на платформе IBM Lotus Workplace Collaborative Learning, электронной библиотеки на основе АБИС «ИРБИС», системы поддержки коллективной работы пользователей и др.<sup>2</sup>

Основная цель данной интеграции – обеспечение идентичности описания пользователей и их паролей в системах различных производителей и различного назначения, повышение информационной безопасности за счет применения единых политик безопасности и управления паролями пользователей, реализация «прозрачной» системы аутентификации пользователей, в том числе с применением подхода SSO – Single Sign-On [7].



На рисунке представлена разработанная архитектура взаимодействия потребителей сервисов и служб предоставления сетевых сервисов через метакаталог гетерогенной структуры, объединяющий ресурсы двух сетевых каталогов информационно-вычислительной сети.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузанков Д. В., Исаев Ю. Н., Нисковский А. В. Проблемы создания корпоративной сети вуза// Материалы Всерос. науч.-метод. конф. «Телематика'98», СПб., 16–19 июля 1998. СПб.: Университетские телекоммуникации, 1998.
2. Состав и структура программных средств поддержки дистанционного обучения / А. В. Нисковский, А. В. Смольянинов, Ю. С. Татаринев, А. В. Тимофеев // IX Междунар. конф.-выставка «Информационные технологии в образовании»: Сб. тр. участников конф. / МИФИ. М., 1999.
3. Исаев Ю. Н., Нисковский А. В. Современные сетевые технологии для дистанционного обучения // Материалы 2-й межрегиональной науч.-практ. конф. «Дистанционное обучение. Проблемы и перспективы взаимодействия вузов Санкт-Петербурга с регионами России». СПб.: Смольный, 1999.
4. Исаев Ю. Н., Нисковский А. В. Единое информационно-образовательное пространство Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета// IX Междунар. конф.-выставка «Информационные технологии в образовании»: Сб. тр. участников конф. / МИФИ. М., 1999.
5. Нисковский А. В., Обломский Г. С. Сетевое окружение библиотеки университета// Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества. Тема 2003 года: Библиотека и

<sup>2</sup> <http://www.novell.com/documentation>



доступность информации в современном мире: электронные ресурсы науке, культуре и образованию: Тр. 10-й юбил. Междунар. конф. «Крым-2003». М.: ГПНТБ России, 2003.

6. Isaev Y., Niskovsky A. E-Library Technical Solution: an Example of ETU «LETI» // Six Intern. Conf. on Enterprise Information Systems, Porto, Portugal, 21.08.2004.

7. Подготовка инженерно-технических кадров в области ИКТ: Методические материалы для слушателей курсов повышения квалификации /Сост.: А. И. Водяхо, А. В. Горячев, Ю. Н. Исаев, К. С. Кириллов, Д. В. Ландау, А. Е. Лоренц, В. Н. Мальшев, К. В. Меркулов, А. В. Нисковский, М. Г. Пантелеев, Ю. С. Татаринев, А. В. Тимофеев; Под общ. ред. А. И. Водяхо и Ю. С. Татаринова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004.

*A. V. Niskovsky, A. Y. Filatov*

*INTEGRATION QUESTIONS IN CORPORATE INFORMATIONAL NETWORK SPBGETU «LETI»*

*The informational-educational user space is described, approaches to integration of services of the description of network resources are stated, the implementation of the metadirectory of an information network of university is offered.*

**Corporate networks, integration, network services, metadirectory, user**



УДК 621.762.24+669.243.73

*И. В. Шевцов*

## РАЗРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА РАЗЛОЖИТЕЛЯ КАРБОНИЛА НИКЕЛЯ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

*Разработана модель стационарных тепловых процессов в рабочем пространстве аппарата с учетом химической реакции разложения паров тетракарбонила никеля.*

### Диффузионная модель, тетракарбонил никеля

Карбонильный никелевый порошок относится к разряду высокотехнологичных продуктов и является сырьем для создания химических источников тока большой электрической емкости (например, аккумуляторов электромобилей). Физико-технологические свойства порошка, определяющие технические показатели аккумуляторов, зависят от условий протекания процесса разложения парообразного тетракарбонила никеля (ТКН).

Недостаточная изученность кинетики процесса термического разложения ТКН [1]–[3] и отсутствие моделей макрокинетических процессов в рабочем пространстве аппарата затрудняют создание эффективных систем управления данным технологическим процессом (ТП). По этим причинам управление ТП осуществляется оператором-технологом в ручном режиме.

В этой ситуации для создания эффективной системы управления ТП необходимо разработать модель процессов в рабочем пространстве аппарата разложения с учетом материально-энергетических потоков.

Известно [2], что доминирующее влияние на свойства порошка оказывает температурный режим в рабочем пространстве аппарата. Поэтому разработка теплообменных процессов в рабочем пространстве является первоочередной задачей при создании системы управления.

**Модель идеального вытеснения.** Сущность процесса термического разложения паров ТКН, а также конструктивные особенности аппарата разложения, позволяют провести аналогию с химическим реактором проточного действия, широко распространенным в химической технологии [4].

Принимая во внимание этот факт, в качестве *рабочей гипотезы* о структуре гидродинамических и тепловых потоков в рабочем пространстве принята модель идеального вытеснения [5]:

$$\begin{cases} c_{p,c} S_{p,c} \rho_{p,c} \frac{\partial \theta(z,t)}{\partial t} = -c_{p,c} G_{p,c} \frac{\partial \theta(z,t)}{\partial z} - S_{p,p} \rho_{p,c} \lambda_{x,p} k_{x,p}(\theta) C(z,t) + \pi k_{\Pi}(z) (\Theta(z,t) - \theta(z,t)); \\ S_{p,p} \rho_{p,c} \frac{\partial C(z,t)}{\partial t} = -G_{p,c} \frac{\partial C(z,t)}{\partial z} - S_{p,p} \rho_{p,c} k_{x,p}(\theta) C(z,t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $c_{p,c}$  – удельная теплоемкость реакционной смеси, Дж/(кг·°C);  $S_{p,p}$  – площадь поперечного сечения реторты аппарата разложения, м<sup>2</sup>;  $\rho_{p,c}$  – удельная плотность реакционной смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $G_{p,c}$  – массовый расход реакционной смеси, кг/с;  $k_{\Pi}(z)$  – переменный по высоте аппарата коэффициент теплопередачи от устройства нагрева к рабочему пространству, Вт/(м·°C);  $\Theta(z,t)$  – температура устройства нагрева, °C;  $\theta(z,t)$  – температура реакционной смеси, °C;  $C(z,t)$  – концентрация паров ТКН в реакционной смеси, кг/кг;  $\lambda_{x,p}$  – удельный тепловой эффект химической реакции, Дж/кг;  $z$  – пространственная координата, выражающая расстояние вдоль оси аппарата от верха реторты, м.

Константа скорости реакции разложения паров ТКН подчиняется закону Аррениуса  $k_{x,p}(\theta) = e^{-E/(R\theta)} c^{-1}$ , где энергия активации  $E = 1,6 \cdot 10^5 - 3,5 \cdot 10^2 \theta$  Дж/моль.

Отклонение от средних значений удельной теплоемкости реакционной смеси  $c_{\delta,п}$ , рассчитанных по принципу аддитивности Реньо в предположении монотонного убывания концентрации паров ТКН, составляет менее 4 %.

Значения коэффициента теплопередачи  $k_{\Pi}(z)$  определены опытным путем по методу замещения [4], суть которого сводилась к созданию в аппарате объемного расхода, эквивалентного реакционной смеси, но без фиктивного теплового оттока на химическую реакцию. Результаты свидетельствуют о необходимости учета зависимости  $k_{\Pi}(z)$  от пространственной координаты  $z$ .

Модель идеального вытеснения для стационарного теплообмена получена численными методами путем квантования пространственной координаты  $z$ . Так как для измерения техническими средствами доступны шесть точек рабочего пространства, промежуточные значения векторов  $\Theta(z)$ ,  $\theta(z)$  и  $k_{\Pi}(z)$  получены путем линейной интерполяции.

Из результатов моделирования (рис. 1) видно, что форма расчетного температурного профиля реакционной смеси в рабочем пространстве значительно отличается от фактической: в верхней части рабочего пространства фактическое теплосодержание реакционной смеси выше предсказанного моделью, а в нижней части наоборот.

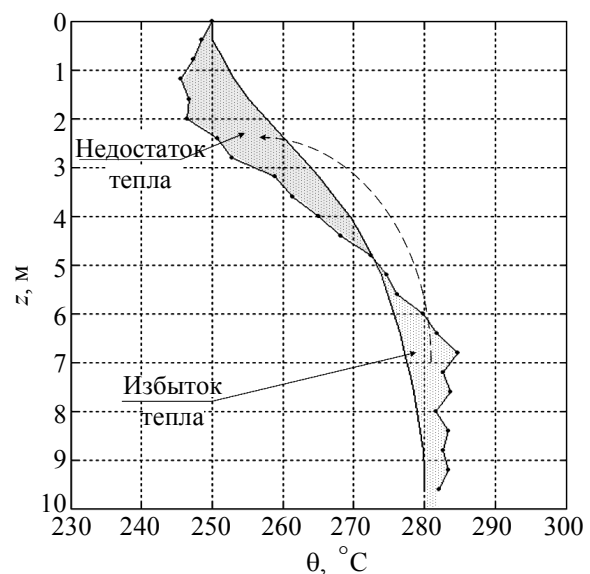


Рис. 1

**Диффузионная модель.** Принимая во внимание тот факт, что градиент температурного профиля направлен вниз, можно предположить, что в рабочем пространстве наблюдается перенос части тепла, образующегося в нижней части, в верхнюю (рис. 1). Следовательно, здесь наличествует термодиффузия [6]. Это заключение, а также факт нелинейного характера теплопередачи, дает основание выполнить коррекцию структуры модели путем введения в систему уравнений (1) выражения для *потока термодиффузии*  $\frac{\partial}{\partial z} \left( D_{\theta}(z) \frac{\partial \theta(z, t)}{\partial z} \right)$ .

С учетом коррекции, модель для процесса стационарного теплообмена примет вид

$$\begin{cases} \frac{S_{p,p}}{c_{p,c} G_{p,c}} \frac{d}{dz} \left( D_{\theta}(z) \frac{\partial \theta(z)}{\partial z} \right) - \frac{d\theta(z)}{dz} = \frac{S_{p,p} \rho_{p,c} \lambda_{x,p} k_{x,p}(\theta)}{c_{p,c} G_{p,c}} C(z) - \frac{\pi k_{\Pi}(z)}{c_{p,c} G_{p,c}} (\Theta(z) - \theta(z)); \\ \frac{dC(z)}{dz} = - \frac{S_{p,p} \rho_{p,c} k_{x,p}(\theta)}{G_{p,c}} C(z), \quad 0 \leq z \leq L_{p,p}. \end{cases} \quad (2)$$

Граничные условия по Данквертсу [5]: для верхней границы  $c_{p,c} G_{p,c} (\Theta_{p,c} - \theta(0)) + D_{\theta}(0) \frac{\partial \theta(z)}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0$ , для нижней границы  $\frac{\partial \theta(z)}{\partial z} \Big|_{z=L_{p,p}} = 0$ .

Значения коэффициентов модели (1) остаются прежними, так как не зависят от структуры потока в рабочем пространстве.

Для численного решения системы уравнений (2) применена разностная аппроксимация:

$$\begin{cases} \theta(i) = - \frac{K_2}{K} C(i) + \frac{K_3}{K} \Theta(i) + \frac{K_1 + K_4 D_{\theta}(i-1)}{K} \theta(i-1) + \frac{K_4 D_{\theta}(i)}{K} \theta(i+1); \\ C(i) = K_5 C(i-1), \quad i = \overline{1, N}, \end{cases} \quad (3)$$

где коэффициенты  $K_1 = \frac{G_{p,c} c_{p,c}}{\Delta z}$ ;  $K_2 = S_{p,p} \rho_{p,c} \lambda_{x,p} k_{x,p}(\theta(i))$ ;  $K_3 = \pi k_{\Pi}(i)$ ;  $K_4 = \frac{S_{p,p}}{\Delta z^2}$ ;

$K_5 = \frac{G_{p,c}}{G_{p,c} + S_{p,p} \rho_{p,c} \Delta z k_{x,p}(\theta(i))}$ ;  $K = K_1 + K_3 + K_4 D(i) + K_4 D(i-1)$ ;  $\Delta z = L_{p,p} / N$ ;  $L_{p,p}$  – высота реторты аппарата разложения, м;  $N$  – число точек по высоте реторты аппарата разложения.

Для определения значений коэффициента термодиффузии  $D_{\theta}(i)$  была сформулирована задача параметрической оптимизации. Исходная выборка представляла собой множество пар значений переменных

$$(\Theta(i), \theta(i), k_{\Pi}(i)), \quad i = \overline{1, N},$$

где  $\Theta(i)$ ,  $\theta(i)$  – значения температуры устройства нагрева и температуры рабочего пространства в  $i$ -й точке, °C;  $k_{\Pi}(i)$  – значение коэффициента теплопередачи в  $i$ -й точке, Вт/(м·°C);  $N = 24$ .

Требуется найти такие значения вектора  $\mathbf{D}$ , которые доставляют минимум функционалу:

$$J(\mathbf{D}) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\theta(i) - f(\Theta(i), \mathbf{D}))^2} \rightarrow \min_{\mathbf{D} \in \Omega},$$

где  $\mathbf{D}$  – вектор значений коэффициентов термодиффузии,  $\mathbf{D} = (D_{\theta}(1), \dots, D_{\theta}(N))$ ;  $\Omega$  – области определения  $\mathbf{D}$  (диапазоны возможных значений коэффициентов термодиффузии).

Многомерность задачи затрудняет применение градиентных методов оптимизации, поэтому был разработан генетический алгоритм, реализующий метод случайного поиска глобального минимума в пространстве  $\Omega$ .

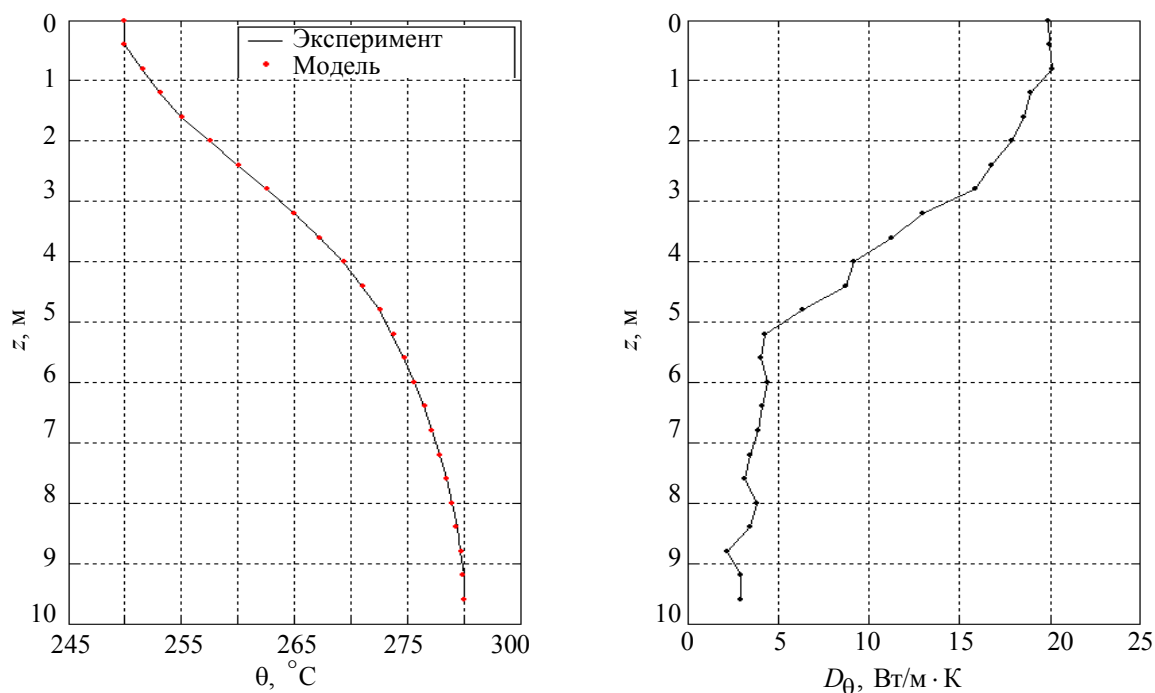


Рис. 2

Результаты работы генетического алгоритма оптимизации приведены на рис. 2. Близость температурных профилей модели и рабочего пространства подтверждает наличие в рабочем пространстве аппарата разложения ТКН восходящего термодиффузионного потока.

В результате всего сказанного можно сделать вывод, что для моделирования стационарных тепловых процессов в рабочем пространстве аппарата разложения паров ТКН адекватной является модель реактора с переменным по высоте коэффициентом термодиффузии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кипнис, А. Я. Карбонильный способ получения никеля [Текст] / А. Я. Кипнис, Н. Ф. Михайлова, Г. Р. Певзнер. – М.: Цветметинформация, 1972. – 104 с.
2. Сыркин, В. Г. CVD-метод. Химическая парофазная металлизация [Текст] / В. Г. Сыркин. – М.: Наука, 2000. – 496 с.
3. Кафаров, В. В. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы массовой кристаллизации из растворов и газовой фазы [Текст] / В. В. Кафаров, И. Н. Дорохов, Э. М. Кольцова. – М.: Наука, 1983. – 368 с.
4. Френкс, Р. Математическое моделирование в химической технологии [Текст] / Р. Френкс. – М.: Химия, 1971. – 272 с.

5. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств [Текст] / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.

6. Франк-Каменецкий, Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике [Текст] / Д. А. Франк-Каменецкий. – М.: Наука, 1967. – 492 с.

*I. V. Shevtsov*

*BUILDING OF HEAT MODEL OF RETORT'S CHAMBER OF NICKEL CARBONYL DECOMPOSER  
AS CONTROL OBJECT*

*Time-invariant heat model of retort's chamber taking into account the reaction of nickel  
carbonyl's vapours dissociation is developed.*

**Diffusion model, nickel carbonyl**



УДК 681.5

О. А. Козлова

## НЕЧЕТКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В ЗАДАЧЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ У РОБОТОВ

*Посвящается задаче распознавания образов в робототехнике, в частности этапу классификации, называемому кластеризацией, а также примерам ее результатов.*

**Нечеткая логика, классификация, кластеризация, распознавание образов, метод**

В настоящее время робототехника демонстрирует все более и более сложные разработки в области интеллектуальных роботов (их также называют гуманоидами и андроидами). Роботы могут слышать, видеть, ходить, говорить, даже танцевать. И попытки создать робота, все более похожего на человека, не прекращаются.

Человек воспринимает внешний мир с помощью органов чувств: зрения, слуха, осязания, обоняния и т. д. Поэтому чтобы робот мог воспроизводить общение, как живое существо, его тоже снабжают органами чувств, созданными, насколько это возможно, по принципу человеческих.

В систему управления интеллектуальным роботом в целом должны входить:

1. Обработка сенсорных данных, т. е. обработка информации, собираемой с датчиков и камер, установленных на роботе. Это служит основным материалом для взаимодействия робота с внешней средой.
2. Постановка целевых задач, т. е. планирование дальнейших действий робота.
3. Формирование способов реализации поставленных задач.
4. Собственно решение поставленных задач.

Для качественной обработки сенсорных данных требуется система распознавания образа, которая могла бы не только определять знакомые объекты, но и расширять собственную базу знаний.

Для создания такой системы необходимо создать:

- базу знаний с дальнейшей возможностью ее корректирования;
- систему отслеживания заданного образа.

Для начала надо разобраться, как вообще происходит считывание информации с сенсоров.

Одним из самых важных источников данных как у человека, так и у робота является зрение<sup>1</sup>. Систему восприятия зрительных образов у робота можно условно разделить на составляющие:

1. *Ввод изображения.* Обеспечивает последовательное изъятие кадров, получаемое из сигнала с видеокамер («глаз» робота). Необходимыми требованиями здесь являются выделение в памяти места для хранения кадров и строго заданный размер получаемой картинки. Последнее условие обусловлено необходимостью быстрой обработки входной информации, а значит, невозможностью выделять большой объем памяти.

2. *Предварительная обработка изображения.* Полученное изображение может быть в силу разных причин искажено помехами. И чем меньшая камера будет установлена, тем будет больше помех.

В предварительную обработку входят:

– преобразование цветного изображения в черно-белое. Это можно сделать, например, так: все цвета преобразуются по формуле

$$\text{цвет} = 0.3R + 0.59G + 0.11B,$$

где R – красный цвет, G – зеленый, B – синий, и если значение цвета оказывается больше установленного порогового значения, то он считается черным, если меньше – белым;

– устранение погрешности объектива камеры, которая воспринимает первичное изображение. В этом процессе для наиболее точного распознавания образа необходимо минимизировать все имеющиеся погрешности, в том числе и аппаратные.

3. *Обнаружение препятствий.* Имеется в виду обнаружение посторонних предметов, находящихся перед искомым объектом. Препятствия должны обнаруживаться в режиме реального времени, а значит, следует использовать быстродействующие алгоритмы, обеспечивая при этом оптимальную организацию структуры данных.

В данном случае необходима сегментация, т. е. разбиение общего объекта на части, и каждая часть должна содержать один объект<sup>2</sup>. Существует множество методов сегментации. По участию человека в работе алгоритмы можно разделить на автоматические, т. е. такие, в которых присутствие человека не требуется, и интерактивные, когда нужно задавать некоторые параметры вручную.

В свою очередь, в автоматическую сегментацию включены:

– разделение изображения на области с заданными свойствами. В этом случае сегментация заключается в определении областей, о которых имеется некоторая начальная информация (если, например, известен искомый объект или его цвет, или форма);

– разделение изображения на однородные области. Тут отсутствует необходимость в предварительной информации. Однако этот метод предполагает наложение ограничений на само разбиение. Этот способ сегментации достаточно универсален и может использоваться в разных задачах<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://robot-rad.narod.ru/>.

<sup>2</sup> <http://www.ampersant.ru/glaz/>.

<sup>3</sup> [http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/fvti/televhkin/library/auto\\_segment.htm](http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/fvti/televhkin/library/auto_segment.htm).



Поскольку сегментация – лишь часть системы восприятия зрительных образов, результат ее работы рассматривается по результатам работы системы в целом. Для того чтобы выделить и оценить качество работы собственно сегментации, обычно за объектом закрепляют несколько свойств, необходимых для положительных результатов (например, схожесть выделенных областей, различность между соседними областями и т. п.). Если результат соответствует этим свойствам, то метод сегментации выбран удачно.

Выбор метода сегментации зависит от конкретной задачи с учетом предполагаемых результатов. В соответствии с ними и выбираются наиболее важные для данной задачи свойства разбиения.

4. *Распознавание образа.* Последний этап заключается в окончательной обработке изображения, выявлении объекта и принятии решения: продолжать ли наблюдать за ним [2].

Особенности алгоритмов распознавания зрительных образов можно свести к следующему:

- отсутствие необходимости распознавать все образы на каждом полученном от камер изображении – достаточно обеспечить слежение за одним заданным образом;
- разделение задачи распознавания зрительного образа на определение количества повторений его и слежение за одним из них;
- необходимость создания алгоритма добавления новых образов в базу данных и обеспечение их корректировки и удаления<sup>1</sup>. [4]

Остановимся подробнее на распознавании образа. Его можно охарактеризовать отнесением исходной выборки к определенному классу с помощью выделения существенных свойств, характеризующих эти данные, из общей массы поступившей информации. В связи с этим на передний план выходит классификация данных.

Каждый объект обладает набором квалификационных признаков (свойств), причем у разных объектов свойства могут как совпадать, так и различаться полностью или частично. В общем смысле при классификации на основании заданных свойств данные делятся на классы, причем внутри каждого класса свойства объектов, по которым ведется классификация, должны быть идентичными.

Для обычной классификации характерно отнесение каждого объекта только к одному классу. Однако в настоящее время получают все большее развитие нечеткие (fuzzy) системы. Такие системы не навязывают определенный класс, но дают степень принадлежности входного объекта к каждому из классов. Эта отличительная особенность нечетких систем оказывается весьма полезна для систем технического зрения, поскольку последнее слово в принятии решения остается не за машиной, а за человеком.

