



# Содержание

## Редакционный совет:

- В. М. Кутузов*  
(председатель)  
*М. Ю. Шестопалов*  
(заместитель председателя)  
*В. А. Мейев*  
(ответственный секретарь)  
*В. Н. Мальшев*  
(«Радиоэлектроника  
и телекоммуникации»)  
*А. В. Соломонов*  
(«Физика твердого тела  
и электроника»)  
*М. С. Куприянов*  
(«Информатика, управление  
и компьютерные технологии»)  
*В. В. Путов*  
(«Автоматизация и управление»)  
*Г. И. Прокофьев*  
(«Электротехника»)  
*Ю. В. Филатов*  
(«Приборостроение  
и информационные  
технологии»)  
*В. В. Шаповалов*  
(«Биотехнические системы  
в медицине и экологии»)  
*С. А. Степанов*  
(«Управление качеством,  
инновационный  
и антикризисный менеджмент»)  
*О. Ю. Маркова*  
(«Гуманитарные науки»)  
*О. Г. Вендик*  
(«История науки,  
образования и техники»)  
*Н. В. Лысенко*  
(«Современные технологии  
в образовании»)

\*\*\*

197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»  
Тел.: (812) 234-02-23

## РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Баруздин С. А., Камерцева Я. С.* Динамический диапазон спинового процессора..... 3

## ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

- Пономарева А. А.* Исследование влияния условий синтеза на структурные особенности металлооксидных нанокompозитных пленок, полученных золь-гель-методом..... 10
- Менькович Е. А., Тарасов С. А., Ламкин И. А.* Тест-система определения параметров светодиодов и быстрой диагностики их качества..... 17
- Богачев Ю. В., Марченко Я. Ю., Наумова А. Н., Фролов В. В., Черненко Ю. С.* Исследование эффекта резонансного насыщения в модельных образцах биоструктур, содержащих суперпарамагнитные наночастицы оксида железа..... 23
- Кулдышев А. В., Тимошенков С. П., Полякевич А. В., Жамова К. К., Бессонов В. Б.* Исследование способа передачи данных по телу человека на частотах сигнала 455 кГц, 13.56 и 21 МГц..... 28

## ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Водяхо А. И., Голяк С. С., Гордеев С. А., Разумовский Г. В.* Архитектурный подход к управлению ИТ-сервисами..... 34
- Холод И. И., Школьный Р. Е.* Моделирование параллельного выполнения алгоритмов интеллектуального анализа данных..... 39
- Каршиев З. А., Голубев И. А., Прохоренко К. А.* Оценка ускорения и эффективности параллельного выполнения алгоритмов интеллектуального анализа данных..... 46
- Кудрявцев А. С., Куприянов М. С., Шмидт В. К.* Построение системы отображения и наблюдения пространственных сцен для тренажеров подводных аппаратов..... 52
- Анисимов Д. А.* Методы построения систем автоматизации схемотехнического проектирования на основе веб-сервисов..... 56

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

- Поляхов Н. Д., Михалев С. В.* Повышение устойчивости синхронных двигателей при кратковременной потере питания..... 62

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Ваганов М. А., Горюшкин И. А.* Электромагнитный момент вентильного индукторного двигателя..... 69

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Дорошков А. В.* Влияние отраженных волн на точность фазового измерителя скорости ультразвука..... 77
- Ермолаев В. И., Селезнев И. А., Буй Чьонг Занг.* Анализ гидролого-акустических характеристик и расчет звукового поля в Северном регионе Восточного моря Вьетнама..... 83
- Алексеев В. В., Коновалова В. С., Минина А. А.* Разработка системы предотвращения чрезвычайных ситуаций на железной дороге на базе геоинформационных технологий..... 92

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ  
И ЭКОЛОГИИ**

*Василевский А. М., Коноплев Г. А., Лопатенко О. С., Комашина А.В., Вишневецкий К. А., Земченков А. Ю., Фролов А.* Исследование биспектрального метода мониторинга мочевой кислоты в процессе гемодиализной процедуры..... 97

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ**

*Строгецкая Е. В.* Университеты в развитии регионов..... 105

*Антипов Б. Л., Лысенко Н. В., Семенов Н. Н.* Методы повышения эффективности подготовки специалистов для оборонно-промышленного комплекса..... 110

*Вишнякова Е. А., Исаев Ю. Н., Маслова Т. Д.* Совершенствование организации и управления целевым приемом в техническом вузе ..... 117

*Сенкевич С. Г., Дмитриев Г. И.* К вопросу оценки кадрового потенциала вузов и научных организации ..... 121

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ  
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

*Давыденко Е. В.* Зарубежный опыт по формированию национальных инновационных систем: уроки для России ..... 127

**ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

*Картошкина С. В.* Корпоративизм как идеология организации..... 134

**ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ**

*Партала М. А.* Петр Готфридович Ганзен – преподаватель электротехнического института, один из пионеров подготовки телеграфных специалистов в России..... 141

*Сведения об авторах*..... 147

*Правила представления рукописей авторами* ..... 152

**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)*

**Учредитель:**

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

**Свидетельство о регистрации**

ПИ № ФС2-8390  
от 04.12.2006 г. выдано  
Управлением Федеральной службы по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия по Северо-Западному федеральному округу

\*\*\*

**Редакторы:**

*Э. К. Долгатов, Н. В. Лукина, Т. А. Лунаева, И. Г. Скачек*  
Комп. верстка:  
*А. С. Судовцова*

Подписано в печать 12.12.12.  
Формат 60 × 84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Гарнитура «Times New Roman».  
Печ. л. 19,25.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–120 экз.)  
Заказ 141.

**Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**

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



УДК 539.143.4

С. А. Баруздин, Я. С. Камерцева

## ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН СПИНОВОГО ПРОЦЕССОРА

*Рассматривается динамический диапазон спинового процессора на основе тонких магнитных пленок кобальта в режимах возбуждения спинового эха короткими дельтаобразными импульсами, в режимах задержки и корреляционной обработки для случая простых и сложных радиосигналов.*

**Спиновое эхо, спиновый процессор, динамический диапазон, задержка радиосигналов, корреляционная обработка**

Динамический диапазон спинового процессора  $D$  является одной из основных его характеристик. Он ограничен сверху максимальной мощностью эхосигнала  $P_e$ , а снизу – мощностью шумов усилителя эхосигналов  $P_{ш}$ , пересчитанной к его входу, дБ:

$$D = 10 \lg P_e / P_{ш} .$$

Исследованию динамического диапазона спиновых процессоров посвящены работы [1]–[3]. Проще всего определить динамический диапазон для двух- или трехимпульсного режима возбуждения дельтаобразными импульсами для случая парамагнитной модели рабочего вещества. Так для двухимпульсного режима возбуждения  $90^\circ$ - и  $180^\circ$ -ми импульсами получают максимально возможную амплитуду двухимпульсного эха. Ее нормированная к значению равновесной намагниченности амплитуда равна 1, но достигается это значение только при стремлении длительности импульсов возбуждения к 0. Зависимость максимальной амплитуды двух- и трехимпульсного эха от длительности импульсов возбуждения исследована в работе [4]. В трехимпульсном режиме возбуждения  $90^\circ$ -ми импульсами максимальная амплитуда эха будет в 2 раза меньше. При этом мощность стимулированного эха  $P_S$  будет в 4 раза меньше мощности первичного эха  $P_e$ . Максимальный уровень эха определяет верхнюю границу динамического диапазона, нижняя граница определяется уровнем собственных шумов усилителя эхосигналов с подключенной к его входу резонансной системой с рабочим веществом. При возбуждении спинового эха

сложными сигналами верхняя граница динамического диапазона, определяемая максимальным уровнем эхосигнала, может измениться. Прежде всего эта граница зависит от алгоритма работы процессора.

В рассмотренных работах при анализе динамического диапазона процессора не учитывались особенности ЯМР в магнитоупорядоченных средах.

В работах [2], [3] рассмотрены особенности определения энергетических характеристик спиновых процессоров на основе магнитоупорядоченных сред, в том числе и верхняя граница динамического диапазона. При этом максимальная мощность эха наряду с центральной частотой  $\omega_0$ , добротностью неоднородно уширенной линии поглощения  $Q$ , объемом рабочего вещества  $V$  и намагниченностью  $M_0$  для парамагнитной модели зависят еще от внутреннего коэффициента усиления  $\eta$ , а также от параметров, имеющих смысл коэффициента заполнения резонансной системы с учетом неоднородности возбуждающего магнитного поля, а также от коэффициента, определяемого отношением объема излучающей части ко всему объему рабочего вещества. В предложенной модели поперечная компонента ядерной намагниченности, формирующая эхо, считается заданной и зависит от алгоритма работы процессора. Однако ее определение для сложных шумоподобных сигналов остается за рамками этих работ. Кроме того, акцент сделан на неоднородности возбуждающего магнитного поля, в то время как внутренний коэффициент усиления считается однородным.

Таким образом, проблема определения верхней границы динамического диапазона процессора при использовании шумоподобных сигналов является сложной актуальной задачей, требующей более точного решения.

Объектом моделирования в описываемом случае являются тонкие поликристаллические ферромагнитные пленки кобальта с резонансом ядер  $^{59}\text{Co}$ . Эти пленки имеют центральную частоту линии поглощения 217 МГц, а ее ширина составляет  $\Delta f = 10$  МГц. Неоднородно уширенная линия  $g(\Omega)$  поглощения моделируется гауссовской функцией,  $\sigma_g = 4 \cdot 10^7$  рад/с – среднеквадратическое отклонение.

Динамический диапазон спинового процессора при прочих равных условиях определяется алгоритмом его работы. Максимальный динамический диапазон кобальтовых процессоров в режиме возбуждения спинового эха дельтаобразными импульсами достигает до 90...100 дБ в двухимпульсном режиме. В частности, максимальное значение первичного эха ( $A_{\text{эхо max}}$ ) при длительности импульсов 0.1 мкс, достигнутое экспериментально, составляет 0.5 В. Уровень собственных шумов спинового процессора на основе тонких многослойных поликристаллических магнитных пленок кобальта  $\sigma_{\text{ш}} = 6$  мкВ. При этом динамический диапазон

$$D = 20 \lg \frac{A_{\text{эхо max}}}{\sigma_{\text{ш}}} = 20 \lg \frac{0.5}{6 \cdot 10^{-6}} \approx 98.4 \text{ дБ.}$$

Ему соответствует нормированное значение двухимпульсного эха 0.43 [4], [5]. Для получения такого динамического диапазона использовалось пакетирование пленок, количество которых составляло 80 штук.

При уменьшении длительности импульса можно увеличить динамический диапазон за счет расширения спектра импульсов возбуждения и более полного возбуждения всей линии поглощения. Возьмем значение, при котором амплитуда эха равна 0.9. Этому значению соответствует длительность импульсов  $\tau = 4 \cdot 10^{-8}$  с. При этом динамический диапазон увеличится на 6.4 дБ:

$$D' = D - 20 \lg \frac{A_{\text{эхо max}}}{A'_{\text{эхо max}}} = 98.4 - 20 \lg \frac{0.43}{0.9} \approx 104.8 \text{ дБ.}$$

Рассмотрим далее алгоритм зеркальной задержки прямоугольного радиоимпульса (простой сигнал) длительностью  $\tau_1 = 10$  мкс по трехимпульсной методике. Управляющие дельтаобразные импульсы здесь и в дальнейшем имеют длительность  $\tau = 4 \cdot 10^{-8}$  с. При малых уровнях импульсов возбуждения наблюдается линейный режим, при котором практически все спектральные компоненты запоминаются без нелинейных искажений и отклик процессора соответствует задержанному с инверсией во времени радиоимпульсу. Однако амплитуда такого отклика мала. Для увеличения амплитуды эхосигнала необходимо увеличить амплитуду информационного сигнала, но при этом параметры импульса выходят за границы линейного участка динамического диапазона, что приводит к провалу вершины импульса и появлению колебаний вне интервала действия входного радиоимпульса.

На основании проведенных исследований определена амплитуда импульса, соответствующая граничному режиму. Пусть допустимый провал вершины импульса составляет 80 % от максимума. При этом  $\alpha = 0.34 \pi$ , где  $\alpha$  – произведение амплитуды импульса  $R$  на его длительность  $\tau$ . На рис. 1 представлены модуль спектральной плотности комплексной огибающей трехимпульсного эха (а) в режиме зеркальной задержки прямоугольного импульса  $S_s \Omega$  и его комплексная огибающая  $\tilde{M}_s t$  (б). Начальные фазы импульсов возбуждения приняты такими, что комплексная огибающая эха здесь и во всех последующих режимах является действительной, но знакопеременной функцией.

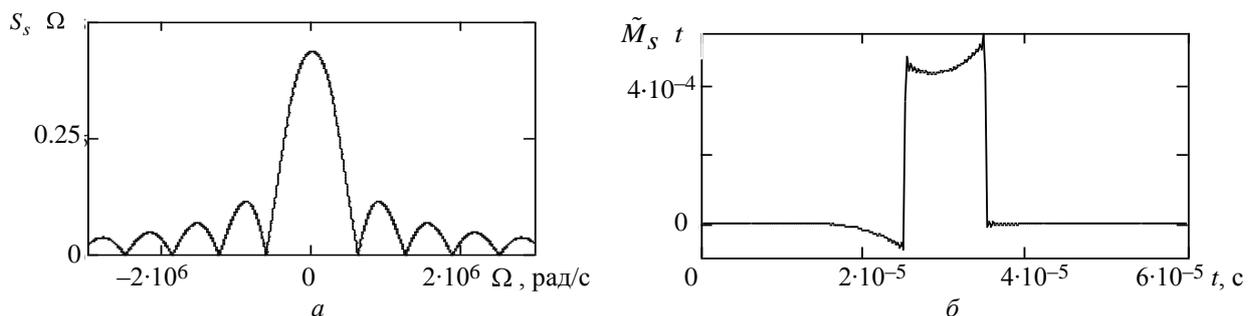


Рис. 1

Из рисунка видно, что максимальная амплитуда эха в этом режиме существенно меньше, чем в режиме возбуждения дельтаобразными импульсами, и ее нормированное значение равно  $5.5 \cdot 10^{-4}$ . При этом динамический диапазон кобальтового процессора

$$D' = D - 20 \lg \frac{A_{\text{эхо max}}}{A'_{\text{эхо max}}} = 98.4 - 20 \lg \frac{0.43}{5.5 \cdot 10^{-4}} \approx 40.5 \text{ дБ},$$

где  $D$  – динамический диапазон и  $A_{\text{эхо max}}$  – максимальная амплитуда эха при возбуждении первичного эха дельтаобразными импульсами;  $A'_{\text{эхо max}}$  – максимальная амплитуда эха в данном режиме.

Рассмотрим далее алгоритм корреляционной обработки сигналов, что позволяет создать управляемые согласованные фильтры для сигналов произвольного вида, в том числе с изменяющейся структурой. Здесь первый и третий импульсы являются информационными, а второй импульс – дельтаобразный управляющий.

Проанализируем данный алгоритм для случая, когда амплитуды импульсов равны ( $R_1 = R_3$ ), а их длительности  $\tau_1 = \tau_3 = 10$  мкс. Определим, при каком значении  $\alpha$  амплитуда стимулированного эха примет максимальное значение, такое, что сохраняется вид автокорреляционной функции (треугольник).

При малых значениях амплитуд процессор работает в линейном режиме и корреляционная функция имеет форму треугольника.

При поиске граничного значения амплитуды радиоимпульсов выбрано значение  $\alpha = 0.34 \pi$  (как в рассмотренном ранее режиме задержки). Искажения в этом случае незначительно изменяют треугольный импульс. Такой режим является граничным. На рис. 2 представлены модуль спектральной плотности комплексной огибающей трехимпульсного эха ( $a$ ) в режиме корреляционной обработки прямоугольного импульса и его комплексная огибающая ( $b$ ).

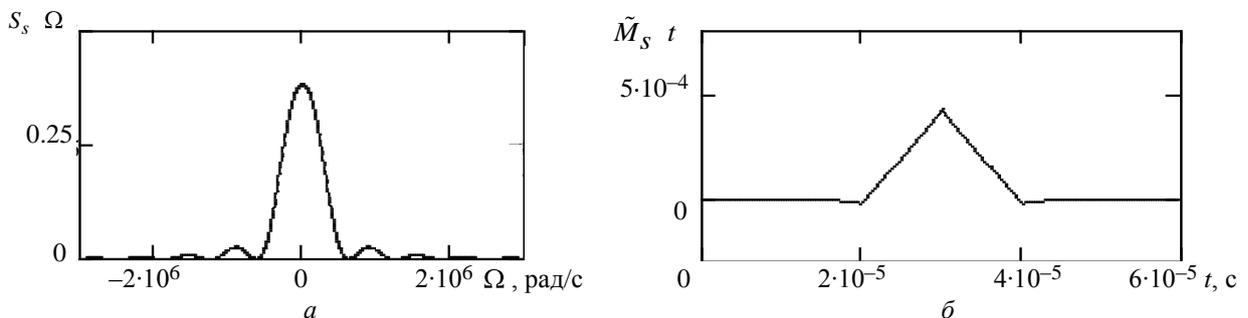


Рис. 2

Динамический диапазон кобальтового процессора в данном режиме:

$$D' = D - 20 \lg \frac{A_{\text{эхо max}}}{A'_{\text{эхо max}}} = 98.4 - 20 \lg \frac{0.43}{4.26 \cdot 10^{-4}} \approx 38.3 \text{ дБ}.$$

Это меньше, чем в режиме задержки, так как третий мощный дельтаобразный импульс заменен на слабый информационный.

Рассмотрим работу спинового процессора на основе тонких магнитных пленок кобальта при обработке сложных сигналов, фазоманипулированных  $M$ -последовательностями.

При моделировании возбуждения стимулированного эха будем использовать 2 вида импульсов: фазоманипулированные 127-элементной  $M$ -последовательностью радиоимпульсы и короткие управляющие дельтаобразные импульсы.

Исследования проводятся при условии, что длительности сигналов возбуждения удовлетворяют условию  $\tau \ll T_1, T_2$ , ширина спектра информационных сигналов не превосходит ширины линии поглощения рабочего вещества спинового процессора:  $\Delta F \leq \Delta F_L$ . К тому же выполняются условия  $t_2 \ll T_1, T_2$ , поэтому можно не учитывать процессы релаксации. Длительность информационного фазоманипулированного импульса принимаем равной 12.7 мкс, что соответствует 127 элементарным импульсам по 0.1 мкс.

Для получения максимальной амплитуды стимулированного эха будем использовать 90°-е дельтаобразные импульсы, для которых  $\alpha = \pi/2$ .

Рассмотрим трехимпульсный алгоритм зеркальной задержки фазоманипулированного сигнала. Здесь первый импульс является информационным, а второй и третий импульсы – дельтаобразными управляющими.

При выбранных параметрах фаз дельтаобразных импульсов комплексная огибающая стимулированного эха является действительной знакопеременной функцией. Изменение знака свидетельствует о фазовой манипуляции стимулированного эха.

Определим граничный режим, при котором можно различить элементарные импульсы фазоманипулированного эха. Такой режим достигается при  $\alpha = 0.1$  (рис. 3). При этом амплитуда эха достигает значения, равного  $4.5 \cdot 10^{-3}$ .

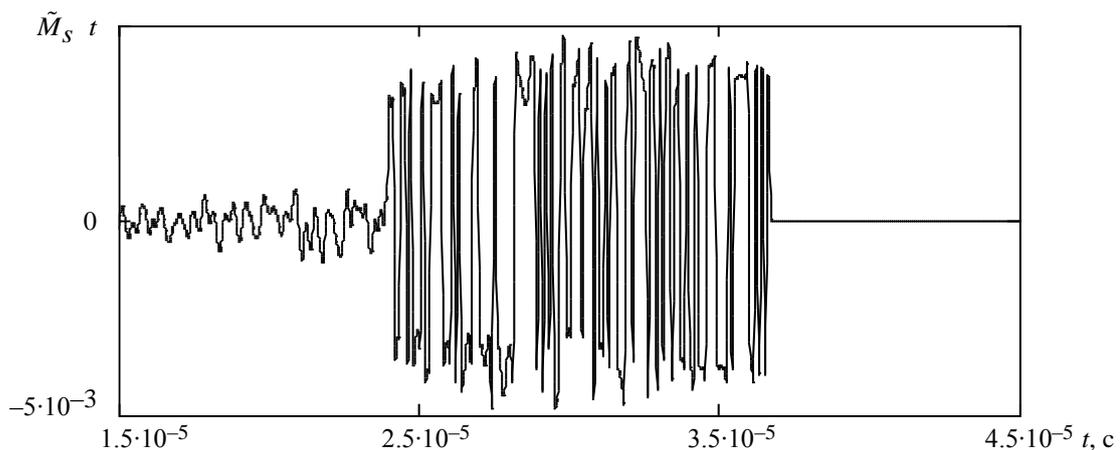


Рис. 3

Динамический диапазон для этого случая:

$$D' = D - 20 \lg \frac{A_{\text{эхо max}}}{A'_{\text{эхо max}}} = 98.4 - 20 \lg \frac{0.43}{4.5 \cdot 10^{-3}} \approx 58.8 \text{ дБ.}$$

Полученный результат показывает, что динамический диапазон при возбуждении сложными сигналами значительно выше, чем при возбуждении простыми сигналами. Это происходит из-за того, что спектр фазоманипулированного сигнала шире, чем спектр простого прямоугольного сигнала такой же длительности. Следовательно, возбуждается большая часть неоднородно уширенной линии. Кроме того, спектральная плотность сложного сигнала при одинаковых с простым сигналом амплитудах и длительностях имеет меньшую интенсивность, так что эффект насыщения у сложного сигнала наступает при больших амплитудах, чем у простого.

Рассмотрим режим корреляционной обработки сигналов, позволяющий создать управляемые согласованные фильтры для сигналов произвольного вида, в том числе с изменяющейся структурой. При этом первый и третий импульсы являются информационными сложными сигналами, а второй импульс – дельтаобразный управляющий.