Когда класс характеризуется перечнем входящих в него элементов, построение системы, распознавания образов может быть основано на принципе принадлежности к этому перечню. Когда класс характеризуется некоторыми общими свойствами, присущими всем его членам, построение системы распознавания основывается на принципе общности свойств. Когда при рассмотрении класса обнаруживается тенденция к образованию кластеров в пространстве образов, построение системы распознавания основывается на принципе кластеризации.

---

<sup>1</sup> [http://www.ci.ru/inform03\\_06/p\\_24.htm/](http://www.ci.ru/inform03_06/p_24.htm/).

Классификацию в случае использования методов нечеткого управления можно представить в виде задачи выявления функций принадлежности для лингвистических координат технологического процесса (ТП).

Кластеризация – это процесс объединения в группы схожих объектов. Группы подбираются таким образом, чтобы внутри каждой из них объекты обладали максимально схожими свойствами, тогда как свойства разных групп максимально отличались бы друг от друга.

Рассмотренный далее метод эталонной fuzzy-кластеризации использует в качестве исходных данных пространство состояний  $X$  моделируемого ТП

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

где  $x_j \in \mathbf{R}_d$  –  $d$ -мерный вектор состояния, элементами которого являются значения координат ТП, полученные на этапе сбора технологической информации.

Перед проведением кластеризации можно произвести выбор наиболее информативных координат, на множествах значений которых будет осуществляться кластеризация.

Постановка задачи: пусть  $X$  – пространство состояний моделируемого объекта;  $c$  – количество кластеров, причем  $2 \leq c \leq n$ ,  $n$  – количество векторов, входящих в пространство состояния. Необходимо разбить  $X$  на  $c$  кластеров.

$u_{kj}$  – степень принадлежности  $x_j$  к  $k$ -му кластеру. При привычной кластеризации  $u_{kj}$  может принимать значение 0 в случае, если объект не принадлежит кластеру, либо 1, если принадлежит. В нечеткой кластеризации  $u_{kj}$  может принять любое значение в диапазоне 0...1. В математической форме можем записать это так:

$u_{kj} \in \{0, 1\}$  – при жесткой кластеризации,

$u_{kj} \in [0, 1]$  – при нечеткой кластеризации.

Однако независимо от вида кластеризации должно выполняться условие

$$\sum_j u_{kj} > 0,$$

т. е. не смотря на то что нечеткая кластеризация допускает принадлежность данных к двум или более кластерам, сумма степеней принадлежности составляет 1, и в этом случае  $u$  является весом принадлежности к кластеру. Степень принадлежности  $u$  определяется с помощью применения нечеткой логики.

Обозначим  $M_{fc}$  множество матриц разделения  $U$  размерностью  $(c \times n)$ . Элементами матриц разделения являются степени принадлежности вектора  $x_j$  к  $k$ -му кластеру  $u_{kj}$ . В таком случае классификация принимает вид процедуры объединения матриц  $X$  и матрицы разделения  $U$ .

Для нахождения оптимального результата такого соединения в процедуре нечеткой кластеризации за целевую функцию, определяющую качество размытого разбиения, принимается сумма квадратичных ошибок в обобщенной группе:

$$J_m(U, v) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^c (u_{kj})^m \|x_j - v_k\|^2, \quad 1 \leq m < \infty, \quad (1)$$

где  $x_j$  –  $d$ -мерные измеренные данные,  $v_k$  –  $d$ -мерный вектор, центр  $k$ -го кластера;  $\|\cdot\|$  – произвольная норма, отражающая подобие измеренных данных и центра кластера.

Нормы выбираются в зависимости от поставленной задачи. В нашем случае лучше всего применить наиболее универсальное евклидово расстояние.

Для  $m = 1$  и  $u_{kj} = \{0, 1\}$  процедура минимизации критерия выполняется по обычному методу  $k$ -средних. При увеличении  $m$ , возрастает и нечеткость кластеризации. Из этого следует, что особенностью алгоритма эталонной fuzzy-кластеризации является возможность произвольным образом адаптироваться к нечеткостям, т. е. чем меньше уверенность в точности данных, снимаемых датчиками с исследуемого технологического процесса, тем большее значение задается для коэффициента нечеткости.

Параметр  $J_m(U, v)$  выполняет роль оценки взвешенной дисперсии точек из  $X$  относительно оптимального расположения центров кластеров  $v_1, \dots, v_k$ .

Значения  $u_{kj}$  и  $v_k$ , при которых формула минимальна (обозначаются как  $\underline{u}_{kj}$  и  $\underline{v}_k$ ), при  $m > 1$  удовлетворяют следующим условиям:

условие 1:

$$\underline{u}_{kj} = \left( \sum_{g=1}^c \left( \frac{\|x_j - v_k\|}{\|x_g - v_g\|} \right)^{2/(m-1)} \right)^{-1}; \quad (2)$$

условие 2:

$$\underline{v}_k = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{kj})^m x_j}{\sum_{j=1}^n (u_{kj})^m}, \quad \forall k. \quad (3)$$

Значение  $u_{kj}$ , обеспечивающее минимум выражения (1), можно найти с помощью следующей итеративной процедуры.

Шаг 1. Выбор значения коэффициента нечеткости  $m$ , числа кластеров  $c$  и определение соответствующим образом нормы в выражении (2). Для матрицы степеней принадлежности векторов к кластерам  $U$  задать начальное значение  $U_{(0)} \in M_{fc}(U_{(0)})$ , которое целесообразно выбрать случайным образом независимо от  $u_{kj}$ .

Шаг 2. Вычислить векторы центров кластеров  $\{v_k^{(0)}\}$ , используя  $U^{(0)}$ , по формуле (3).

Шаг 3. Определить новые значения элементов матрицы степеней принадлежности  $U^{(1)}$ , с помощью  $\{v_k^{(0)}\}$ , используя (2).

Шаг 4. Задать подходящую норму и граничное значение  $\varepsilon$  для определения момента завершения алгоритма и выполнять предыдущие шаги до тех пор, пока  $\|U_{(p)} - U_{(p-1)}\| \leq \varepsilon$ .

Полученные таким образом элементы  $u_{kj}$  матрицы  $U$  характеризуют степень принадлежности  $x_j$  кластеру  $k$ .

В различных литературных источниках указывается, что процедура нечеткой кластеризации всегда сходится.

Для выбора числа кластеров  $c$  проводится предварительная оценка исследуемого ТП. Впоследствии это число варьируется как в меньшую, так и в большую сторону, чтобы проверить, какое значение будет наилучшим образом представлять физические процессы, протекающие в моделируемом ТП.

Для оценки качества полученного разбиения был выбран критерий на основе энтропийного экспоненциального распределения, так называемый коэффициент матрицы разбиения:

$$F(\tilde{U}; c) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^c \frac{u_{kj}^2}{n}, \quad (4)$$

где  $\tilde{U}$  – полученная матрица степеней принадлежности для выбранного коэффициента нечеткости и числа кластеров.

Значения критерия (4) вычисляются для одного значения коэффициента размытости и различного числа кластеров и лежат в интервале  $[0, 1]$ . Чем меньше размытость данных, тем большие значения принимает коэффициент. Максимальное его значение соответствует оптимальному числу кластеров. Варьируя коэффициент нечеткости и число кластеров, можно построить поверхность в трехмерном пространстве для помощи в выборе оптимального числа кластеров.

Из того что формулы (2) и (3) определяют минимум функционала качества  $J_m$ , следует, что, изменяя начальное значение матрицы степеней принадлежности  $U$ , можно изменять и результаты кластеризации. Отсюда следует, что для достижения высоких результатов необходимо очень внимательно подходить к выбору начального значения. Кроме того, в любом случае трудно распознать небольшую изолированную область, т. е. вместо глобального минимума можно достичь минимума локального, что приведет к получению неадекватных результатов. Поэтому рекомендуется выполнить процедуру эталонной кластеризации несколько раз с различными начальными значениями матрицы разделения.

На выходе работы алгоритма эталонной кластеризации получается алфавит классов, на основе которого формируется нечеткая кластерная модель ТП, для чего предусмотрено задание лингвистического соответствия полученным эталонам. Оператор, использующий исследуемый объект и обладающий знаниями в данной области, должен сформулировать лингвистические термы, соответствующие полученным нечетким множествам.

Сформированная в результате выполнения нечеткой кластеризации модель позволяет осуществлять построение итоговых моделей для различных состояний и режимов функционирования исследуемого объекта и объединять их [5].

С практической точки зрения программа, выполняющая подобную кластеризацию при изменении центра кластеров приводит к следующим результатам (рис. 1–3).

На рис. 1 представлена исходная выборка.

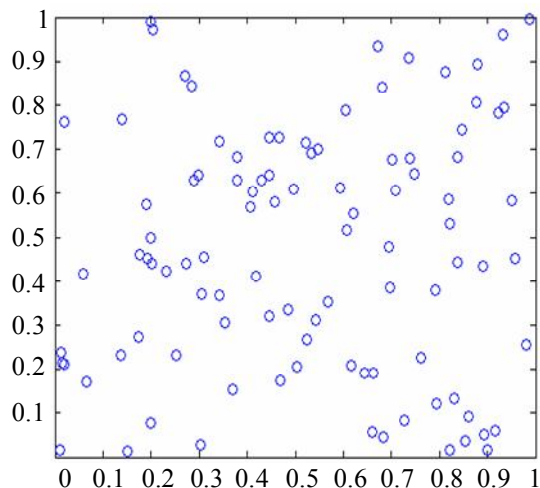


Рис. 1

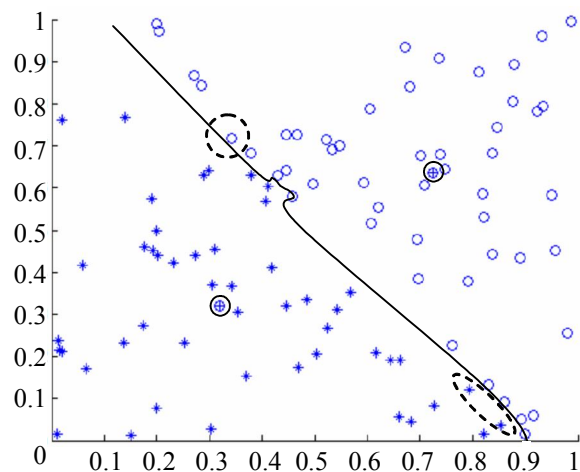


Рис. 2

Произведем апробацию алгоритма эталонной кластеризации.

Зададим сначала параметры, которые не будут варьировать на протяжении всей апробации:  $c = 2$ ;  $\varepsilon = 1$ .

Для  $m = 2$  алгоритм показывает результат, представленный на рис. 2.

Результат для  $m = 10$  представлен на рис. 3.

Как видно из графиков, при варьировании параметра нечеткости алгоритм корректирует положение центров кластеров (обозначены символом  $\oplus$ ) и принадлежность координат к тому или иному кластеру (измененные координаты обозначены  $\odot$ ).

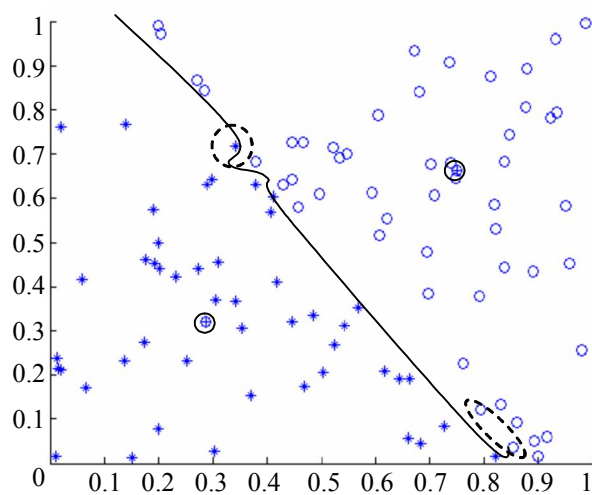


Рис. 3

По результатам проверки алгоритма можно сказать, что он справляется с поставленной ему задачей и делит входные данные на кластеры в зависимости от заданных параметров, варьируя которые можно достигать необходимых результатов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

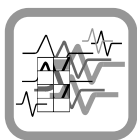
1. Кораблев Ю. А., Шестопалов М. Ю. Системы управления с нечеткой логикой. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008.

*O. A. Kozlova*

#### *FUZZY CLUSTERISATION IN THE TASK OF TECHNICAL SIGHT FOR ROBOTICS*

*In this article tells about pattern recognition in robotics. But the main part of information is devoted for the stage of classification called clustering. And at the end we can find examples of its results.*

**Fuzzy, logic, classification, clusterization, pattern recognition, methods**



УДК 681.883.213

*А. А. Волкова, Д. Б. Островский*

## **КРИТЕРИЙ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ КЛАССИФИКАЦИОННОГО ПАРАМЕТРА «ШУМНОСТЬ ЦЕЛИ» ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ШУМОПЕЛЕНГАТОРНОЙ СТАНЦИЕЙ**

*Рассмотрена процедура оценки параметра «шумность цели», применяемая при классификации по данным гидроакустического шумопеленгования. Определен критерий, позволяющий принимать решение о допустимости использования оценки параметра.*

**Гидроакустическое шумопеленгование, классификация, шумность цели, точность оценки**

Основная характеристика первичного гидроакустического поля судов – функция спектральной плотности среднего квадрата давления шума [1]:

$$G(f) = \frac{dp^2}{df},$$

где  $p$  – давление шума;  $f$  – частота.

На частотах выше 0.5...1.0 кГц эта функция описывается выражением вида:

$$G(f) = \frac{p_0^2(1,1,1)}{f^n},$$

где  $p_0(1,1,1)$  – давление шума на частоте  $f_0 = 1$  кГц в полосе  $\Delta f = 1$  Гц на расстоянии  $r_0 = 1$  м от акустического центра источника;  $n$  – показатель степенной зависимости от частоты спектральной плотности сигнала.

Величина  $p_0^2(1,1,1)$ , входящая в последнее выражение, является одной из характеристик судна как источника акустического излучения и используется в качестве классификационного признака для разделения целей на сильношумящие и слабошумящие. Будем называть оценку этой величины, полученную по данным шумопеленгования, классификационным параметром «шумность цели».

Шумность цели оценивается косвенно по результатам оценки мощности сигнала в полосе частот на входе антенны и дальнейшего пересчета этой оценки в предполагаемую точку излучения с учетом расширения фронта волны, затухания сигнала и аномалии распространения. Для пересчета используется выражение, известное в гидроакустике [1]:

$$p^2(f, \Delta f, r) = \frac{p_0^2(1, 1, 1)}{r^2} \left(\frac{1}{f}\right)^n \Delta f \cdot 10^{-0.1\beta(f)r} A(r), \quad (1)$$

где  $p(f, \Delta f, r)$  – давление шума на частоте  $f$  в полосе  $\Delta f$  на расстоянии  $r$  от акустического центра источника;  $\beta(f)$  – частотно-зависимый коэффициент затухания;  $A(r)$  – коэффициент аномалии.

Основной вклад в погрешность оценки «шумности цели» вносит погрешность оценки расстояния. Остальные параметры либо известны точно (параметры приемного тракта), либо могут быть измерены (параметры затухания), либо вычисляются согласно принятой модели среды (аномалия распространения).

В работе [2] показано, что в некоторых гидрологических условиях влияние погрешности оценки расстояния на погрешность оценки шумности цели существенно: погрешность оценки расстояния более 7% приводит к тому, что вероятность неправильной классификации по параметру «шумность цели» превышает вероятность правильной классификации даже при условии, что истинные шумности целей распознаваемых классов отличаются на порядок. Это происходит в связи с тем, что расстояние определяет условия наблюдения цели в среде (наличие положительной или отрицательной аномалии в точке предполагаемого расстояния).

В процессе наблюдения и классификации цели шумопеленгаторной станцией погрешность оценки расстояния неизвестна и может превышать 7%. Тогда оценка параметра «шумность цели» не должна сопровождаться информацией о погрешности ее измерения и, как следствие, невозможно оценить допустимость использования параметра для классификации. Необходимо выбрать другой критерий, на основании которого можно в натуральных условиях оценивать влияние неточного знания расстояния на погрешность оценки параметра «шумность цели» и допустимость его использования для классификации целей.

На основании известной взаимосвязи между процедурами оценки расстояния физическими методами и классификации [3], которые используют одни и те же параметры, можно использовать в качестве искомого критерия коэффициент корреляции между спектром принятого сигнала и прогнозируемым спектром сигнала на предполагаемом расстоянии. Эту гипотезу проверим статистическим методом с помощью имитационного моделирования в различных типах гидрологических условий.

Определим исследовательскую модель, основанную на расчете поля распространения сигнала в слоисто-неоднородной среде в лучевом приближении, в которой будем считать все остальные параметры (кроме оценки расстояния, которая связана с коэффициентом корреляции), необходимые для выработки параметра «шумность цели», известными или оцененными точно: считаем известными все параметры среды распространения и параметры приемного тракта. Одновременно считаем абсолютно точно соответствующими реальным законы распространения, принятые для модели среды, и способы обработки информации, реализованные в приемном тракте.

Реализуем исследовательскую модель следующим образом:

а) определяем функцию спектральной плотности среднего квадрата давления цели в

точке излучения как  $G(f) = \frac{p_0^2(1, 1, 1)}{f^2}$  при  $p_0(1, 1, 1) = 1 \text{ Па} / \sqrt{\text{Гц}}$ ;

б) задаем массив значений истинных расстояний до цели, ограниченный энергетическим потенциалом станции шумопеленгования. Вычисляем мощность сигнала и отношение сигнал/помеха в точке приема. Вычисления производим по формуле (1) в четырех октавных фильтрах, перекрывающих частотный диапазон станции шумопеленгования в звуковом диапазоне частот. Далее используем только те опыты, в которых обнаружение сигнала возможно (отношение сигнал/помеха превышает порог);

в) для каждого элемента массива истинных расстояний, определенного на этапе «б», задаем массив значений возможных оценок расстояния. Исходя из этого вычисляем оценку шумности цели и коэффициент корреляции между спектром сигнала, полученного для истинного расстояния, и спектром сигнала, полученного для возможной оценки расстояния. Под спектром сигнала понимается вектор из четырех значений мощностей сигнала в октавных фильтрах. Коэффициенты корреляции и оценки шумности цели вычисляются на интервалах погрешности оценки расстояния от нуля до величины погрешности, равной в пределах энергетическому потенциалу станции шумопеленгования. Формула для вычисления коэффициента корреляции стандартная [4].

Таким образом, для каждого опыта, определяемого истинным расстоянием и его оценкой, получена оценка параметра «шумность цели», сопровождаемая коэффициентом корреляции. Коэффициент корреляции в каждом опыте характеризует степень сходства между спектрами сигналов для истинного расстояния и его оценки.

С использованием описанной модели были исследованы два вида типовых гидролого-акустических условий: условия сплошной освещенности мелкого моря и условия зональной структуры глубокого моря. Профиль вертикального распределения скорости звука  $C$  в зависимости от глубины  $h$  приведен на рис. 1: *а* – для условий сплошной освещенности; *б* – для условий зональной структуры. Параметры среды – средние по Мировому океану, параметры приемного тракта – типовые [1].

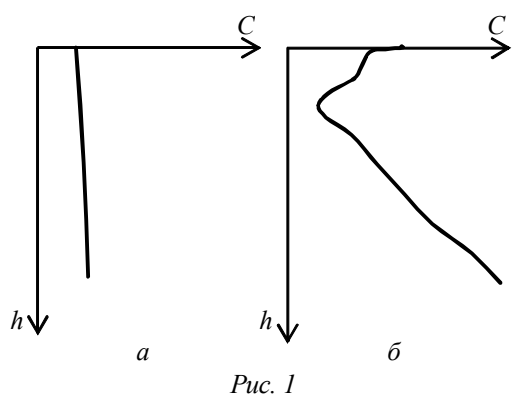


Рис. 1

Проведем требуемую вероятностную оценку зависимости точности выработки параметра «шумность цели» от коэффициента корреляции, используя набранный объем статистических данных. Для удобства дальнейших расчетов будем рассматривать оценку параметра «шумность цели», выраженную по шкале децибел относительно условно принятого звукового давления, равного 1 Па:  $p_0 = 20 \log \left( \frac{p_0(1, 1, 1)}{1} \right)$ . Это позволит определить составляющие ошибки оценки параметра, несмотря на то что их динамический диапазон очень широк.



Определим смещенные реднеквадратичные отклонения  $\sigma$  абсолютных величин оценок параметра «шумность цели» в интервалах коэффициента корреляции  $\Delta K = 0.01$ . Оценки этого параметра, выраженные в децибелах, необходимо рассматривать в абсолютных величинах. Это связано с тем, что отклонение оценки расстояния от истинного значения приводит к отклонению оценки шумности цели в большую и меньшую стороны, в то время как коэффициент корреляции только уменьшается.

На рис. 2 представлены результаты моделирования: смещение (рис. 2, *a*) и среднеквадратичное отклонение (рис. 2, *б*) абсолютной величины оценки параметра «шумность цели» в зависимости от коэффициента корреляции для гидрологических условий сплошной освещенности (кривая 1) и зональной структуры (кривая 2).

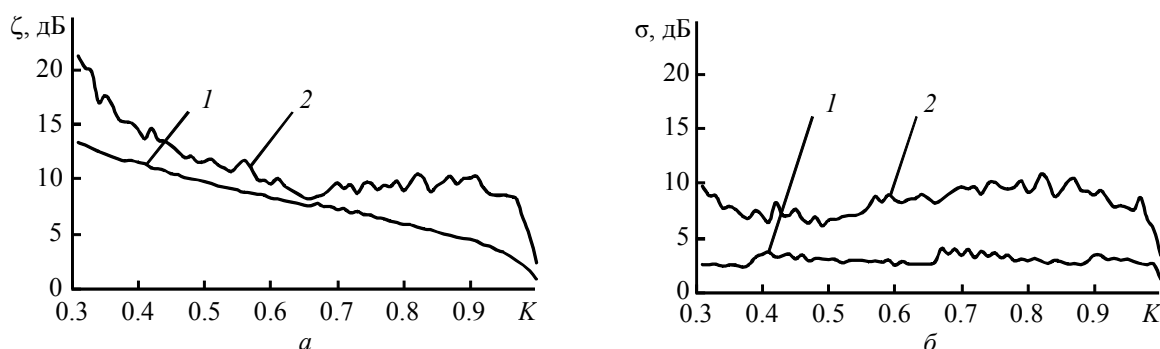


Рис. 2

Анализ полученных графиков свидетельствует о том, что характер функций смещения (см. рис. 2, *a*) является монотонным и убывает при увеличении коэффициента корреляции. Характер функций среднеквадратичного отклонения (см. рис. 2, *б*) выявить сложно, однако наблюдается явный спад к точке с максимальным коэффициентом корреляции. Все функции в пределе ( $K = 1$ ) принимают минимальное значение. Полученный качественный результат справедлив для обоих рассмотренных типовых гидрологических условий.

Следовательно, при оценке параметра «шумность цели» в условиях косвенной оценки расстояния желательно учитывать степень совпадения между спектром принятого сигнала и прогнозируемым спектром на предполагаемом расстоянии. Вычисление оценки параметра совместно с оценкой расстояния любым из физических методов автоматически обеспечит минимальное влияние погрешности оценки расстояния на погрешность оценки параметра «шумность цели».

Представляет интерес оценить потенциальную эффективность классификации по параметру «шумность цели» при оценке параметра с ошибкой, полученной для максимального значения коэффициента корреляции. Величины смещения и среднеквадратического отклонения оценки параметра принимают в этом случае минимальные значения, близкие к 1 дБ в условиях сплошной освещенности и близкие к 3 дБ в условиях зональной структуры.

Распределение параметра «шумность цели» для совокупности объектов одного класса не известно. Известно [5], что минимальная шумность объектов большой шумности превышает максимальную шумность объектов малой шумности на порядок. Определим эффективность классификации для самого сложного случая распределения параметров альтернативных классов – две  $\delta$ -функции, отстояние между которыми составляет 20 дБ, например  $\delta(0)$  и  $\delta(20)$ .

Согласно принципу максимизации энтропии [4] будем считать, что погрешность оценки параметра «шумность цели» распределена нормально. Численные значения параметров закона распределения выберем соответствующими максимальному значению коэффициента корреляции в условиях зональной структуры. Смещение составляет 3 дБ в сторону альтернативного класса (худший случай), среднеквадратичное отклонение – 3 дБ.

Показателями эффективности классификации являются вероятности правильной и ложной классификации. Апостериорные распределения вероятностей альтернативных классов получим в результате композиции законов распределения [6]:  $N(3.3)$  и  $N(17.3)$ . Алгоритм максимального правдоподобия [7] обеспечивает вероятность правильной классификации, превышающую 0.99, и вероятность ложной классификации не более 0.01.

Из представленных результатов моделирования следует, что методическая погрешность оценки параметра «шумность цели», определяемая погрешностью оценки расстояния, монотонно увеличивается при уменьшении степени совпадения спектров сигнала в точке приема и в точке предполагаемого расстояния. Минимальная погрешность обеспечивается при наибольшем совпадении спектров, мерой которого является коэффициент корреляции.

Полученный результат позволяет сделать вывод, что оценку классификационного параметра «шумность цели» желательно проводить совместно с оценкой расстояния, основанной на сопоставлении спектров принятого и прогнозного сигналов. Это автоматически обеспечит минимальное влияние погрешности оценки расстояния на погрешность оценки параметра «шумность цели».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтютов А. П., Митько В. Б. Примеры инженерных расчетов в гидроакустике. Л.: Судостроение, 1981. 256 с.
2. Волкова А. А. Влияние ошибки оценки дистанции на точность оценки мощности шумоизлучения цели // Гидроакустика: сб. докл. II науч.-техн. конф. молодых специалистов ОАО «Концерн “Океанприбор”». СПб., 2007. С. 48–51.
3. Машошин А. И. Об одном подходе к совместному решению задач классификации и определения координат подводных объектов по их гидроакустическому полю // Акустический журнал. 1999. Т. 45, № 1. С. 124–127.
4. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978. 412 с.
5. Урик Роберт Дж. Основы гидроакустики/ пер. с англ. Л.: Судостроение. 1978. 448 с.
6. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Физматгиз, 1962. 564 с.
7. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. 656 с.

*A. A. Volkova, D. B. Ostrovskiy*

### *ACCURACY OF PASSIVE SONAR ESTIMATION CLASSIFICATION PARAMETER «TARGET'S NOISE» CRITERION*

*Process estimate parameter «target's noise» in passive sonar classification is considered.  
Criterion which make it possible to decide about admissible for use parameter's estimate are make.*

**Passive sonar, classification, target's noise, accuracy of estimation**

## МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ МАКСИМУМА КОЛОКОЛООБРАЗНОЙ ФУНКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРЯДКОВЫХ СТАТИСТИК

*Рассмотрена задача оценивания положения максимума колоколообразной функции, искаженной шумами и помехами, с использованием метода порядковых статистик. Приведены выражения для его реализации. С помощью численного моделирования в системе MATLAB определены основные характеристики предложенного алгоритма в сравнении с широко известным центроидным алгоритмом.*

**Колоколообразная функция, математическое моделирование, аппроксимация, центроидный метод**

Решение ряда задач, таких как нахождение углового положения точечной цели в оптико-электронных системах с матричными фотоприемными устройствами [1], поиск максимума брэгговских пиков [2], а также определение ветровых характеристик атмосферы при спектральном методе обработки сигнала в когерентном доплеровском лидаре [3] сводится к оцениванию параметра положения максимума колоколообразной функции, представленной в дискретном цифровом виде и искаженной помехами и шумами.

Простейший алгоритм поиска положения максимума колоколообразной функции основан на использовании центроидного метода [4] и определяется в соответствии со следующим выражением:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^N x_i u(x_i)}{\sum_{i=1}^N u(x_i)},$$

где  $x_i$  – абсцисса, соответствующая  $i$ -му отсчету измерительной информации,  $u(x_i)$  – ордината  $i$ -го отсчета,  $N$  – количество отсчетов.

Более точными, но и более сложными методами определения положения максимума колоколообразной функции являются методы, основанные на вейвлет-анализе [5], а также аппроксимационные методы, в которых используются либо кубические сплайны [6], либо гауссовская функция [2], [3].

В данной работе предлагается метод определения положения максимума, основанный на использовании порядковых статистик вариационного ряда.

Неискаженная шумами и помехами различной природы колоколообразная функция обычно представляется в аналитическом виде гауссоидой  $f = k_a \varphi(x, x_0, \sigma)$ , где  $k_a$  – амплитудный коэффициент,  $\varphi(x, x_0, \sigma)$  – функция Гаусса, описывающая известное гауссовское распределение

$$\varphi(x, x_0, \sigma) = \left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)^{-1} e^{-0.5((x-x_0)/\sigma)^2},$$

где  $x$  – координата по оси абсцисс;  $x_0$  – центр гауссовского распределения, характеризующий положение максимума колоколообразной функции;  $\sigma$  – дисперсия гауссовского распределения, характеризующая ширину колоколообразной функции.

Рассмотрим основные свойства гауссоиды. Максимум этой функции достигается в точке  $x = x_0$ :

$$f_{\max} = \frac{k_a}{\sigma\sqrt{2\pi}}.$$

Используя методы математического анализа, легко получить, что наибольшая крутизна колоколообразной функции достигается в точках  $x_1 = x_0 - \sigma$  и  $x_2 = x_0 + \sigma$ . При этом  $x_2 - x_1 = 2\sigma$ . Значение колоколообразной функции в этих точках

$$f_{1,2} = \frac{k_a}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2}.$$

Очевидно, что прямая, проходящая через точки максимальной крутизны гауссовой кривой, описывается уравнением  $y = f_{\max} e^{-1/2}$ .

Методика оценивания положения максимума в общем случае искаженной шумами и помехами дискретной колоколообразной функции определяется следующей последовательностью действий:

1. Выбор максимального значения  $u_{\max}$  вариационного ряда, соответствующего элементу  $u_l$  массива исходных данных.

2. Определение прямой, задаваемой уравнением  $y = U = u_{\max} e^{-1/2}$ .

3. Определение элементов исходного числового ряда (порядковых статистик), удовлетворяющих неравенствам

$$\begin{aligned} u_{m-1} < U < u_m < u_l = u_{\max}; \\ u_l = u_{\max} > u_n > U > u_{n+1} \\ \text{при } m \leq l \leq n. \end{aligned}$$

Выбор уровня  $y = U$  обусловлен тем, что в случае искажения колоколообразной функции аддитивными шумами вероятность превышения значений  $u_{m-1}$  и  $u_{n+1}$  над значениями  $u_m$  и  $u_n$  соответственно должна быть минимальной. На уровне  $y = U$  находим точки пересечения с колоколообразной функцией, значения которой интерполируются на интервалах  $(x_{m-1}, x_m)$  и  $(x_n, x_{n+1})$  прямыми  $y = a_1x + b_1$  и  $y = a_2x + b_2$  соответственно. Для этого находим решения следующих систем уравнений:

$$\begin{cases} y = U \\ y = a_1x + b_1 \end{cases}, \quad a_1 = \frac{u_m - u_{m-1}}{x_m - x_{m-1}}, \quad b_1 = u_{m-1} - \frac{u_m - u_{m-1}}{x_m - x_{m-1}} x_{m-1}$$

и

$$\begin{cases} y = U \\ y = a_2x + b_2 \end{cases}, \quad a_2 = \frac{u_{n+1} - u_n}{x_{n+1} - x_n}, \quad b_2 = u_n - \frac{u_{n+1} - u_n}{x_{n+1} - x_n} x_n.$$

Из этих систем получаем оценки  $\hat{x}_1$  и  $\hat{x}_2$ , которые используются для оценки положения максимума колоколообразной функции в соответствии с выражением

$$\hat{x}_0 = (\hat{x}_1 + \hat{x}_2)/2.$$

Эффективность данного метода по сравнению с центроидным исследовалась посредством компьютерного моделирования с использованием программного пакета MatLab.

В качестве исходных были приняты следующие положения:

1. Для моделируемой гауссоиды  $k_a = 1$ ,  $\sigma = 1$ .
2. Положение максимума задавалось случайным образом по равномерному закону на интервале  $(-1.5\sigma, 1.5\sigma)$ .
3. Анализируемый массив исходных данных формировался на интервале  $(-3\sigma, 3\sigma)$ .
4. В вычислительном эксперименте рассматривались ситуации наблюдения дискретизированной гауссоиды как не искаженной шумами, так и в совокупности с аддитивным гауссовым шумом. Гауссов шум генерировался с нулевым средним и дисперсией, уровень которой определялся через  $\sigma_{ш}$ , равной 2, 5, 10 % от максимума моделируемой гауссоиды.
5. Статистики оценок положения максимума колоколообразной функции рассчитывались не менее чем по 100 реализациям вычислительного эксперимента.

В результате проведения вычислительного эксперимента для различных реализаций шумов определялись оценки положения максимума колоколообразной функции, их среднее значение, а также среднеквадратичное отклонение (СКО).

В качестве примера на рис. 1, *a* представлены зависимости СКО оценки положения максимума колоколообразной функции от количества отсчетов, а на рис. 1, *б* – от величины интервала дискретизации ( $x_{dis}$ ). При этом кривые 1, 2 отражают поведение СКО соответственно для предложенного и центроидного методов. Данные кривые были получены для случая  $\sigma_{ш} = 5\%$ . Подобная картина наблюдается и для других значений зашумления гауссоиды.

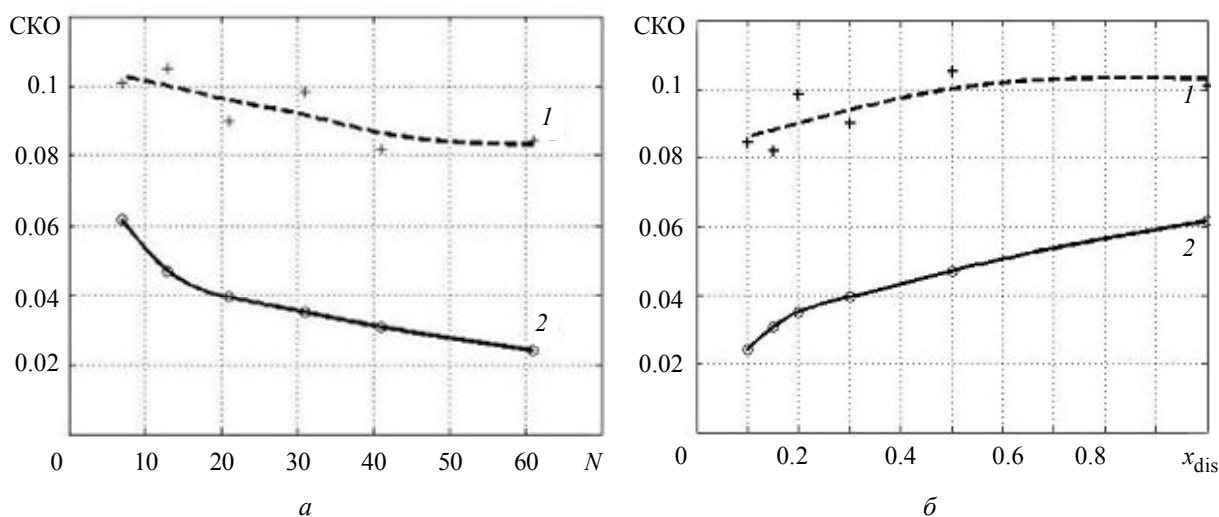


Рис. 1

Анализ представленных на рисунках кривых позволяет сделать вывод, что предложенный метод при оценивании положения максимума колоколообразной функции дает результаты по точности не менее чем в полтора раза лучше, чем центроидный. В случае отсутствия шума СКО оценок для центроидного и предложенного методов различается от 2.5 раза при 7 отсчетах до 15 и выше при 10 и более отсчетах. В присутствии шума СКО оценок различается от 1.5 раз при 7 отсчетах до 4 раз при 20 и более отсчетах.

На рис. 2, *а* представлены сглаженные кривые зависимости СКО оценки положения максимума колоколообразной функции от количества отсчетов, а на рис. 2, *б* – от величины интервала дискретизации для предложенного метода. Кривые соответствуют различным случаям зашумления гауссоиды: без шума (кривая 1),  $\sigma_{\text{ш}} = 2\%$  (2),  $\sigma_{\text{ш}} = 5\%$  (3),  $\sigma_{\text{ш}} = 10\%$  (4). Видно, что с увеличением количества отсчетов СКО падает. Причем при  $N > 20$  СКО стремится к постоянной величине.

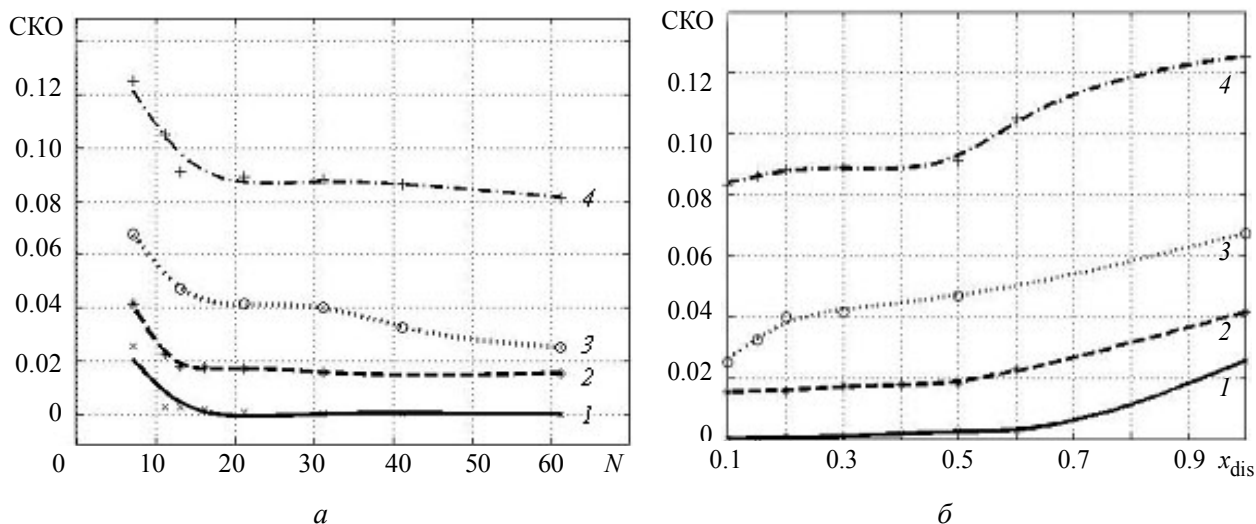


Рис. 2

Отметим, что для центроидного метода вычислительные затраты составляют  $(2N - 2)$  операции типа сложение-вычитание и  $(N + 1)$  операцию типа умножение-деление. Для предложенного метода вычислительные затраты составляют 8 операций типа сложение-вычитание и 7 операций типа умножение-деление, а также  $3N$  операций типа перебора. Очевидно, что с увеличением  $N$  вычислительные затраты для центроидного метода растут непропорционально быстрее, чем для предложенного.

В заключение можно сказать следующее. В процессе математического моделирования с использованием пакета MatLab проведено сравнение результатов центроидного метода и метода, основанного на применении порядковых статистик вариационного ряда для определения оценок положения максимума колоколообразной функции.

При использовании предложенного метода достигаются более точные оценки положения максимума колоколообразной функции по сравнению с широко известным центроидальным. Кроме того, установлено, что для предложенного метода вычислительные затраты меньше.

Моделирование также показало, что для предложенного метода нет необходимости увеличивать количество отсчетов более 20.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Твердотельное телевидение: Телевизионные системы с переменными параметрами на ПЗС и микропроцессорах / Л. И. Хромов, Н. В. Лебедев, А. К. Цыцулин, А. Н. Куликов; под ред. И. А. Росселевича. М.: Радио и связь, 1986. 184 с., ил.
2. Веснин В. Л. Метод гауссовской аппроксимации пика спектра отражения волоконно-оптического брэгговского датчика // Изв. Самарского науч. центра РАН. Сер. «Общая физика и электроника», 2003. Т. 5, № 1. С. 156–164.
3. Ахметьянов В. Р., Мишина О. А. Обработка данных ветрового когерентного доплеровского лидара на основе метода гауссовой аппроксимации / Изв. вузов. Сер. «Приборостроение». 2010. Т. 53, № 1. С. 20–26.

4. Замятин В. В. Алгоритмы контроля координат источника излучения на фоточувствительной поверхности матрицы // Ползуновский вестник. 2008. № 3. С. 350–355.

5. Шитов А. Б. Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Иваново, 2001. 20 с.

6. Ахметьянов В. Р., Мишина О. А. Методика и результаты моделирования сигнала в ветровом когерентном доплеровском лидаре. Четвертые Уткинские чтения: мат. международ. науч.-техн. конф. Т. 1 / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2009. С. 57–59.

*V. R. Akhmetianov, O. A. Mishina*

#### *THE METHOD OF THE ESTIMATION OF THE MAXIMUM POSITION OF GAUSSIAN (BELL-SHAPED) FUNCTION WITH USING ORDINAL STATISTICS*

*The problem of estimation of the maximum position of bell-shaped function added noises with using method of ordinal statistics is considered. The formulas for its implementations are given. By mathematical modeling in MatLab the main characteristics of suggesting algorithm in comparison with the centroid method are presented.*

**Bell-shaped function, mathematical modeling, approximation, centroid method**

УДК 531.383

*А. М. Боронахин, А. Н. Ткаченко*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРИАДЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ**

*Рассматривается математическая модель выходных сигналов измерительной системы на базе ВОГ производства фирмы «Физоптика». Приводятся результаты калибровочных испытаний ИС с использованием двухосного поворотного стенда для поверки инерциальных навигационных систем и результаты исследования влияния постоянного магнитного поля на показания ВОГ.*

**Волоконно-оптический гироскоп, двухосный испытательный стенд, инерциальная навигационная система, калибровка, магнитометр**

В настоящее время в системах инерциальной навигации, автоматического контроля, управления и диагностики всё чаще применяются волоконно-оптические измерители угловой скорости. Современные волоконно-оптические гироскопы (ВОГ) позволяют проводить измерения в широком динамическом диапазоне угловых скоростей, чувствительны к малым угловым скоростям, а также обладают высокой эксплуатационной надежностью, малыми габаритами, массой и стоимостью.

Область применения систем на базе ВОГ постоянно расширяется и предъявляемые технические и точностные требования возрастают. Точность может быть повышена за счет расширения модели погрешностей датчиков при проведении калибровки.

**1. Калибровочные испытания триады ВОГ.** Исследуемая измерительная система (ИС) состоит из трех одноосных волоконно-оптических гироскопов модели ВГ951 фирмы «Физоптика». Паспортные характеристики датчиков представлены в табл. 1. Разработанный измеритель угловой скорости, возможно применять для различных задач, например, в системах диагностики рельсового пути, для регистрации сейсмических колебаний и коррекции показаний сейсмоприемника, при проектировании и строительстве зданий.

Таблица 1

$\Omega_{\max}$ , ...°/с	Масштабный коэффициент, В/(...°/с)	Чувстви- тельность, ...°/с	Дрейф (после коррекции), ...°/с	Рабочая полоса частот, Гц	Габариты (диаметр/ высота), мм	Вес, г
80	0.025	0.0003	0.0003	0...450	150/30	70

Для проведения калибровочных работ использовался двухосный поворотный стенд (СИ ИНС). Основное назначение стенда – оценка в автоматизированном режиме параметров входящих в состав инециальных навигационных систем (ИНС) чувствительных элементов (гироскопов и акселерометров), а также погрешностей ИНС в выработке навигационной информации [1].

Платформа стенда с закрепленной на ней системой может совершать вращательное движение и угловое позиционирование вокруг двух взаимно ортогональных осей: поворота и наклона. Движения задаются электродвигателями через муфты и червячные передачи, а контроль осуществляется по показаниям датчики углов (ЛИР-3170 производства ОАО «СКБ ИС»).

**Установка ИС на стенде.** Введем следующие системы координат:

$O\xi\eta\zeta$  – географическая система координат (ГСК);

$Ox_c y_c z_c$  – система координат, связанная с основанием стенда;

$Oxyz$  – приборная система координат, связанная с испытуемой ИС;

$Ox_T y_T z_T$  – система координат, образованная измерительными осями ВОГ.

Положение  $Ox_c y_c z_c$  относительно ГСК характеризуется углом курса  $K_0$  (рис. 1), тогда справедливо следующее выражение:

$$\begin{vmatrix} x_c & y_c & z_c \end{vmatrix}^T = \begin{vmatrix} \cos K_0 & -\sin K_0 & 0 \\ \sin K_0 & \cos K_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \xi & \eta & \zeta \end{vmatrix}^T.$$

Положение  $Oxyz$  (рис. 2) относительно  $Ox_c y_c z_c$  задается разворотом на углы  $\varepsilon_2$  (вокруг оси наклона) и  $\varepsilon_1$  (вокруг оси поворота):

$$\begin{vmatrix} x & y & z \end{vmatrix}^T = \begin{vmatrix} \cos \varepsilon_1 & \sin \varepsilon_1 & 0 \\ -\sin \varepsilon_1 & \cos \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \cos \varepsilon_2 & 0 & -\sin \varepsilon_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varepsilon_2 & 0 & \cos \varepsilon_2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x_c & y_c & z_c \end{vmatrix}^T.$$

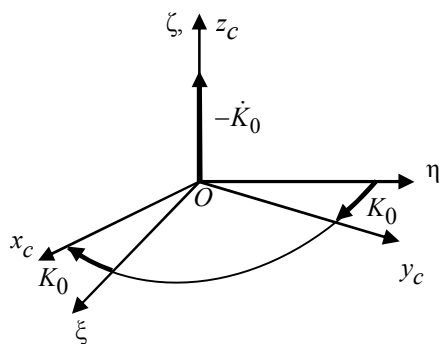


Рис. 1

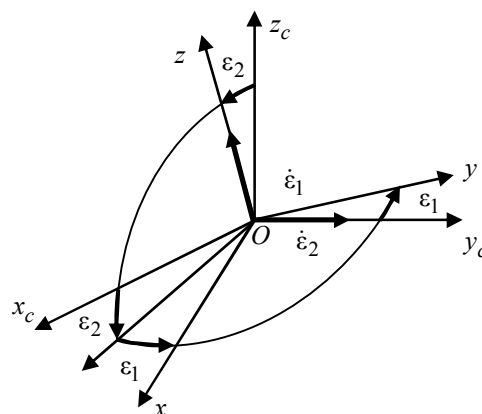


Рис. 2



Положение измерительных осей ВОГ относительно приборной системы координат характеризуется углами неортогональности  $\alpha, \beta, \gamma$  (рис. 3). Матрица перехода от  $Oxyz$  к  $Ox_{\Gamma}y_{\Gamma}z_{\Gamma}$  записывается следующим образом:

$$D_{\Gamma} = \begin{bmatrix} \cos \gamma \cos \alpha - \sin \gamma \sin \alpha \sin \beta & \cos \gamma \sin \alpha + \sin \gamma \cos \alpha \sin \beta & -\sin \gamma \cos \beta \\ -\sin \alpha \cos \beta & \cos \alpha \cos \beta & \sin \beta \\ \sin \gamma \cos \alpha + \cos \gamma \sin \alpha \sin \beta & \sin \gamma \sin \alpha - \cos \gamma \cos \alpha \sin \beta & \cos \gamma \cos \beta \end{bmatrix}$$

На выставленную в плоскости горизонта платформу стенда устанавливалась ИС таким образом, чтобы были совмещены оси систем координат  $Oxyz$  и  $Ox_c y_c z_c$ . После этого в зависимости от калибруемой оси гироскопа выполнялся начальный разворот на углы  $\varepsilon_{10}$  и  $\varepsilon_{20}$ . На рис. 4 показаны начальные положения систем координат  $Oxyz$  и  $Ox_c y_c z_c$ , в зависимости от калибруемого гироскопа:

- калибровка  $x$ -гироскопа ( $\varepsilon_{10} = 90^\circ, \varepsilon_{20} = 0^\circ$ );
- калибровка  $y$ -гироскопа ( $\varepsilon_{10} = 0^\circ, \varepsilon_{20} = 0^\circ$ );
- калибровка  $z$ -гироскопа ( $\varepsilon_{10} = 0^\circ, \varepsilon_{20} = 0^\circ$ ).