Проанализируем данный алгоритм для случая, когда амплитуды и длительности импульсов равны:  $R_1 = R_3, \tau_{M_1} = \tau_{M_3} = 12,7$  мкс. Тогда эхосигнал имеет вид автокорреляционной функции.

При поиске оптимального значения амплитуды фазоманипулированного сигнала использовались результаты, полученные ранее для режима задержки фазоманипулированного сигнала. Поэтому граничный режим достигается при  $\alpha = 0.1$  (рис. 4). При этом амплитуда эха составляет 0.0314.

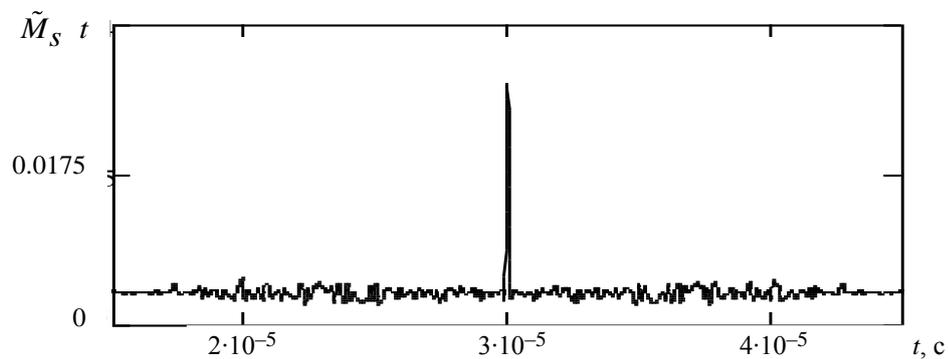


Рис. 4

Таким образом, отклик является симметричным, его суммарная длительность равна 25.4 мкс, а длительность корреляционного пика равна 0.1 мкс, что соответствует длительности элементарного импульса  $\tau$ . Максимум корреляционного пика формируется в момент времени  $t_2 + t_3$ .

Рассчитаем динамический диапазон для этого случая:

$$D' = D - 20 \lg \frac{A_{\text{эхо max}}}{A'_{\text{эхо max}}} = 98.4 - 20 \lg \frac{0.43}{0.0314} \approx 75.6 \text{ дБ.}$$

Динамический диапазон в режиме корреляционной обработки сложного сигнала больше, чем в режиме задержки, за счет эффекта сжатия сигнала во времени в согласованном фильтре.

На основе моделирования работы спинового процессора для простых и сложных сигналов проведен анализ их спектральных, временных и корреляционных характеристик. Сравнение максимальной амплитуды эха в этих алгоритмах с максимальной амплитудой стимулированного эха при возбуждении дельтаобразными импульсами показало, что в обоих случаях амплитуда оказалась значительно меньше, чем амплитуда стимулированного эха при возбуждении дельтаобразными импульсами. Однако при воздействии сложного фазоманипулированного сигнала амплитуда эха на один порядок (в режиме управляемой задержки) или два (в режиме корреляционной обработки) больше, чем при обработке простого радиоимпульса.

В ходе исследования было показано, что динамический диапазон зависит от многих параметров. Можно заметить влияние параметров и вида импульсов возбуждения на значение динамического диапазона. Так, при действии дельтаобразных сигналов, имеющих широкий спектр, возбуждается большая часть неоднородно уширенной линии, и динамический диапазон достигает при этом максимального значения. При возбуждении простым сигналом, спектр которого узок, не вся линия возбуждается, что приводит к сужению динамического диапазона. Использование же сложных сигналов способствует его увеличению, так как спектр такого сигнала шире и эффект насыщения возникает при больших амплитудах сигнала.

Все рассмотренные в данной статье алгоритмы могут быть реализованы в одном устройстве, что свидетельствует о многофункциональности спиновых процессоров.

Промоделированные алгоритмы работы спинового процессора применимы также и для работы фотонного процессора, который обладает всеми преимуществами оптического диапазона, а именно сверхбыстродействием и многоканальностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

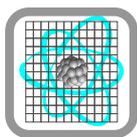
1. Репников С. П. Динамический диапазон эхо-процессора при обработке сигналов с большой базой // Изв. ЛЭТИ. 1983. Вып. 333. С. 87–89.
2. Иванов А. В., Голощапов С. И., Паугурт А. П. Излучение ядерной спиновой системы в упорядоченных магнетиках // ЖТФ. 1983. Т. 53, № 11. С. 2171–2177.
3. Голощапов С. И., Паугурт А. П. Амплитудные характеристики спиновых устройств на основе ЯМР // ЖТФ. 1985. Т. 55, № 12. С. 2361–2367.
4. Баруздин С. А. Влияние параметров импульсов возбуждения на амплитуду спинового эха // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. Вып. 3. С. 3–8.
5. Баруздин С. А. Нелинейное эхо и обработка сигналов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.

*S. A. Baruzdin, Ya. S. Kamertseva*

#### *DYNAMIC RANGE OF THE SPIN PROCESSOR*

*The dynamic range of the spin processor is considered on the basis of thin magnetic cobalt films in modes of excitation of a spin echo by short pulses, in modes of a delay and correlation processing for a case of simple and complex radiosignals.*

**Spin echo, spin processor, dynamic range, delay of radiosignals, correlation processing**



УДК 621.382

А. А. Пономарева

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛООКСИДНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ-МЕТОДОМ

*Экспериментально получены золь-гель-наноконпозитные пленки (использовались золи на основе различных растворителей – этанола, изопропанола и бутанола), и исследованы их газочувствительные свойства. Топология пленок была исследована с помощью атомно-силового микроскопа. По АСМ-изображениям построено распределение спектральной мощности. Спектры мощности были аппроксимированы с использованием К-корреляционного приближения (АВС-модель).*

**Наноконпозитные пленки  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ , золь-гель-технология, газочувствительные свойства, атомно-силовая микроскопия, фрактальный анализ**

Золь-гель-технология является одним из перспективных методов получения наноконпозитных материалов [1]–[5]. Это связано с тем, что данная технология позволяет легко изменять химический состав, а также управлять свойствами получаемых объектов непосредственно в процессе изготовления.

В последние десятилетия большой интерес вызывает получение новых функциональных материалов с использованием золь-гель-процессов [1]. Продукты золь-гель-технологии новой генерации – как правило, наноконпозиты, обладающие более широким сочетанием уникальных свойств.

Процесс формирования наноконпозитов протекает с образованием, эволюцией и исчезновением фрактальных агрегатов в гетерофазной системе при взаимодействии отдельных структурообразующих фаз между собой и с растворителем [1], [3], [6]. Это позволяет проводить дизайн структуры, начиная с молекулярного уровня, а также использовать надмолекулярные взаимодействия внутри одной фазы для создания иерархических пористых структур [2].

Нанокomпозиты на основе диоксида олова, включающие в себя диоксид кремния в разных концентрациях, являются перспективным материалом для создания с помощью золь-гель-технологии пленочных покрытий с иерархической структурой пор [6], которые могут служить газовыми сенсорами с высокой каталитической активностью [4].

Топография поверхности играет определяющую роль для прогнозирования газочувствительных свойств анализируемых объектов. Чтобы дать численное описание топографии поверхности, обычно используют такое понятие, как шероховатость поверхности. Если данную характеристику рассматривать только как функцию высоты рельефа, то при этом теряется информация о поперечной составляющей шероховатости. Модели фрактального анализа позволяют более детально описать многие природные объекты, геометрические параметры которых сложны для анализа, например: линия побережья, горы, деревья и т. д.

Фрактал – это сложная геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, т. е. каждый фрагмент этой фигуры повторяется при уменьшении масштаба. Используя возможности фрактального анализа снимков, полученных с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ), удастся получить результаты, позволяющие количественно анализировать и классифицировать объекты, что может внести заметный вклад в получение новых знаний о таких системах. С другой стороны, такой анализ также является эффективным и удобным, так как атомно-силовая микроскопия уже предоставляет оцифрованные изображения, которые легко могут быть численно обработаны для получения значения фрактальной размерности. Разработаны несколько методов для определения фрактальной размерности: метод подсчета кубов, метод триангуляции, вариационный метод, метод спектра мощности и т. д.

Методами фрактального анализа в работе [7] было установлено, что фрактальная размерность нанокomпозитов системы  $\text{SiO}_2\text{--SnO}_2$  существенно зависит от термических условий синтеза. Обнаружено, что двухстадийный отжиг (первая стадия – 400 °С, а вторая – 600 °С или выше) позволяет получать золь-гель-структуры с более развитой поверхностью.

Также авторами работ [4], [5] было показано, что для золь-гель-синтеза с растворителем *n*-бутанол оптимальные структуры нанокomпозитных пленок системы  $\text{SiO}_2\text{--SnO}_2$  образуются для составов с молярной долей диоксида кремния 10...20 %. При этом время реакции образцов на пары этанола при температуре 200 °С составляет 78...130 с и время восстановления – 220...280 с, на водород 18...23 и 140...190 с соответственно. Газочувствительность золь-гель-образцов для водорода при этой температуре составляет 0.75...0.85 при концентрации 4500 ppm и для паров этанола 0.47...0.71 при концентрации 1000 ppm. Эти значения находятся на уровне лучших нелегированных образцов в мире. Высокие значения газочувствительности при 200 °С открывают возможность создания газочувствительных сенсоров широкого применения путем золь-гель-синтеза и кратковременного отжига на полимерных подложках. Экспериментально показано, что такие нанокomпозитные золь-гель-структуры системы  $\text{SiO}_2\text{--SnO}_2$  обладают долговременной стабильностью детектирования [5]. В работе [3] показано, что структурными особенностями нанокomпозитных пористых слоев можно эффективно управлять путем выбора растворителей, в связи с тем, что структурные и реологические отличия растворителей приводят к различиям в кинетике процессов золеобразования. При этом возможно изменять значения основного энергетического зазора.

В работе были получены пленочные покрытия состава 35 % SiO<sub>2</sub> – 65 % SnO<sub>2</sub> (молярные проценты) на стеклянных подложках и состава 20 % SiO<sub>2</sub> – 80 % SnO<sub>2</sub> (молярные проценты) на кремниевых подложках с использованием различных спиртов в качестве растворителя (этиловый, изопропиловый, бутиловый). Остальные технологические параметры и режимы для всех образцов были одинаковыми. Двухлористый диоксид олова добавлялся к растворителю и интенсивно взбалтывался до полного растворения. После этого следовало добавление тетраэтоксисилана и выдерживание золя в течение 24 ч. После чего золи наносились на подложки методом центрифугирования со скоростью 3000 об/мин в течение 30 с. Этап сушки занимал всего 5...10 мин при комнатной температуре. Затем производился отжиг в течение 30 мин при температуре 600 °С.

Различия между спиртами, выбранными в качестве растворителей, видны из табл. 1, в которой даны некоторые основные химические и физические характеристики. Отличия свойств растворителей играют существенную роль при синтезировании материала, сказываются на стадии золеобразования и приводят к различиям в структуре пленок [3].

Таблица 1

Название спирта	Химическая формула	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	Молярная масса, г/моль
Этиловый (этанол)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	789.3	46.07
Изопропиловый (2-пропанол, изопропанол)	CH <sub>3</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub>	785.1	60.9
Бутиловый (н-бутанол)	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH	809.8	74.12

Газочувствительные свойства образцов на стеклянных подложках диагностировались с использованием паров ацетона концентрацией 1000 ppm в качестве газа-реагента.

Образцы на кремниевых подложках были исследованы с помощью АСМ «NTEGRA Thermo» (NT-MDT, Зеленоград, Россия) в полуконтактном режиме. После чего изображения обрабатывались в программе Gwyddion 2.21, которая позволяет произвести быструю математическую обработку и построить распределение спектральной мощности, тем самым упрощая фрактальный анализ АСМ-снимков (метод спектра мощности). Спектры мощности были аппроксимированы с использованием *K*-корреляционного приближения (*ABC*-модель).

**Газочувствительность.** Полученные в ходе исследования газочувствительных свойств образцов результаты представлены на рис. 1. Благодаря представленным данным были рассчитаны основные газочувствительные характеристики, которые сведены в табл. 2.

Таблица 2

Используемый растворитель	Проводимость пленки на воздухе ( $G_{\text{возд}}$ ), См	Проводимость пленки в присутствии газа ( $G_{\text{газ}}$ ), См	Газочувствительность *		Время спада (реакции) ( $\tau_{\text{сп}}$ ), с	Время восстановления ( $\tau_{\text{вос}}$ ), с
			$S = \Delta G/G_{\text{возд}}$	$S' = \Delta R/R_{\text{возд}}$		
Этанол	$7.14 \cdot 10^{-6}$	$3.17 \cdot 10^{-5}$	3.43	0.774479	80	200
Изопропанол	$1.07 \cdot 10^{-5}$	$3.61 \cdot 10^{-5}$	2.36	0.702548	100	470
н-бутанол	$8.33 \cdot 10^{-6}$	$2.86 \cdot 10^{-5}$	2.43	0.708375	50	320

\*Газочувствительность может быть рассчитана несколькими способами, единого общепризнанного метода расчета пока нет. Это остается вопросом удобства восприятия, поэтому в таблице приведены два значения газочувствительности.

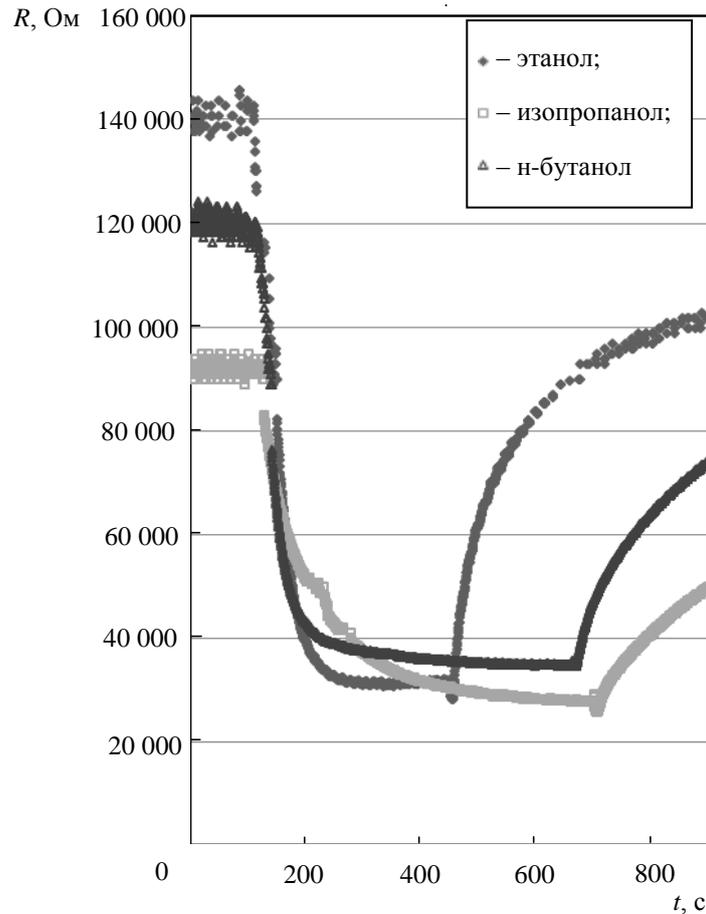


Рис. 1

Расчет параметров производился с использованием следующих формул:

$$S = \frac{G_{\text{газ}} - G_{\text{возд}}}{G_{\text{возд}}} = \frac{R_{\text{возд}} - R_{\text{газ}}}{R_{\text{газ}}};$$

$$R(t) = R_{\text{газ}} + \Delta R \exp(-t/\tau_{\text{сп}});$$

$$R_{\text{вос}}(t) = R_{\text{возд}} - \Delta R \exp(-t/\tau_{\text{вос}}),$$

где  $G_{\text{возд}}$  – проводимость пленки на воздухе,  $G_{\text{газ}}$  – проводимость пленки при подаче в рабочую камеру восстанавливающего газа,  $\Delta R = R_{\text{возд}} - R_{\text{газ}}$ ;  $R_{\text{газ}}$ ,  $R_{\text{возд}}$  – сопротивление при подаче (минимальное значение) и до подачи газа;  $\tau_{\text{сп}}$  и  $\tau_{\text{вос}}$  – характеристические времена спада и восстановления соответственно.

Из представленных данных видно, что наивысшее значение газочувствительности зарегистрировано у образца, сформированного при использовании этанола в качестве растворителя. Однако реакционная способность детектирования выше у образца, синтезированного на основе н-бутанола.

**Исследование микрорельефа.** Атомный силовой микроскоп может использоваться для определения микрорельефа поверхности любых веществ, как проводящих, так и непроводящих, с его помощью можно наблюдать всевозможные несовершенства структуры, локализованные на изучаемых поверхностях [8]–[9].

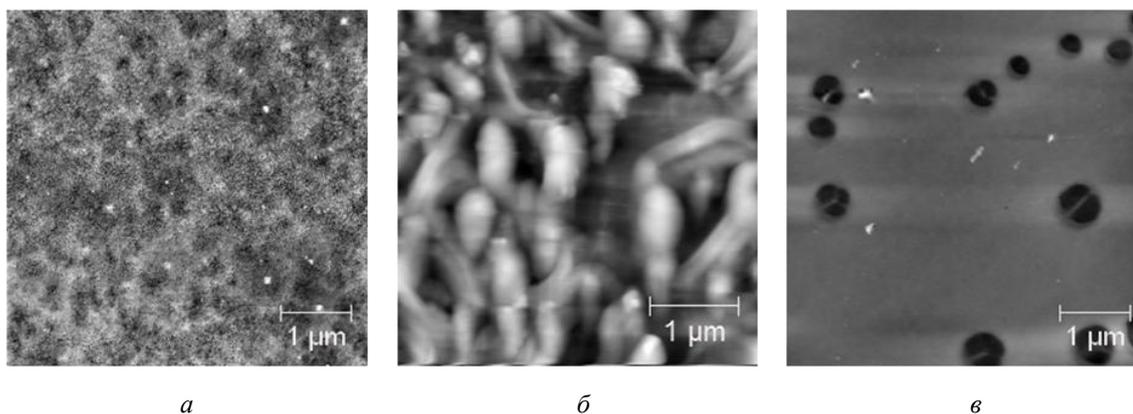


Рис. 2

На рис. 2 представлены АСМ-снимки образцов, сформированных с использованием этилового (а), изопропилового (б) и бутилового (в) спиртов в качестве растворителя.

С помощью АСМ-изображений выявлено, что размеры пор при использовании этилового спирта в качестве растворителя составляют 100...200 нм и меньше, а при использовании бутилового спирта – менее 1 мкм. Слой, полученный при использовании изопропанола, обладает сложной структурой и также макропорами.

Поверхности, полученные в процессе осаждения пленок или травления, являются самоаффинными. Их функция спектральной плотности в рамках так называемого К-корреляционного приближения (ABC-модель) описывается тремя параметрами:

$$PSD = \frac{A}{1 + B^2 k^{2(C+1)/2}},$$

из которых непосредственно определяются поверхностная шероховатость

$$\sigma = \left( \frac{2\pi A}{B^2(C-1)} \right)^{1/2}$$

и корреляционная длина

$$\xi = \left( \frac{(C-1)^2 B^2}{2\pi^2 C} \right)^{1/2}.$$

Распределения спектральной мощности (PSD-спектры), рассчитанные по АСМ-изображениям образцов, представлены на рис. 3. С использованием данных PSD-спектров были вычислены основные коэффициенты ABC-модели и зависимые от них характеристики, описанные ранее. Также по АСМ-снимкам были оценены средний размер зерен (Ra) и значение среднего квадратичного отклонения (Rms). Результаты сведены в табл. 3. Статистическая оценка размеров зерен выявила, что более крупные зерна образуются в пленке, которая была синтезирована с участием изопропанола. Это может являться объяснением непримечательных газочувствительных свойств на фоне остальных образцов (см. табл. 2).

На рис. 3 точками представлены  $PSD$ -спектры образцов в зависимости от волновых чисел  $k$ , вычисленные по профилям высоты соответствующих АСМ-изображений (рис. 2) с применением преобразования Фурье, а штриховыми линиями обозначены аппроксимирующие кривые, рассчитанные в соответствии с  $ABC$ -моделью.

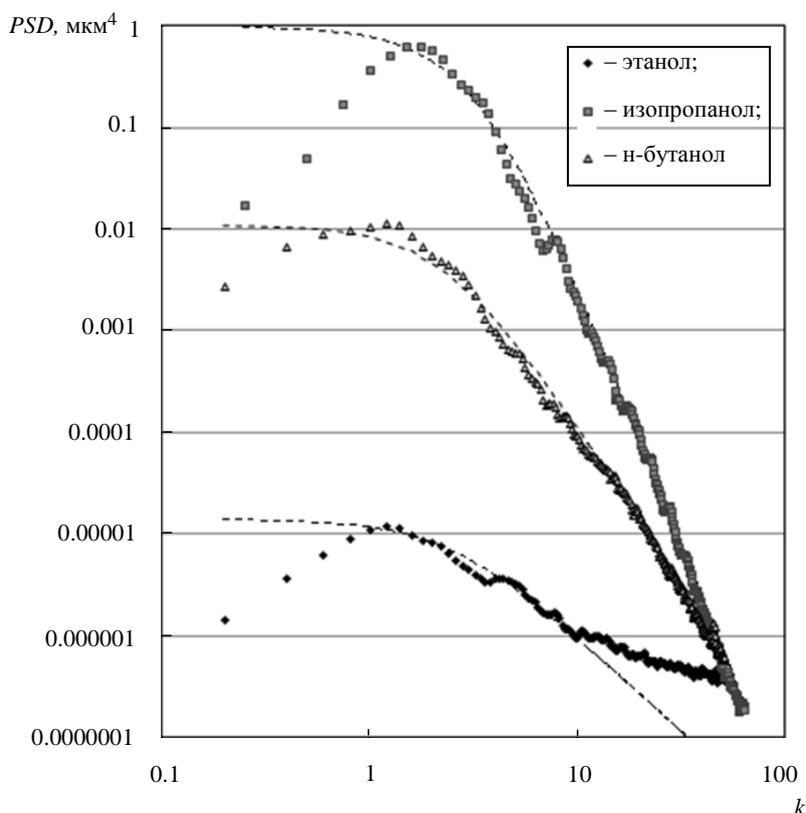


Рис. 3

Таблица 3

Используемый растворитель	Ra, нм	Rms, нм	Результаты $K$ -корреляционного приближения ( $ABC$ -модель)					
			$A$ , мкм <sup>4</sup>	$B$ , мкм	$C$	$D_f$	$\sigma$ , мкм	$\xi$ , мкм
Этанол	0.386	0.488	$1.43 \cdot 10^{-5}$	0.4	0.9	(2.55)	–	–
Изопропанол	34.4	46.0	1	0.3	4.2	1.4	4.67	0.11
н-бутанол	5.8	9.8	$1.1 \cdot 10^{-2}$	0.43	2.1	2.45	0.451	0.074

Как видно из рис. 3 и табл. 3, спектр мощности для образца, приготовленного с использованием этанола в качестве растворителя, не описывается полностью с помощью  $K$ -корреляционного приближения, а также фрактальная размерность подсчитана, отойдя от модели самоаффинного поведения, поэтому значение в таблице представлено в скобках. Таким образом, наличие фрактальности для этого образца не фиксируется с размеров от 100 нм и меньше.