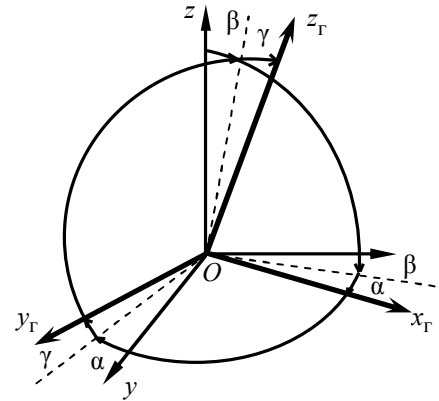


Рис. 3

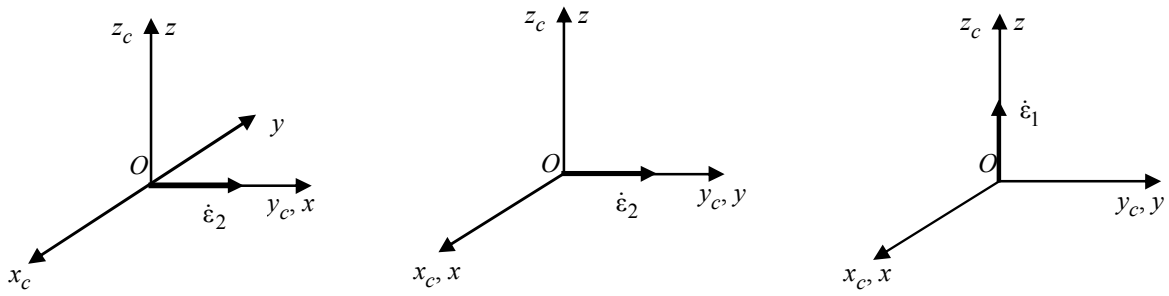


Рис. 4

## 2. Математическая модель показаний триады ВОГ. Математическая модель выходных показаний триады волоконно-оптических гироскопов может быть представлена в следующем виде:

Математическая модель выходных показаний триады волоконно-оптических гироскопов может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} U_{x_{\Gamma}} \\ U_{y_{\Gamma}} \\ U_{z_{\Gamma}} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} K_{x_{\Gamma}} & 0 & 0 \\ 0 & K_{y_{\Gamma}} & 0 \\ 0 & 0 & K_{z_{\Gamma}} \end{bmatrix} \cdot [D_{\Gamma}] \cdot \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_1 & \sin \varepsilon_1 & 0 \\ -\sin \varepsilon_1 & \cos \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_2 & 0 & -\sin \varepsilon_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varepsilon_2 & 0 & \cos \varepsilon_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} + \\ &+ \begin{bmatrix} K_{xx}\omega_x & 0 & 0 \\ 0 & K_{yy}\omega_y & 0 \\ 0 & 0 & K_{zz}\omega_z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos K_0 & -\sin K_0 & 0 \\ \sin K_0 & \cos K_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \Omega \cos \varphi \\ \Omega \sin \varphi \end{bmatrix} + \\ &+ \begin{bmatrix} \Delta\omega_x^s \\ \Delta\omega_y^s \\ \Delta\omega_z^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\omega_x^r \\ \Delta\omega_y^r \\ \Delta\omega_z^r \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $K_{i_r}$  – масштабные коэффициенты гироскопов ( $i = x, y, z$ );  $U_{i_r}$  – выходные сигналы гироскопов;  $\omega_i$  – угловая скорость вращения, задаваемая стендом;  $\Delta\omega_{s_i}$  – систематические смещения нулевых сигналов гироскопов;  $\Delta\omega_{r_i}$  – составляющие случайных дрейфов нулевых сигналов гироскопов;  $K_{ii}$  – нелинейности выходных характеристик гироскопов;  $\Omega$  – угловая скорость вращения Земли;  $\varphi$  – широта места.

**3. Проведение эксперимента и анализ результатов.** Калибровка ИС состояла из серии последовательных вращений (по и против часовой стрелки) для всех трех гироскопов. С помощью интерфейса управления задавались значения угловой скорости вращения платформы в рабочем диапазоне от 0 до 80 °/с (ось поворота) и от 0 до 60 °/с (ось наклона) с шагом 10 °/с. На каждой итерации выходные данные гироскопов совместно с показаниями датчиков углов с помощью специального программного обеспечения записывались в файл. После каждого вращения выполнялся начальный разворот ИС, согласно рис. 4. Первоначальное расположение триады ВОГ показано на рис. 5.

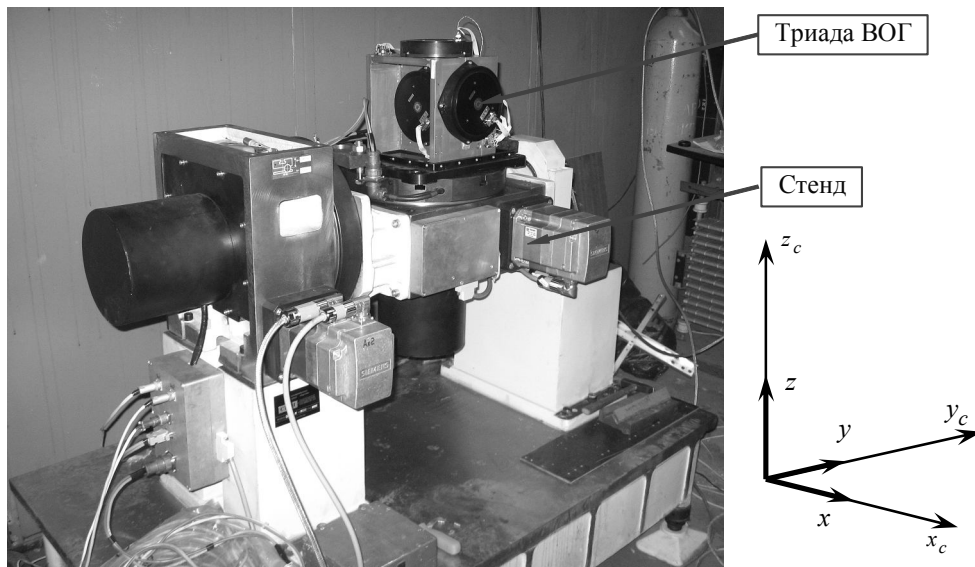


Рис. 5

По результатам измерений находились средние значения выходных сигналов гироскопов для каждой скорости вращения и строились выходные характеристики (рис. 6). Параметры датчиков, полученные в ходе испытаний, сведены в табл. 2.

При вращении платформы вокруг оси наклона стенда в выходном сигнале гироскопа, по оси которого действует задаваемая стендом угловая скорость, наблюдались колебания, причина появления которых связана с устройством стенда – наличием червячной передачи. Период данных колебаний соответствует времени, которое затрачивается на поворот червячного колеса на 4° (угол между соседними зубьями). На рис. 7 представлены вариации показаний у-гироскопа относительно среднего уровня за один оборот при угловой скорости 60° (черный цвет – вращение против часовой стрелки, серый – по часовой стрелке).

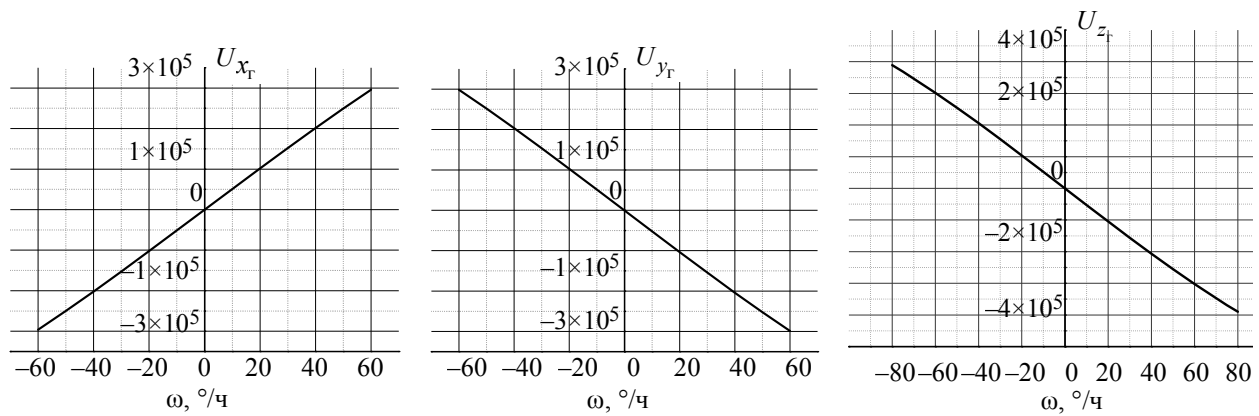


Рис. 6

Таблица 2

На рис. 8 показаны вариации угловой скорости, полученной по показаниям  $x$ -гироскопа, за один оборот (1 – вращение по часовой стрелке, 2 – вращение против часовой стрелки), на этом же графике построена проекция угловой скорости вращения Земли на ось данного гироскопа (3 – пунктирная линия). Из приведенного рисунка видно, что внутри оборота характер угловой скорости, регистрируемой ВОГ,

Характеристики ВОГ	$x_{Г}$	$y_{Г}$	$z_{Г}$
$\Delta\omega_{s_i}$ , ед.	-261.4	-351.9	-337.4
$K_{i_r}$ , ед./...°/ч	1.387	-1.400	-1.384
$K_{ii}$ , %	1.25	1.27	2.29
$\alpha$ , ...'	–	-13.4	14.3
$\beta$ , ...'	-17.9	–	5.4
$\gamma$ , ...'	25.7	-5.2	–

совпадает с теоретической зависимостью только для одного из направлений вращения платформы. Ошибки воспроизведения угловой скорости внутри оборота при разных направлениях вращения представлены на рис. 9 (1 – вращение по часовой стрелке, 2 – вращение против часовой стрелки). Аналогичные зависимости были получены и для  $z$ -гироскопа (рис. 10, 11).

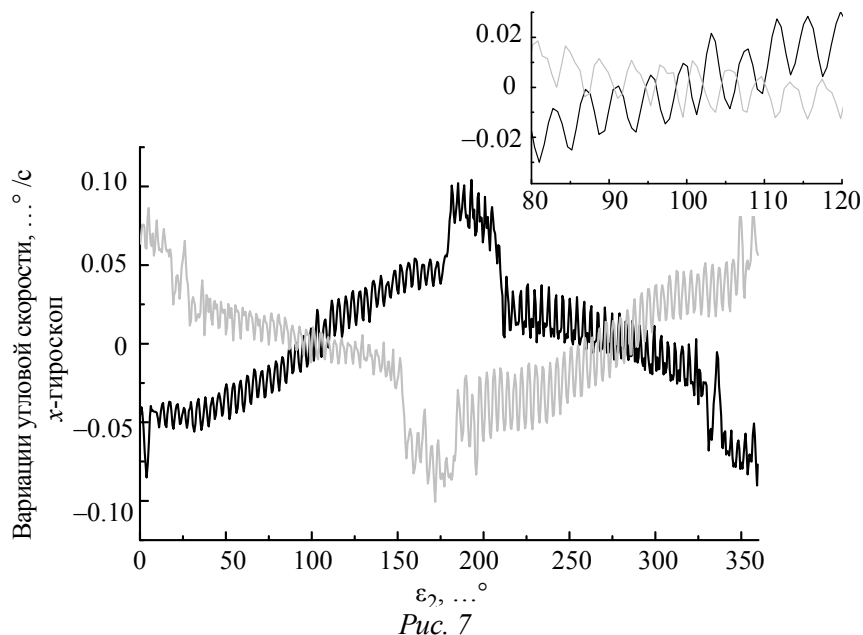


Рис. 7

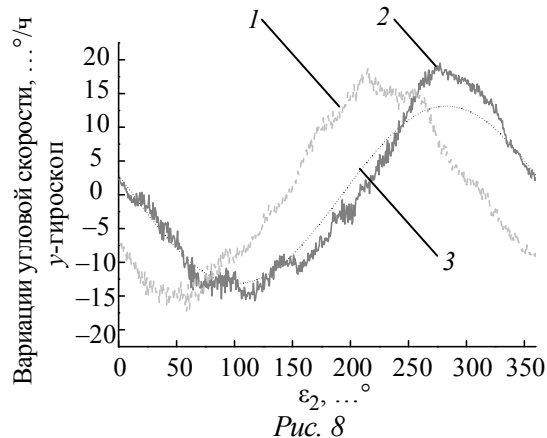


Рис. 8

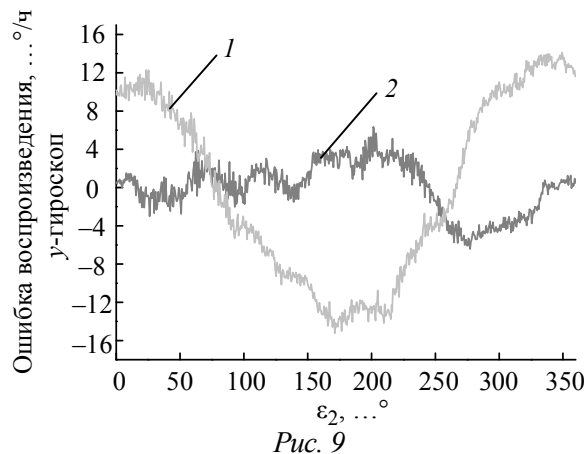


Рис. 9

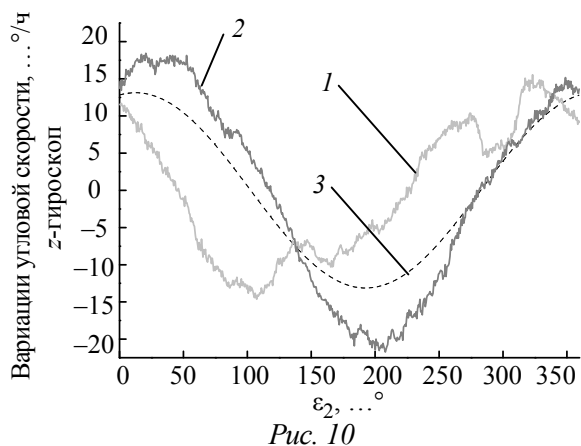


Рис. 10

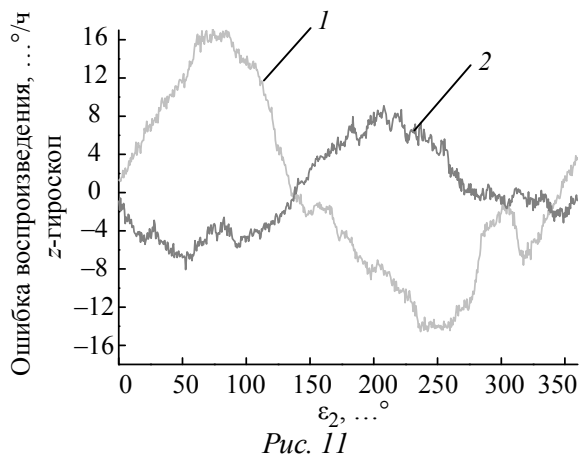


Рис. 11

При анализе экспериментальных результатов была выявлена связь между видом изменения погрешности воспроизведения задаваемой стандом угловой скорости по показаниям гироскопов и характером изменения тока, потребляемого электродвигателем станда (рис. 12). Было высказано предположение, что создающиеся при работе станда магнитные поля оказывают воздействие на ИС, в результате чего происходит искажения сигналов датчиков: внутри оборота меняются характеристики ВОГ. Таким образом, при определении характеристик ВОГ возникает необходимость в оценке чувствительности датчиков к внешним магнитным полям.

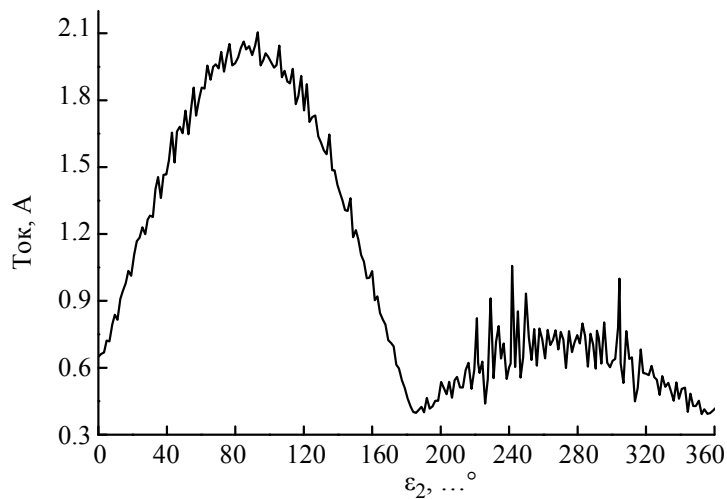


Рис. 12

**4. Влияние внешнего магнитного поля.** Для исследования влияния магнитного поля на показания ВОГ были проведены испытания ИС совместно с трехосным магниторезистивным датчиком компании HONEYWELL. Данный датчик (магнитометр) обладает высокой чувствительностью.

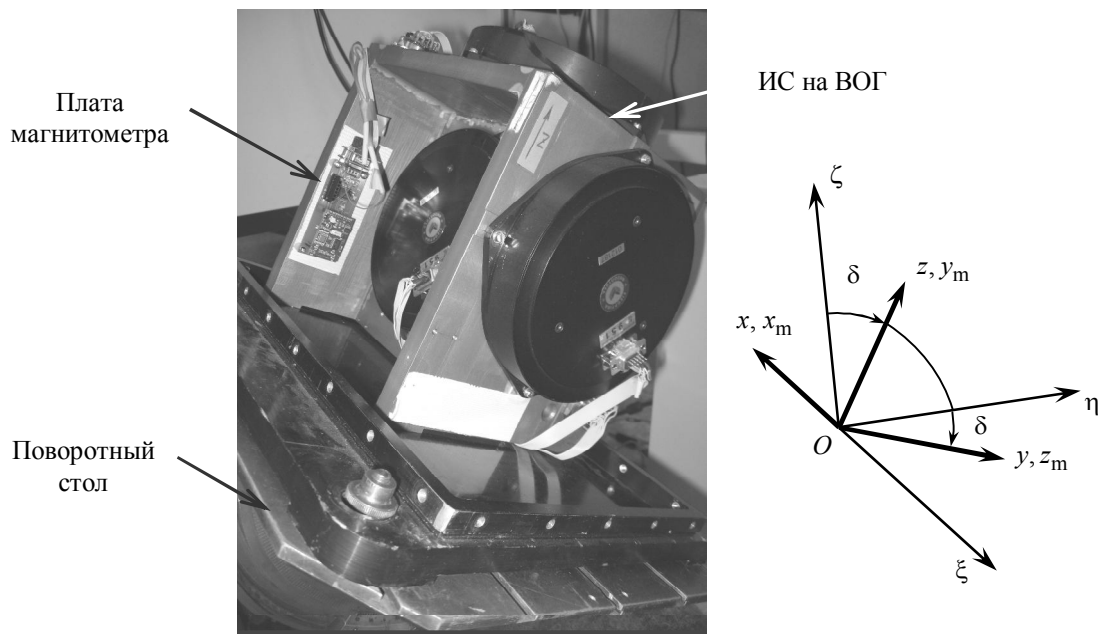


Рис. 13

Измерительная система на волоконно-оптических датчиках устанавливалась на поворотном столе, который обеспечивает угловое позиционирование платформы вокруг трех взаимно ортогональных осей. Оси  $z$  стола и ИС располагались в плоскости географического меридиана под углом  $\delta = 30^\circ$  к его линии (рис. 13). В этом случае проекции угловой скорости вращения Земли на оси ИС будут

$$\begin{aligned}\Omega_x &= 0; \\ \Omega_y &= \Omega(\cos \delta \cos \varphi - \sin \delta \sin \varphi); \\ \Omega_z &= \Omega(\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi).\end{aligned}$$

Таким образом, при  $\varphi = 59^\circ 56''$  и  $\delta = 30^\circ$ :  $\Omega_x \approx 0$ ,  $\Omega_y \approx 0$  и  $\Omega_z \approx \Omega = 15$  °/ч, а вариации нулевых сигналов ВОГ при разворотах вокруг оси  $z$  могут быть вызваны исключительно изменением проекций вектора магнитного поля на оси ИС.

На одной из сторон корпуса системы была закреплена плата магниторезистивного датчика, с измерительными осями которого связана система координат  $Ox_m y_m z_m$  (рис. 13). Методика эксперимента заключалась в последовательных поворотах ИС вокруг трех осей при действии постоянного магнитного поля. Таким образом, проводя совместную запись выходных сигналов гироскопов и магнитометра, можно оценить влияние магнитного поля на ВОГ.

Анализ выходных сигналов датчиков после процедуры усреднения в каждом угловом положении и с учетом полученных ранее масштабных коэффициентов (табл. 2) подтвердил существование корреляционных связей между показаниями гироскопов и магнитометров (рис. 14 – задание разворотов вокруг оси  $z$ ).



О существовании корреляционных зависимостей между показаниями датчиков можно судить по преобладанию одной из гармонических составляющих – так для  $x$ -гироскопа наблюдается связь с  $y$ -магнитометром, для  $y$ -гироскопа – с  $x$ -магнитометром. Величина чувствительности ВОГ к влиянию постоянного магнитного поля составила порядка 1.5...2.5 °/Гс.

В случае задания разворотов вокруг оси  $Oy$  проекции угловой скорости вращения на измерительные оси  $x$ -гироскопа и  $z$ -гироскопа будут изменяться:

$$\Omega_x = -\Omega \sin \varepsilon; \quad \Omega_y = 0; \quad \Omega_z = \Omega \cos \varepsilon. \quad (4)$$

На рис. 15 приведены зависимости выходных сигналов ВОГ от проекций угловой скорости вращения Земли согласно (4). По данным зависимостям были уточнены масштабные коэффициенты для  $x$ - и  $z$ -гироскопов:  $K_{x_T} = 1.356$  и  $K_{z_T} = -1.391$  ед./(...°/ч) соответственно.

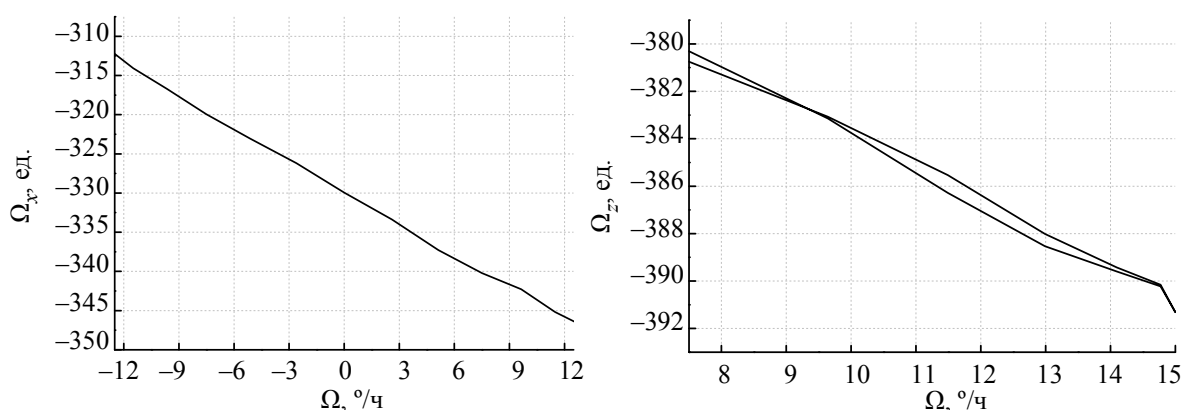


Рис. 15

В статье представлены результаты разработки измерительной системы на базе триады ВОГ, которая предназначена для использования как в задачах навигации и ориентации, так и для регистрации вращательных движений, возникающих при землетрясениях. Важной задачей является повышение точности проводимых измерений, вследствие чего возникает необходимость в процедуре предварительной калибровки и учета возможных погрешностей в выходном сигнале датчиков.

В ходе испытаний была обнаружена значительная чувствительность данной модели ВОГ к влиянию постоянного магнитного поля, которая приводит к появлению дополнительного смещения нуля. Поэтому математическую модель (2) целесообразно дополнить  $\Delta\omega R_i$  (3) с проведением дополнительной процедуры испытаний.