Было отмечено ранее, что  $PSD$ -спектры не позволяют получать надежные значения фрактальной размерности, возможно, из-за локальности исследования, поэтому имеет смысл использовать другие методы, например метод подсчета кубов или метод триангуляции. Так, для образца, полученного с помощью изопропилового спирта, фрактальная размерность которого не является корректно представленной в табл. 3, метод подсчета кубов дает значение, равное 2.2.

В заключение хотелось бы отметить, что данная работа демонстрирует влияние условий синтеза на структурные особенности металлооксидных нанокomпозитных пленок и далее зависимость газочувствительных свойств от этих особенностей. Также показана эффективность применения методов фрактального анализа с использованием данных атомно-силовой микроскопии.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственных контрактов 16.740.11.0211 от 24.09.2010, № ПЗ99 от 30.07.2009 и № П2279 от 13.11.09 (ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2009–2011 гг.), а также была поддержана в рамках программы Европейского Союза Эразмус Мундус, которая направлена на активизацию международного сотрудничества. Автор благодарит Т. В. Семенова (СПбГЭТУ «ЛЭТИ») за помощь в исследовании газочувствительных свойств образцов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы золь-гель-технологии нанокomпозитов / А. И. Максимов, В. А. Мошников, Ю. М. Таиров, О. А. Шилова. СПб.: Элмор, 2007. 254 с.
2. Preparation of the  $\text{SnO}_2/\text{SiO}_2$  xerogel with a large specific surface area / Y. S. Feng, S. M. Zhou, Y. Li, L. D. Zhang // *Materials Letters*. 2003. № 57. P. 2409–2412.
3. Использование оптических методов исследования для выявления структурных особенностей пористых нанокomпозитных пленок системы диоксид олова–диоксид кремния / А. А. Пономарева, В. А. Мошников, G. Suchanek // *Письма в ЖТФ*. 2011. Т. 37, вып. 19. С. 8–15.
4. Mesoporous sol-gel deposited  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  nanocomposite thin films / A. A. Ponomareva, V. A. Moshnikov, G. Suchanek // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2012. № 30, 012003. 5 с.
5. Metal-oxide-based nanocomposites comprising advanced gas sensing properties / A. A. Ponomareva, V. A. Moshnikov, D. Glöß et al. // *J. of Physics: Conference Series*. 2012. № 345, 012029. 6 с.
6. Hierarchical nanostructured semiconductor porous materials for gas sensors / I. E. Gracheva, V. V. Kuznezov, A. I. Maximov et al. // *J. of Non-Crystalline Solids*. 2010. № 356. P. 2020–2025.
7. Влияние температурного отжига на фрактальную размерность поверхности золь-гель-слоев  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  / А. А. Пономарева, В. А. Мошников, G. Suchanek // *Материаловедение*. 2011. № 12. С. 45–48.
8. Спивак Ю. М. Анализ фотоприемных монокристаллических и поликристаллических слоев на основе халькогенидов свинца методами атомно-силовой микроскопии: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Санкт-Петербург, 2008. 16 с.
9. Транзисторные структуры типа рНЕМТ: исследование особенностей полупроводниковой гетероструктуры методами атомно-силовой микроскопии / Э. Ю. Козловский, Ю. М. Спивак, В. А. Мошников и др. // *Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Физ.-мат. науки*. 2010. № 1(94). С. 18–28.

*A. A. Ponomareva*

#### *THE STUDY OF INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS ON STRUCTURAL FEATURES OF METAL-OXIDE NANOCOMPOSITE FILMS OBTAINED BY SOL-GEL METHOD*

*Sol-gel nanocomposite films were experimentally obtained by using based on various solvents (ethanol, isopropanol, butanol), and their gas sensitive properties were investigated. The topology of the films was investigated by atomic force microscope (AFM). Via the AFM-images the spectral power distributions were plotted. Power spectra were fitted by using the K-correlation approximation (ABC-model).*

**$\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  nanocomposite films, sol-gel technology, gas sensitive properties, atomic force microscopy, fractal analysis**

## ТЕСТ-СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОДИОДОВ И БЫСТРОЙ ДИАГНОСТИКИ ИХ КАЧЕСТВА

*Представлено описание и анализ возможностей разработанной тест-системы диагностики качества светодиодов, позволяющей с использованием созданной быстрой бесконтактной методики определять температуру активной области полупроводниковых светоизлучающих структур и измерять их рабочие характеристики, включая определение зависимостей мощности и эффективности от пропускаемого прямого тока и температуры окружающей среды.*

**Светоизлучающие диоды, светодиодное освещение, температура активной области, тепловое сопротивление**

Передовые достижения технологии выращивания наногетероструктур на основе полупроводниковых соединений А<sup>III</sup>В<sup>V</sup> дают возможность создавать светоизлучающие диоды (СД), обладающие высокой световой эффективностью и большим сроком службы. Это обуславливает широкое применение СД и изделий на их основе практически во всех областях современной науки и техники. Особое внимание в последние годы уделяется развитию технологии создания высокоэффективных белых светодиодов. Лампы и светильники, созданные на основе таких излучателей, должны в ближайшем будущем заменить традиционные источники освещения, поскольку в настоящее время они уже опережают лампы накаливания по эффективности и светоотдаче в 10–15 раз, не содержат ядовитых веществ и не требуют высоких напряжений питания.

К сожалению, применение светодиодных ламп (СДЛ) до сих пор в значительной степени ограничено, что в первую очередь обусловлено высокой ценой готовых изделий. Одной из основных причин повышения стоимости является относительно небольшая предельная мощность, которая может быть получена с одного СД. Это приводит к необходимости повышения числа излучателей в составе СДЛ и усложнения схем питания.

Ограничение мощности излучения СД обусловлено следующими причинами. Несмотря на высокую эффективность люминесценции светодиодов, их КПД в настоящий момент еще весьма далек от теоретических пределов. Эффективность излучения СД в первую очередь определяется качеством светодиодных структур, в частности, концентрацией дефектов, приводящих к безызлучательной рекомбинации, а также коэффициентом оптического вывода излучения из светодиодного кристалла, до сих пор остающимся весьма невысоким. Еще одним важным фактором, ограничивающим достижимую мощность излучения, является существенное снижение эффективности СД при повышении прямого тока.

Решение перечисленных проблем невозможно без проведения качественной диагностики излучателей на всех стадиях их производства – от создания светодиодных структур до финального тестирования готовых СДЛ. Важнейшими параметрами, подлежащими определению, являются эффективность и мощность излучения, светоотдача и яркость СД. Не менее важно исследование влияния на эти параметры технологических, температурных и

иных факторов, включающее измерение спектральных, ватт-амперных, вольт-амперных и иных характеристик СД. Представленная тест-система позволяет провести комплексное исследование всех перечисленных параметров и характеристик. Важнейшей особенностью тест-системы является возможность быстрой диагностики качества СД на основе автоматизированного анализа процессов самонагрева в активной области излучателя.

Известно [1], что безызлучательная рекомбинация приводит к увеличению температуры излучающего кристалла, что, в свою очередь, вызывает снижение эффективности и мощности излучения. Как указывалось ранее, такой тип рекомбинации во многом обусловлен наличием дефектов в структуре, т. е. качеством ее изготовления. Также на перегрев влияет тип и размер корпуса СД, особенности установки кристалла в корпус, конструкция СДЛ и качество теплоотвода в ней. Самонагрев также вызывает ускоренную деградацию прибора и снижает срок его службы. Таким образом, диагностика увеличенного самонагрева и определение температуры активной области позволяют проводить отбраковку дефектных излучателей, в том числе в условиях промышленного производства.

Существующие на сегодняшний день методы определения температуры активной области светодиодов [2]–[6] имеют ряд недостатков, в частности, обладают ограниченной точностью, требуют значительного времени для проведения измерений или использования весьма дорогостоящего оборудования. Особенно существенным фактором является то, что такие методы измерения могут требовать непосредственного контакта с тестируемым изделием и, следовательно, не позволяют исследовать СД, входящие в состав источников освещения, в том числе СДЛ, светильников, табло или экранов.

Для исследования процессов самонагрева в разработанной тест-системе используется новая методика определения температуры активной области [7], основанная на детальном анализе спектральных характеристик электролюминесценции на основе теории Ван-Русбрека–Шокли, учитывающем влияние примесей и дефектов в структуре. Методика является быстрой и бесконтактной, позволяет исследовать отдельные излучатели, включенные в состав СДЛ и иных светодиодных изделий без необходимости их выпаивания.

Упрощенная блок-схема разработанной тест-системы диагностики качества СД представлена на рис. 1. Основной частью тест-системы является термостат, внутри которого размещен держатель для исследуемого изделия. Термостат позволяет стабилизировать воздействие температуры окружающей среды на измеряемые параметры излучателя, проводить градуировку, а также исследования влияния температуры на характеристики СД в пределах 20...200 °С. В держателе могут быть установлены светодиоды, а также СДЛ, светильники или другие изделия небольшого размера. При этом тест-система дает возможность осуществлять диагностику параметров и характеристик как светодиодного источника освещения в целом, так и отдельных светодиодов, входящих в его состав, без необходимости разборки источника. Также при использовании тест-системы могут исследоваться светодиодные кристаллы, в том числе находящиеся на поверхности неразделенных пластин. Для этого предусмотрено подключение к установке зондовой станции. Точность позиционирования контактных зондов составляет не менее 10 мкм. Тест-система позволяет проводить

исследования излучателей и при пониженных температурах, для чего держатель с термостатом заменяется на криостат с гелиевым охлаждением замкнутого цикла. В этом случае диапазон изменения температуры составляет 10...500 К. Исследование параметров СД при криогенных температурах не только дает новые данные о тепловой стабильности излучателей и особенностях изменения вероятностей оптических переходов в них, но и является дополнительным методом выявления факторов, влияющих на их качество [8].

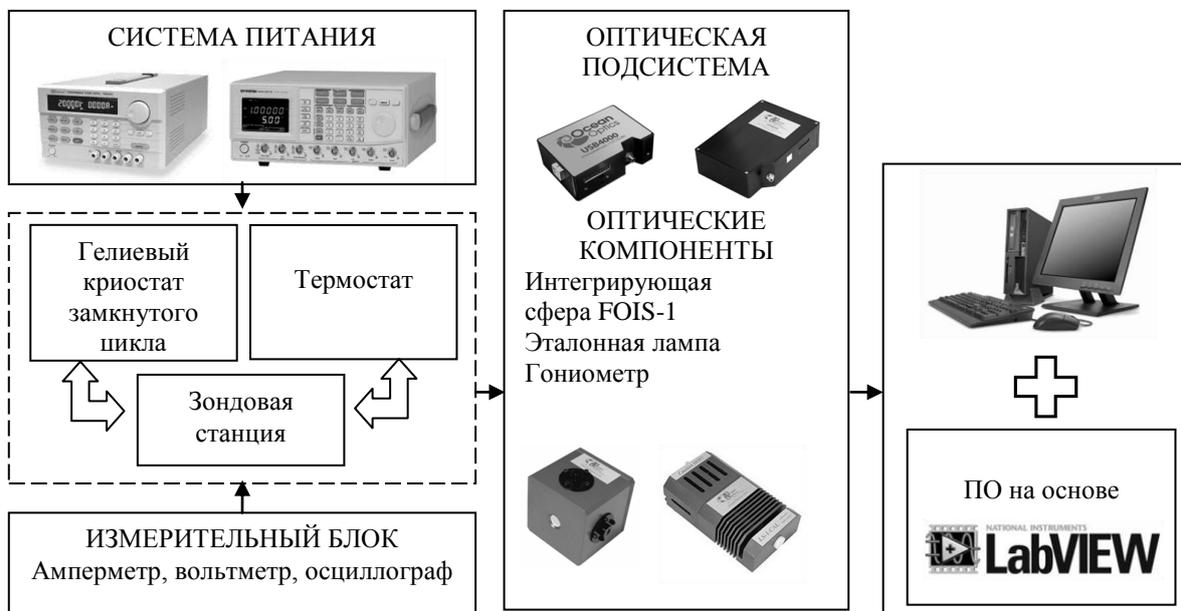


Рис. 1

Второй частью тест-системы является оптическая подсистема, позволяющая проводить быстрые измерения и анализ характеристик излучения СД и СДЛ. Основой этой подсистемы являются спектрометры быстрого сканирования производства компании «OceanOptics». Они позволяют проводить исследования в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра, общий диапазон их чувствительности составляет 200...1100 нм. Также в оптическую подсистему может быть установлена интегрирующая сфера или гониометрическая система в комплекте с соответствующими волноведущими и фокусирующими компонентами.

В установке реализована система по исследованию оптических характеристик СД и СДЛ в соответствии с международным стандартом СIE 127:2007 и ГОСТ 17616–82. Тест-система позволяет определять абсолютные значения мощности, яркости, эффективности и светоотдачи с применением как метода интегрирующей сферы, так и гониометрического метода.

Система питания, содержащая блоки питания (БП) и систему импульсного питания (ИСП), позволяет осуществлять подключение излучателей как в непрерывном, так и в импульсном режимах накачки. Регистрация электрических характеристик СД и СДЛ производится измерительным блоком, содержащим набор вольтметров, амперметров и осциллограф.

Для ускорения процесса эксперимента было разработано специализированное программное обеспечение (ПО) автоматизации диагностики СД и СДЛ. Для ее создания была выбрана среда программирования LabView. На первом этапе были выполнены подпрограммы (subvi) обработки и анализа экспериментальных данных. Затем были созданы от-

дельные subvi для каждого измерительного прибора, что позволило управлять ими через компьютер. Итогом модифицирования программного кода стало создание ПО, способного после ввода параметров эксперимента в автоматическом режиме проводить исследование важнейших характеристик СД и СДЛ, а также определять их основные параметры.

Таким образом, для реализации тест-системы не требуется излишне дорогого и уникального оборудования. В масштабах производства и исследовательской лаборатории затраты на установку такого стенда вполне приемлемы.

Рассмотрим основные возможности тест-системы определения параметров светодиодов и быстрой диагностики их качества:

1. Измерение спектральных характеристик светодиодных кристаллов (в том числе входящих в состав неразделенных подложек), дискретных СД, СДЛ, светодиодных светильников и иных источников излучения небольшого размера и исследование влияния на них изменения пропускаемого прямого тока, температуры и других факторов. Возможные диапазоны измерений:

- длина волны излучения 200...1100 нм;
- сила прямого тока  $10^{-8}$ ...10 А;
- напряжение 0...250 В;
- температура 10...500 К.

Типичные спектральные характеристики для различных значений приложенного прямого тока и температуры приведены на рис. 2 и 3. Спектры измеряются и обрабатываются в автоматическом режиме. Программное обеспечение производит построение характеристик в процессе измерения и отображает их на экране персонального компьютера, затем сохраняет результаты эксперимента в файл. Спектры могут быть построены в условных (рис. 2), относительных (рис. 3) и абсолютных единицах, включая энергетические и фотометрические единицы мощности и интенсивности (Int).

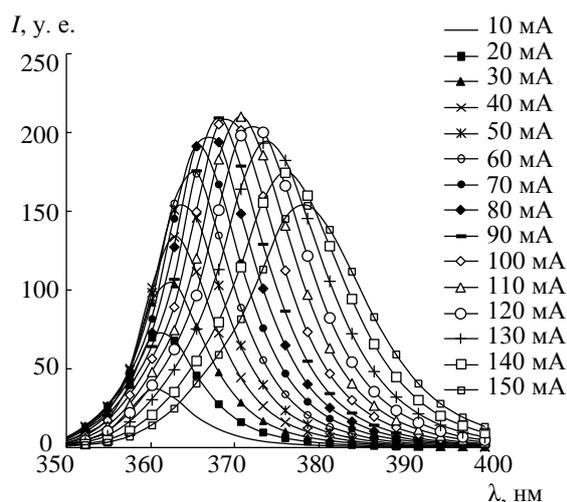


Рис. 2

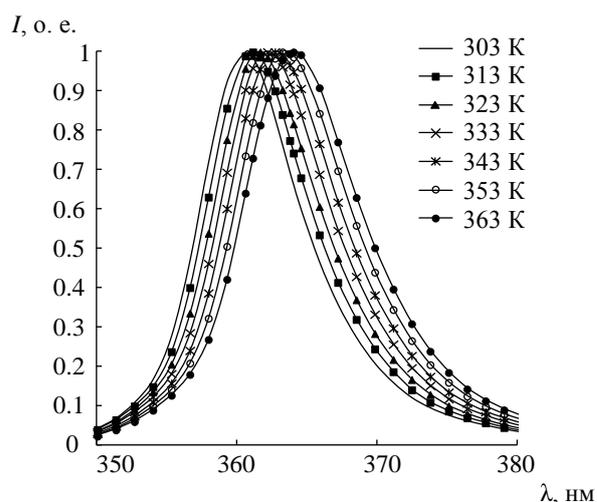


Рис. 3

2. Определение абсолютных значений мощности, яркости и интенсивности СД и СДЛ в соответствии с международным стандартом СIE 127:2007 и ГОСТ 17616–82 с применением метода интегрирующей сферы или гониометрического метода.

3. Определение светоотдачи, эффективности и внешнего квантового выхода для светоизлучающих диодов различного типа, СДЛ и иных светодиодных изделий.

4. Исследование зависимости интенсивности  $Int$ , мощности  $P_{\text{опт}}$ , эффективности  $\eta$ , длины волны  $\lambda$  и других величин, перечисленных в пп. 2 и 3, от значений температуры  $t$  (рис. 4) и пропускаемого прямого тока  $I$  (рис. 5), построение ватт-амперных (рис. 6) и иных характеристик в автоматизированном режиме. Из рис. 4 видно, что при росте температуры уменьшается интенсивность излучения, что обусловлено возрастанием числа фононов и увеличением вероятности безызлучательных переходов. Также наблюдается сдвиг пиковой длины волны ( $\lambda$ ) в длинноволновую сторону вследствие уменьшения ширины запрещенной зоны при возрастании температуры кристалла. Именно процессы увеличения температуры в результате самонагрева вызывают при увеличении прямого тока отклонение зависимостей интенсивности (рис. 5) и оптической мощности (рис. 6) от линейности, а в дальнейшем и уменьшение этих величин. Спад внешней квантовой эффективности при токах больших 20 мА (рис. 6) также в первую очередь обусловлен самонагревом СД. Наличие дефектов в структуре излучателя существенно увеличивает процессы ее самонагрева, поэтому оценка температуры активной области СД позволяет судить о качестве прибора.

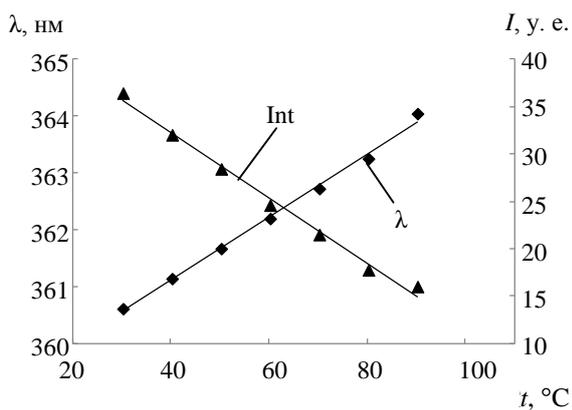


Рис. 4

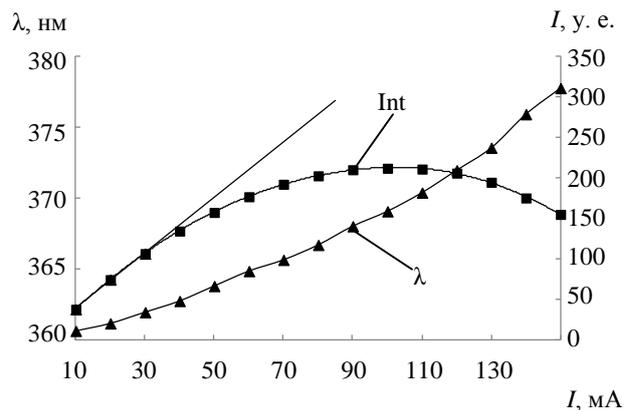


Рис. 5

5. Определение температуры активной области СД светодиодных кристаллов (отдельных и в составе подложек), дискретных СД и излучателей, входящих в состав СДЛ, без необходимости их разборки.

6. Исследование зависимости температуры активной области от пропускаемого прямого тока (рис. 7). Как видно из рис. 7, наименьший самонагрев демонстрируют длинноволновые излучатели, созданные с использованием GaAs и его твердых растворов. Их кристаллы наиболее совершенны из-за наличия родственных подложек и отработанной технологии роста. Коротковолновые

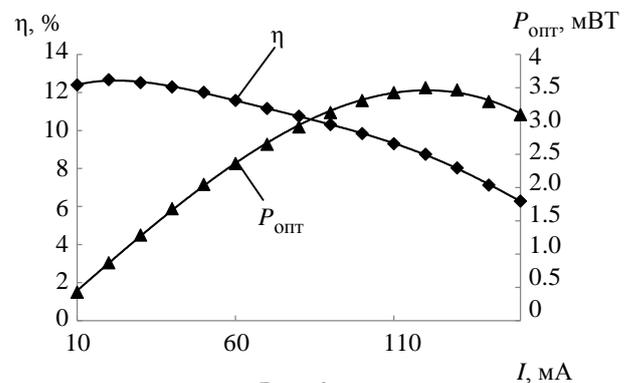


Рис. 6

светодиоды на основе полупроводниковых нитридов сильнее нагреваются в процессе работы, что связано с их большей дефектностью. Подобные исследования позволяют не только диагностировать несовершенства технологии создания излучающих кристаллов, но и подсказывать пути оптимизации процессов теплоотвода у корпусированных СД и СДЛ, а также проводить отбраковку дефектных излучателей и изделий на их основе, в том числе в условиях промышленного производства.

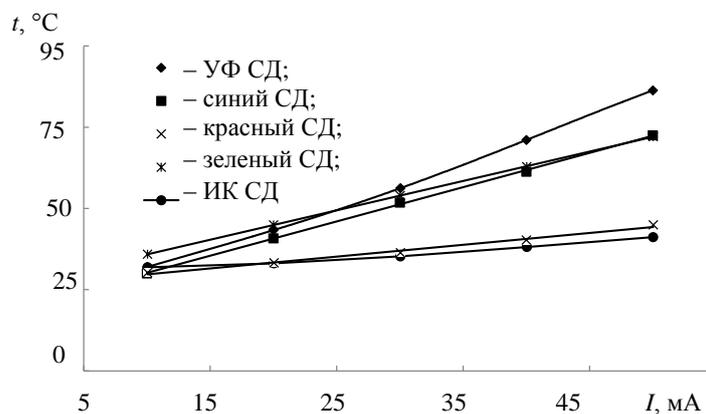


Рис. 7

7. Определение теплового сопротивления светодиодов, имеющих различные корпуса и помощь в выборе их оптимальной конструкции с точки зрения осуществления теплоотвода.

8. Определение температурной стабильности длины волны и интенсивности в максимуме излучения (рис. 4).

9. Проведение деградационных испытаний СД и изделий на их основе в заданных токовом и температурном режимах.

10. Определение цветовой температуры и иных цветовых характеристик белых светодиодов.

11. Измерение вольт-амперных характеристик СД в различных температурных режимах их работы.

Разработанная тест-система диагностики качества СД может быть применена как на производстве светодиодного энергоэффективного освещения, так и в научно-исследовательских лабораториях, занимающихся исследованием и разработкой высокоэффективных твердотельных излучателей с целью:

- обнаружения причины ухудшения параметров СД и приборов на их основе, в том числе осветительных;
- составления рекомендаций по оптимизации конструкции наногетероструктур СД;
- снижения затрат на диагностику СД и приборов на их основе, в том числе осветительных;
- повышения скорости диагностики светодиодной продукции и, как следствие, увеличения скорости производства и снижения его себестоимости.

Применение данной системы позволит приблизить момент повсеместного использования светодиодного освещения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meyaard D. S. Temperature dependet efficiency droop in GaInN light-emitting diodes with different current densities / David S. Meyaard, Qifeng Shan, Jaehee Cho et al. // Appl. Phys. Lett. 2012. Vol. 100, № 8. P. 3.
2. Пат. US 2010/0004892 A1 /Ming-Te LIN, Knang-Yu Tai, Jyh-Chen Chen, Farn-Shiun Hwu. Method for Measuring PN-Junction Temperature of Light-Emitting Diode; опубл. 14.01.2009. Бюл. № 12/353, 294.
3. Пат. US 2011/0031903 A1 / V. N. Hoang, R. Surdeanu, P. Bracken, B. Bataillou, D. V. Steenwinekel. System and method for estimating the junction temperature of a light emitting diode; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 12/863, 744.
4. Пат. US 2010/0315019 / G. Hoogzaad, Schmitz, H. M. Wilhelmus, R. Surdeanu. Led driver circuit and method, and system and method for estimating the junction temperature of a light emitting diode; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 12/863, 740.
5. Пат. US 2009/0306912 A1 / J.-C. Chen, F.-S. Hwu, G.-J. Sheu, K.-C. Chen, F.-L. Lin. Method of measuring LED junction temperature; опубл. 20.08.2008. Бюл. № 12/194, 591.
6. Пат. US 2008/0205482 A1 / D. Cao, Z.-H. Lin. Method and testing equipment for LEDs and Laser diodes; опубл. 23.02.2007. Бюл. № 11/678, 243.
7. Заявка на пат. № 2011147653/ А. Н. Пихтин, С. А. Тарасов, Е. А. Менькович. Способ определения температуры активной области светодиодов; опубл. 23.02.2007. Бюл. № 11/678, 243.
8. Menkovich E. A., Tarasov S. A., Lamkin I. A. Luminescence of nanostructures based on semiconductor nitrides // Functional Materials. 2012. Vol. 2. P. 233–237.

*E. A. Menkovich, S. A. Tarasov, I. A. Lamkin*

### *TEST-SYSTEM FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF LEDS AND RAPID DIAGNOSTIC THEIR QUALITY*

*Description and analysis of capabilities developed test-system LEDs quality diagnostic is presented. Test-system allow quick to determine the temperature of the active region of the semiconductor light-emitting structures with help of new non-contact method, and to measure their performance, including definition power and efficiency of the LEDs depending on forward current and ambient temperature.*

**Light-emitting diodes, LED lighting, temperature of the active region, the thermal resistanc**

УДК 537.611.43

***Ю. В. Богачев, Я. Ю. Марченко, А. Н. Наумова,  
В. В. Фролов, Ю. С. Черненко***

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА РЕЗОНАНСНОГО НАСЫЩЕНИЯ В МОДЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ БИОСТРУКТУР, СОДЕРЖАЩИХ СУПЕРПАРАМАГНИТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА**

*Рассматриваются результаты экспериментальных исследований эффекта резонансного насыщения в моделях молекулярно-клеточных структур в присутствии суперпарамагнитных наночастиц оксида железа и обсуждаются возможности этого метода для визуализации биомакромолекул в магнитно-резонансных изображениях.*

**Перенос ядерной намагниченности, резонансное насыщение, магнитно-резонансная томография, контрастирование магнитно-резонансных изображений**

Теоретическое и экспериментальное изучение эффекта внерезонансного насыщения (ВРН) [1], [2] в молекулярно-клеточных структурах, содержащих суперпарамагнитные наночастицы оксида железа (СПИО), показало, что данный метод по своей технической реализации идентичен методу внерезонансного насыщения, применяемого для наблюдения эффекта переноса ядерной намагниченности. Экспериментальные исследования эффекта переноса ядерной намагниченности в модельных образцах бионаноструктур [3] показы-

вают также эффективность и эквивалентность двух методов переноса ядерной намагниченности: внерезонансного и резонансного насыщений. Поэтому с целью проверки эффективности метода резонансного насыщения для контрастирования магнитно-резонансных (МР) изображений молекулярно-клеточных структур, содержащих суперпарамагнитные наночастицы оксида железа, авторами статьи были проведены экспериментальные исследования эффекта резонансного насыщения на модельных образцах водных растворов и гелей агар-агара разной массовой концентрации с добавлением наночастиц SPIO с различными средними эффективными размерами и концентрациями.

Хотя и теоретические модели переноса спиновой ядерной намагниченности в присутствии наночастиц SPIO и без них существенно отличаются друг от друга вследствие разных механизмов переноса [1], [2], но для количественной оценки эффекта переноса намагниченности можно использовать коэффициент переноса намагниченности (КПН), вычисляемый по формуле

$$\text{КПН} = \frac{M_0 - M_{\text{нас}}}{M_0}.$$

Для его определения по экспериментальным данным требуются два набора изображений протонов макромолекул: один – без насыщения (сигнал, пропорциональный  $M_0$ ) и другой – с насыщением (сигнал, пропорциональный  $M_{\text{нас}}$ ). По смыслу этот коэффициент аналогичен коэффициенту ВРН, определяемому в методе внерезонансного насыщения для наночастиц SPIO, что дает возможность сравнивать эффективность двух методов насыщения. Значения КПН являются важным источником диагностической информации при патологиях головного мозга, в частности при опухолях, и демиелинизирующих заболеваниях. Существенное затруднение в количественной МРТ с переносом намагниченности обусловлено тем, что значения КПН в значительной степени подвержены влиянию аппаратурных факторов (параметры импульсной последовательности, мощность и длительность импульсов РЧ-насыщения).

Значение КПН дает информацию о полном насыщении, с учетом прямого насыщения протонов свободной воды в образце. Чем меньше прямое насыщение, тем больший вклад в параметр КПН вносит перенос ядерной намагниченности. Полностью исключить прямое насыщение свободных протонов (узкая линия спектра) биологических образцов в эксперименте невозможно, в том числе и во время томографических исследований. Важно, чтобы относительная доля переноса ядерной намагниченности в КПН была бы максимальной. По мере увеличения вклада переноса ядерной поляризации изображения, полученные с помощью импульсной последовательности с переносом намагниченности, будут становиться более взвешенными по протонной плотности макромолекул в тканях. Поэтому параметры эксперимента по резонансному насыщению подбирались из соображений получения максимального эффекта переноса ядерной намагниченности с учетом требования минимизации прямого насыщения.

В таблице показаны полученные в экспериментах коэффициенты переноса ядерной намагниченности (включая прямое насыщение) для различных модельных образцов с суперпарамагнитными наночастицами оксида железа и без них в зависимости от количества насыщающих импульсов.

Параметры насыщающей импульсной последовательности  $\overline{133\overline{1}}$ . [3] для всех образцов были одинаковыми:  $t_{м.и} = 15$  мкс, – время между отдельными блоками в четверке импульсов  $\overline{133\overline{1}}$ ;  $t_{обм}$  – время между двумя ближайшими четверками импульсов. Длительности блоков биномиальных насыщающих импульсов равнялись 1 и 3 мкс, что соответствует углам поворота 41 и 123°.

Из таблицы видно, что добавление суперпарамагнитных наночастиц оксида железа уменьшает эффективный перенос намагниченности, что можно объяснить более короткими временами релаксации свободной воды в биопрепарате. Из-за уменьшения разницы в отличиях времен спин-спиновой релаксации импульсы становятся менее селективными. В дополнение к этой причине сокращения времени спин-решеточной релаксации узкой компонента по сравнению с препаратами без наночастиц имеет место более быстрая продольная релаксация, что вуалирует эффект переноса намагниченности. Однако следует отметить, что при этом уменьшается и время достижения стационарного состояния, что можно использовать для ускорения получения МР-изображений и уменьшения поглощаемой энергии во время исследований.

КПН	Число насыщающих импульсов ( $n$ )						
	5	10	20	40	80	100	140
Agar 4 %	0.14	0.30	0.47	0.61	0.69	0.72	0.71
Agar 8 %	0.25	0.43	0.55	0.69	0.76	0.76	–
Agar 8 % + Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.21	0.34	0.48	0.52	–	–	–
Вода	0.07	0.09	0.03	–	–	–	–
Вода + Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.08	0.07	0.07	0.09	–	–	–

Полученные экспериментальные зависимости коэффициента переноса намагниченности протонов свободной воды в образцах 6 % геля агар-агара с добавлением наночастиц оксида железа в различной концентрации (0.125; 0.250; 0.500 и 1.000 ммоль/л) от времени обмена ядерной намагниченностью (рис. 1 – для 4-й фракции) показывают, что оптимальное время обмена (максимальный эффект уменьшения намагниченности за счет переноса поляризации от макромолекул) уменьшается с увеличением концентрации наночастиц и зависит от среднего эффективного диаметра наночастиц оксида железа. Средний эффективный диаметр наночастиц оксида железа для 1-й фракции составлял порядка 30 нм, для 4-й фракции – порядка 60 нм. Причем уменьшение оптимального времени обмена ядерной намагниченностью при увеличении концентрации для наночастиц 1-й фракции носит более резко выраженный характер, чем для наночастиц 4-й фракции. Таким образом, перенос намагниченности становится более эффективным уже на малых временах обмена, что позволяет уменьшить длительность импульсной последовательности.

Также наблюдается зависимость прямого насыщения от концентрации наночастиц оксида железа (вследствие уменьшения времени спин-спиновой релаксации протонов свободной воды с увеличением концентрации наночастиц растет величина прямого насыщения).

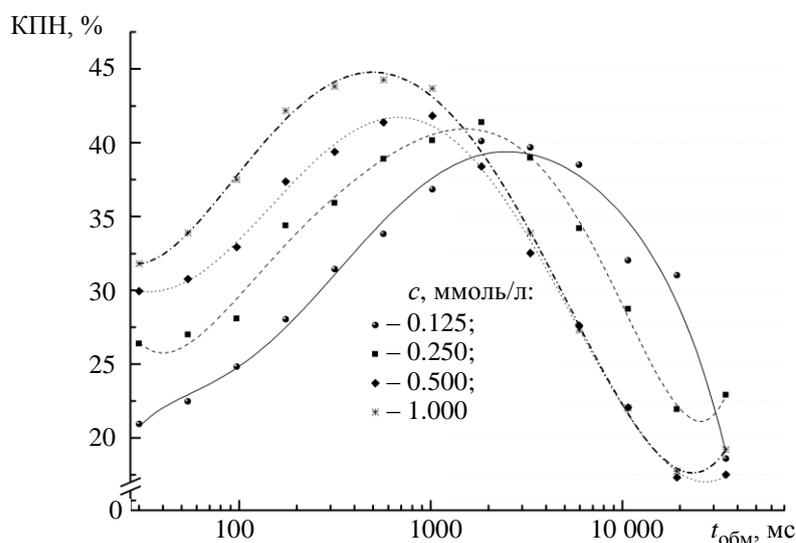


Рис. 1

Максимальное значение КПН для оптимального времени обмена линейно возрастает при увеличении концентрации наночастиц оксида железа (рис. 2), причем скорость возрастания  $KПН_{max}$  для 1-й и 4-й фракций одинакова.

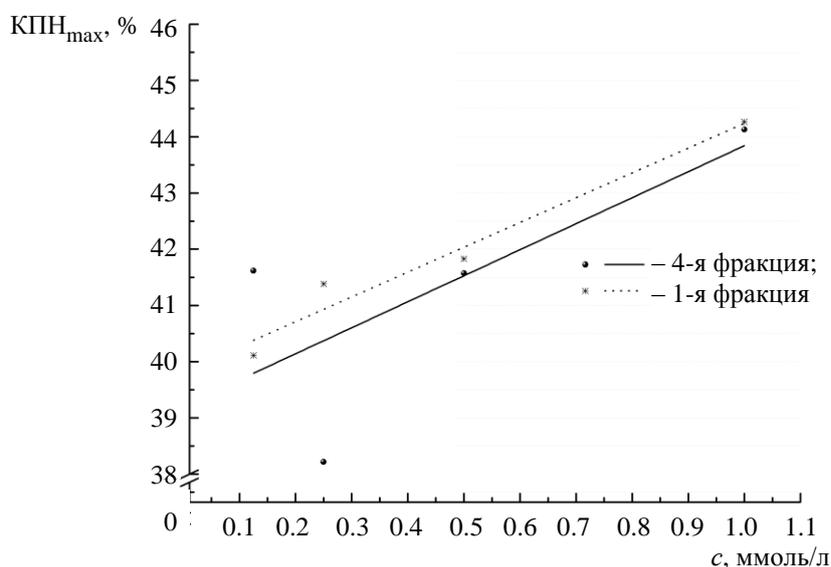


Рис. 2

Полученные экспериментальные зависимости коэффициента переноса намагниченности от концентрации наночастиц оксида железа разных фракций (рис. 3 – для 1-й фракции) для образцов 6 % геля агар-агара при различных временах обмена ядерной намагниченностью имеют сложный характер.

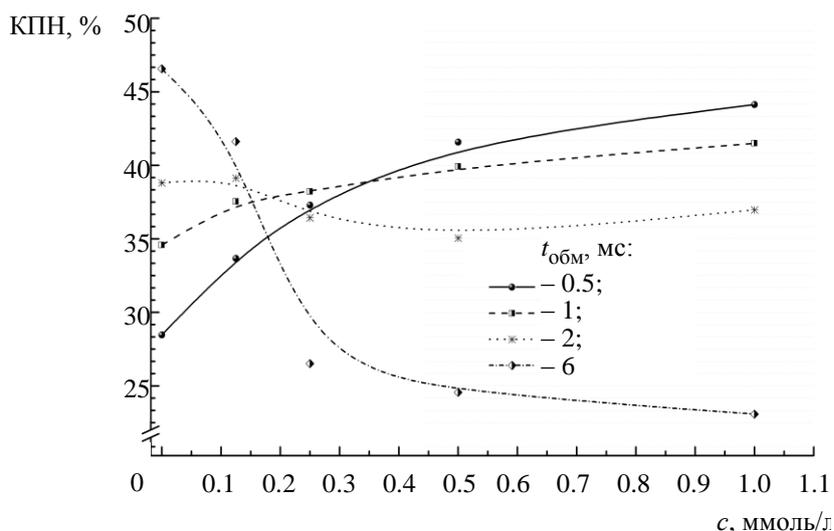


Рис. 3

При малых и нулевой концентрациях наночастиц эффект переноса намагниченности мал при небольшом времени обмена (до 2 мс) и становится наиболее заметным при больших временах – около 6 мс и более. С увеличением же концентрации значение коэффициента переноса намагниченности становится наиболее значительным при меньших временах обмена (менее 2 мс), в то время как при времени обмена порядка 6 мс его значение уменьшается почти вдвое.

Таким образом, наблюдаемый КПН сложным образом зависит от многих факторов, таких как концентрация и размеры нанодисперсных частиц оксида железа, время обмена, состояния объекта (гель, жидкость, суспензия и пр.), постоянное магнитное поле и его однородность, и т. д.

Тем не менее, из рассмотрения полученных зависимостей следует практический вывод, что обмен между протонами связанной фракции и протонами свободной воды усиливается при увеличении концентрации наночастиц. Однако при этом следует контролировать время обмена, так как при увеличении концентрации наночастиц ускоряется релаксация протонов свободной воды, что приводит к ослаблению эффекта переноса. Соблюдение обоих условий позволит усилить контраст изображений в МРТ путем переноса ядерной спиновой намагниченности при использовании меньшего числа насыщающих импульсов и, следовательно, сократить время обследования.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (государственный контракт № П1169 от 03.06.2010 г.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Henkelman R. M., Stanisiz G. I., Graham S. J. Magnetization transfer in MRI: a review // NMR Biomed. 2001. Vol. 14. P. 57–64.
2. Zurkiya O., Hu X. Off-resonance saturation as a means of generating contrast with superparamagnetic nanoparticles // Magn. Reson. Med. 2006. Vol. 56. P. 726–732.
3. Double Electron-Nuclear Magnetization Transfer in Low-Field MRI / A. Naumova, V. Frolov, Yu. Bogachev et al. // Book of abstracts. 9th International Symposium and Summer School «NMRCM», 2012. P. 111.

*The results of resonance saturation effect experimental investigations in molecular-cellular structures models with superparamagnetic iron oxide nanoparticles are considered and the method possibilities for viewing biomacromolecules in a magnetic resonance images are discussed.*

**Nuclear magnetization transfer, on-resonance saturation, magnetic resonance imaging (MRI), MRI contrast enhancing**

УДК 621.391.3

**А. В. Кулдышев, С. П. Тимошенко, А. В. Полякевич,  
К. К. Жамова, В. Б. Бессонов**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО Телу ЧЕЛОВЕКА НА ЧАСТОТАХ СИГНАЛА 455 кГц, 13.56 и 21 МГц**

*Представлены результаты исследования передачи электромагнитного сигнала по телу человека. Проведено моделирование пространственного распределения электрического поля при использовании тела человека в качестве передающей среды. Исследованы параметры канала связи на частотах 455 кГц, 13.56 и 21 МГц. Приведены экспериментальные результаты передачи сигнала на частоте 455 кГц.*

**Беспроводная передача данных, информационный сигнал, технология BAN**

Распространенной задачей для технических средств ближней беспроводной связи является передача какой-либо информации на малое расстояние (в пределах досягаемости руки) между портативным электронным устройством пользователя и другим близко расположенным электронным устройством. Одним из методов реализации этой задачи может служить технология передачи данных по телу человека Body Area Network (BAN). Достоинством способа передачи данных по технологии BAN является снижение выходной мощности и энергопотребления технических средств по сравнению с аналогами (Bluetooth, ZigBee и др.).

В работе [лит.] представлены возможные перспективные области применения систем, работающих по технологии BAN. Вот некоторые из них: дистанционное управление носимыми техническими средствами, системы идентификации и контроля доступа, обмен данными через рукопожатие, беспроводные аудиогарнитуры, мониторинг функционального состояния человека и др.

В ноябре 2007 г. Институтом инженеров в области электроники и электротехники (IEEE) была сформирована рабочая группа 802.15.6 по разработке стандарта для технологии BAN<sup>1</sup>. Технология BAN предназначена для ближней беспроводной связи между различными электронными устройствами одного или нескольких пользователей.

В выпущенном черновике стандарта технологию BAN делят на три физических уровня. Физические уровни технологии BAN и их диапазоны частот представлены в табл. 1.

<sup>1</sup> См.: IEEE 802.15 WPAN Task Group 6 (TG6) Body Area Networks, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>.

Таблица 1

№	Физический уровень	Диапазоны частот, МГц
1	Narrowband (узкополосный)	402...405
		420...450
		836...870, 902...928, 950...958
		2360...2483.5
2	Ultra wideband (сверхширокополосный)	3494.4...4492.8, 6489.6...9984.0
3	Human Body Communication (передача данных по телу человека)	18.375...23.625

Уровень Narrowband разработан специально для медицинских технологий. Предназначен как для нателных устройств, так и для имплантированных.