Проведенные исследования показали перспективность привлечения информации о текущем угловом положении с датчиков углов стенда и магнитной обстановке с магниторезистивных датчиков при проведении калибровочных процедур ИС на ВОГ. Такая интеграция измерительных приборов с использованием методов оптимальной обработки позволит получить существенное увеличение точности определения оцениваемых в процессе калибровки параметров.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритм испытаний триады гироскопов на двухосном испытательном стенде / С. А. Анисимов, А. М. Бороначин, М. Н. Бурнашев и др. // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Приборостроение и информационные технологии». – 2009. Вып. 8 – С. 26–34.
2. Емельянцева Г. И., Анучин О. Н. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов/ Под общ. ред. чл.-кор. РАН В. Г. Пешехонова. – СПб.: ГИЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 309 с.
3. Буравлев А. С., Егоров Д. А., Лисин Л. Г. Волоконно-оптические гироскопы в условиях постоянного магнитного поля // Гироскопия и навигация, 2008. № 3 (62). С. 59–63.

*A. M. Boronachin, A. N. Tkachenko*

### *CALIBRATING RESULTS OF A FIBER-OPTIC GYRO TRIAD*

*The mathematical model of output signals of measuring system on the basis of a fiber-optic gyros is considered. Calibrating results of system with two axes test table using and research results of a constant magnetic field influence on a fiber-optic gyro indication are given.*

**Calibration technique, inertial navigation system, fiber-optic gyro, magnetometer, two axes test table**





УДК 504.064.38

А. С. Ковалевская, О. В. Смолова, А. Н. Величко

## БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИНFUЗОРИЙ

*Представлена структура биотехнической системы для исследования локомоций инфузорий на основе метода фоторегистрации. Приведены предварительные экспериментальные результаты зависимости параметров движения отдельных клеток в популяции от биологических и физико-химических факторов.*

**Биотестирование, биотехническая система, тест-система, параметры движения, фоторегистрация**

В настоящее время контроль качества природной среды является одной из самых актуальных экологических задач, решаемых в том числе и посредством методов биотестирования. Целью этих методов является оценка безопасности исследуемой природной среды для биологического тест-объекта. Они позволяют определять широкий круг неорганических и органических физиологически активных соединений в различных объектах окружающей среды [1].

Большое распространение получили биотестовые методы, использующие в качестве тест-объектов инфузории *Paramecium Caudatum*. Они основаны на локальном контроле общего изменения концентрации популяции инфузорий с использованием оборудования на базе одного или нескольких фотоприемников. Однако воздействие внешних и внутренних факторов на биологические объекты проявляется в ряде реакций на различных уровнях функционирования тест-объекта. Эти реакции различаются по чувствительности, скорости проявления, возможности контроля и другим параметрам [2]. В частности, влияние вредных факторов может отражаться на внутривидовых взаимодействиях микроорганизмов и проявляться в изменении характера движения отдельных клеток в популяции.

Известно, что траектория движения инфузорий очень сложная и характеризуется длиной свободного пробега  $S$  и углом поворота  $\alpha$ . Длина траектории, угол и частота поворотов зависят от мно-

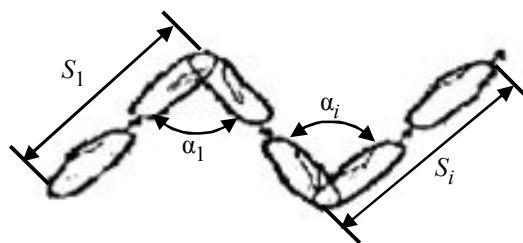


Рис. 1

гих факторов, таких как концентрация самих инфузорий во взвеси, а также от концентрации вводимого токсиканта. Существует и некоторая зависимость поведения инфузории от угла встречи с преградой [3].

В ряде научных работ [4]–[6] уже доказано, что исследование структуры популяции инфузорий является одной из важных задач биотестирования при изучении воздействия токсичных веществ на живые объекты.

При проведении подобных исследований возникает необходимость создания специализированных методов контроля параметров движения инфузорий. В качестве средств контроля авторами было предложено использовать стандартную фототехнику и пакет программ для обработки изображений.

Для реализации данного метода была сформирована биотехническая система, в которой в едином контуре управления объединяются технические и биологические звенья [7]. Структурная схема биотехнической системы (рис. 2) включает в себя следующие элементы: ИС – источник света, ФК – фотометрическая кювета, ТС – тест-система, УФР – устройство фоторегистрации, БОИ – блок обработки изображений, БВИП – блок выделения информативных параметров, ИП – измерительный преобразователь, О – оператор, БУ – блок управления.

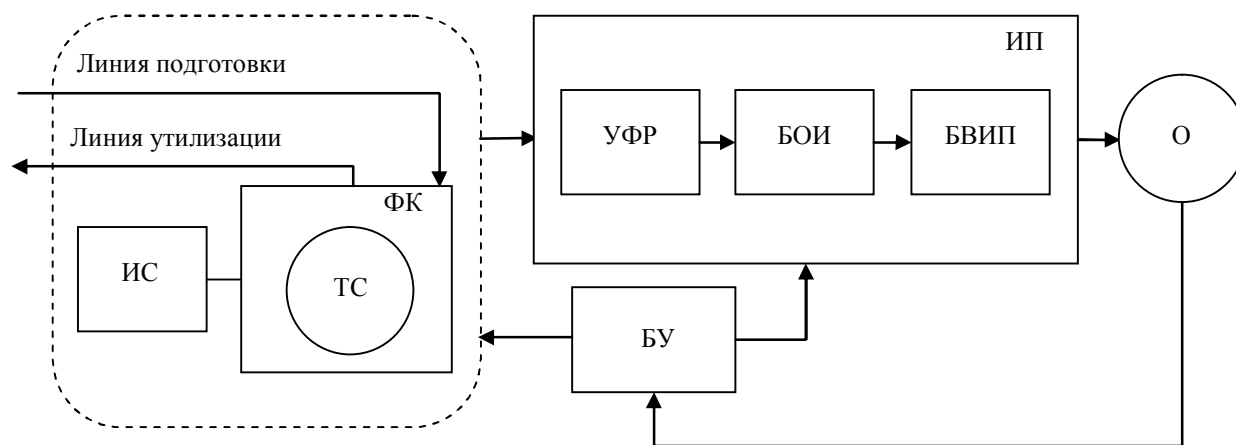


Рис. 2

Как правило, в биотестовых биотехнических системах для обозначения живого элемента используется понятие «тест-объект». Однако в работе [2] при обсуждении вопросов терминологии биотестирования было введено понятие «тест-система» – пространственно ограниченная совокупность чувствительных биологических элементов и среды, в которой они находятся.

Из приведенного определения можно сделать вывод, что понятие «тест-объект» является составной частью понятия «тест-система» и органично включается в нее. Тест-объекты – это чувствительные элементы, входящие в тест-систему. Они могут находиться в одном или различных физиологических состояниях, их пространственное распределение может быть равномерным или же они могут концентрироваться в каких-либо областях (на дне сосуда, на его стенках, на твердом носителе, у скоплений пищи и т. д.).

Таким образом, тест-система в данном случае представляет собой штамм инфузории туфельки *Paramecium caudatum*, поддерживаемый на среде Лозина-Лозинского. В ряде экспериментов по исследованию влияния токсичных веществ тест-система включает в себя также водный раствор токсиканта (проба).

Для исследований применялась плоская фотометрическая кювета (ФК) с длиной оптического пути 1 мм. Использование такой кюветы обеспечивает нахождение всех микроорганизмов в фокусе фотоаппарата. Слой организмов в кювете по ширине не превышает одной инфузории, а движение клеток происходит в одной плоскости. Это обеспечивает возможность регистрировать частоту смены направлений движения, рассчитывать величины пробега между сменами направлений и исследовать изменения линейной скорости микроорганизмов.

Линия подготовки тест-системы включает типовые операции: пересев, культивирование и очистку взвеси микроорганизмов типа простейших. Линия подготовки пробы включает отбор и хранение. Подготовка кювет включает кипячение и ополаскивание. Специальная утилизация, ввиду непатогенности культуры, не требуется.

В качестве источника света были выбраны светодиодные лампы MaySun Electric белого цвета диаметром 40 мм и мощностью 1,2...1,5 Вт. Расположение данных источников света сверху над кюветой на расстоянии 100 мм и справа от кюветы на расстоянии 150 мм обеспечивает наилучшую четкость изображения и минимизацию бликов.

Устройство фоторегистрации (УФР) представляет собой цифровой фотоаппарат с матрицей 10 мегапикселей, оптическим зумом 15 и возможностью съемки на расстоянии 1 см от объекта в режиме «супермакросъемка». Проводилось два варианта съемки: со скоростью 13,5 кадр/с и с использованием выдержки 4 с.

Блок обработки изображений включает в себя регулировку характеристик изображения (яркость, четкость и контрастность), а также выделение исследуемых объектов на этом изображении для последующего анализа.

Блок управления предполагает настройку оператором расположения источников освещения и исследуемой тест-системы, а также выбор режима съемки на устройстве фоторегистрации в измерительном преобразователе.

С помощью устройства фоторегистрации были получены предварительные снимки движения инфузорий. На рис. 3 представлены изображения инфузорий при различных вариантах съемки: а) серийная съемка с наложением; б) съемка на длинной выдержке. По данным снимкам были рассчитаны длина траектории, длина пробега (прямолинейный участок траектории между сменами направления), а также углы поворота исследуемых инфузорий.

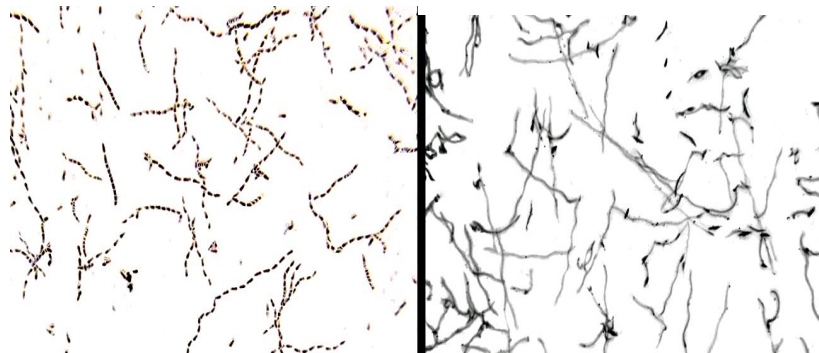


Рис. 3

Проводились измерения с различной концентрацией клеток 100, 300, 600, 1200 кл/мл, а также с различными концентрациями токсикантов. В качестве токсикантов использовались соли тяжелых металлов, наиболее часто встречающихся в сточных водах. При добавлении токсикантов съемка проводилась через 5 мин, 2 мин и сразу после смешивания.

По полученным данным была проведена статистическая обработка результатов, были рассчитаны коэффициенты асимметрии распределения, а также стандартное отклонение величин углов поворота и длин пробега. На рис. 4 представлены диаграммы коэффициентов асимметрии распределения ( $\gamma$ ) длины пробега (*a*) и угла поворота (*б*) при воздействии токсиканта в течение определенного времени (0, 2, 5 мин) и без токсиканта (контроль).

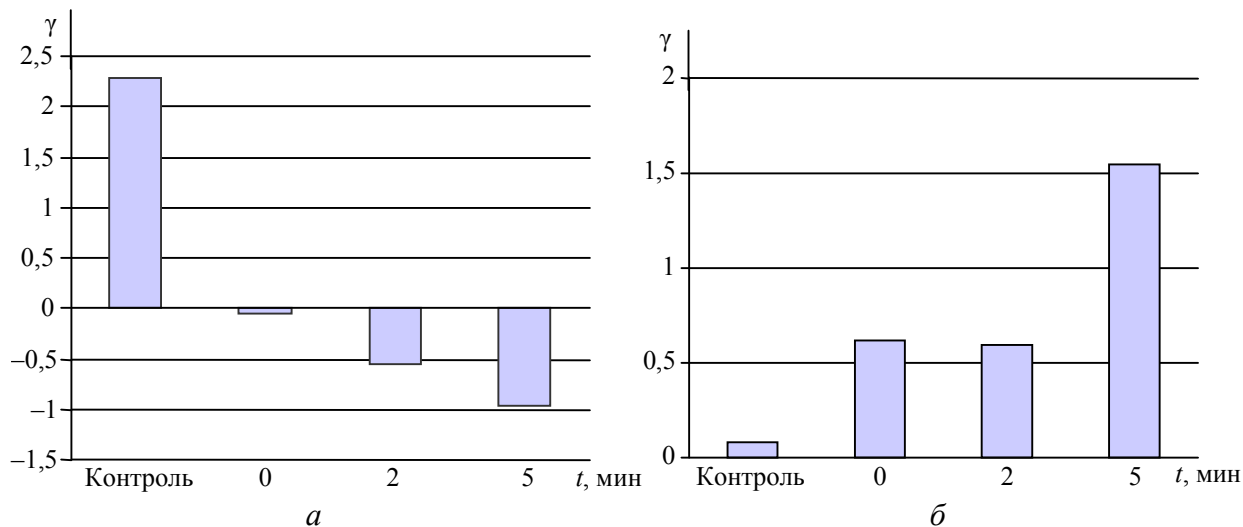


Рис. 4

В ходе предварительных исследований также было выявлено, что для всех токсикантов наблюдается одинаковая тенденция: с увеличением времени воздействия коэффициент асимметрии длины пробега уменьшается – длина пробега становится меньше, в то время как значение угла, на который поворачивается инфузория, больше, а само движение инфузорий становится более хаотичным.

Из сказанного можно сделать следующие выводы. В статье предложен новый метод, основанный на цифровой обработке изображений микроорганизмов, который позволяет контролировать изменения параметров движения инфузорий в зависимости от токсичности.

Для реализации данного метода была сформирована биотехническая система, а также исследованы зависимости параметров движения инфузорий как от концентрации вводимых токсикантов, так и от времени их воздействия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст]: учеб. пособие / О. П. Мелехова [и др.]; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Егоровой. – М. : Изд. центр «Академия», 2007. – 288 с.
2. Виноходов, Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий [Текст]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.23 / Д. О. Виноходов. – Санкт-Петербург: СПб. гос. технол. ин-т, 2007. – 40 с.
3. Фабри, К. Э. Основы зоопсихологии [Текст]: учебник / К. Э. Фабри. – М.: Психология, 2001. – 464 с.
4. Захаров, И. С. Биологические реакции для комплексного тестирования токсичности среды [Текст] / А. В. Завгородний, И. С. Захаров, А. С. Ковалевская // Тр. Второго международного научного конгресса «Нейробиотелеком-2006». – СПб., 2006. – С. 209–210.
5. Завгородний, А. В. Алгоритмическое обеспечение программно-аппаратного комплекса для определения концентрации подвижных микроорганизмов [Текст] / А. В. Завгородний // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Сер. «Биотехнические системы в медицине и экологии». – 2008. – № 3. – С. 78–85.
6. Завгородний А. В. Динамические характеристики структуры популяции как информативный параметр токсичности / А. В. Завгородний, А. С. Мелехова // Мат. XI Санкт-Петербургской междунар. конф. «Региональная информатика-2008» «РИ-2008». – Санкт-Петербург, 2008. – С. 269–270.
7. Биотехнические системы интерпретации экспериментальных данных [Текст]: учеб. пособие / Е. П. Попечителей. ЛЭТИ. – Л., 1985. – 70 с.

*A. S. Kovalevskaya, O. V. Smolova, A. N. Velichko*

*BIOTECHNICAL SYSTEM FOR INVESTIGATION MOTION PARAMETERS OF CILIATES*

*The biotechnical system structure for locomotion investigation of ciliates, based on photographic registration method was described in the article. Preliminary experimental results of depending motion parameters of individual cells in a population on biological and physico-chemical factors are presented.*

**Bioassay, biotechnical system, test-system, motion parameters, photographic registration**



УДК 378. 147

А. И. Мамыкин, М. Н. Шишкина

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Развивается оригинальный инновационный научно-методический подход к организации самостоятельной работы в курсе общей физики. Основой методической концепции является многомерная геометрическая ячеистая структура, в рамках которой могут быть реализованы различные образовательные траектории самостоятельной работы. Выбор траектории осознанно осуществляется самим обучающимся в зависимости от степени подготовки и уровня притязаний.*

**Высшее профессиональное образование, курс общей физики, образовательные стандарты, самостоятельная работа, непрерывное самообразование**

Изменения в уровне образованности всего российского общества, обусловленные, прежде всего, ускорением жизненных темпов, увеличением объемов информации и сокращением периодов ее обновления, не могут не затронуть и современную систему образования. Они предъявляют новые требования к уровню знаний современных специалистов.

При реформировании высшей школы отчетливо стали проявляться следующие тенденции:

- общепризнанной становится самоценность идеи непрерывного образования, когда от студента, а в дальнейшем и от дипломированного специалиста, требуется постоянное совершенствование уровня знаний;
- современное информационное общество потребовало принципиально изменить организационные рамки образовательного процесса, выражающиеся, в частности, в сокращении доли аудиторной нагрузки и увеличении доли самостоятельной работы студентов.

Все это, а также совокупность существенных признаков системного кризиса среднего образования (по крайней мере, в области физики) настоятельно требует пересмотра и внедрения *развивающих* методик обучения.

Разработка и введение в систему высшего профессионального образования новых ГОС третьего поколения направлены на развитие индивидуализации обучения, увеличения доли самостоятельной работы обучающихся и расширение объема вариативной части образовательных программ. В идеале это должно было бы означать уход от тотальной стандартиза-

ции содержания образования и построение системы образования на основе приоритета личностной ориентации при сохранении единства образовательного и культурного пространств. Цель введения ГОС следует понимать, по-видимому, как установление неких признанных на государственном уровне компетентностей, которые будут учитывать возможности как личности, так и системы образования в целом. В настоящее время высшие учебные заведения постепенно отходят от простой трансляции учащимся готовых знаний, перенося максимум методических усилий на организацию самостоятельного приобретения студентами необходимых знаний.

Приоритетом высшего образования на современном этапе, в частности по физике, считаем развитие у студентов:

- навыков самостоятельной учебной работы;
- умения добывать знания из различных источников информации и перерабатывать их;
- способности применять полученные знания в условиях самостоятельной профессиональной деятельности.

Разделяя точку зрения А. Дистервега, который считал, что знания можно предложить, но овладеть ими может и должен каждый самостоятельно, считаем, что учебный процесс в высшей школе сегодня должен все в большей степени приобретать для студентов характер самостоятельного учебного творчества, умело направляемого преподавателями. Таким образом, самостоятельной работе в вузе должно быть отведено одно из ведущих мест. Она, по нашему мнению, должна носить систематический, усложняющийся и непрерывный характер. Элементы самостоятельной работы необходимо включать во все виды учебной деятельности, а от ее умелой организации напрямую зависит качество самоподготовки студентов и плодотворность их аудиторной работы.

Создание целостной системы самостоятельной работы по физике, позволяющей наиболее эффективно организовать современный образовательный процесс в техническом вузе, а также разработка методического сопровождения данной системы являются целью нашего исследования.

Для успешной реализации поставленной цели были выдвинуты следующие задачи:

- обобщив положительный опыт по организации учебного процесса на кафедре физики Санкт-Петербургского Государственного электротехнического университета, выявить особенности ее преподавания в современных условиях;
- создать систему самостоятельной работы по физике, включающую совокупность взаимодополняющих видов учебной деятельности, способствующую более успешному овладению студентами курса физики;
- выявить возможности разработки многоуровневых заданий физического практикума, позволяющие в дальнейшем осуществлять индивидуальные образовательные траектории студентов на занятиях по физике;
- выстроить, апробировать и ввести в учебный процесс по физике комплекс фронтальных лабораторных работ, позволяющий осуществлять индивидуализацию многоуровневых образовательных траекторий студентов в условиях лабораторного практикума;
- разработать и обосновать методику преподавания физики в рамках предложенной системы и проверить ее эффективность.

Считаем, что различные виды самостоятельной учебной работы только тогда смогут дать положительный результат, когда будут составлять систему. Под *системой самостоя-*

*тельной работы* мы понимаем совокупность взаимодополняющих видов учебной деятельности, способствующих формированию познавательной активности студентов и непрерывности их самообразования [1].

Любая система удовлетворяет определенным требованиям. На наш взгляд, система самостоятельной работы должна:

- 1) способствовать приобретению учащимися прочных знаний, развитию познавательных способностей, формированию умения самостоятельно приобретать и применять на практике полученные знания;
- 2) удовлетворять принципам доступности, системности и научности знаний;
- 3) содержать различные по цели и содержанию задания, способствующие формированию разносторонней личности.

Для того чтобы самостоятельная работа, организованная по предложенной нами системе, была наиболее эффективной, необходимо, чтобы она удовлетворяла ряду условий, к которым можно отнести:

- правильное распределение объема аудиторной и домашней работы;
- методически грамотную организацию работы студента в аудитории и вне ее;
- обеспечение студента необходимыми методическими материалами с целью превращения образовательного процесса в процесс творческий;
- контроль хода самостоятельной работы и заранее оговоренные со студентами меры поощрения за качественное ее выполнение.

Предложенная нами система состоит из трех блоков, дающих возможность более эффективно выстроить образовательный процесс по физике во время лекционных и семинарских занятий, при выполнении студентами работ физического практикума, а также при закреплении полученных знаний в ходе выполнения ими домашних заданий. Каждый блок представляет совокупность нескольких элементов, которые как по отдельности, так и в целом позволяют организовать самостоятельную учебную работу со студентами на различных этапах образовательного процесса. На схеме представлена графическая интерпретация предложенной нами системы самостоятельной работы по физике.





Остановимся более подробно на элементах представленной схемы.

Центральным звеном в процессе обучения студентов является лекция. Именно здесь закладываются основы научных знаний, подводится теоретическая база под изучаемую науку. Лекция знакомит учащихся с методологией исследования, служит отправной точкой и указывает студентам направление дальнейшей деятельности. Ее возможности в учебном процессе определяются тремя основными педагогическими функциями: познавательной, развивающей и организационной (деятельностной).

Познавательная функция выражается в возможности посредством лекции вооружить студентов основной научной информацией необходимой для дальнейшей профессиональной и исследовательской деятельности. Развивающая функция лекции реализуется через формирование у студентов творческой мыслительной деятельности, обеспечивающей их профессионально-личностный рост, посредством личного контакта с преподавателем. Организационная функция предусматривает управление самостоятельной работой студентов как в процессе занятий, так и во внеурочное время.

Важное место в «технологической цепочке» обучения занимают практические, семинарские занятия, организованные со студентами под руководством преподавателя. Основной их целью является не столько проверка знаний, сколько углубление, закрепление и помощь в усвоении материала, который предлагался на лекции.

Практические занятия помогают студентам овладеть навыками самостоятельной исследовательской деятельности и усиливают проблемный характер обучения. Семинар может служить творческой лабораторией, в которой знания студентов, полученные на лекциях и в результате самостоятельной работы,

во-первых, закрепляются, приобретают качественно иное, более осмысленное и прочное содержание;

во-вторых, расширяются, поскольку в ходе занятий выдвигаются новые положения, новые гипотезы, на которых студент ранее не останавливал свое внимание;

в-третьих, углубляются, позволяя студентам перейти на более высокий уровень познания.

Для успешной организации аудиторной самостоятельной работы со студентами в *первый блок* предложенной системы самостоятельной работы нами включены:

– комплекты задач, имеющие три уровня сложности, которые используются как на лекционных занятиях, так и на практических занятиях по решению задач. Задачи из различных разделов сгруппированы по блокам, причем время, отводимое на выполнение каждого блока, и «вес» задач определены заранее;

– система тестовых заданий, состоящая из входного теста, проверяющего начальный уровень знаний студентов, промежуточных тестов по темам, а также тестовых заданий для проверки знаний студентов по разделу в целом;

– методические пособия по решению задач, сопровождающиеся указаниями и рекомендациями по решению задач из различных разделов курса «Общей физики», которые позволяют студентам осуществлять самостоятельную подготовку дифференцированно.

Во *второй блок*, предполагающий организацию самостоятельной работы студентов во время лабораторного практикума, нами включены:

– комплекс лабораторных работ, некоторые из которых являются уникальными, поскольку выполняются на установках, сконструированных преподавателями нашей кафедры;

– многоуровневые задания физического практикума, охватывающие весь изучаемый в семестре материал, выполняемые последовательно на одном и том же лабораторном макете и позволяющие студентам выполнить учебный план на разном уровне;

– индивидуальные задания по расчету погрешностей прямых, косвенных и совместных измерений;

– тетради к лабораторным работам, содержащие вопросы и задания, разбитые на три группы: вводные, расчетные и контрольные;

– методические пособия к лабораторным работам, содержащие основной теоретический материал, контрольные вопросы, описания лабораторных установок, исследуемых закономерностей, а также указания по выполнению наблюдений и обработке результатов измерений.

Знания, полученные студентами, станут наиболее прочными, приобретут характер системы, если будут закрепляться посредством домашней самостоятельной работы, организации которой посвящен *третий блок* нашей системы. Он включает:

– индивидуальные домашние задания по основным разделам курса физики, вопросы и задания в которых разбиты на четыре группы: вводные, теоретические, тренировочные и контрольные.

– банк задач по всем разделам курса физики, позволяющий организовать самостоятельную работу со студентами при допуске к лабораторной работе.

Необходимо, чтобы освоение специальных знаний и практических навыков, полученных студентами во время аудиторных занятий как на лекциях, так и при выполнении лабораторных работ, было синхронным и подчинялось принципу системности.

При этом занятия со студентами должны, на наш взгляд, удовлетворять следующим правилам:

– при изложении материала на занятиях различного рода соблюдать принцип преемственности;

– излагать новый материал, опираясь на ранее изученный, постепенно повышая сложность рассматриваемых вопросов;

– придерживаться единообразия структуры построения материал;

– регулярно осуществлять контроль знаний.

Отработка со студентами навыка самостоятельного решения задач на кафедре физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» осуществляется в три этапа:

1) при решении индивидуальных задач, которые служат допуском к лабораторной работе;

2) при выполнении индивидуального домашнего задания;

3) при решении и разборе задач различного уровня сложности на семинарских занятиях.

Рассмотрим более подробно методику построения индивидуальных домашних заданий по физике, предлагаемых нашим студентам, тетрадей к лабораторным работам и комплекса многоуровневых лабораторных работ физического практикума.

Как было отмечено ранее, все индивидуальные домашние задания разбиты на четыре группы: вводные, теоретические, тренировочные и контрольные. Вводные задания построены таким образом, что очерчивают минимальный круг физических и математических понятий по определенной теме. Они предлагают студентам объяснить те или иные понятия; дать пояснения формулам, сформулировать основные определения по данной теме.

Теоретические задания позволяют студентам приобрести навыки применения лекционного материала для решения конкретных практических задач. В ходе выполнения этих заданий студентам предлагается, например, воспользовавшись основным законом, получить формулу для конкретного случая; пояснить ту или иную теорему и с ее помощью вывести формулу для расчета конкретной физической величины при заданных условиях. Подробный разбор теоретических заданий поможет студентам в дальнейшем успешно справляться с тренировочными заданиями.

Тренировочные задания построены по принципу варьирования различных объектов при единстве постановки условия задачи. Такая структура позволяет, с одной стороны, использовать фронтальную методику и осуществить коллективное обсуждение основных приемов решения, с другой стороны – не дает тривиально трансформировать варианты решений.

Контрольные задания предназначены для контроля и самоконтроля усвоения студентами изученного материала и содержат расчетные задачи.

*Тетради к лабораторным работам* позволяют нам предложить студентам более продуктивно в домашних условиях подготовиться к лабораторной работе и, сняв необходимые измерения в лаборатории, выполнять расчеты, превратив каждую работу в мини исследование.

Как было отмечено ранее, задания в них разбиты на три группы: вводные, расчетные и контрольные. Вводные – содержат вопросы и задания, позволяющие студентам самостоятельно подготовиться к выполнению лабораторной работы, сформулировать ее цель, подробно разобраться в методах и приемах исследования, сформулировать основные физические закономерности, которыми в дальнейшем будет необходимо воспользоваться.

Расчетные задания разделены на две части: одни из них студенты выполняют в лаборатории во время снятия измерений, с другими справляется уже дома при обработке результатов, выполненной лабораторной работы. Большое внимание при этом уделяется заданиям на расчет погрешностей измерения физических величин.

Контрольные задания, предложенные в тетрадях к лабораторным работам, выполняют двойную функцию. Они позволяют студентам произвести рефлекссию собственной деятельности, а преподавателям более эффективно осуществить проверку знаний студентов по данной теме.

*Комплекс многоуровневых лабораторных работ* по физике, которые носят фронтальный характер, состоит из ряда заданий, охватывающих весь изучаемый в семестре материал. Его основной особенностью является предоставление студенту возможности выполнить все предложенные задания последовательно на одном и том же лабораторном макете. Разработанные задания одинаковы по форме (решение задач индивидуального домашнего задания, лабораторный эксперимент и его обработка), но имеют свои уровни сложности. Это позволяет к концу семестра выделить в коллективе обучающихся группы студентов, имеющих свои индивидуальные образовательные траектории. Подобное ранжирование по уровням сложности заданий для студентов успешно решает еще две задачи: индивидуализацию образова-

тельных траекторий обучающихся и выбор каждым студентом своей траектории в соответствии с возможностями и уровнем притязаний.

В условиях разработанной нами методики проведения лабораторно-практических занятий у студента появляется возможность в любой момент изменить качественный уровень своей образовательной траектории, приступив к выполнению более сложных заданий. Это стало возможным благодаря работе студента на одной установке, что позволяет использовать для дальнейшей работы результаты ранее проведенных экспериментов.

Бесспорной инновационной составляющей комплекса многоуровневых лабораторных работ, которые прошли апробацию на кафедре физики в весеннем семестре 2010 г., является возможность использования не только навыков, но и результатов исследования, полученных в ходе изучения курса физики на старших курсах, в рамках других дисциплин. В этом проявляется преемственность, циклический характер образовательной траектории, а также возможность варьирования глубины исследования на любом уровне обучения.

Представленная система организации самостоятельной работы по физике успешно применяется нами на кафедре физики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета. Она способствует получению студентами более прочных и глубоких знаний, формированию у них устойчивых навыков практической деятельности, развитию мышления и познавательных способностей. Рассмотренная система самостоятельной работы неуклонно совершенствуется нами для того, чтобы оказаться наиболее эффективной в современном образовательном процессе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамыкин А. И., Шишкина М. Н. Повышение эффективности самостоятельной работы студентов в процессе обучения физике // Современное образование: проблемы и перспективы в условиях перехода к новой концепции образования: мат. Междунар. науч.-методич. конф., 29–30 января 2009 г., Россия, Томск. – Томск.: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. 2009. – С. 103–104.

*A. I. Mamykin, M. N. Shishkina*

#### *METHODOLOGICAL CONCEPT OF SOLITARY WORK IN HIGH SCHOOL GENERAL PHYSICS COURSE*

*There has been the novel theoretically innovative scientific-methodological approach to solitary work in general physics course considered. The methodological origin of the concept appears like multidimensional cellated geometric structure in which one can realise various educational trajectories of solitary work. The individual path has been chosen with student consciously in dependence on development of competence and the level of aspiration.*

**High school education, general physics course, educational standards, self-training, continuous self-education**



# **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

УДК 37.014.54

*А. Э. Сулейманкадиева*

## **НЕПРЕРЫВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ**

*Исследуется концепция непрерывного обучения организации в условиях экономики знаний, рассматриваются особенности самообучающейся организации, конструктивистская и бихевиористская теории обучения, «жизненный цикл знаний».*

**Концепция непрерывного обучения организации, непрерывные знания, экономика знаний, обучающаяся организация, традиционная организация, конструктивистская и бихевиористская теории обучения**

**Концепция непрерывного обучения организации как фактор развития экономики знаний.** Идея непрерывного обучения стала особенно актуальной в условиях современной экономики – экономики знаний, в которой знания стали ключевым фактором успеха в международной конкуренции, в результате чего нематериальные и неосязаемые ресурсы стали опережать по важности материальные и видимые. В новых условиях происходит переход от экономики природных ресурсов к экономике знаний. Экономика знаний играет важнейшую роль в развитии СНО, так как характеризуется превращением процесса создания и распространения новых знаний в основу создания экономических ценностей.

Термин «экономика знаний» (*Knowledge Economy – KE*) был впервые введен в оборот австро-американским ученым Ф. Махлупом в 1962 г. Значимость *KE* обосновывается тем, что: 1) определяет тип экономики, в котором знания играют решающую роль в обеспечении конкурентоспособности и непрерывного развития организаций и экономики страны в целом; 2) создает реальные условия для производства непрерывных знаний, которые являются источником экономического роста. Таким образом, экономика знаний, создавая условия для процесса непрерывного производства новых знаний, сама изменяется и прогрессивно развивается, обеспечивая тем самым постоянный экономический рост. Известно, что из всего имеющегося объема знаний в физическом выражении, которым располагает человечество, 90 % приходится на последние 30 лет [1, с. 5].

Фактором успеха в новой экономике являются непрерывные знания, т. е. концепция непрерывного обучения организации. Следует отметить, что очень короткий «жизненный цикл» знания вынуждают руководство многих организаций развивать их на основе непрерывного обучения, внедрения системы непрерывного образования и регулярного развития индивидуальных способностей, повышения квалификации персонала. Концепция непрерывного обучения, принятая в 1996 г. министрами образования стран ОЭСР, исходит из нового видения политики в сфере образования и профессиональной подготовки как опоры для развития на основе знаний. Предполагается, что выпускники вузов будут периодически возвращаться в систему высшего образования для того, чтобы приобретать, учиться применять, а также обновлять знания и навыки, необходимые им в профессиональной деятельности. Непрерывное образование подразумевает обновление знаний и повышение образованности, которые необходимы для повышения уровня индивидуальной квалификации и для того, чтобы не отставать от внедрения новых продуктов и услуг [2, с. 33].

Создание и развитие концепции непрерывного обучения организации обоснованы следующими причинами: 1) опережающим характером развития научно-технических нововведений и технологий и необходимостью решения проблем, которые не может решить традиционная система образования; 2) целесообразностью создания концепции «производства, трансформации и передачи непрерывных знаний» в сфере бизнеса. В этих условиях весьма актуальной становится проблема создания и развития концепции непрерывного обучения организации, включающей как процесс непрерывного образования персонала, так и процесс непрерывных изменений и развития самой организации. Основными направлениями развития новой концепции являются: а) обучение персонала на протяжении всей профессиональной деятельности; б) создание открытой и гибкой системы образования в организации, в которой фокусируется внимание на персонале, на его системном мышлении; в) вертикальная интеграция (преемственность между отдельными этапами и уровнями обучения персонала); г) разнообразие и инновационность содержания, средств, методик и места обучения; д) разграничение между обучением в пределах заданной структуры связей (обучение по типу «одионой петли») и обучением, которое ставит под вопрос, подвергает сомнению и изменяет саму структуру связей (обучение по типу «двойной петли») [3, с. 295]; е) развитие комплекса идей, предполагающих связи между управлением, личностным развитием, стратегическим управлением и успехом организации, что предполагает развитие и эксплуатацию основных умений через индивидуальное и организационное обучение в качестве ключевых факторов в достижении конкурентного преимущества; ж) постоянное самосовершенствование и изменение окружающего мира [2, с. 372]. Данная концепция подразумевает процесс постоянной адаптации, периодического повышения квалификации и переподготовки персонала в течение всей активной трудовой жизни как в рамках формальной, так и в рамках неформальной системы образования на основе качественной базовой, начальной подготовки [4, с. 141].

Принцип непрерывности получения знаний обеспечивается поэтапностью и преемственностью прохождения каждым сотрудником отдельных ступеней образования на основе последовательного усвоения знаний, умений и навыков. В данном контексте «производство, трансформация и передача непрерывных знаний» понимается как процесс непрерывного обучения персонала на протяжении всей профессиональной деятельности. При этом идея

«непрерывных знаний» персонала любой организации: а) строится по восходящей линии таким образом, чтобы каждая последующая ступень являлась логическим продолжением предыдущих и представляла собой законченный цикл обучения; б) является необходимой и достаточной для генерирования интеллекта всей организации. Важным представляется не только то, чему и как учатся сотрудники фирмы, но и то, насколько эффективно они вносят свои знания в организацию, способствуют развитию ее интеллектуального потенциала.

«Производство, трансформация и передача непрерывных знаний» включают следующие компоненты обучения персонала: а) общее образование (развитие природных задатков и способностей, освоение накопленного обществом социального опыта, основных социокультурных правил и норм); б) профессиональная подготовка и переподготовка (освоение личностью профессиональных основ, взглядов и оценок в данной области, осознание присущих ей закономерностей), т. е. обучение, формирующее основы квалификации (переквалификации) специалиста.

Следует отметить, что обучение и подготовка (переподготовка) представляют собой две стороны одного явления: обучение связано с развитием *общего интеллекта* персонала, с приобретением *общих знаний*, а подготовка (переподготовка) – с приобретением *специальных знаний*, навыков и умений, относящихся к выполняемым функциям и работе.

Среднегодовой темп прироста новых знаний составляет 4–6 %. Это значит, что около 50 % профессиональных знаний специалист должен получить по окончании учебного заведения. Объем времени, необходимый для возобновления профессиональных знаний для специалистов с высшим образованием составляет 28 % от общего объема времени, которым владеет работник в течение всего работоспособного периода. Непрерывное образование становится важным фактором конкурентоспособности специалиста на рынке труда [5]. Вся история становления и развития учебы человека как самостоятельной области его деятельности указывает на то, что учеба должна быть непрерывной и адаптивной [6].

Обучающейся организацией (*Learning Organization – LO*) является такая организация, в которой непрерывно обучается весь ее персонал и сама организация пребывает в процессе постоянной трансформации (непрерывных изменений), т. е. непрерывного совершенствования способности к самообучению. В данном случае под этим термином подразумевается организация, которая не становится заложницей одной единственной структуры связей или одной парадигмы, а способна адаптировать и изменять свои установки, ценности и взгляды, лежащие в основе ее структуры, культуры и операций. Поэтому способность управлять фундаментальными изменениями является ключевым признаком обучающейся (самообучающейся) организации.

По мнению авторов [2, с. 373], передовые организации внедряют в практику непрерывное обучение каждого работника в течение всей трудовой деятельности. Такое обучение может быть организовано в форме стажировки, командировки в образовательные центры, лаборатории, зарубежные ведущие вузы; курсы, организованные внутри фирмы; курсы в учебных центрах. Обучение рассматривается не только как средство пополнения необходимых знаний, но и как средство налаживания плодотворных контактов.

В табл. 1 [2, с. 374] демонстрируются различия самообучающейся (*LO*) и традиционной организации (*TO*). *TO* основывается на власти, в то время как *LO* – на лидерстве, и в ней суще-

ственно меняются функции менеджера. По мнению авторов [2, с. 374], *ЛО* не может быть создана без формирования и развития лидерской культуры.

Таблица 1

Критерии	<i>ЛО</i>	<i>ТО</i>
Статус работника	Зависит от его знаний, умений и навыков	Определяется его должностью и полномочиями
Решения, принимаемые в организации	1. Зависят от видения менеджера и результатов оценки ситуации 2. Принимаются работником самостоятельно в пределах его полномочий	1. Основаны на правилах и прецедентах 2. Не могут приниматься работником полностью самостоятельно, работник является преимущественно исполнителем
Отношения в организации	1. Не носят формальный характер, допускаются разногласия во мнениях, дискуссии 2. Менеджеры рассматривают работников как партнеров 3. Внимание уделяется взаимоотношениям в группе, укрепляется дух кооперации и сотрудничества	1. Носят формальный характер, не допускаются разногласия, конфликты рассматриваются как деструктивные процессы 2. Менеджеры рассматривают работников как подчиненных исполнителей 3. Кооперационные взаимоотношения между работниками из разных подразделений исключены или затруднены
Цели и задачи организации и подразделений	Обсуждаются на всех уровнях	Господствует «туннельное видение», из-за недостатка информации работники не в состоянии представить картину в целом
Коммуникации	Формализованы и развиваются во всех формах как между подразделениями организации, так и между ее членами	Носят неформальный характер, значительная часть информации засекречена или недоступна по другим причинам

Основными понятиями или дисциплинами *ЛО*, по мнению основателя теории самообучающейся организации, являются: 1. *Формирование общего видения*. Это качество подразумевает воспитание у персонала чувства преданности группе или организации. Это чувство формирует ощущение необходимости обучения и вызывает коллективное желание учиться. Без общего видения значимый процесс обучения может возникнуть только во время кризисов, а закончиться – после их преодоления. 2. *Индивидуальное мастерство* (непрерывное совершенствование личности). Общее видение следует из индивидуального видения. Коллективная вовлеченность в процессе обучения исходит из персональной приверженности процессу обучения. Организация, которая постоянно учится формировать свое будущее, должна состоять из непрерывно обучающихся сотрудников. 3. *Интеллектуальные (ментальные) модели*. Постоянные размышления и исследования нацелены на достижение более точного понимания тех установок и ощущений, которые влияют на мышление и поступки людей. 4. *Командное обучение и системное мышление*. Обучение эффективно в группах, где люди необходимы друг другу [7]. В основе концепции лежит идея непрерывного обучения как персонала, так и организации. Индивидуальное образование персонала – условие необходимое, но не достаточное для генерирования интеллекта всей организации. Как уже говорилось, важным фактором является не только то, чему и как учатся сотрудники организации, но и то, насколько эффективно они вносят свои знания в организацию. Связь между индивидуальным и организационным обучением – ключевой момент данной концепции.

Исследователи в области организационного обучения утверждают, что самое эффективное обучение является продуктом постоянно возобновляющегося цикла обретения опыта, который получают непосредственно на рабочем месте. Подлинное обучение происходит следующим образом: а) у персонала есть конкретный, обретенный на рабочем месте опыт; б) персонал размышляет об этом опыте, пытаясь понять, что происходит и почему; в) основываясь



на собственном опыте, персонал разрабатывает концепции и обобщения опытным и эмпирическим путями; г) после завершения цикл повторяется, подобно новому повороту колеса. В этом контексте «обучение» означает не приобретение дополнительной информации, а расширение способности получать желаемые результаты. По мнению П. Сенге, это плодотворное обучение длиною в жизнь [7]. Конечно, при таком подходе к обучению необходимо выбрать соответствующие методы и приемы. Так, О. В. Сагинова в своей работе [1, с. 11–12] выделяет следующие теории, которые могут быть целесообразны при непрерывном обучении персонала организации (табл. 2).

Таблица 2

Теория	Содержание
Конструктивистская	Предполагает предоставление большей автономии обучающемуся, позволяющей ему достичь большего понимания изучаемого материала на основе собственного опыта, экспериментальных проектов, анализа конкретных ситуаций и симуляционных игр и обобщения полученных знаний с помощью теории и логических схем. Такой подход предъявляет высокие требования к качеству учебных материалов и учебных ресурсов
Бихевиористская	Настаивает на важной роли преподавателя, который выстраивает траекторию обучения из повторяющих реальную деятельность элементов таким образом, чтобы обучающиеся в определенной логической последовательности осваивали эти элементы. Важна роль коллектива как среды обучения. Обмен информацией и моделями освоения знаний между обучающимися не менее важен, чем направляющая функция преподавателя

Отметим, что выбор подхода к обучению зависит от многих факторов, например, от специфики деятельности организации; сложности и требуемого уровня профессионализма должностного лица, которое непрерывно обучается; скорости НТП, инновационных процессов, изменений как на рынке товаров и услуг, так и на рынке труда; свободы выбора программ обучения организацией или обучающимся и др. Несомненно, в тех сферах деятельности и отраслях экономики, которые характеризуются как творческие, целесообразно предоставлять большую свободу и автономию в выборе как программ обучения, так и скорости и типа повышения квалификации. Вероятно, здесь наиболее продуктивным является выбор конструктивистского подхода к обучению. В таких сферах деятельности, как научно-педагогическая, техническая, медицинская и т. д., требуется строго определенный и правильный выбор формы, периодичности и длительности программы обучения. Для них наиболее вероятен бихевиористский подход. Кроме того, существует целый ряд отраслей, где наиболее приемлем смешанный вариант, когда используются приемы и первого, и второго подходов.

Таким образом, концепция непрерывно обучающейся организации: 1) ориентируется на целостное развитие сотрудника как личности на протяжении всей его профессиональной деятельности, на повышение возможностей его трудовой и социальной адаптации в быстро меняющемся мире; 2) ставит целью развитие способностей обучающегося, его стремлений и возможностей к саморазвитию, к процессу непрерывной профессиональной переподготовки; 3) ориентируется на опережение развития общества, профессиональную карьеру, развитие личных навыков и качеств, что предполагает преимущество и многовариантность общего и профессионального образования; 4) является устойчивым конкурентным преимуществом организации, так как использование данной концепции дает возможность быстрее своих конкурентов учиться, получать и создавать новые знания, использовать их на практике, а

следовательно, раньше всех продавать их с максимальной прибылью; 5) выполняет функции организатора обучения и использует индивидуальный подход в обучении, что позволяет реализовать продуктивные, активно-творческие методы обучения, предлагающие самостоятельную и творческую деятельность проблемно-практического характера; 6) является основным фактором и одним из важных аспектов системы непрерывного образования. Концепция непрерывно обучающейся организации представляет собой процесс и способ «наращивания» и передачи непрерывных (интеллектуальных, концептуальных, практических и др.) знаний в системе непрерывного образования на любом уровне ее управления (на уровне личности, организации, региона или государства).

**Непрерывное обучение и профессиональная подготовка кадров в новых экономических условиях.** С содержательной точки зрения понятие «профессиональная подготовка» кадров тесно связано с понятием «непрерывное обучение» персонала. По сути это две стороны одного процесса. Обучение связано с развитием общего интеллекта личности, а подготовка – с приобретением знаний, связанных с профессиональной деятельностью, т. е. с выполняемой работой. Таким образом, *профессиональная подготовка* представляет собой целевое обучение с целью обеспечения организаций, региона и экономики в целом достаточным количеством специалистов, чьи профессиональные качества соответствуют целям организаций, региона и экономики в целом. По мнению авторов [8], современная государственная политика в области подготовки кадров решает две взаимосвязанные задачи: 1) обеспечение производства рабочей силой требуемой квалификации; 2) борьба с безработицей путем переподготовки безработных.

Государственное участие в профессиональной подготовке кадров во второй половине 1990-х гг. было направлено на решение второй задачи в связи с зарождением рынка труда в России, появлением безработицы. Сейчас происходит определенная переориентация в направлении первой задачи – подготовки квалифицированных кадров. Эта тенденция прослеживается в государственных программах профессионального обучения молодежи, в которых все больше внимания уделяется обучению специальностям в области передовых технологий, квалифицированного труда. С другой стороны, являются актуальными и популярными программы, направленные на снижение безработицы среди данной группы населения. Почти каждый третий безработный в России моложе 25 лет. Так, подготовка квалифицированных кадров должна содержать мероприятия, направленные на систематическое получение и повышение квалификации, отвечающей текущим и перспективным целям организации и рыночной экономики страны.

Рыночная система образования изначально формировалась в условиях, принципиально отличных от условий, в которых складывалась советская, и она характеризуется следующими особенностями: а) высшее образование понимается как личное дело каждого человека и приобретается за счет собственных средств. Получение высшего образования рассматривается как инвестиция капитала с целью получения будущих конкретных преимуществ на рынке квалифицированного труда; б) система высшего образования сложилась как саморегулирующаяся, в которой базовый уровень высшего образования сочетается с возможностью специализироваться и продолжать обучение в течение всей жизни, точнее экономически активной жизни [9, с. 6]. Таким образом, в новых условиях актуальным является внедрение концепции непрерывного образова-

ния. Основные черты системы высшего образования в рамках данной концепции: автономность вузов, многоуровневость образования, академическая мобильность, гибкий учебный план, свобода выбора образовательной траектории.