Уровень Ultra wideband использует в качестве основы одноименную технологию беспроводной связи на малых расстояниях, обладающую низким энергопотреблением и высокой пропускной способностью.

Уровень Human Body Communication (HBC) разработан для того, чтобы обмениваться информацией между устройствами с помощью прикосновения. Разрабатываемый стандарт технологии VAN для уровня HBC требует использования несущей частоты 21 МГц. В этом случае электрическое поле локализуется недалеко от поверхности тела человека, что позволяет детектировать его другими нателными устройствами.

Данное исследование посвящено только уровню HBC, как наиболее ярко отражающему особенности передачи данных по телу человека. Была поставлена задача количественно сравнить характер распределения напряженности электрического поля на частотах 455 кГц, 13.56 и 21 МГц, а также провести эксперимент на одной из них.

**Компьютерное моделирование.** В соответствии с рекомендациями, изложенными в черновике стандарта, физический уровень HBC предполагает использование диапазона частот 18.375...23.625 МГц. Однако устройство, работающее в этом частотном диапазоне, трудно реализуемо из-за отсутствия на данный момент подходящей элементной базы. Устройство может получиться достаточно громоздким, и размещение на теле человека станет проблематичным и неудобным. Поэтому была рассмотрена возможность использования других частот, элементная база для которых на данный момент доступна (455 кГц и 13.56 МГц). Чтобы выяснить, существенно ли будет различие при работе устройства на этих частотах, было проведено компьютерное моделирование, для которого была использована программа анализа трехмерных СВЧ-структур ОР, в которой для расчетов используется метод конечных элементов. Исследование проводилось в трех точках: 455 кГц, 13.56 и 21 МГц. В качестве модели руки использовалась упрощенная трехмерная структура в виде многослойного цилиндра, поперечное сечение которого представлено на рис. 1, где обозначены: 1 – кожа, 2 – подкожная жировая ткань, 3 – мышечная ткань, 4 – кость. На цилиндре размещались медные приемопередающие электроды.

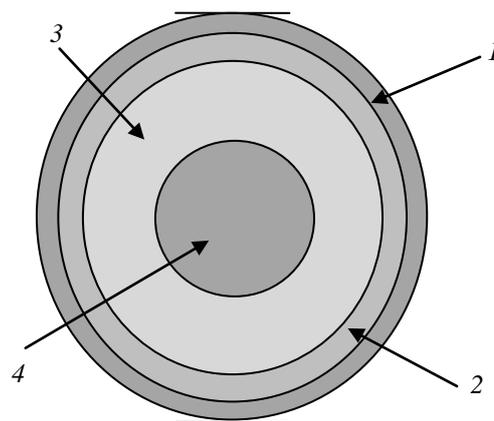


Рис. 1

В табл. 2 представлены электрические параметры перечисленных тканей для выбранных частот<sup>2</sup>:

<sup>2</sup> См.: Dielectric Properties of Body Tissues in the frequency range 10 Hz...100 GHz, <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.htm#stfirtag>.

Таблица 2

Частота	455 кГц		13.56 МГц		21 МГц	
Параметр	Проводимость, См/м	Относительная диэлектрическая проницаемость	Проводимость, См/м	Относительная диэлектрическая проницаемость	Проводимость, См/м	Относительная диэлектрическая проницаемость
Кожа	0.003749	1068.4	0.23802	285.25	0.2959	201.3
Жировая ткань	0.024805	35.975	0.030354	11.827	0.032039	9.4882
Мышечная ткань	0.43812	3937.6	0.62818	138.44	0.6445	107.9
Кость	0.021985	177.87	0.045521	30.575	0.04934	24.349

Из табл. 2 видно, как возрастает проводимость тканей и уменьшается их относительная диэлектрическая проницаемость с увеличением частоты сигнала.

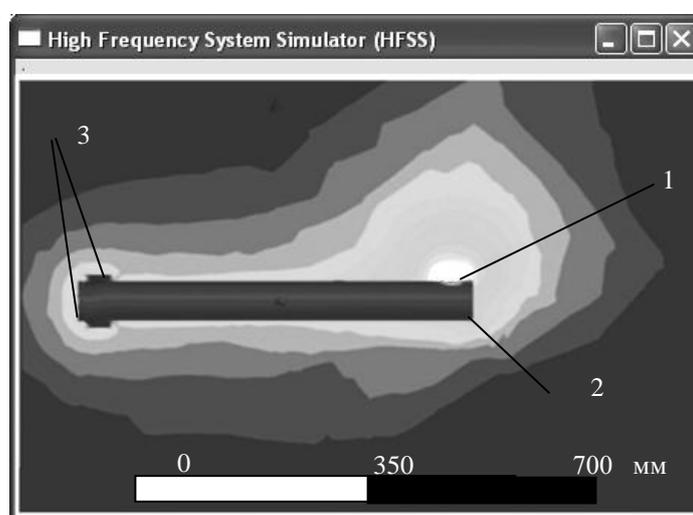


Рис. 2

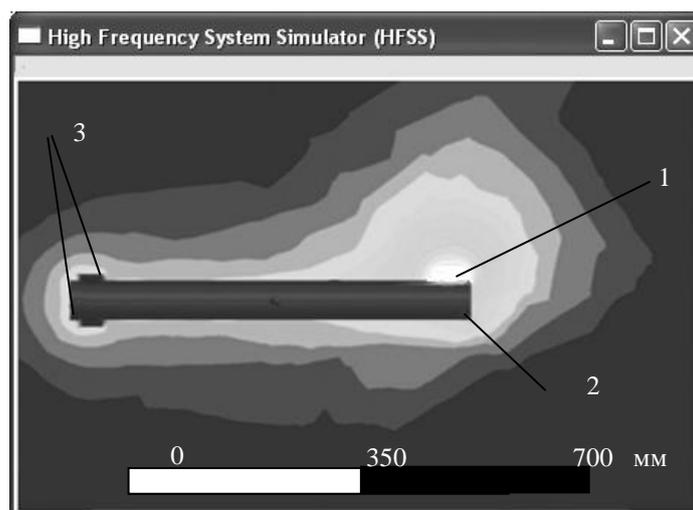


Рис. 3

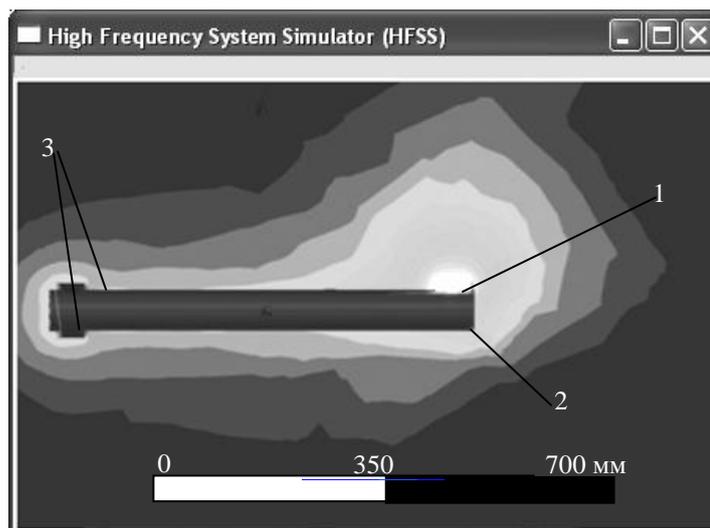


Рис. 4

На рис. 2–4 представлены результаты моделирования распространения электрического поля вблизи цилиндра на разных частотах: 455 кГц, 13.56 и 21 МГц, где 1 – передающий электрод, 2 – упрощенное представление руки в виде цилиндра, 3 – приемные электроды.

Из представленных результатов можно сделать следующие выводы: характер распространения изолиний электрического поля вблизи цилиндра на выбранных частотах практически одинаков; значения напряженности электрического поля, представленные в таблицах, различаются незначительно; моделирование показало, что при увеличении частоты поле, созданное передающим электродом, глубже проникает в ткани в месте касания электрода с поверхностью кожи. Таким образом, при частоте 455 кГц излучение проникает в тело на меньшую глубину, чем при частотах 13.56 и 21 МГц.

Выбранные частоты подходят для практической реализации экспериментальных макетных образцов. Полученные в ходе эксперимента данные при работе на этих частотах (455 кГц, 13.56 МГц) возможно не будут существенно отличаться от данных, которые можно получить на частоте 21 МГц. В результате моделирования напряженность поля на приемных электродах на частотах 455 кГц и 21 МГц отличается на 0.97 дБ, а на частотах 13.56 и 21 МГц – на 0.01 дБ, т. е. разница несущественна.

Таким образом, целесообразно для дальнейших экспериментов выбрать частоты 455 кГц и 13.56 МГц.

#### Описание и результаты эксперимента.

Для практического эксперимента по передаче сигнала по телу человека использовался макетный образец устройства передачи данных по телу человека, работающий на частоте 455 кГц, с амплитудой выходного сигнала 6 В. Структурная схема устройства показана на рис. 5.

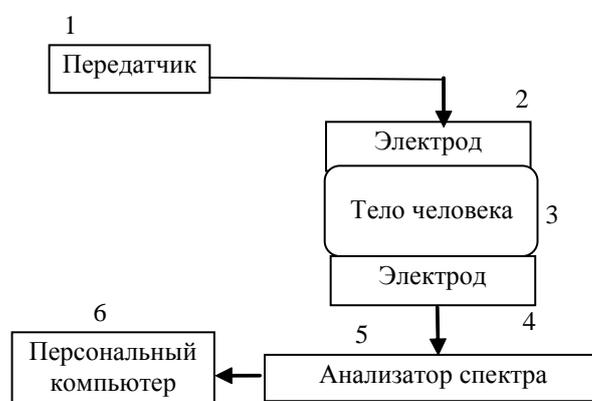


Рис. 5

В передатчике 1 формируется сигнал на частоте 455 кГц. Сигнал поступает на плоский металлический электрод 2, который контактирует с кожей человека и создает электрическое поле на всей поверхности тела 3. Аналогичный электрод приемного устройства 4 детектирует созданное электрическое поле, далее сигнал проходит через анализатор спектра 5 и обрабатывается на компьютере 6.

В работе использовался анализатор спектра Signalhound USB-SA44B. Диапазон частот анализатора: 1 Гц...4.4 ГГц. Точность отображения амплитуды сигнала  $\pm 2$  дБ.

Приемный электрод, подключенный экранированным кабелем к анализатору спектра, располагался на указательном пальце правой руки, а передатчик перемещался от приемника на заданные расстояния по правой руке, далее по телу и до кончиков пальцев левой руки. При этом руки были разведены в стороны. Максимальная удаленность передатчика от приемника составила 1.9 м.

На компьютере информация обрабатывалась с помощью программного обеспечения анализатора спектра, окно программы анализатора спектра Signal Hound показано на рис. 6.

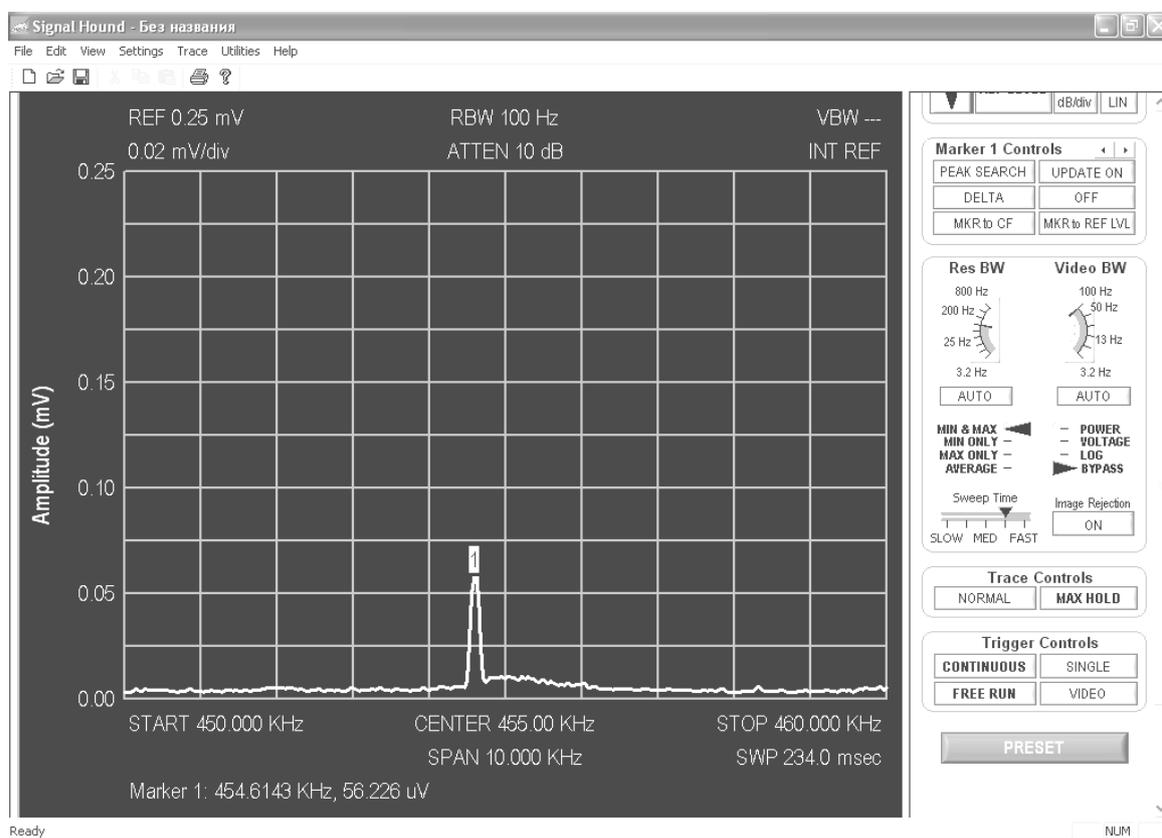


Рис. 6

В результате эксперимента установлено, что наблюдался устойчивый сигнал по каналу связи через тело человека. Уровень сигнала вполне достаточен для функционирования прибора.

Таким образом, показана возможность создания электронных приборов, способных передавать и принимать информацию через тело человека на частоте, отличной от 21 МГц. Также показана актуальность создания приборов и систем, работающих по технологии BAN.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Применение способа беспроводной связи через тело человека для спецтехники / К. А. Павлов, А. М. Овчинников, В. М. Лобанов, А. В. Кулдышев // Спецтехника и связь. 2011. № 6. С. 18–23.

*A. V. Kuldyshev, S. P. Timoshenkov, A. V. Polyakevich, K. K. Zhamova, V. B. Bessonov*

*RESEARCH OF THE WAY OF DATA TRANSMISSION ON THE BODY OF THE PERSON ON FREQUENCIES OF THE SIGNAL OF 455 kHz, 13.56 and 21 MHz*

*In work results of research of transfer of an electromagnetic signal on a body of the person are presented. Modeling of spatial distribution of electric field when using a body of the person as the transferring environment is carried out. Communication channel parameters on frequencies of 455 kHz, 13.56 and 21 MHz are investigated. Experimental results of a signal transmission on frequency of 455 kHz are given.*

**Wireless data transmission, information signal, BAN technology**



УДК 007:681.512.2

*А. И. Водяхо, С. С. Голяк,  
С. А. Гордеев, Г. В. Разумовский*

## **АРХИТЕКТУРНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ИТ-СЕРВИСАМИ**

*Предлагается архитектурный подход к управлению ИТ-сервисами (услугами), который основывается на понятии «архитектурное состояние», а процесс управления ИТ-инфраструктурой рассматривается в терминах перехода между архитектурными состояниями. Данный подход может быть реализован в форме множества типовых решений (фреймворков), ориентированных на конкретные типы организаций.*

### **Проектирование систем управления ИТ-сервисами, архитектура информационных систем**

В последние годы в развитие ИТ-инфраструктур организаций были вложены очень большие средства, при этом ожидалось, что по мере возрастания уровня зрелости ИТ-инфраструктуры расходы на ее поддержку будут уменьшаться, а эффективность повышаться. Однако отдача от этих вложений оказалась намного меньше ожидаемой. В качестве средства уменьшения стоимости поддержания ИТ-инфраструктуры организации в настоящее время повсеместно используется сервисный подход к управлению на основе методологии управления ИТ-услугами (IT Service Management – ITSM), являющийся частью библиотеки ИТ-инфраструктуры (IT Infrastructure Library – ITIL), которая описывает не только управление услугами, но и сопутствующие процессы [лит.]. В соответствии с методологией ITSM деятельность ИТ-подразделения организуется на основе типовой (best practice) модели процессов. При этом сама модель ITIL/ITSM определяет целевую модель, но не способы ее реализации. Модель ITIL/ITSM поддерживается достаточно большим числом программных продуктов и пакетов таких фирм как «Hewlett-Packard», «IBM» и «Microsoft», при этом фреймворк и конкретный продукт тесно связаны между собой. Следует заметить, что системы, обладающие развитой функциональностью, дороги и ориентированы преимущественно на крупные организации, которые могут позволить себе крупные инвестиции в развитие и поддержание своей ИТ-инфраструктуры.

В настоящей статье предлагается архитектурный подход к управлению ИТ-сервисами (услугами), который основывается на понятии «архитектурное состояние», а процесс управления ИТ-инфраструктурой рассматривается в терминах перехода между архитектурными состояниями.

**Основные понятия и определения.** В общем виде сервисно-ориентированная архитектура (СОА) может быть описана пятеркой  $SOA = \langle A, S, B, P, R \rangle$ , где А – акторы; S – сервисы; В – бизнес-процессы; Р – политики; R – бизнес-правила. Понятия Акторы, Сервисы, Бизнес-процессы и Политики представляют собой различные точки зрения на процессы, которые протекают в организации.

*Политика* – это ответ на вопрос *для чего* делается; *Сервис* описывает процесс с точки зрения того, *что* делается; *Бизнес-процесс* описывает процесс с точки зрения того, *как* делается; *Актор* описывает процесс с точки зрения того, *кто* выполняет соответствующие действия.

*Бизнес-процессы* реализуются в терминах операций, выполняемых над множеством сервисов, а бизнес-процесс, в свою очередь, можно рассматривать как сервис, за которым может стоять бизнес-процесс.

В качестве *Акторов* могут выступать люди или технические системы. Для каждого бизнес-процесса определены Акторы и их Роли.

В качестве типовых Ролей представляется целесообразным использовать обобщенные роли, определенные в [<http://docs.oasis-open.org/bpel4people/ws-humantask-1.1.pdf>]: *Task initiator* (тот, кто имеет право создавать экземпляр бизнес-процесса), *Task stakeholders* (заинтересованные лица, которые получают информацию о ходе выполнения бизнес-процесса и имеют право влиять на ход его выполнения), *Potential owners* (те, кто при определенных условиях могут получить право управлять бизнес-процессом), *Actual owner* (те, кто в данный момент времени имеют право управлять бизнес-процессом), *Excluded owners* (те, кто имеет право назначать роли), *Business administrators* (те, кто имеет права *Task stakeholders* и плюс право получать информацию о рассылаемых уведомлениях о ходе бизнес-процесса), *Notification recipients* (те, кто получает информацию о ходе выполнения бизнес-процесса).

*Бизнес-правило* – это утверждения *если–то*, которые используются для настройки бизнес-процессов.

Политику можно определить как тройку  $P = \langle T, B, R \rangle$ , где T – цель; B – упорядоченное множество бизнес-процессов; R – упорядоченное множество бизнес-правил.

Акторы, Сервисы, Бизнес-процессы и Политики можно рассматривать как сущности, имеющие атрибуты.

**Архитектура подсистемы управления ИТ-инфраструктурой.** Обобщенная модель управления СОА показана на рис. 1. Система включает две подсистемы: производственную и управляющую. Производственная подсистема – это множество технологических сервисов (ТС) и технологических бизнес-процессов (БП). Управляющая подсистема включает множество управляющих сервисов (УС) и управляющих БП. Управляющая подсистема выдает управляющие воздействия и получают информацию о состоянии управляемых сервисов.

Управление ИТ-инфраструктурой реализуется в терминах операций считывания состояния (значений атрибутов) сервисов и изменения значений атрибутов сервисов, а также передачи экстраординарных данных от управляемых сервисов и БП в управляющую подсистему. Управление бизнес-процессами осуществляется в терминах управления сервисами, отдельными портами, а также бизнес-правилами. В рамках предлагаемой модели считается, что все сервисы и бизнес-процессы изначально существуют. Система управления может выполнять два действия: *изменять состояние сервисов, настраивать бизнес-правила*.

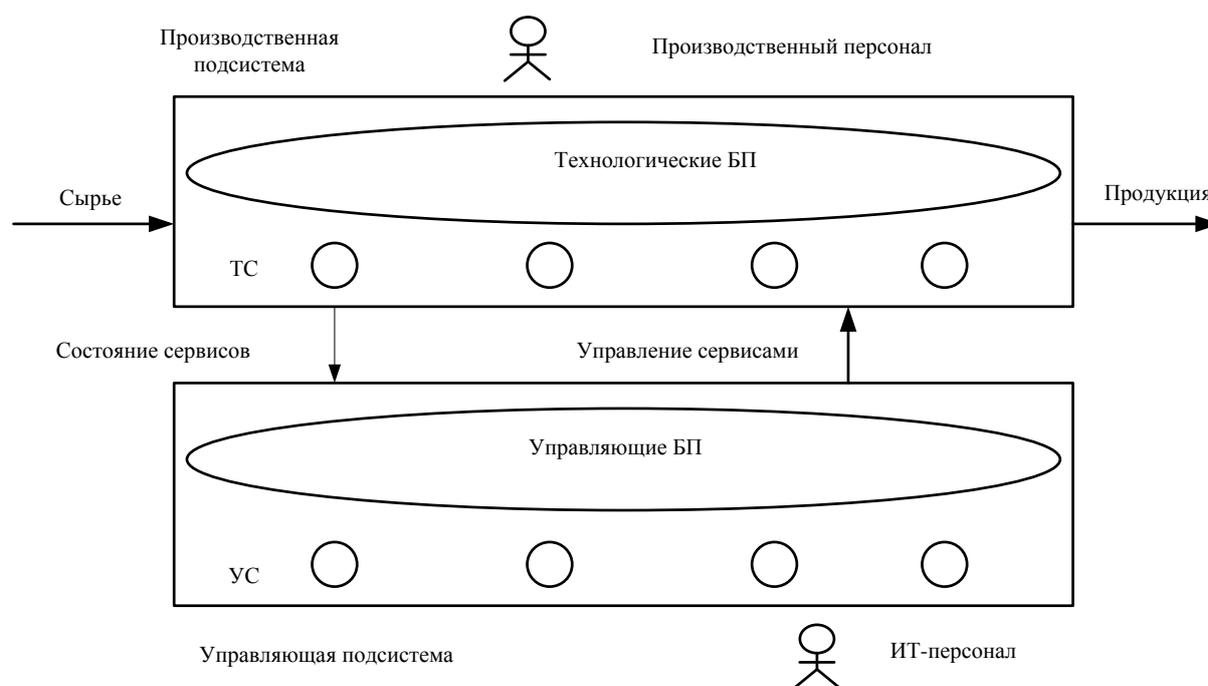


Рис. 1

Состояние каждого из сервисов описывается в терминах следующих пар взаимоисключающих состояний: *Доступен/Недоступен, Исправен/Неисправен, Удовлетворительно выполняет функции/Неудовлетворительно выполняет функции*. Состояния – это атрибуты сервиса.

**Уровни управления.** Выделяется три уровня управления (рис. 2): *оперативный, тактический* и *стратегический*. Информация о состоянии сервисов и бизнес-процессов поступает в систему тактического управления. Если проблема не может быть решена на тактическом уровне или инциденты возникают чаще чем положено, то информация о проблеме передается на тактический уровень. Если проблема не решается на тактическом уровне, то она решается на стратегическом уровне.

*Оперативный уровень* отвечает за переход сервиса из состояния *Неисправен* в состояние *Исправен*, т. е. описывает процесс поддержания системы сервисов в работоспособном состоянии. *Тактический уровень* отвечает за переход системы из состояния *Неудовлетворительно выполняет функции* в состояние *Удовлетворительно выполняет функции*. На этом уровне решаются такие задачи, как увеличение производительности или повышение уровня доступности. Однако на этом уровне состав сервисов и бизнес-процессов остается постоянным. На стратегическом уровне основным механизмом управления является добавление новых сервисов и удаление существующих (при этом считается, что все сервисы изначально существуют и находятся в состоянии *Исправен-Недоступен*).

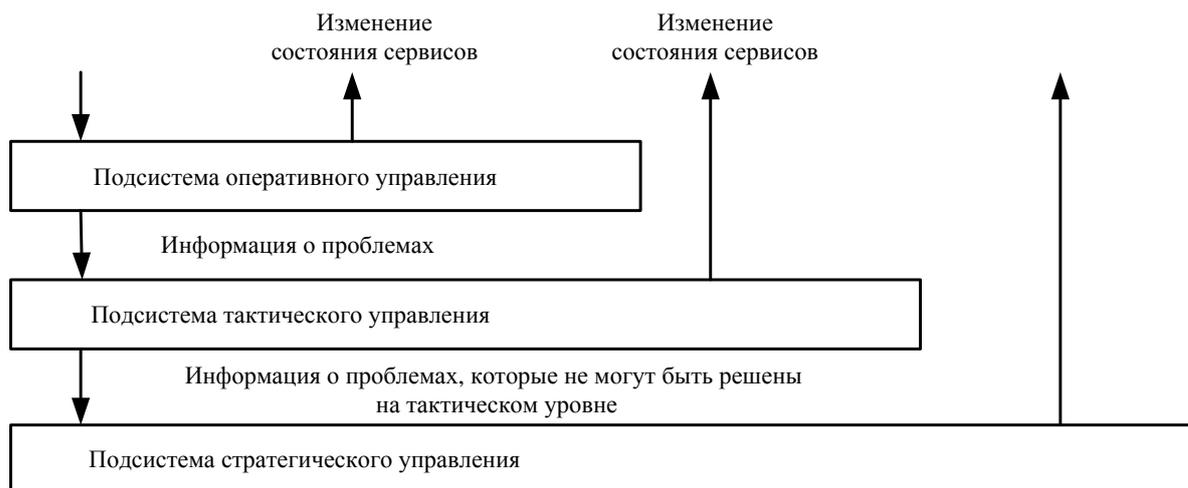


Рис. 2

**Архитектурное управление ИТ-сервисами.** Архитектурное состояние можно определить как совокупность архитектуры и значений атрибутов сервисов (АТТ):  $AS = \langle SOA, АТТ \rangle$ .

В общем случае, переход между архитектурными состояниями – это любые изменения архитектуры или атрибутов сервисов. Изменение архитектурного состояния (переход между архитектурными состояниями) может происходить как по внутренним, так и по внешним причинам. Типовые внутренние факторы – это выход из строя оборудования, как следствие, выход сервиса из строя, увеличение нагрузки на сервис и, как следствие, переход в состояние *Неудовлетворительно выполняет функции*. Внешние причины – это управляющие воздействия.

**Стратегии управления.** Возможны различные стратегии управления сервисами, крайними из которых являются *эволюционная* и *директивная*. *Эволюционная стратегия* предполагает, что все изменения происходят под действием внутренних факторов (система часто выходит из строя, сервисы находятся в состоянии *Неудовлетворительно выполняет функции* по причине возрастания нагрузки, новые сервисы вводятся в действие по запросам пользователей). *Директивное управление* предполагает, что принимается административное решение о необходимости достижения некоторого уровня зрелости. Промежуточный вариант – использование *эволюционно-директивных стратегий*, в которых требование перехода на следующий уровень связывается с определенными ограничениями, например в плане допустимых расходов. Стратегия может реализовываться посредством использования одной или нескольких политик.

Можно выделить следующие четыре типовые политики: получение требуемых значений функциональных и (или) нефункциональных характеристик, получение минимальной суммарной стоимости владения (ССВ), достижение требуемого уровня зрелости, получение минимальной ССВ при ограничении на затраты и время.

**Переход между архитектурными уровнями.** Переход между архитектурными состояниями можно рассматривать в терминах оперативного, тактического и стратегического управления. Система может переходить в новое архитектурное состояние либо в результате процессов, происходящих внутри системы, либо в результате управляющих воздействий со стороны акторов.

**Уровни зрелости.** Уровень зрелости определяется наличием сервисов, обладающих определенными функциональными и нефункциональными характеристиками

Уровень зрелости COA  $M$  можно определить как  $M = \langle MS, MC \rangle$ , где  $MS$  – уровень зрелости сервисной инфраструктуры,  $MC$  – уровень зрелости управляющей инфраструктуры. Понятие уровней зрелости используется преимущественно при реализации *директивных и эволюционно-директивных стратегий управления*. Уровни зрелости применительно к COA определены в [<http://www.sei.cmu.edu>].

*Модель сервиса.* Сервис  $S$  имеет атрибуты АТТ и включает множество портов PTR  $S = \langle АТТ, PTR \rangle$ . Каждый порт отвечает за выполнение отдельной операции, за которой может стоять бизнес-процесс произвольной сложности. Сервисы подразделяются на управляемые или технологические  $S_t$  и управляющие  $S_c$ . Сервисы  $S_t$  могут быть управляемыми и неуправляемыми. Управляемый сервис имеет порты для считывания состояния сервисов и изменения состояния. Неуправляемый сервис не имеет указанных портов. Управляющие сервисы имеют порты для отсылки экстраординарной информации от технологических сервисов. Процесс управления COA можно описать в терминах двух моделей: логической модели и стоимостной модели.

*Логическая модель (модель зависимостей)* описывает зависимости между отдельными сервисами, т. е. описывает, какие сервисы более низкого уровня требуются для реализации сервисов более высокого уровня. В общем случае при реализации сервиса более высокого уровня могут быть альтернативы. Можно считать, что логическая модель описывает допустимые переходы между архитектурными состояниями без учета стоимости владения и может описываться либо с помощью автоматных моделей, либо с помощью набора бизнес-правил.

*Стоимостная модель* представляет собой набор правил, с помощью которых можно определить суммарную стоимость владения (ССВ) системой. Стоимостную модель можно описать графом, вершинам которого ставятся в соответствие архитектурные состояния, а дугам – переходы между архитектурными состояниями. Каждая пара вершин может соединяться произвольным числом дуг. В качестве атрибутов вершин выступает, в частности, ССВ, соответствующая данной архитектуре. В качестве основного атрибута дуги выступает стоимость перехода из исходного в целевое архитектурное состояние. При использовании эволюционной стратегии уровневая модель может не использоваться, при этом повышается значимость стоимостной модели.

При использовании директивной стратегии на первый план выступает логическая модель, учитывающая уровни зрелости.

Предлагаемый подход может быть реализован в форме множества типовых решений (фреймворков), ориентированных на конкретные типы организаций, т. е. его можно рассматривать как метафреймворк или как гибкий (agile) фреймворк.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Knapp D. The ITSM Process Design Guide: Developing, Reengineering, and Improving IT Service Management / D. Knapp. FL: J. Ross Publishing, 2010. 229 p.

*The paper discusses an architectural approach to IT Service Management which is based on architectural state concept. IT Service Management is discussed in terms of state machine. Suggested model can be used for generation of number of IT Service Management Frameworks.*

**Domain oriented information system development, information system architecture**

УДК: 20.53.19, 28.23.13

*И. И. Холод, Р. Е. Школьный*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

*Описывается подход к полунатурному моделированию интеллектуальных алгоритмов анализа, с целью анализа сбалансированности нагрузки на процессоры. Подход предполагает построение сети Петри на основе блочной структуры алгоритма, экспериментальное измерение отдельных блоков и последующее моделирование параллельной работы алгоритма.*

**Интеллектуальный анализ, параллельные алгоритмы, балансировка нагрузки, сети Петри**

На сегодняшний день существует большое количество программных систем, реализующих алгоритмы интеллектуального анализа данных (Xelopes, Weka, ...). При выполнении алгоритмов анализа для входных данных больших объемов время работы алгоритмов может быть значительным, поэтому алгоритмы распараллеливают и выполняют параллельные участки на нескольких узлах распределенной вычислительной сети. Если узлы такой сети неоднородны и время анализа данных отличается для разных узлов, то возникает проблема балансировки вычислительной нагрузки на узлы сети.

Проблема балансировки заключается в том, что, если входные данные разбиваются между вычислительными узлами не оптимально, то общая производительность сети будет невысокой и все узлы будут по-разному загружены работой. Чтобы сеть работала эффективно и суммарное время выполнения алгоритма было минимальным, требуется максимальная загрузка всех узлов сети. Для решения проблемы требуется регулировать объемы обрабатываемых данных, которые подаются на входы узлов распределенной системы. Такое решение может быть построено на базе сетей Петри.

Для проведения оценки балансировки необходимо преобразовать блочную модель алгоритма [1] в сеть Петри и указать при этом все необходимые вероятностные и временные параметры. После того как получена сеть Петри, моделирующая исходный параллельный алгоритм, возможно заставить поработать сеть, и эта работа будет симулировать работу исходного алгоритма. Анализируя историю работы сети во времени, можно будет предсказать нагрузку на вычислительные узлы распределенной вычислительной сети.

Рассмотрим подробно, как происходит построение сетевой модели. На рис. 1 проиллюстрированы основные этапы данного преобразования.

Перед началом анализа на вход системы подаются два объекта: непосредственно сам алгоритм и дополнительные данные, включающие информацию о характеристиках вычислительной сети, в которой будет выполняться данный алгоритм. Под алгоритмом по-

нимается блоковая структура, реализующая шаги алгоритма, поток входных данных для обработки, всевозможные настройки алгоритма и, в частности, настройки его параллельной части. Настройки параллельной части включают в себя прежде всего реализуемую модель параллелизма [2] (по данным SDSM, MDSM) и количество параллельных ветвей в параллельном шаге. Поток реальных входных данных, как правило, имеет большой объем. Он состоит из однородных элементов – векторов данных, количество которых заранее известно. Моделирование не будет выполняться на всем объеме данных в целевой вычислительной сети. Вместо этого будут использоваться ограниченные наборы данных. Эти наборы формируются на основе реальных входных данных алгоритма. Например, если оригинальный входной поток данных содержит 10 000 векторов, то три тестовых набора могут содержать 25, 50 и 100 векторов. Конкретные размеры тестовых наборов определяются, исходя из информации о данных (выборки должны быть представительными) скорости работы алгоритма на этих наборах. Разброс между количеством векторов в наборах должен быть достаточно большим для обеспечения точности оценки.

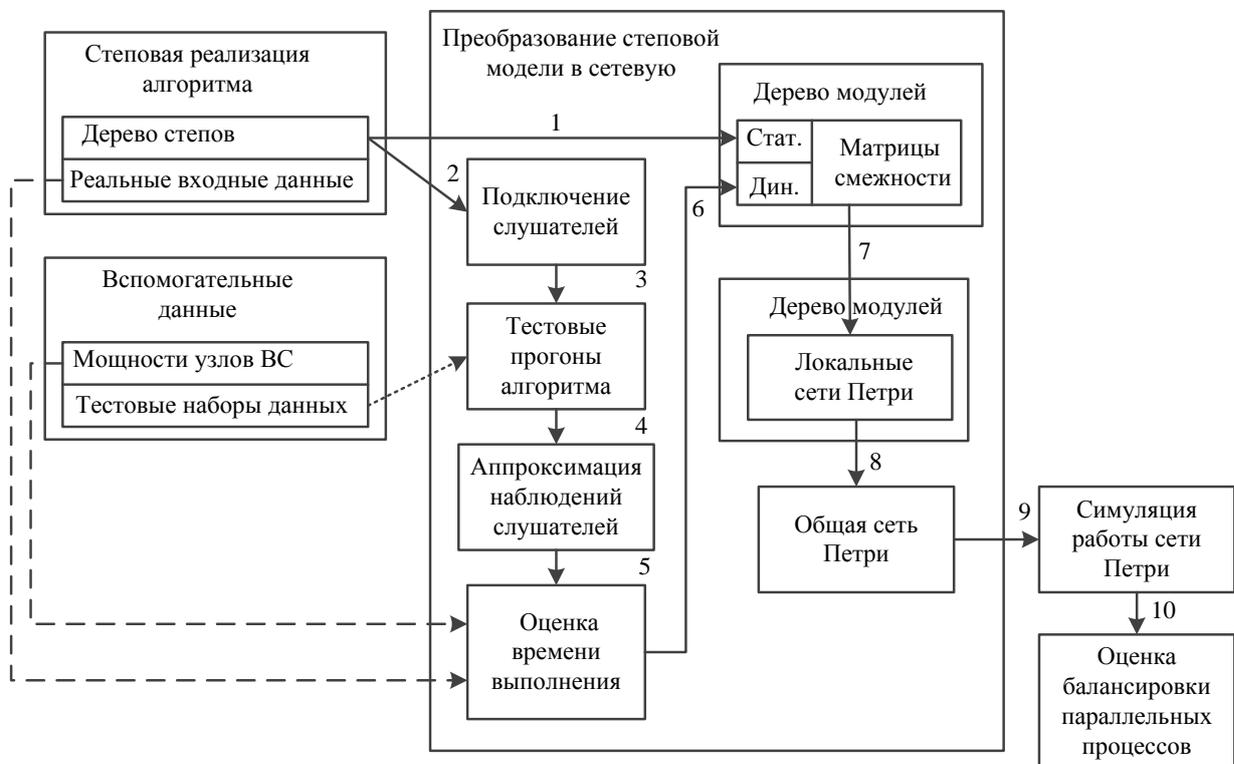


Рис. 1

Для моделирования вычислительной сети должна быть указана информация:

- вычислительные мощности всех узлов вычислительной сети;
- вычислительная мощность тестовой локальной машины, на которой будут производиться тестовые замеры времени.

В качестве вспомогательного средства для преобразования блоковой (ступенчатой) структуры алгоритма вводится понятие «модуль». Модуль – это сущность, которая сопоставлена отдельному блоку алгоритма и которая обеспечивает построение, наполнение параметрами и поддержку локальной сети Петри, моделирующей конкретно данный блок. В целом для блоковой структуры строится промежуточное дерево вложенных друг в друга

модулей, каждый из которых ссылается на свой блок. Для развернутой иерархии блоков существует копирующая ее иерархия модулей, т. е. простой модуль соответствует простому блоку, а циклический модуль – циклическому блоку.

Каждый модуль содержит в себе матрицы смежности – объект, в который модуль накапливает всю статическую и динамическую информацию, собранную от своего блока. На основе матриц смежности в каждом модуле легко строятся локальные сети Петри, которые полностью определены и готовы к работе. Матрицы смежности содержат информацию о существующих дугах, которые связывают позиции с переходами и, наоборот, переходы с позициями, а также некоторые дополнительные сведения. Хранимые данные можно разбить на две категории.

1. Статические данные:

- элементы и их фиксированные связи в сети Петри;
- количество позиций, их названия;
- количество переходов, их названия;
- список дуг, связывающих позиции с переходами, с указанием порядков дуг;
- список дуг, связывающих переходы с позициями, с указанием порядков дуг.

2. Динамические данные:

- временные и стохастические параметры элементов СП;
- время (среднее математическое значение, стандартное отклонение, минимальное возможное значение) в срабатывании переходов.

Статистические данные берутся из структуры моделируемого алгоритма при построении по нему сети Петри. Динамические данные определяются экспериментально (подробнее об этом см. далее).

На этапе 1 преобразования (рис. 1) на базе дерева блоков строится отражающее его дерево модулей, и модули получают ссылки на соответствующие блоки. После чего из блоков алгоритма в матрицы смежности извлекаются данные о статической составляющей блоков. Например, для последовательности `SequenceOfSteps` определяется ее размер и задается количество позиций, переходов и связей между ними.

На этапах 2–6 выполняется определение динамических характеристик всех блоков. Полученные характеристики также добавляются в матрицы смежности в модулях.

На этапе 7 по матрицам смежности во всех модулях строятся локальные сети Петри, которые объединяются в одну единую сеть на этапе 8. Каждый модуль, если он не является простым, может содержать несколько вложенных модулей. Каждый вложенный модуль соответствует некоторому сложному переходу в локальной сети Петри. При объединении локальных сетей в общую происходит рекурсивный обход дерева модулей снизу вверх. Из каждого модуля извлекается его локальная сеть Петри и подставляется вместо сложного перехода в локальную сеть Петри модуля, находящегося на уровень выше. В конце будет получена общая сеть Петри, которая моделирует исходный параллельный алгоритм.

На этом преобразование блоковой модели в сеть Петри окончено, и далее следуют этапы 9–10, на которых определяются требуемые характеристики балансировки.

При моделировании необходимы динамические характеристики выполнения блоков алгоритма (например, время выполнения, вероятности перехода по условиям и т. п.). Определять такие характеристики можно двумя способами:

- явно указав перед началом моделирования для каждого шага алгоритма;
- экспериментально вычислить, запустив каждый шаг алгоритма на заданном наборе данных и заданных настройках на локальном компьютере.

Первый подход требует экспертных знаний об алгоритме и его работе. Такие знания часто недоступны без предварительного анализа и моделирования алгоритма. Поэтому более интересным представляется второй подход – экспериментальный.

На рис. 2 показаны основные этапы процесса получения временных и вероятностных характеристик экспериментальным путем.

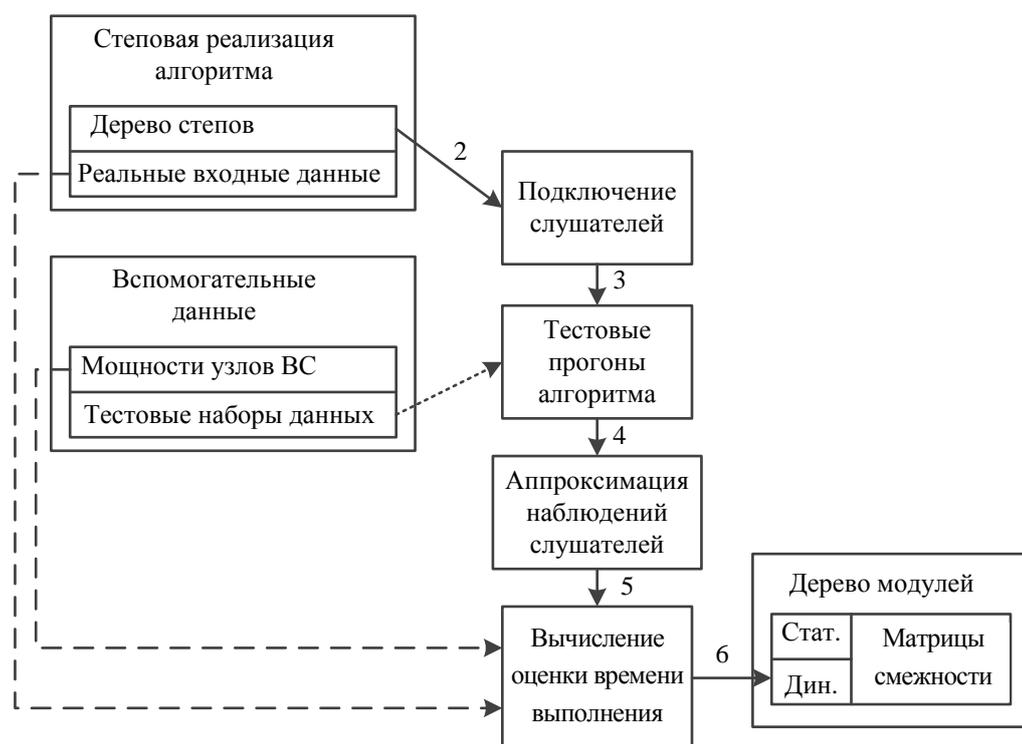


Рис. 2

На этапе 2 идет подключение слушателей к блокам алгоритма. Каждый блок имеет заранее определенный перечень слушателей. Слушатели могут фиксировать время выполнения операций блока и вести статистику переходов в операторах ветвления, например, для рис. 3 слушатель Б может измерять общее количество переходов в программе к данному циклу, а слушатель Г измерит, сколько раз фактически выполнялось тело цикла. Используя эти данные, можно определить вероятность переходов к телу цикла или выхода из цикла.