Условия современной России требуют создания новой системы профессиональной подготовки и переподготовки кадров, строящейся на следующих принципах: 1. Многоуровневая модель непрерывного образования, которая, с одной стороны, предполагает внедрение двухуровневой системы обучения, после которой личность постоянно повышает свою квалификацию в системе высшего образования; с другой, – включает две части образования: базовое и дополнительное. Базовое образование, как известно, представляет собой образовательную цепочку: «школа – (училище, техникум, колледж) – вуз. Дополнительное образование представляет собой единую систему разных учебных заведений и форм организации самообразования. Оно, опираясь на базовое образование, дает обучающемуся возможность получать новые знания. Другими словами, позволяет человеку совершенствовать свои знания, навыки и умения. Дополнительное образование может идти как после базового, так и параллельно с ним. 2. Оптимальное сочетание различных форм подготовки новых рабочих, получение рабочими второй профессии (переподготовка). 3. Повышение квалификации и уровня знаний рабочих и специалистов с учетом динамичных изменений в экономике, технике, технологии, организации производства в тесной увязке с их индивидуальным профессионально-квалификационным продвижением. Существует точка зрения, согласно которой при выборе специальности и переподготовке по новой специальности молодым людям следует ориентироваться на получение «немодной» специальности в настоящее время, так как эта специальность будет актуальна и востребована через 3–5 лет. 4. Обеспечение выхода российской системы образования из режима выживания (в условиях кризиса) в режим развития. Для этого целесообразно перейти из бюджетного образования в инвестируемое образование [2, с. 65]. 5. Организация качественной подготовки и переподготовки персонала по новым и конкурентоспособным специальностям в будущем. 6. Постоянная адаптация рабочей силы к изменяющимся условиям в течение всей активной трудовой жизни как в рамках формальной, так и в рамках неформальной системы образования. 7. Внедрение рыночной гибкой системы обучения вместо синхронной.

Подготовка и переподготовка кадров в рамках Болонского процесса затрагивает многие аспекты развития личности в условиях рыночной экономики. Рыночная система обучения кадров направлена: а) на обеспечение (сохранение) как гарантии рабочего места, так и возможности профессионального роста и постоянного дохода работника; б) переориентацию менталитета российских граждан с концепции «образование на всю жизнь» на концепцию «образование через всю жизнь» (Если в советской системе образования диплом о высшем образовании обеспечивал гарантии на всю жизнь, то в условиях современной рыночной экономики, быстрого устаревания знаний необходимо переориентировать менталитет на принципы непрерывного наращивания знаний, их обновление и пополнение. Таким образом, необходимо обеспечить переход организации к модели непрерывной подготовки и переподготовки кадров.); в) усиление связей между организацией и вузом, где персонал повышает свою квалификацию, получает новые знания; г) совершенствование механизмов внутриорганизационного обучения.

Концепция развития непрерывного образования во многих европейских странах предполагает проведение реформ стратегического характера, направленных на повышение конкурентоспособ-

ности организации на международном рынке товаров и услуг. Это обязывает организации непрерывно повышать качество и новизну знаний, приобретаемых персоналом. Основные требования, предъявляемые экономикой знаний к образованию, по мнению О. В. Сагиновой, включают: а) индивидуализацию моделей получения образования; б) личную ответственность и инициативу обучаемых; в) развитие универсальных навыков, которые могут быть перенесены на любые сферы профессиональной деятельности [1, с. 10]; г) обучение, основанное на связи образования с реальными требованиями профессиональной деятельности. Особенности стратегического развития СНО организации являются следующие (табл. 3) [1, с. 11; 5, с. 317].

Таблица 3

Стратегические направления развития СНО	Мероприятия: последствия и проблемы
Рост спроса на интеллектуальный персонал (работников) на рынке труда	1. Анализ спроса и предложения на другие категории персонала и выявление тенденций их развития 2. Необходимость решения проблемы возможности перевода персонала, не занятого наукоемким, интеллектуальным трудом, в категорию востребованных интеллектуальных работников через программы обучения и переподготовки
Рост значимости анализа информации перед знанием фактов и информации	1. Выявление стратегически важных универсальных навыков интеллектуального персонала 2. Определение сочетания общих и специфических навыков интеллектуальных работников и их развитие
Индивидуальный подход к организации, планированию и финансированию образования персонала	Анализ и выявление последствий планирования и финансирования образования каждого работника организации
Рост ресурсного потенциала персонала	1. Анализ ресурсного потенциала личности, основных профессиональных способностей 2. Формирование индивидуальной модели стратегического развития персонала, включающей общие профессиональные и специальные требования и мероприятия по развитию профессиональной компетенции
Индивидуализация и кастомизация обучения персонала организации	Формирование организационных моделей, решающих проблему индивидуализации и кастомизации обучения персонала
Развитие наукоемкого, интеллектуального труда в условиях высокой стратегической неопределенности	Разработка организационного управления интеллектуальным трудом в условиях высокой степени стратегической неопределенности

В условиях новой экономики обучение превратилось в пожизненный процесс. Персонал на протяжении всей своей профессиональной деятельности: а) неоднократно осваивает новые знания и навыки, часто меняет область деятельности; б) в вузы приходят обучаться помимо вчерашних школьников более зрелые специалисты, совмещая учебу с работой, получают второе (третье) высшее образование. Как отмечается в работе [1, с. 11], наличие опыта практической деятельности у обучающихся и потребности в особых условиях получения дополнительного образования обязывают вузы думать об изменении графика и методов обучения, так как: а) недостаточно дать студентам определенный объем теоретических и практических знаний; б) актуально обучение персонала поиску и анализу необходимой информации, т. е. обучение самому процессу получения знаний.

**Заключение.** Обзор литературных источников и анализ современной системы общего и профессионального образования позволяют автору сделать следующие выводы. Необходимость развития принципов непрерывного обучения организации и персонала в России вызвана рядом причин, среди которых можно отметить: 1) опережающие темпы развития научно-технического прогресса, всестороннюю информатизацию общества, ускорение темпов

распространения новых знаний и инноваций, высоких технологий; 2) усиление значимости междисциплинарного подхода к обучению профессиям как базовым, так и перспективным; 3) усиление отставания традиционной системы общего и профессионального образования от научных знаний, создающего угрозу национальной безопасности страны, негативно влияющего на качество жизни населения; 4) чрезвычайно короткий «жизненный цикл» знаний, которые легли в основу современной экономики. Студент, обучаясь в вузе в течение 5–6 лет с целью получить знания по определенной специальности, к концу своего обучения получает диплом о высшем «устаревшем» образовании, так как знания, которые получает студент в стенах вуза, имеют свою ценность лишь в течении 2–3 лет, а уже к концу 5-го или 6-го года обучения значительно устаревают; 5) усиление отставания России по некоторым видам базовых технологий, развитие которых ведет к необходимости всестороннего постоянного роста знаний в определенных областях.

Основными направлениями развития непрерывного образования в условиях современной российской экономики должны стать: 1) обеспечение взаимосвязи уровня образования населения и темпов развития экономики страны; 2) создание интеллектуально-коммуникационных технологий и обеспечение интеллектуальной поддержки значимых государственных решений; 3) разработка наукоемких технологий – воздействие непрерывного образования на развитие экономики страны происходит не только через подготовку высококвалифицированных кадров, но и через создание наукоемких технологий, обеспечение инновативности экономических субъектов хозяйствования в условиях современной России; 4) обеспечение безопасности страны посредством осуществления ряда прямых и косвенных воздействий; 5) концепция непрерывного обучения организации как фактор развития СНО; б) стратегическая подготовка и переподготовка кадров на основе многоуровневой системы непрерывного образования в условиях экономики знаний, включающей как базовое, так и дополнительное образование.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагинова О. В. Формирование экономики знаний и задачи образования // Экономика образования. 2007. № 1 (38). С. 5–13.
2. Гапоненко А. Л., Орлова Т. М. Управление знаниями. Как превратить знания в капитал. М.: Эксмо, 2008. 400 с.
3. Широкова Г. В. Управление организационными изменениями: учеб. пособие. СПб.: ИД СПбГУ, 2005. 432 с.
4. Сулейманкадиева А. Э. «Наращивание непрерывных знаний» и их влияние на специфику развития экономики в условиях глобализации // Россия и Санкт-Петербург: экономика и образование в XXI веке. Научная сессия профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по итогам НИР за 2008 г. Март-май 2009 г.: Сборник лучших докладов. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009. 224 с.
5. Богданова И. Ф. Непрерывное образование в эпоху перехода к информационному обществу. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.sbmt.bsu.by/projects/Thesis06.pdf](http://www.sbmt.bsu.by/projects/Thesis06.pdf).
6. Дресвянников В. А. Андрагогика: принципы практического обучения для взрослых // Элитариум: Центр дистанционного образования, 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.elitarium.ru/2007/02/09/andragogika.html](http://www.elitarium.ru/2007/02/09/andragogika.html).
7. Синонимы: самообучающаяся организация; Learning Organization. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://msk.treko.ru/show\\_dict\\_365](http://msk.treko.ru/show_dict_365).
8. Обучение персонала. Управление персоналом: учебник для аспирантов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://polbu.ru/personnel\\_management/ch22\\_i.html](http://polbu.ru/personnel_management/ch22_i.html).
9. Гладких Б. А. Может ли Болонский процесс стимулировать повышение качества и эффективности образования в российском вузе? // Экономика образования. 2007. № 6 (43). С. 5–15.
10. Лукичева Л. И. Управление интеллектуальным капиталом: учеб. пособие. М.: Омега-Л, 2007. 552 с.

*A. E. Suleymankadieva*

*CONTINUOUS TRAINING OF THE ORGANIZATION IN THE KNOWLEDGE ECONOMY CONDITIONS*

*In article the concept of continuous training of the organization in the knowledge economy conditions is investigated, features of a Learning Organization, constructivist and behaviouristic learning theories and a «knowledge life-long cycle» are considered.*

**The concept of a «Long Learning organization», Long Knowledge, the knowledge economy, a Learning Organization, a traditional organization, constructivist and behaviouristic Learning Theories**



УДК 940.55 (47=57)

*Р. А. Ялышев*

## **ОСЕНЬ 1991 ГОДА: СУДЬБА НОВОГО СОЮЗНОГО ДОГОВОРА ПОСЛЕ ГКЧП**

*Рассматривается процесс выработки и обсуждения нового Союзного договора между республиками и центральным руководством СССР после выступления ГКЧП в августе 1991 г. Анализируется роль республиканских властей, особенно руководства России, союзных руководителей в работе над новым проектом Союзного договора. Делается попытка проанализировать основные причины провала нового Союзного договора и распада СССР.*

**СССР, перестройка, ГКЧП, Союзные республики, новый Союзный договор, распад СССР, СНГ**

Летом 1991 г. шла активная работа над проектом нового Союзного договора в Ново-Огарево. В конце июля М. С. Горбачев объявил о том, что проект согласован, и была назначена дата подписания договора – 20 августа 1991 г.

2 августа 1991 г. проект Договора о Союзе Суверенных Государств был направлен президентам и Верховным Советам республик. Таким образом договор был открыт для подписания.

В августе 1991 г. сложилась довольно интересная ситуация. Даже после принятия решения о подписании нового Союзного договора в стране было много сил, выступавших против данного договора. Часть лидеров Межрегиональной депутатской группы (МДГ) и сторонников Б. Н. Ельцина в российском парламенте возражали против него, полагая, что подписание приведет к ограничению суверенитета республик. В то же время большинство народных депутатов СССР опасались, что подписание данного договора будет фактически означать развал Советского Союза как единого государства. И те, и другие имели основание так считать, поскольку судьба государства зависела от того, какие силы и как будут трактовать и исполнять новый договор.

В этой обстановке накануне подписания нового Союзного договора 19 августа 1991 г. группа высших должностных лиц изолировала президента СССР на крымской даче в Форосе и объявила о создании Государственного Комитета по чрезвычайному положению (ГКЧП). Продуманной программы действий у членов ГКЧП не было. Выступление было в первую очередь направлено на срыв подписания нового Союзного договора. Позиция ГКЧП по по-

воду проекта договора фактически была изложена в статье Председателя ВС СССР А. И. Лукьянова, опубликованной в «Правде» 20 августа 1991 г. В ней говорилось о необходимости доработать проект, чтобы сохранить Союз как федеративное государство.

В республиках создание ГКЧП было встречено по-разному. Категорически против ГКЧП выступил только Б. Н. Ельцин. Другие лидеры заняли откровенно выжидательную позицию. Этот факт отмечал и сам Б. Н. Ельцин [1, с. 90–92], и многие другие участники событий [2, с. 261].

Однако выступление ГКЧП быстро провалилось, так как члены Комитета продемонстрировали полную неспособность к решительным действиям по отношению к тем, кто нарушал их приказы. В итоге российское руководство во главе с Б. Н. Ельциным, опираясь на поддержку части жителей Москвы и Ленинграда, быстро переломило ход событий.

Главными итогами выступления ГКЧП стали: срыв подписания нового Союзного договора, окончательная дискредитация союзных властей и усиление позиций республиканских руководителей, особенно Б. Н. Ельцина.

После провала ГКЧП республики стали провозглашать свою полную независимость в одностороннем порядке. Уже в конце августа это сделали Украина, Белоруссия, Молдова. Независимыми провозгласили себя также Азербайджан, Армения, Киргизия, Туркмения и Узбекистан. Официально была признана государственная независимость Латвии, Литвы и Эстонии. В России Б. Н. Ельцин фактически перехватил у М. С. Горбачева реальную власть.

**Пятый съезд народных депутатов СССР.** 2 сентября 1991 г. собрался Пятый внеочередной съезд народных депутатов СССР. Накануне съезда М. С. Горбачев, Б. Н. Ельцин и другие участники ново-огаревского процесса достигли соглашения, которое и было проведено от их имени на съезде. Реальная власть в стране переходила в руки нового органа – Государственного Совета, в который входили руководители республик. Было принято решение о подготовке Договора о Союзе Суверенных Государств. Все это излагалось в Заявлении Президента СССР и глав республик, которое съезду огласил глава Казахстана Н. А. Назарбаев.

Народным депутатам было предложено согласиться на фактический роспуск съезда и Верховного Совета СССР и заменить их на Совет представителей народных депутатов по принципу равного представительства от союзных республик по 20 депутатов из народных депутатов СССР и республик с целью выполнения законодательных функций и разработки новой Конституции Союза суверенных государств [3, с. 205]. Однако депутаты, приняв основные положения Заявления, отказались заменять законодательные органы Советом представителей [4, с. 450].

В итоге съезд принял Закон СССР «Об органах государственной власти и управления Союза ССР в переходный период», введший в жизнь страны Государственный Совет и другие новые органы власти. Как отмечает И. Д. Лаптев, один из руководителей съезда и сподвижник М. С. Горбачева, документ был утвержден депутатами во многом благодаря настойчивости М. С. Горбачева, хотя на 90 % состоял из редакции, выработанной руководством РСФСР [5, с. 284]. Впоследствии, используя этот закон, М. С. Горбачев и республиканские лидеры вывели из обсуждения нового Союзного договора законодательные органы СССР, ссылаясь на «фактический самороспуск» Съезда народных депутатов СССР [3, с. 206].



Принятие данного закона действительно коренным образом меняло систему управления Советским Союзом. В сфере законодательной власти СССР разработчики закона стремились придать большую роль более контролируемому Верховному Совету СССР, тем самым как бы отодвигая съезд на второй план. На практике это и было в итоге осуществлено, хотя законодательно полномочия Съезда народных депутатов СССР сохранялись. А для успокоения депутатов даже прописали отдельным пунктом, что их депутатский статус сохраняется до истечения срока полномочий, и обещали собрать следующий съезд для принятия нового Союзного договора, хотя из самого текста закона некоторым депутатам становилось очевидно, что собрать съезд вновь будет невозможно [5, с. 284].

По мнению З. А. Станкевича, с которым трудно не согласиться, принятие нового закона об органах власти в СССР было основным требованием республиканских лидеров (особенно РСФСР) в обмен на продолжение работы над новым Союзным договором. Именно республиканские лидеры были сильно заинтересованы в ослаблении позиций центра, а устранение с политической арены союзного съезда явно было им на руку, так как именно он оставался высшим органом государственной власти в СССР и олицетворял суверенитет Союза [6, с. 280–281].

**Ново-огаревский процесс осенью 1991 г.** После съезда М. С. Горбачев пытался подготовить и согласовать проект Союзного договора на основе достигнутых летом 1991 г. соглашений. Работа в этом направлении проходила трудно и постоянно наталкивалась на многочисленные препятствия. Серьезные проблемы создавала позиция российского руководства по отношению к новому Союзному договору: многие российские высокопоставленные лица советовали Б. Н. Ельцину отказаться от единого государства, и он все более склонялся к этому. Категоричной стала точка зрения руководителя Украины Л. М. Кравчука, который всячески стал отказываться от идеи даже обсуждать новый договор и единое государство вплоть до украинского референдума о независимости, назначенного на 1 декабря 1991 г.

Многие республики, например среднеазиатские и Белоруссия, были готовы обсуждать Союзный договор и в целом были заинтересованы в сохранении единой страны, но и они стали выдвигать множество новых требований. Такое отношение республик было во многом обусловлено деятельностью российского руководства в ходе путча и после него: Б. Н. Ельцин сильно напугал республиканские элиты тем, что стремительно присваивал функции центральных властей.

В результате деятельности ГКЧП и последующих событий значительно изменился состав участников, так или иначе задействованных в работе над новым Союзным договором. Из процесса фактически были исключены Съезд народных депутатов СССР и Верховный Совет СССР. С одной стороны, в таких условиях центральным властям в лице М. С. Горбачева было легче согласовывать позиции с республиканскими представителями, идти на уступки, не боясь противостояния внутри центра. Но, с другой стороны, само устранение высших законодательных органов страны из переговоров явно подрывало авторитет союзной власти и играло на руку республикам.

Серьезной проблемой для центрального руководства стало и то, что из работы над договором, по сути, были исключены автономные республики. Это сильно ослабило позиции центра, так как автономии по многим вопросам занимали позиции, близкие позициям союзных представителей. Их исключение из обсуждения договора развязывало руки представителям союзных республик, особенно тем, где были автономии.

Все же работа над новым Союзным договором была возобновлена. 27 августа 1991 г. М. С. Горбачев вновь поручил своим помощникам готовить проект договора. Союзная рабочая группа состояла из самого М. С. Горбачева, Г. Х. Шахназарова, В. Н. Кудрявцева, Б. Н. Топорнина, Ю. М. Батурина. Российскую сторону представляли Б. Н. Ельцин, С. М. Шахрай, С. Б. Станкевич и А. А. Котенков [7, с. 589]. Активно участвовал в работе глава аппарата Президента СССР Г. И. Ревенко. В команде Б. Н. Ельцина одну из ключевых ролей играл Г. Э. Бурбулис.

М. С. Горбачев поставил своим помощникам задачу попытаться вернуть к обсуждению проект нового Союзного договора, подготовленный летом в Ново-Огарево, где речь шла о СССР как о федеративном государстве. С первых шагов сподвижники М. С. Горбачева столкнулись с непредвиденными трудностями. Российская сторона первое время вообще попыталась уклониться от работы над договором: представители России избегали встреч и даже телефонных переговоров, всячески затягивая время и давая понять, что договор не актуален [2, с. 461–462; 5, с. 318].

В итоге, усилиями самого М. С. Горбачева, удалось привлечь Б. Н. Ельцина и российскую делегацию к обсуждению проекта договора. Так, ново-огаревский процесс получил продолжение. Ключевым пунктом переговоров стала проблема согласования позиций по вопросу о сути создаваемого государства. Команда М. С. Горбачева предлагала обсуждать старый новоогаревский проект с поправками. У российской стороны вскоре появился свой новый проект договора. Принципиальная разница заключалась в том, что сторонники М. С. Горбачева предлагали исходить из концепции «союзного государства», а российская сторона в лучшем случае склонялась к созданию конфедерации с формулировкой – «союз государств».

В ходе обсуждения двух проектов на уровне рабочих групп делегации выработали общую позицию. Как пишет Г. Х. Шахназаров, новый проект по форме больше отражал позицию российской делегации о конфедерации вместо «союзного государства», об отказе от Конституции Союза, но при этом по содержанию сохранял главное из проекта союзных представителей: в нем были четко прописаны все функции союзного государства – оборона, транспорт, связь, границы, гражданство [2, с. 465–466]. Г. Х. Шахназаров был даже рад такому компромиссу, полагая, что содержание важнее формы. Он считал, что они уступили намного меньше, чем представители России, которые изначально вели дело к договорному процессу, в результате которого Россия становилась бы правопреемницей Союза [2, с. 463].

Однако М. С. Горбачев раскритиковал своих помощников и заставил вновь включить в проект положение о «союзном государстве». А. С. Грачев, пресс-секретарь Президента СССР в то время, считает, что М. С. Горбачев, по сути, отклонив идеи конфедерации и выступая за единое государство, «подписал смертный приговор себе и Союзу» [8, с. 28]. С этим трудно согласиться однозначно, так как по существу М. С. Горбачев не отрицал идей конфедерации, но хотел получить нечто большее. Тут скорее можно сказать, что М. С. Горбачев проиграл тактически. Сразу после путча быстрое подписание конфедеративного договора о Союзе могло сработать, а дальнейшая борьба привела к затягиванию процесса и, как следствие, к провалу.

В итоге в тот момент союзное руководство стало придерживаться универсальной формулы: «Союз Суверенных Государств – союзное государство», сознательно уходя от определений «федерация» и «конфедерация» [6, с. 294–295]. Этим они хотели постараться избежать вопроса о том, какое именно строится государство.

В октябре 1991 г. обсуждение нового Союзного договора стало стопориться. Особой остроты проблеме добавил отказ Украины от принятия каких-либо решений до 1 декабря 1991 г., т. е. до референдума о независимости Украины. В рамках Госсовета 11 октября разговор шел в основном о том, продолжать или нет работу над договором. Попытка М. С. Горбачева продвинуть идею быстрого (до 15 октября 1991 г.) подписания нового договора провалилась. Теперь весь тон дискуссии задавали лидеры республик. Центр лишь пытался найти компромиссный путь среди множества позиций. В итоге основным компромиссом стало то, что работу над новым Союзным договором опять направили в рабочие группы, но договорились о подписании экономического соглашения.

18 октября 1991 г. республикам удалось заключить Договор об экономическом сообществе суверенных государств. Под ним подписались восемь республик: Армения, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, РСФСР, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан – и Президент СССР [3, с. 211–227]. Очередным ударом был отказ от подписания соглашения Украиной (Украина присоединилась к соглашению в ноябре 1991 г.).

В начале ноября у М. С. Горбачева состоялась встреча с Б. Н. Ельциным. По свидетельству Г. Х. Шахназарова, на ней М. С. Горбачев грозил подать в отставку, если не удастся договориться по основным вопросам нового договора. В результате Б. Н. Ельцин на словах согласился проводить согласованную политику и пошел на ряд уступок центральным властям. Однако Г. Х. Шахназаров высказывает сомнения в искренности Б. Н. Ельцина [9, с. 475–476].

Весь ноябрь в Ново-Огарево шли заседания Госсовета СССР, на которых обсуждался проект нового Союзного договора. На первом заседании 4 ноября М. С. Горбачев вновь пытался предложить идею федеративного устройства будущего союза, но сопротивление лидеров республик не позволило утвердить это положение. Альтернативой был проект Г. Х. Шахназарова, где говорилось о «конфедеративном государстве» [3, с. 244]. Далее в ходе встречи Госсовета речь шла по сути лишь о конфедерации. Однако в тексте проекта была зафиксирована формулировка: «Союз Суверенных Государств – союзное демократическое государство».

Но главное было то, что обсуждались реальные вопросы устройства государства, и республиканские лидеры принимали серьезное участие в работе. Договор обсуждали по статьям. Говоря об армии, например, Б. Н. Ельцин заявлял: «Поскольку мы пытаемся создать новое государство – Союз Суверенных Государств – оно, безусловно, должно иметь и единую армию...» [8, с. 123–124]. Значит, Б. Н. Ельцин в тот момент еще был настроен говорить о Союзе.

Но сильно била по переговорному процессу позиция Украины. Л. М. Кравчук заявил, что «пора прекращать разговоры о ново-огаревском процессе». Он выступил против создания каких-либо центральных органов [3, с. 244–245] и на следующее заседание Госсовета не приехал. Тогда уже М. С. Горбачев стал понимать, что поведение Л. М. Кравчука это не только маневры перед украинскими выборами, но все же надеялся, что с Украиной удастся договориться [8, с. 139].

На заседании 14 ноября собрались представители семи республик: России, Белоруссии, Казахстана и четырех республик Средней Азии. М. С. Горбачев вновь заговорил о «союзном государстве», а Б. Н. Ельцин предлагал создать «союз государств». Б. Н. Ельцина поддержал С. С. Шушкевич. Большинство республиканских лидеров на федерацию уже не соглашались. Даже поддерживавший М. С. Горбачева по многим позициям глава Казахстана Н. А. Назарбаев высказался так: «О федерации говорить очень сложно, может быть, конфедерация?» [3, С. 245].