После того как все слушатели подключены, следует этап 3, когда алгоритм выполняется на тестовых данных – тестовый прогон. Для этого используется исходная блоковая модель, которая модифицируется так, чтобы параллельный блок содержал одну ветвь, т. е. алгоритм принудительно приводится к последовательному варианту. Алгоритм выполняется на локальной машине, для которой известна производительность (берется из вспомогательных данных). Локальная машина будет обеспечивать оценочную систему экспериментальными данными времени выполнения шагов.

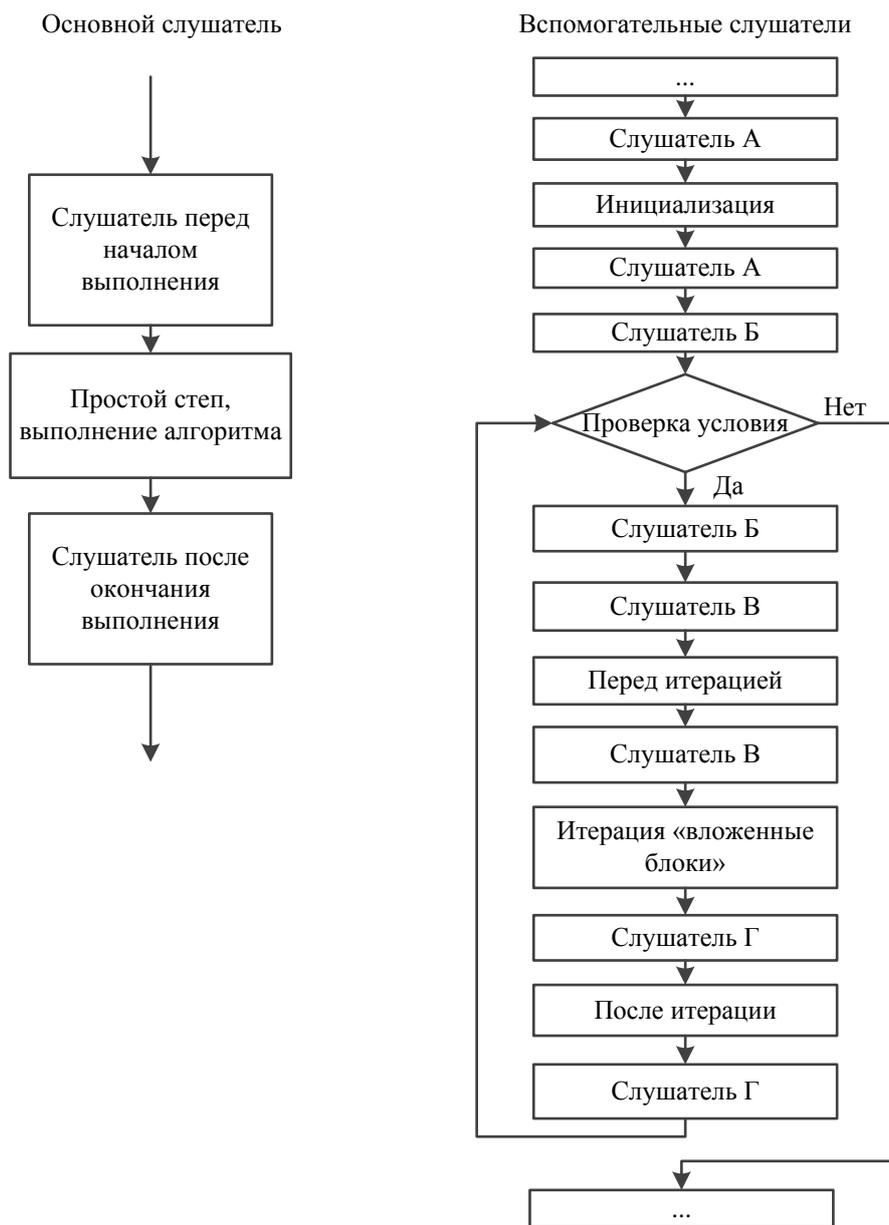


Рис. 3

Осуществляется несколько тестовых прогонов алгоритма. Из вспомогательных данных берутся тестовые наборы данных различного объема, подаются на вход алгоритму, и он обрабатывает их на локальной машине. Данные в этих наборах подбираются так, чтобы были задействованы все ветви алгоритма в параллельном шаге. В результате каждого прогона работают все блоки, которые оповещают своих слушателей, и слушатели формируют статистику значений времени работы шагов. Эта статистика представлена на рис. 4.

Для каждого тестового набора  $i$  известен его объем данных  $x_{\text{test } i}$ . Слушатели после окончания экспериментов будут содержать замеры времени выполнения  $y_{\text{samples } i}$ , которые являются размытыми относительно некоторого среднего значения данными, другими словами «зашумлены».

На этапе 4 следует аппроксимация значений шагов, это означает то, что строится полиномиальная или линейная аппроксимирующая функция  $F_{\text{approx}}$  зависимости времени выпол-

нения шага и его частей от размера входных данных  $x_{size}$ . Конкретный тип функции аппроксимации выбирается в зависимости от типа блока. Например, в циклическом блоке, если количество итераций определяется количеством векторов, то аппроксимация для тела цикла будет линейной, а если количество итераций определяется количеством атрибутов, которое в тестовых прогонах не меняется, то аппроксимация для тела цикла будет квадратичной.

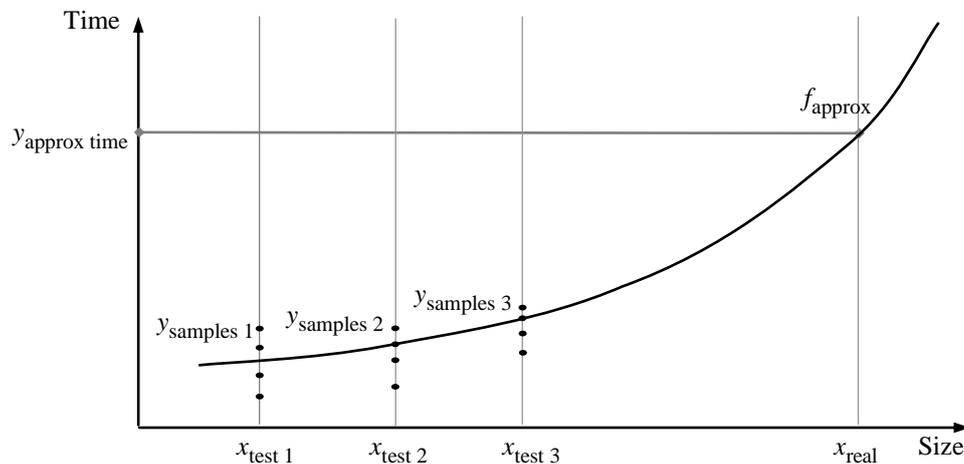


Рис. 4

На этапе 5 идет вычисление оценки времени выполнения шага для реального количества данных. Для этого в функцию аппроксимации  $F_{approx}$  в качестве аргумента подставляют реальные размеры данных  $x_{real}$  и получают оценку времени  $y_{approx\ time}$ .

Однако аппроксимированная оценка времени была получена для локальной машины, на которой производились эксперименты, тогда как требуется оценка времени выполнения шагов на узлах вычислительной сети, с другими производительностями.

Введем две формулы

$$v_{real} = \frac{V}{t_{real}}, \quad v_{test} = \frac{V}{t_{test}},$$

где  $v_{real}$  и  $v_{test}$  – производительность узла вычислительной сети и локальной машины соответственно;  $V$  – объем обработанных алгоритмом данных,  $t_{real}$  и  $t_{test}$  – время выполнения шага на узле вычислительной сети и на локальной машине соответственно. Это позволяет выразить предполагаемое время выполнения шага на узле через время, полученное тестовым путем после аппроксимации:

$$V = v_{real} \cdot t_{real} = v_{test} \cdot t_{test}, \quad t_{real} = t_{test} \cdot \frac{v_{test}}{v_{real}} = t_{test} \cdot \alpha.$$

Для этого достаточно умножить аппроксимированное время выполнения на коэффициент, равный отношению производительностей локальной машины и вычислительного узла сети:

$$\alpha = \frac{V_{\text{test}}}{V_{\text{real}}}.$$

На указанный коэффициент умножается время, полученное для степов, вложенных в каждую из ветвей параллельного шага алгоритма. Для каждой ветви будет свой коэффициент  $\alpha$ , зависящий от того, на каком узле будет выполняться данная ветвь.

На последнем этапе б полученные значения времени выполнения добавляются в качестве динамической составляющей в матрицы смежности в каждом модуле. Также туда добавляются и вероятностные параметры различных операторов ветвления, рассчитанные на основе наблюдений слушателей.

После того как была построена сеть Петри, моделирующая алгоритм, можно переходить к определению параметров балансировки. Осуществляется это путем запуска работы сети Петри, симулирующей работу исходного алгоритма на реальных входных данных, и анализом получившихся результатов.

Работа сети Петри начинается с установки маркера в начальную позицию, далее идет последовательность сработавших переходов, изменяющих маркировку сети, и успешно завершается, когда во всех позициях, кроме последней, не осталось маркеров. По ходу работы сети пишется история работы. Она состоит из последовательности событий, разделенных временными промежутками.

Каждое событие состоит из запуска одних переходов (сопровождается съемом входных маркеров) и останова других переходов (сопровождается отдачей выходных маркеров), а также временного интервала. В течение этого интервала состояние сети после наступления события неизменно. Это значит, что наступило событие, запустившее переходы, и некоторое время после него ничего не происходит. Когда временной интервал заканчивается, заканчивают работу некоторые переходы и наступает следующее событие.

Когда будет проведена симуляция работы, то по полученной истории работы можно анализировать загруженность разных узлов при заданном распределении входных данных.

Вычислительная нагрузка на узлы зависит от времени фактической работы процесса в течение общего времени работы шага. Все узлы имеют вычислительный ресурс – процесс, который может находиться либо в неактивном состоянии простоя, либо выполнять параллельную часть алгоритма.

Если оперировать историей работы, то в ней для каждого события задана маркировка после запуска переходов, иными словами, после наступления данного события. По этой маркировке для каждого процесса возможно определить, будет ли маркер находиться в позиции простоя после наступления данного события. Если позиция пуста после события, то продолжительность события добавляется в общее время загруженности процесса. При этом рассматриваются только те события, которые случились во время работы параллельного шага, т. е. между срабатываниями переходов `fork` и `join`. В конце полученное время работы  $t_i$  отдельного процесса  $i$  делится на общее время работы параллельного шага  $t_{\text{parallel}}$  и получается степень загруженности узла  $B_i$ :

$$B_i = \frac{t_i}{t_{\text{parallel}}}$$

Получив степень загруженности всех узлов, можно будет получить  $\beta$  – среднюю загрузку узлов по формуле

$$\beta = \sum_{i=0}^N \frac{v_i}{v} B_i, \quad v = \sum_{i=0}^N v_i,$$

где  $N$  – количество узлов в вычислительной сети;  $v_i$  – производительность  $i$ -го узла вычислительной сети;  $v$  – сумма производительностей всех узлов вычислительной сети;  $B_i$  – степень загруженности  $i$ -го узла вычислительной сети.

В данной статье был описан подход оценки сбалансированности нагрузки выполнения алгоритмов анализа на основе их моделирования сетями Петри. Формирование алгоритма на принципах блоковой структуры [1] позволяет автоматически построить по ней сеть Петри. Запуск алгоритма на тестовых данных позволяет получить динамические характеристики алгоритма и, таким образом, более точно смоделировать его работу. Расчеты на основании данных, полученных в результате моделирования, позволяют оценить загруженность узлов. Это, в свою очередь, позволяет более правильно распределить анализируемые данные и за счет балансировки нагрузки повысить эффективность параллельного выполнения алгоритмов интеллектуального анализа данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холод И. И., Каршиев З. А. Параллелизация алгоритма Naïve Bayes на основе блочной структуры. // Сб. докл. XV Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2012, Санкт-Петербург, 25–27 июня, 2012. Т. 1. С. 182–185.
2. Холод И. И. Способы параллелизации алгоритмов интеллектуального анализа // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. Вып. 9. С. 39–47.

*I. I. Kholod, R. E. Shcolniy*

#### *MODELING CONCURRENCY DATA MINING ALGORITHMS*

*This paper describes an approach to the scaled-down modeling of intelligent analysis algorithms, to analyze the balance of the load on the CPU. The approach involves the construction of Petri nets based on the block structure of the algorithm, experimental measurement of the individual blocks and the subsequent modeling of the parallel algorithm.*

**Data Mining, parallel algorithms, load balancing, Petri nets**

УДК: 20.53.19, 28.23.13

*З. А. Каршиев, И. А. Голубев, К. А. Прохоренко*

### **ОЦЕНКА УСКОРЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

*Описывается предлагаемый подход оценки эффективности и ускорения для блочной структуры алгоритмов интеллектуального анализа. Подход основан на экспериментальном измерении отдельных блоков и последующем вычислении эффективности и ускорения на основе анализа структуры алгоритма.*

**Интеллектуальный анализ, параллельные алгоритмы, эффективность, ускорение**

На сегодняшний день существует большое количество методов и алгоритмов для интеллектуального анализа данных. Для того чтобы процесс анализа происходил быстрее,

производится перенос алгоритмов на распределенные системы и/или их распараллеливание. В данной статье описывается подход оценки ускорения и эффективности параллельных алгоритмов интеллектуального анализа данных (ИАД), основанный на экспериментальном измерении выполнения отдельных блоков алгоритма и анализе его структуры.

Любой алгоритм ИАД можно построить из отдельных блоков [1]. Очевидно, что замерив время отдельных блоков, можно определить время всего алгоритма. Для этого необходимо правильно учитывать выполнение в алгоритме каждого блока: по условию, в цикле или параллельно. Можно выделить следующие этапы оценки ускорения и эффективности параллельного выполнения алгоритмов ИАД:

- 1) экспериментальное измерение времени выполнения каждого блока алгоритма при его выполнении на тестовых данных;
- 2) анализ структуры алгоритма, входящих в него блоков и построение функции вычисления времени работы алгоритма;
- 3) вычисление времени выполнения алгоритма и оценки ускорения и эффективности.

Для экспериментального измерения времени для каждого блока алгоритма необходимо определять время начала и время окончания его выполнения. При этом необходимо учитывать, что каждый блок может иметь составные части, время выполнения которых необходимо измерить. Замер времени работы блоков алгоритма осуществляется на основе концепции слушателей.

Для каждого блока алгоритма создается слушатель, который подписывается на определенные его события. Слушатель представляет собой структуру, сохраняющую время работы каждой части алгоритма, т. е. время от «до выполнения части X» до «после выполнения части X». Структура устроена так, чтобы фиксировать время до части блока X непосредственно перед ее выполнением и время после X сразу после завершения ее работы. Время работы части X является разностью между временем конца и временем начала ее работы.

Кроме времени, слушатель хранит количество вхождений в блок, т. е. количество его полных выполнений. Это необходимо для того, чтобы правильно оценить время работы данного блока в составе алгоритма с учетом его вхождения в условные блоки (где возможны невыполнения блоков) и в циклы (где блоки выполняются многократно).

В зависимости от типа блока в него входят различные части, измеряемые слушателями. Простой блок сам по себе является измеряемой частью и имеет два события (начало и окончание его работы), на которые подписываются слушатели. У каждого сложного блока свой набор измеряемых частей:

- 1) циклический блок имеет следующие измеряемые части:
  - инициализации цикла;
  - проверка условия выхода из цикла;
  - действие перед итерацией;
  - действие после итерации;
- 2) условный блок имеет проверку условия;
- 3) блок распараллеливания по данным имеет:
  - разделения данных (split);
  - объединения результатов работы параллельных ветвей (join).

Все сложные блоки имеют также в наборе события простого блока и подписываются на окончание своей работы. Это необходимо для того, чтобы учесть количество выполнений каждого блока во время работы алгоритма.

Время работы вложенных последовательностей сложных блоков не учитывается в них самих, так как у этих последовательностей есть свои слушатели, сохраняющие время.

Существуют особые слушатели для циклических блоков. Кроме всей вышеперечисленной информации, они хранят количество итераций, произведенных за время работы алгоритма на тестовых данных, а также, как и все слушатели сложных блоков, они имеют вложенные последовательности слушателей. Каждый новый слушатель создается в соответствии с типом блока алгоритма для простоты последующего определения функции вычисления полного времени его работы. Получаемая структура, в которой хранятся все подписанные слушатели, является древовидной и полностью повторяет структуру блоков алгоритма.

После запуска алгоритма и выполнения его блоков с помощью слушателей собирается информация о времени выполнения каждой части блоков алгоритма и количестве раз его выполнения. На основании собранной информации должно вычисляться время всего алгоритма. Для этого должна быть построена формула вычисления времени на основе анализа структуры алгоритма. Такой анализ можно провести, опираясь на блочную структуру алгоритма.

Алгоритм представляет собой последовательность разных блоков. Таким образом, время его выполнения является суммой времен каждого блока:

$$T_{\text{alg}} = \sum_1^n t_{bi}.$$

Блоки, входящие в алгоритм, могут быть разных типов и, соответственно, по-разному будут вычисляться времена их выполнения.

Время выполнения простого блока принимается как усредненное время, вычисленное для блока экспериментальным путем при  $n$  раз выполнения данного блока:

$$t_s = \frac{\sum_1^n t_i}{n}.$$

Для сложных блоков алгоритма учитывается их структура и общее время выполнения такого блока. Оно вычисляется исходя из времен элементов, входящих в сложный блок.

Условный блок (if-else) является сложным, имеет вложенные последовательности блоков и состоит из нескольких частей:

- проверка условия ( $t_{\text{cond}}$ );
- время ветви при удовлетворенном условии (TRUE) ( $t_{\text{true}}$ );
- время ветви при неудовлетворенном условии (FALSE) ( $t_{\text{false}}$ ).

Необходимо учитывать, что условный блок может выполняться в алгоритме многократно (выполняться внутри цикла) и при каждом выполнении могут выполняться разные ветви. Для того чтобы учесть это, нужно время выполнения каждой ветви условного блока вычислять с учетом количества выполнения ветви TRUE ( $n_{\text{True}}$ ) и ветви FALSE ( $n_{\text{False}}$ ). Эти параметры ( $n_{\text{True}}$  и  $n_{\text{False}}$ ) вычисляются при экспериментальном прогоне алгоритма

на тестовых данных. Таким образом, среднее время выполнения условного блока вычисляется по формуле

$$t_d = t_{\text{cond}} + \frac{t_{\text{true}} \cdot n_{\text{True}}}{(n_{\text{True}} + n_{\text{False}})} + \frac{t_{\text{false}} \cdot n_{\text{False}}}{(n_{\text{True}} + n_{\text{False}})}.$$

**Блок параллельных вычислений** включает в себя подготовку данных и параллельных ветвей, состоящих из последовательности блоков, а также ожидания окончания работы ветвей и слияние результатов выполнения каждой из них, при необходимости. Блок распараллеливания по данным можно разбить на несколько частей:

- разделение данных по параллельным ветвям и их запуск ( $t_{\text{split}}$ );
- время работы самой медленной параллельной ветви ( $t_{\text{br.i}}$ );
- время объединения данных ( $t_{\text{join}}$ ).

Таким образом, время выполнения параллельного блока может быть рассчитано по формуле

$$t_p = m \cdot t_{\text{split}} + \max_{0 \leq i \leq m} (t_{\text{br.i}}) + m \cdot t_{\text{join}}.$$

Время работы параллельной ветви ( $t_{\text{br.i}}$ ) является временем работы вложенной последовательности блока распараллеливания по данным, т. е. рассчитывается сложением времени выполнения блоков этой последовательности. В блоке распараллеливания по данным выполняется их разделение на  $m$  параллельных ветвей и объединение результатов от этих же ветвей, поэтому времена разделения ( $t_{\text{split}}$ ) и объединения данных ( $t_{\text{join}}$ ) вычисляются с нормировкой на одну ветвь и зависят от количества параллельных ветвей  $m$ .

Значения времени выполнения частей split и join зависят от типа распараллеливания алгоритма ИАД [2].

Single data single model (SDSM) – используется один источник данных и одна модель на протяжении работы всего алгоритма. Здесь выполняется разделение данных и запуск обработчиков параллельных ветвей ( $t_{\text{split}} = f(m)$ ). Объединения результатов работы не происходит, так как все изменения вносятся сразу в модель ( $t_{\text{join}} = 0$ ).

Single data multi model (SDMM) – используется один источник данных и несколько моделей. При разделении выполняется запуск обработчиков параллельных ветвей ( $t_{\text{split}} = f(m)$ ). При этом каждая параллельная ветвь создает свою модель и время объединения будет зависеть от числа параллельных ветвей ( $t_{\text{join}} = f(m)$ ).

Multi data single model (MDSM) – каждая параллельная ветвь использует свои данные. При разделении выполняется запуск обработчиков параллельных ветвей ( $t_{\text{split}} = f(m)$ ). Объединения результатов не будет из-за внесения изменений прямо в модель ( $t_{\text{join}} = 0$ ).

Multi data multi model (MDMM) – у каждой параллельной ветви своя модель и свои данные. При разделении выполняется запуск обработчиков параллельных ветвей ( $t_{\text{split}} = f(m)$ ). При этом каждая параллельная ветвь создает свою модель и время объединения будет зависеть от числа параллельных ветвей ( $t_{\text{join}} = f(m)$ ).