Разразился спор. М. С. Горбачев даже грозился покинуть заседание. Тогда возникла идея создать «конфедеративное демократическое государство». Эта формулировка и вошла и вошла в последний проект Союзного договора [2, с. 299–300].

Дальнейшее обсуждение проекта договора выявило еще массу разногласий среди участников встречи. Часть из них удалось разрешить в ходе заседания. М. С. Горбачева вынудили отказаться от единой союзной конституции, которая заменялась самим договором о Союзе Суверенных Государств. Взамен он выбил положения о Президенте Союза, избираемого гражданами Союза через выборщиков, о двухлетнем парламенте с депутатами, избираемыми от территориальных округов, о столице Союза и т. д. Удалось обсудить структуру Межгосударственного Экономического Комитета (МЭК) [3, с. 248].

Многие вопросы так и остались не решенными: не прояснилась судьба МИДа, МВД, Минобороны Союза. Удалось уговорить Б. Н. Ельцина продлить работу лишь некоторых союзных министерств. Г. Х. Шахназаров пишет, что создавалось ощущение, что «не продвинулись вперед ни на шаг» [9, с. 477].

На пресс-конференции после заседания все лидеры заявили, что «Союз будет» [3, с. 246].

Парафирование договора назначили на 25 ноября. Однако предстояло еще уговорить Л. М. Кравчука. Б. Н. Ельцин выдвинул условием подписания договора Россией участие в нем Украины. К 25 ноября договориться с Украиной не получилось, и парафирование не состоялось. Впоследствии многие увидели в такой позиции Б. Н. Ельцина и Л. М. Кравчука четко согласованную программу действий по дезинтеграции Союза.

Б. Н. Ельцин, при поддержке С. С. Шушкевича, И. А. Каримова и С. А. Ниязова, фактически отказался от парафирования проекта договора. Он объяснял отказ от проекта консультациями в Верховном Совете РСФСР, на которых, якобы, стало понятно, что депутаты такой проект не поддержат. Это был явный тактический ход, направленный на срыв подписания документа. За парафирование, помимо М. С. Горбачева, высказывались представители Казахстана и Киргизии.

Вместо парафирования начался новый виток дискуссии о статусе союза. Б. Н. Ельцин теперь требовал заменить «конфедеративное демократическое государство» на «конфедерацию демократических государств» и даже в этом случае соглашался подписать договор только после Украины. Это привело к конфликту, так как М. С. Горбачев явно не ожидал, что все предыдущие договоренности так легко будут отброшены. Поняв, что договориться не получается, М. С. Горбачев обвинил республиканских лидеров в разваливании страны и покинул заседание. Во избежание публичного скандала республиканским лидерам и Президенту СССР все же пришлось искать выход из ситуации.

Так, по существу ничего не решив относительно договора, участники Госсовета свели всю работу к согласованию общего заявления для общественности. Выходом стало решение отправить подготовленный проект Союзного договора на рассмотрение Верховных Советов республик и Верховного Совета СССР. М. С. Горбачеву удалось сохранить в проекте договора формулировку о «конфедеративном демократическом государстве», хотя Б. Н. Ельцин и тут возражал, отказываясь признать проект согласованным. Кое-как удалось найти приемлемые для всех фразы, но общий итог явно разочаровывал.

Впоследствии Б. Н. Ельцин вспоминал это заседание Госсовета так: «Все вдруг поняли: здесь мы собираемся в последний раз. Ново-огаревская эпопея подошла к концу. И в этом направлении движения нет и не будет. Надо искать, придумывать что-то новое» [1, с. 149].

М. С. Горбачев был крайне разочарован результатами заседания. Он понимал, что шансы на сохранение союза стремительно сокращаются, но все же надеялся, что государство удастся спасти. Он опять многократно выступал в прессе с призывами сохранить страну, пытался убедить республиканских лидеров договориться, говорил о грядущей катастрофе в случае распада страны. Но многие тогда уже не верили в возможность сохранить единое государство [10, с. 280].

В декабре ситуация еще больше осложнилась.

**Беловежские соглашения.** 1 декабря 1991 г. на Украине состоялся референдум по вопросу о независимости. На нем большинство населения (90,32 %) высказалось за независимость Украины [3, с. 285]. Л. М. Кравчук был избран президентом украинского государства. Опираясь на итоги референдума, он явно не был настроен на подписание какого-либо договора.

На следующий день Россия признала украинскую независимость и предложила провести встречу лидеров трех славянских республик. Встреча состоялась 8 декабря 1991 г. в Беловежской Пуще под Минском. В ней участвовали российский руководитель Б. Н. Ельцин, избранный Президентом Украины Л. М. Кравчук и руководитель Белоруссии С. С. Шушкевич. По результатам встречи три лидера, во-первых, объявили о том, что «Союз ССР как субъект международного права и геополитическая реальность прекращает свое существование», а во-вторых, приняли решение образовать Содружество Независимых Государств (СНГ).

Хотя решение о роспуске СССР подавалось Б. Н. Ельциным как спонтанное и вызванное окончательным отказом Украины от участия в союзном договоре – на деле российская сторона заранее готовилась к такому решению, в чем признались некоторые сподвижники Б. Н. Ельцина [11, с. 168].

Союзное руководство располагало ориентировочной информацией о намерениях глав славянских республик, но не предприняло каких-то серьезных мер, чтобы нарушить эти планы. Об этом говорит ряд свидетельств. Во-первых, Президент Украины тогда уже прямо говорил о невозможности подписания Союзного договора. Вместо этого он предлагал какое-либо соглашение без участия центра. Так, еще 19 ноября в интервью газете «Труд» он заявил, что нескольким республикам, например Украине, Беларуси и России, необходимо выступить инициаторами такого сообщества, в котором все бы оставались равноправными государствами и не имели бы какого-либо политического центра [3, с. 256]. Во-вторых, позиция Б. Н. Ельцина на последних заседаниях Госсовета явно свидетельствовала о том, что он не хочет заключать новый Союзный договор. Г. Х. Шахназаров в воспоминаниях пишет, что уже 5 декабря высказывал М. С. Горбачеву предположение о том, что в Минске лидеры славянских республик сойдутся на «содружестве» или «сообществе» [9, с. 480].

Однако соглашение о прекращении существования СССР для большинства оказалось неожиданным как по форме, так и по содержанию.

Соглашение о создании СНГ подразумевало демонтаж Советского Союза через денонсацию Договора об образовании СССР 1922 г. тремя учредителями этого договора.

Решение формально не являлось законным, так как противоречило действующим Конституции СССР и Конституциям России, Белоруссии и Украины. Законодательные органы республик не давали главам этих республик полномочий на такие действия. Подписание Соглашения вызвало неоднозначную реакцию среди населения страны. Поэтому для придания

легитимности этим документам требовалось срочно провести их через республиканские парламенты.

Уже 10 декабря 1991 г. Соглашение ратифицировали Верховные Советы Белоруссии и Украины. Перед украинскими депутатами выступил Л. М. Кравчук. Призвав их ратифицировать Соглашение, он сказал: «Уже всем стало ясно, и это подтверждают факты, что создание Союза по принципам нового договора, проект которого был предложен М. С. Горбачевым и частью Государственного Совета, зашло в тупик» [12, с. 231]. Не все украинские парламентарии были согласны с такой постановкой вопроса, но одобрили это решение большинством голосов («за» – 288; «против» – 10; всего голосовало – 367) [12, с. 238], обсудив договор только в комиссиях и сделав ряд существенных поправок, направленных на еще большую дезинтеграцию республик.

Белорусский парламент тоже большинством голосов ратифицировал Соглашение («за» – 263; «против» – 1; всего голосовало – 266) [12, с. 288–289]. В белорусском Верховном Совете С. С. Шушкевич изначально даже не ставил вопрос о ратификации Соглашения. Но в ходе обсуждения документа, депутатам стало известно о ратификации Соглашения на Украине, и тогда белорусский парламент тоже проголосовал за ратификацию.

Верховный Совет России обсудил и ратифицировал Соглашение о создании СНГ 12 декабря 1991 г. Рассмотрение вопроса началось с выступления Б. Н. Ельцина. Он призвал поддержать Соглашение, мотивируя это тем, что СССР «уже не способен играть позитивную роль по отношению к бывшим его членам», препятствует реформам и признан банкротом со стороны мирового сообщества [13, с. 2–3].

Некоторые депутаты пытались возражать Б. Н. Ельцину.

Основная дискуссия возникла по вопросу о правовых основах данного Соглашения, тем более, что в нем говорилось о прекращении существования СССР. Такое решение противоречило не только Конституции СССР, но и последней редакции Конституции РСФСР, в Преамбуле которой было четко записано, что «Съезд народных депутатов РСФСР ... заявляет о решимости создать демократическое правовое государство в составе обновленного Союза ССР». В Главе 7 также речь шла о том, что «РСФСР – союзная республика в составе СССР» [14].

Некоторые депутаты прямо говорили о необходимости решать вопрос конституционным путем, т. е. созвать Съезд народных депутатов и рассмотреть вопрос на съезде. Об этом сказал депутат В. И. Севастьянов: «Принимая постановление сегодня, мы должны в проект постановления вписать несомненное обязательство решить этот вопрос конституционным путем. Вопрос главный – ликвидация Союза. Мы должны потребовать созыва Съезда народных депутатов РСФСР для рассмотрения этого вопроса» [13, с. 15].

Среди депутатов высказывались идеи сохранить Союзный договор. Так, свой вариант предложил депутат Н. И. Травкин: проголосовать за принятие ново-огаревского Союзного договора, а Соглашение о СНГ ратифицировать в качестве дополнения к Союзному договору для определения переходных отношений с Украиной [13, с. 20]. Но эти предложения не прошли.

Итогом заседания стало принятие двух важнейших документов: Постановления о ратификации Соглашения о СНГ (поддержали 188 депутатов; «против» высказались 6; всего голосовало – 201) и Постановления о денонсации Договора об образовании СССР 1922 года («за» – 161; «против» – 3; воздержалось – 9; всего голосовало – 173) [13, с. 25–26].

Для Президента России эти решения были очень важными. В случае провала этих решений в Верховном Совете РСФСР союзные власти и М. С. Горбачев получали бы юридические основания для принятия новых мер по сохранению СССР. Но этого не случилось. Союзные власти в лице Президента СССР не нашли в себе силы противостоять такому ходу событий. Советский Союз прекратил свое существование.

Позднее в Алма-Ате к Беловежским соглашениям присоединились еще восемь республик.

**Итоги.** Главной причиной распада СССР как единого государства в 1991 г. следует признать именно обострение межнациональных отношений в СССР, отношений между республиками и Центром, национальные проблемы внутри самих республик. Неспособность центрального руководства эффективно решать именно эти проблемы, стремление республиканских лидеров к самостоятельности в условиях постоянно нараставших социально-экономических проблем в итоге привели к обострению ситуации.

При решении нараставших национальных конфликтов допускалось много ошибок: действовали мягко, где нужна была жесткая позиция; применяли силу там, где это было недопустимо и т. д. Все это было следствием того, что не было четкой политики в национальном вопросе.

Ключевой ошибкой советского руководства, приведшей к распаду государства, стало принятие решения о выработке и подписании нового Союзного договора в условиях усилившихся центробежных тенденций. Такая постановка вопроса фактически давала республикам возможность выбора: подписать и остаться или не подписать и уйти. Осенью 1991 г. этот выбор был явно не в пользу единого государства.

Подготовка нового Союзного договора предопределила ход всех событий в стране. Республики стали шантажировать Центр, выбивая из него все больше полномочий. Большую роль в этом сыграло российское руководство, позиция которого усилила сепаратистские действия во всех республиках.

Именно проблема нового Союзного договора привела к обострению ситуации в стране в августе 1991 г., породила путч ГКЧП.

Августовский путч стал роковым ударом по авторитету союзной власти. Он сорвал подписание нового Союзного договора 20 августа 1991 г. и выбил почву из под ног союзных властей, стремившихся сохранить единое государство.

После событий августа 1991 г. работа над новым Союзным договором уже в первую очередь зависела от отношения к нему республик, которые умело использовали эту ситуацию для осуществления своих целей, а не для спасения единства страны.

Так, в осенней стадии переговоров вокруг нового Союзного договора многие республики добились именно тех результатов, к которым стремились: прибалтийские республики достигли окончательного признания своей независимости всеми; получила независимость Украина; Б. Н. Ельцин добился полной власти в России.

Роковую роль в судьбе нового Союзного договора осенью 1991 г. сыграли Украина и Россия. Их согласованная позиция привела к провалу переговоров по договору. И именно по их инициативе появились Беловежские соглашения, содержавшие отказ от СССР.

В итоге Советский Союз распался.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ельцин Б. Н. Записки президента. М.: АСТ, 1994.
2. Шахназаров Г. Х. Цена свободы. Реформация Горбачева глазами его помощника. М.: Россия-Зевс, 1993.
3. Союз можно было сохранить. Белая книга: Документы и факты о политике М. С. Горбачева по реформированию и сохранению многонационального государства. М.: Изд-во «Апрель-85», 1995.
4. Воротников В. И. А было это так... Из дневника члена Политбюро ЦК КПСС. М.: Совет ветеранов книгоиздания, 1995.
5. Лаптев И. Д. Власть без славы. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2002.
6. Станкевич З. История крушения СССР: Политико-правовые аспекты. М.: Изд-во МГУ, 2001.
7. Горбачев М. С. Жизнь и реформы. Кн. 2. М.: Новости, 1995.
8. Грачев А. Дальше без меня... Уход Президента. М.: Прогресс-Культура, 1994.
9. Шахназаров Г. Х. С вождями и без них. М.: Вагриус, 2001.
10. Черняев А. С. 1991 год: Дневник помощника Президента СССР. М.: Республика, 1997.
11. Козырев А. В. Преображение. М.: Международные отношения, 1994.
12. Исаков В. Б. Расчлененка. Кто и как развалил Советский Союз: Хроника. Документы. М.: Закон и право, 1998.
13. Четвертая сессия Верховного Совета РСФСР. Заседание 21. 12 декабря 1991г. / Бюллетень № 21 Верховного Совета РСФСР. М.: Изд-во ВС РСФСР, 1992.
14. Конституция (Основной закон) РСФСР. М.: Юридическая литература, 1991.

R. A. Ialyshev

*FALL 1991: THE FATE OF THE NEW UNION TREATY AFTER THE STATE EMERGENCY COMMITTEE*

*We consider the process of elaboration and discussion of a new Union Treaty between the republics and the Soviet leadership after the speech Emergency Committee in August 1991. The role of the national government, especially the leadership of Russia, the union leaders to work on a new draft Union treaty analyzed. It attempts to analyze the main reasons for the failure of the new Union Treaty and the collapse of the USSR.*

**USSR, perestroika, Emergency Committee, the new Union Treaty, the collapse of the USSR, the CIS**



## Сведения об авторах

*Андреанов Игорь Александрович*

Доцент ГОУВПО «Вологодский государственный технический университет», канд. техн. наук.

Тел.: (8172) 72-84-10. E-mail: igand@mail.ru.

*Ахметьянов Валерий Равизович*

Доцент Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, канд. техн. наук.

E-mail: zinval@mail.ru.

*Боронахин Александр Михайлович*

Доцент кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-08-14. E-mail: AMBoronahin@mail.eltech.ru .

*Величко Анна Николаевна*

Студент кафедры инженерной защиты окружающей среды СПбГЭТУ.

Тел.: +7(951) 643-51-22.

*Вендик Орест Генрихович*

Профессор кафедры ФЭТ СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7(921) 757-19-32. E-mail: OGVendik@mail.eltech.ru.

*Волкова Анна Александровна*

Вед. инженер ОАО «Концерн “Океанприбор”».

Тел.: (812) 499-74-54. E-mail: odb111@rambler.ru.

*Ву Зуи Линь*

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7(906) 247-74-39. E-mail: duylinh04@yahoo.com

*Выговский Леонид Сергеевич*

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 302-7902. E-mail: leonid.vygovskiy@gmail.com.

*Ефимова Мария Александровна*

Студентка гр. 5597СПбГЭТУ.

E-mail: mary\_ef@mail.ru.

*Журавлева Елена Александровна*

Студентка гр. 5503 СПбГЭТУ.

E-mail: alenka\_290288@mail.ru

*Малахов Кирилл Александрович*

ООО «Авансофт», инженер-программист. Магистр техники и технологии по направлению «Телекоммуникации».

Тел.: +7(911) 944-62-61. E-mail: malakhov.k@gmail.com

*Мишина Ольга Александровна*

Инженер Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова.

Тел.: +7(921) 659-80-39. E-mail: olga\_A\_mishina@mail.ru.

*Канарейкин Алексей Дмитриевич*

Заведующий кафедрой физики СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

E-mail: alexkan@euclidconcepts.com.

*Ковалевская Алла Станиславовна*

Доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7(921) 325-54-08. E-mail: izos@pochta.ru

*Козлова Ольга Александровна*

Аспирантка кафедры процессов управления и информационных систем СЗТУ.

E-mail: K\_Olga\_A@mail.ru.

*Комлев Андрей Евгеньевич*

Инженер кафедры физической электроники и технологии СПбГЭТУ.

Тел. +7(950) 039-25-38. E-mail: a.komlev@mail.ru.

*Кухарев Георгий Александрович*

Профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ,  
д-р техн. наук.

Тел.: +7(911) 118-24-44. E-mail: kuga41@mail.ru.

*Ткаченко Анна Николаевна*

Аспирант, инженер кафедры лазерных измерительных и навигационных систем  
СПбГЭТУ.

Тел.: +7(905) 219-09-70. E-mail: tkachenko\_nv@mail.ru.

*Лебедева Мария Сергеевна*

Студентка гр. 5503 СПбГЭТУ.

E-mail: marry\_proff@mail.ru.

*Лисс Александр Рудольфович*

Профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ,  
д-р техн. наук.

Тел.: +7 (911) 213-84-39. E-mail: alexander\_liss@mail.ru.

*Малов Алексей Викторович*

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 954-74-62. E-mail: alexeimal-2@yandex.ru

*Мамыкин Александр Иванович*

Профессор кафедры физики СПбГЭТУ, д-р физ.-мат. наук, доцент.

Тел.: (812) 233-79-87. E-mail: alexmamynkin@yandex.ru.

*Нисковский Алексей Владимирович*

Нач. отдела сетевых технологий ЦНИТ СПбГЭТУ, ст. преподаватель кафедры вычис-  
лительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 346-44-90, +7(921) 918-75-58. E-mail: AVNiskovsky@mail.eltech.ru.

*Островский Дмитрий Борисович*

Профессор кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 499-75-18. E-mail: odb111@rambler.ru.

*Пастушенко Юлия Ивановна.*

Студентка кафедры радиотехнической электроники гр. 4861 СПбГЭТУ.

E-mail: ninetome@yandex.ru.

*Попов Алексей Леонидович*

ООО «Систематика». Инженер-разработчик. Аспирант кафедры физической электроники и технологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 953-10-07. E-mail: alex0131@yandex.ru

*Романов Александр Евгеньевич*

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 319-09-37. E-mail: ellebon@gmail.com.

*Сергеев Денис Александрович*

Инженер-программист кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 977-12-06. E-mail: denis\_a\_sergeev@mail.ru.

*Смолова Ольга Владимировна*

Аспирант кафедры инженерной защиты окружающей среды СПбГЭТУ

Тел.: +7(904) 604-04-97. E-mail: odem@mail.ru.

*Сулейманкадиева Алжанат Эльдеркадиевна*

Доцент кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», кандидат экономических наук.

Тел.: +7(921) 325-24-61. E-mail: saljanat@mail.ru.

*Филатов Андрей Юрьевич*

Аспирант ЦНИТ СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 346-44-90, +7 (921) 319-74-13. Email: AYFilatov@mail.eltech.ru.

*Хомяков Марат Юрьевич*

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 211-23-56. E-mail: mukhomyakov@gmail.com.

*Шаповалов Виктор Иванович*

Профессор кафедры физической электроники и технологии, д-р техн. наук.

E-mail: visharovalov@mail.ru

*Шевцов Игорь Валерьевич*

Инженер-электрик ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (Мурманская обл., г. Мончегорск). Аспирант кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7(952) 243-62-26. E-mail: igoramus@monch.mels.ru

*Шейнман Илья Львович*

Доцент кафедры физики СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел. +7(911) 99-88-246. E-mail: isheinman@yandex.ru.

*Шишкина Марина Николаевна*

Доцент кафедры физики СПбГЭТУ, канд. пед. наук.

Тел.: +7(921) 754-54-26. E-mail: marinash06@mail.ru.

*Ялышев Ренат Амируллович*

Старший преподаватель кафедры истории культуры, государства и права СПбГЭТУ «ЛЭТИ», аспирант.

Тел.: (812) 234-67-67, 514-41-00. E-mail: renyal@mail.ru.

## Правила представления рукописей авторами

В редакционный совет журнала «Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ"» необходимо представить:

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
  - рукопись статьи;
  - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
  - рукопись статьи;
  - сведения об авторе(ах);
  - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
  - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
  - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

*Сведения об авторах должны содержать:*

1. Фамилию, имя, отчество (полностью) автора.
2. Основное место работы.
3. Должность.
4. Ученую степень, ученое звание.
5. Контактный телефон, адрес электронной почты.

Все сведения печатаются в строку (без пунктов) на русском и английском языках.

### *Правила оформления текста статьи*

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

- текстовый редактор Microsoft Word версии не ниже 97;
- формат бумаги А4;
- параметры страницы: поля – верхнее 3 см, левое и нижнее 2.5 см, правое 2 см, верхний колонтитул 2 см, нижний колонтитул 2 см;
- основной текст статьи: шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по ширине; первая строка с абзацным отступом 1 см; межстрочный интервал «Множитель 1.2».

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Arial» 12 pt, интервалы: «перед» 18 pt, «после» 6 pt; межстрочный интервал «Множитель 1.2»); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

*Перечень авторов* разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Arial» 14 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ слева 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

*Название статьи* набирается прописными буквами (шрифт «Arial» 18 pt; выравнивание по левому краю; отступ слева 0.5 см, автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него – 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

*Аннотация* содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.7 см; интервалы перед абзацем и после него 12 pt, межстрочный интервал одинарный).

*Ключевые слова* состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 0 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок* «Список литературы» (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 12 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»);

➤ *библиографическое описание источника* с порядковым номером ссылки на него по тексту, начиная с первого, выполненное по ГОСТ 7.3–2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004 / Госкомстандарт. М., 2004 (отдельным абзацем; шрифт «Times New Roman» 10 pt; первая строка с абзацным отступом 0.7 см; выравнивание по ширине; межстрочный интервал одинарный).

Библиографический список не должен превышать 10 (для обзорных заказных статей – 20) наименований: приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные и нетиражированные работы не допускаются).

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 9 pt, «символ» 18 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив.

На каждый рисунок и таблицу в тексте статьи необходимо дать ссылку. Каждый рисунок и таблица должны быть пронумерованы (напр.: Рис. 1, Табл. 3).

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом.

Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Word или другими программами в черно-белом виде. Цветные рисунки не допускаются. Рисунки не редактируются. Основные линии на рисунках (границы блоков и соединительные линии на схемах, линии графиков) имеют толщину 1.25 pt, вспомогательные (линии-выноски, оси, размерные линии) – 0.75 pt.

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 11 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и обозначения на

рисунке даются шрифтом размером 10 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок, буквенные обозначения фрагментов и номер рисунка даются курсивом.

При невозможности представить электронные версии рисунков следует представить только твердые копии, обеспечивающие качественное воспроизведение рисунков после их сканирования (графики – черной тушью на белой бумаге, фотографии – на матовой бумаге размером не менее 9 × 12 см, не более 21 × 30 см).

*Перечень основных тематических направлений журнала:*

- Радиоэлектроника и телекоммуникации.
- Физика твердого тела и электроника.
- Информатика, управление и компьютерные технологии.
- Автоматизация и управление.
- Электротехника.
- Приборостроение и информационные технологии.
- Биотехнические системы в медицине и экологии.
- Управление качеством, инновационный и антикризисный менеджмент.
- Гуманитарные науки.
- История науки, образования и техники.
- Современные технологии в образовании.

*Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.*

Технические вопросы можно выяснить по адресу: [Izvestiya-leti@yandex.ru](mailto:Izvestiya-leti@yandex.ru)