Циклический блок является сложным составным блоком, имеющим вложенную последовательность блоков. Он разбит на несколько частей, каждая из которых имеет свое время выполнения:

- инициализация цикла ( $t_{\text{init}}$ );
- проверка условия ( $t_{\text{cond}}$ );
- действия до итерации ( $t_{\text{preitt}}$ );
- время итерации ( $t_{\text{itt}}$ );
- действия после итерации ( $t_{\text{postitt}}$ ).

Блок хранит в себе информацию о максимальном количестве итераций  $k$  и значении итератора  $i$ . Формула времени выполнения блока выглядит следующим образом:

$$t_c = t_{\text{init}} + t_{\text{cond}} + k * (t_{\text{preitt}} + t_{\text{itt}} + t_{\text{postitt}} + t_{\text{cond}}).$$

Время проверки условия  $t_{\text{cond}}$  учитывается в формуле  $(k + 1)$  раз, так как реализован цикл с предусловием, где условие проверяется после инициализации для принятия решения о входе в тело цикла, а не только в самом теле. Время итерации  $t_{\text{itt}}$  является временем работы вложенной последовательности циклического блока, т. е. рассчитывается сложением времени выполнения блоков этой последовательности.

Особенностью данного блока является вычисление количества итераций  $k$ . Количество произведенных итераций за время работы алгоритма делится на число вхождений в блок. Так, получается усредненное значение количества итераций. Если цикл имеет постоянное число итераций, на этом вычисления заканчиваются. Если же количество итераций – величина переменная, происходит проверка на равенство вычисленного значения априори известному значению из метаданных – значению переменной.

В интеллектуальном анализе входные данные представляют собой набор векторов некой размерности [3]. Каждый элемент вектора называется атрибутом. Атрибут может иметь несколько значений или быть численным и иметь бесконечное множество значений. В первом случае атрибут имеет категориальный тип и может быть причислен к одной из категорий. Во втором случае значения делятся на конечное число диапазонов, которые играют роль категорий. Алгоритмы работают не с вектором целиком, а с его атрибутами, анализируя их.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что время выполнения алгоритмов ИАД будет зависеть не только от объема входных данных, но и от их содержания.

Основными переменными величинами будут:

- количество векторов ( $n\text{Vectors}$ );
- количество атрибутов в векторе (размерность) ( $n\text{Atr}$ );
- мощность множества возможных значений по всем атрибутам ( $n\text{AtrValues}$ ).

Алгоритмы ИАД обрабатывают каждый вектор набора данных. Возникает задача перебора всех векторов, атрибутов и их значений. Такой перебор традиционно реализуется с помощью циклов, максимальным числом итераций в которых становятся количество векторов ( $n\text{Vectors}$ ), количество атрибутов ( $n\text{Atr}$ ) и количество значений атрибута ( $n\text{AtrValues}$ ). Первые две переменные в процессе вычисления времени работы алгоритма будут иметь установленные значения, взятые из метаданных, они не изменяются в процессе работы алгоритма. Переменная  $n\text{AtrValues}$  может изменяться в процессе работы, так как для каждого атрибута она будет равна мощности множества его значений. Поэтому в

процессе вычисления функции времени работы алгоритма значение этой переменной будет усредненным по всем рассматриваемым атрибутам. Поскольку целью оценки эффективности является определение ускорения и эффективности алгоритма, а не точного времени его работы – такое усреднение вполне допустимо, и может осуществляться как в последовательном, так и в параллельном алгоритме.

Кроме циклов с заранее известным количеством итераций (по векторам, атрибутам, значениям и т. п.), существуют циклы, в которых количество итераций определяется некоторым условием и заранее неизвестно. Для таких циклов в расчетах будет браться усредненное количество итераций. Усредненное значение будет вычисляться на основе экспериментально полученных данных для цикла при прогоне алгоритма на тестовых данных.

Таким образом, оценки алгоритмов могут зависеть от объема входных данных (количества векторов) и от характеристик входных данных (количества атрибутов и их значений). Для параллельных алгоритмов также немаловажным будет количество параллельных ветвей, играющее роль в распределении данных и их слиянии.

После формирования формулы для каждого блока, входящего в алгоритм, и экспериментальной оценки его частей и блоков, входящих в него, выполняется оценка ускорения. Для этого изначально вычисляется последовательная версия алгоритма  $t_1$  (без параллельных блоков), а затем – оцениваемая параллельная версия алгоритма  $t_{n\text{Threads}}$ . Исходя из этого ускорение будет рассчитано как отношение

$$S_p = \frac{t_1}{t_m},$$

а ускорение по формуле

$$E_p = \frac{S_p}{m}.$$

По описанным ранее этапам процесса оценки можно выделить несколько компонентов, необходимых для полноценной работы системы автоматической оценки алгоритмов.

Первым запускается механизм слушателей, собирающий время работы блоков алгоритма, далее идет обработка полученных результатов и построение функции вычисления времени выполнения алгоритма, после идет вычисление значений функции с установленными значениями переменных. Схема работы компонентов с входными и выходными параметрами представлена на рисунке.



Для оценки алгоритма необходимо получить его блоковую структуру, настройки, а также тестовые входные данные. На основании этих трех входных объектов строится структура слушателей, повторяющая структуру алгоритма. Слушатели подписываются на события блоков алгоритма и собирают информацию о времени их выполнения при прогоне тестовых данных. Структура слушателей, заполненная данными о времени, передается

в блок построения функции времени, где строится функция вычисления времени с учетом всех полученных значений. После построения функция передается в блок вычисления функции. Его задача состоит в вычислении значения функции при указанных значениях переменных, ускорения и эффективности. Таким образом, используя блоковую структуру алгоритма ИАД, тестовые выполнения алгоритма на тестовых данных, можно автоматизировать процесс оценки параллельной версии алгоритма ИАД, построенного на базе тех же блоков, что использовались при тестовом выполнении.

Предложенный в статье метод позволяет автоматизировать вычисление оценки ускорения и эффективности выполнения параллельных алгоритмов ИАД. Это, в свою очередь, дает возможность продолжить исследование в направлении самоадаптации параллельной структуры алгоритмов ИАД в зависимости от анализируемых данных и имеющейся среды выполнения алгоритмов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холод И. И., Каршиев З. А. Параллелизация алгоритма Naïve Bayes на основе блочной структуры // Сб. докл. XV Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2012, Санкт-Петербург, 25–27 июня 2012. Т. 1. С. 182–185.
2. Холод И. И. Способы параллелизации алгоритмов интеллектуального анализа // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. Вып. 9. С. 39–47.
3. Холод И. И. Унифицированная модель Data Mining // Сб. докл. XV Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2012, Санкт-Петербург, 25–27 июня 2012. Т. 1. С. 237–240.

Z. A. Karshiyev, I. A. Golubev, K. A. Prokhorenko

#### EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ACCELERATION AND PARALLEL EXECUTION DATA MINING ALGORITHMS

*This paper describes the proposed approach and evaluate the effectiveness of acceleration of the block structure mining algorithms. The approach is based on the experimental measurement of the individual blocks and the subsequent calculation of the efficiency and acceleration based on the analysis of the structure of the algorithm*

**Data Mining, parallel algorithms, performance, acceleration**

УДК: 28.23.13

*А. С. Кудрявцев, М. С. Курпьянов, В. К. Шмидт*

### **ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЦЕН ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ**

*Представлена система отображения и наблюдения в трехмерном виде пространственных сцен для тренажеров подводных аппаратов. Рассматриваются проблемы, возникающие при построении подобной системы. Предлагаются решения этих проблем на основе добавления вспомогательных трехмерных объектов. Описываются основы архитектуры реализованной системы.*

**Тренажеры, подводные аппараты, компьютерная графика, трехмерные сцены, проблемы восприятия трехмерных сцен**

Одной из важнейших функций современных информационно-управляющих систем (ИУС) является функция обучения и тренировки персонала.

В существующих ИУС представление подводной обстановки не обладает наглядностью. В лучшем случае это картографическая информация, отображающая подводную сцену в двумерном представлении (рис. 1 – пульт ИУС) [1]. Также следует отметить, что

ИУС, являясь инструментом обучаемого экипажа, не дает полной картины подводной обстановки. Для руководителя тренировок нужна система, дающая всю информацию о подводной обстановке.

Производительность современных вычислительных комплексов в настоящее время позволяет синтезировать изображение трехмерной сцены в реальном времени. В связи с этим появилась возможность в состав ИУС включать систему отображения и наблюдения (СОН) для проведения тренировок личного состава. Включение в состав ИУС подобной подсистемы позволяет отображать информацию для руководителя тренировки в наглядном виде (рис. 2 – трехмерное представление подводной сцены, формируемое СОН), а это, в свою очередь, повышает оперативность и точность оценки действий экипажа.

**Проблемы отображения и восприятия.** Основное требование к СОН – наглядное представление положения динамических объектов в пространстве подводной сцены, адекватность и оперативность формируемого изображения, а также наличие инструментов и приемов, позволяющих оперативно получать сведения о пространственном положении объектов.



Рис. 1

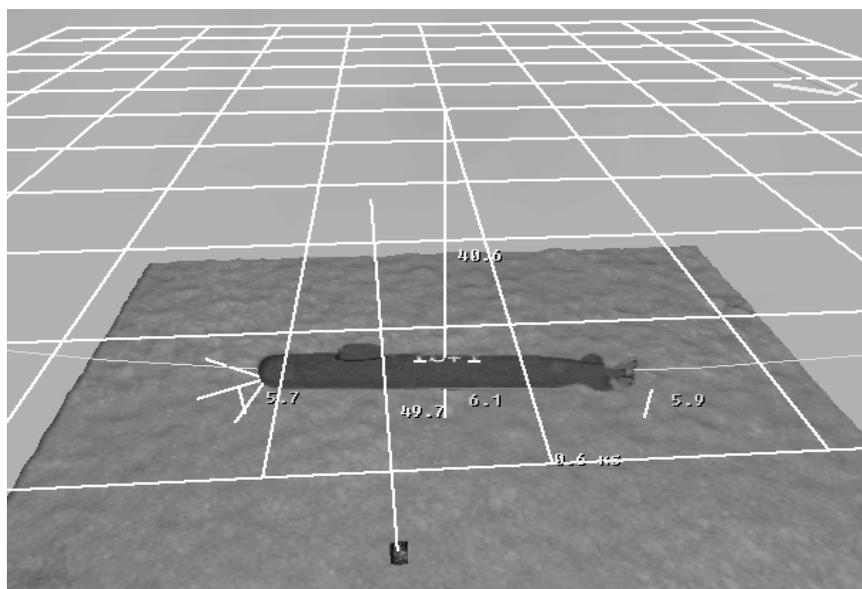


Рис. 2

Для того чтобы обеспечить наглядность, необходимо решить проблему восприятия трехмерной сцены по двумерному изображению на экране, а также проблему большого динамического диапазона.

Проблема восприятия трехмерной сцены по двумерному изображению на экране заключается в том, что по двумерному изображению в ряде случаев нельзя достоверно установить третью координату. Частично эта проблема решается за счет наличия динамики в

отображаемой сцене. При перемещении объектов в сцене и точки наблюдения достаточно легко получить представление о пространственном положении объектов. Дополнительным решением этой проблемы является предложение ввести в СОН линии отстояния объектов от морского дна и от поверхности моря (на рис. 2 линии отстояния от центра подводного аппарата).

Проблему большого динамического диапазона можно продемонстрировать двумя примерами. Первый пример заключается в том, что большое различие размеров объектов в пространстве приводит к большому различию размеров объектов на экране (рис. 3 – подводный аппарат ( $O_1$ ) и объект поиска – авиабомба ( $O_2$ )).

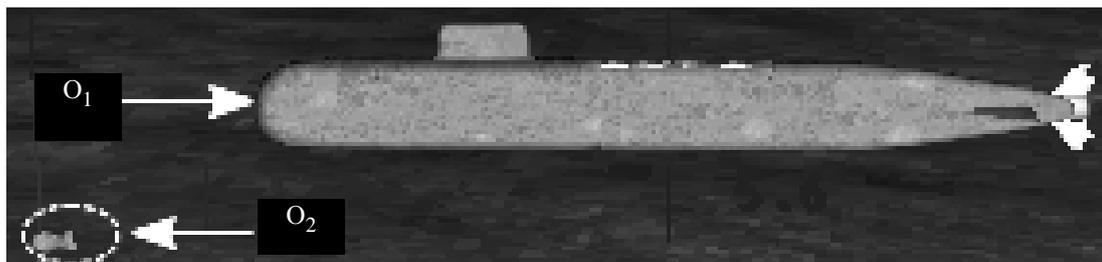


Рис. 3

Второй пример – большие расстояния между объектами приводят к малым размерам объектов на экране.

Проблема большого динамического диапазона решается при помощи введения ограниченного пространства (так называемая сота). Внутри соты все объекты отображаются в трехмерном виде. За пределами соты объекты удалены от наблюдателя на значительное расстояние, и малый размер проекции этих объектов на экран в большинстве случаев не позволит даже увидеть эти объекты. Поэтому за пределами соты трехмерные изображения объектов заменяются пиктограммами, соответствующими типу этих объектов.

**Организация программного описания пространственной сцены.** СОН имеет дело с множеством достаточно сложных объектов. Возникает два вопроса: как описывать объекты и как представлять множество таких объектов. Основные графические API (OpenGL, DirectX) предоставляют минимум основных примитивов, позволяя самостоятельно конструировать из них более сложные объекты. Можно рассматривать объекты из базового набора как сущности, из которых строится модель.

Для отображения сцены приложение должно иметь описание сцены. Если такое описание неструктурировано и представляет собой простой массив элементов, описывающих геометрические примитивы, то затрудняется применение методов повышения эффективности рендеринга, например кэширования, а также усложняется поиск объектов. Поэтому современные системы включают средства структуризации сцены. Наиболее простым и естественным принципом структуризации является иерархический, при котором отдельные примитивы, имеющие пространственную или функциональную близость, образуют группы, в свою очередь, объединяющиеся в группы более высокого уровня, и т. д. [2]. Применение иерархического принципа структуризации сцены восходит к графическому стандарту PHIGS. Этот же принцип был положен в основу графических библиотек Open Inventor и Java3D. На этом же принципе может быть построена СОН. Иерархическая

сцена представлена в виде графа – дерева, терминальные узлы (листья) которого – объекты, описывающие геометрические примитивы и устанавливающие режимы рендеринга примитивов. Кроме того, в граф включаются объекты, задающие общие условия рендеринга (камера и источники света).

Описанная в графе сцена отображается на экран средствами рендеринга OpenGL, применяемого к графу сцены. Отображение сцены сводится к обходу графа в соответствии с иерархией (от корня к листьям). С этой точки зрения граф сцены можно трактовать как непроцедурное представление программы на OpenGL, а его обход при рендеринге – как выполнение этой программы.

Данные объектов хранятся в полях, которые представляют собой не просто переменные, а объекты, инкапсулирующие методы для установки и извлечения значений. Имеется возможность связывать поля направленной связью так, чтобы значение одного поля в случае его изменения передавалось в другое.

Граф сцены составляет базу данных сцены. Порядок наполнения базы данных может быть произвольным. Ее можно наполнять «вручную», конструируя объекты и включая их в иерархию, а можно загружать из файла. Базу в любой момент можно редактировать: добавлять и исключать объекты, связывать их друг с другом или модифицировать. В результате визуальный образ сцены всегда соответствует состоянию базы данных, редактируя которую определенным образом, можно получить эффект анимации.

СОН имеет набор готовых средств интерактивного взаимодействия, базирующихся на структурном описании сцены и реализующих обратную связь через частичное редактирование сцены, создавая тем самым эффект анимации. С помощью этих средств пользователь может выбирать ракурс и масштаб изображения. Интерактивное взаимодействие реализуется обработчиками событий – объектами, включенными в граф сцены.

Следует выделить особенности СОН по сравнению с распространенными системами Open Inventor и Java3D, построенными на том же иерархическом принципе.

В первую очередь это возможность создания нескольких видов отображения сцены. В программе реализовано три вида: 3D-вид, сота, карта. Эта возможность реализуется с помощью узлов-вилки, которые в зависимости от текущего вида выполняют обход графа только по одной из своих веток.

Два обхода графа, используемые в СОН, позволяют разделить операции обновления и отображения сцены. Это препятствует рассогласованию информации (например, координат) и обеспечивает синхронизированные данные в полях узлов на момент отображения сцены.

В отличие от универсальных библиотек Open Inventor и Java3D, СОН помимо графических примитивов имеет в своем базовом наборе специализированные узлы для подводной сцены (рельеф дна, поверхность моря, линии отстояния от дна и от поверхности моря и т. п.). Разработчик приложения может расширить предлагаемый набор, создав собственный класс объектов. При этом разработчику предоставлена возможность наследовать реализации уже существующего класса, объединять в себе несколько объектов, а также применять различные вспомогательные операции, например поиск в графе объекта по пути, имени или типу.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы. Система отображения по своей организации универсальна и инвариантна к характеру акватории, моделируемой сцене и типам подводных аппаратов. При использовании этой системы в новых проектах изменения вносятся только в модели трехмерных объектов.

Рассмотренная система отображения и наблюдения активно используется в процессе тренировки экипажей подводных аппаратов в составе двух тренажерных комплексов. Восприимчивость данной системы в тренажерных комплексах позволяет сделать заключение о необходимости СОН в составе ИУС подводных аппаратов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копанев А. А., Музыченко О. Н. Перспективы развития БИУС для кораблей малого и среднего водоизмещения на базе системы «Требование-М» // Морская радиоэлектроника. 2002. № 2.
2. Эйнджел Э. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL. 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. 592 с.

*A. S. Kudryavcev, M. S. Kupriyanov, V. K. Schmidt*

#### *CONSTRUCTION OF SYSTEM OF OBSERVATION AND SUPERVISION OF SPATIAL SCENES FOR SIMULATORS OF UNDERWATER VEHICLE*

*The system of observation and supervision in a three-dimensional kind of spatial scenes for simulators of underwater vehicles is submitted. The problems arising at construction of similar system are examined. Solutions of these problems are offered on the basis of addition of auxiliary three-dimensional objects. Bases of architecture of the realized system are described.*

**Simulators, underwater vehicles, computer graphics, three-dimensional scenes, perception problems of three-dimensional scenes**

УДК 519.87

*Д. А. Анисимов*

### **МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ**

*Рассматриваются методы построения систем автоматизированного проектирования на основе технологии веб-сервисов. Приводится описание реализации программного обеспечения распределенной системы автоматизации схемотехнического проектирования.*

**Системы автоматизации схемотехнического проектирования, веб-технологии, веб-сервисы, сервис-ориентированная архитектура, распределенные системы**

Одной из основных задач в области информационных систем является внедрение в системы автоматизированного проектирования веб-технологий, что позволяет реализовать построение систем автоматизированного проектирования с сервис-ориентированной архитектурой, при которой информационные ресурсы доставляются потребителям посредством сетевых сервисов. При этом в отличие от традиционных САПР распределенная система может состоять из отдельных модулей, функционирующих независимо и взаимодействующих друг с другом посредством одного из SOA-ориентированных протоколов по схеме «запрос – ответ». Поскольку веб-сервисы могут функционировать на более высоком

уровне абстракции, анализируя и обрабатывая типы данных динамическим образом, то отдельным компонентам программного обеспечения предоставляется возможность взаимодействовать более открыто. При использовании универсально описанных интерфейсов появляется возможность использовать программные компоненты повторно, что позволяет снизить трудоемкость разработки САПР и более эффективный возврат инвестиций в программное обеспечение. Учитывая высокую стоимость программного обеспечения современных САПР, указанная возможность имеет большое экономическое значение.

Использование веб-технологий при разработке программного обеспечения систем автоматизированного проектирования позволяет:

- Перейти к технологии описания интерфейсов и взаимодействий на основе XML, объединяя любой тип приложения с другим приложением и предоставляя возможность модификации и развития с течением времени до тех пор, пока сохраняется соответствующий интерфейс.
- Обеспечить взаимодействие между различными сервисами на любой платформе, написанными на любом языке программирования.
- Обеспечивать слабосвязанность программного обеспечения, благодаря которой взаимодействие между приложениями сервиса не нарушается каждый раз, когда меняется дизайн или реализация какого-либо сервиса.
- Предоставлять программному обеспечению сервисный интерфейс без изменения оригинальных приложений.
- Адаптировать существующие приложения к меняющимся условиям проектирования и потребностям пользователя.

Главным достоинством технологии веб-сервисов является возможность их постоянной модификации и расширения путем добавления к ним новых, более эффективных методов. Единственным требованием для реализации таких возможностей является сохранение неизменности выбранного при разработке интерфейса веб-сервиса. Так как концепция распределенных сервис-ориентированных САПР предполагает возможность создания и постоянного совершенствования клиентских приложений программистами, которые не принимали участия в построении программного обеспечения веб-сервисов, все разрабатываемые веб-сервисы должны быть самодокументируемыми. Это означает, что каждый веб-сервис должен включать в себя чисто информационный метод, не имеющий параметров и возвращающий простую строковую переменную. В тексте, связанном с этой переменной, должны содержаться все сведения о методах, обеспечивающих структуру веб-сервиса, с описанием форматов передаваемых им параметров и возвращаемых данных.

При построении систем автоматизированного проектирования с использованием веб-технологий существенное внимание следует уделять правильному разделению функциональных обязанностей, возлагаемых на клиентское приложение и на взаимодействующий с ним веб-сервис. Можно сделать клиентское приложение САПР «тонким», сохранив за клиентом только отправку необработанных исходных данных и отображение окончательных результатов расчета без дополнительной обработки на клиентской стороне. При этом на веб-сервис возлагаются задачи окончательного формирования структуры входных данных, их обработки в соответствии с используемыми алгоритмами расчета и формиро-

вание результатов непосредственно в той форме, которая будет отображаться в клиентском приложении. Возможно, наоборот, сделать клиентское приложение «толстым», возложив на него все задачи формирования и модификации исходных данных, некоторые этапы выполнения расчетных процедур, а также преобразование выходных данных веб-сервиса к требуемой форме, устанавливаемой в процессе диалогового взаимодействия с пользователем. В этом случае веб-сервис выполняет ограниченные функции и для его размещения не требуется мощный сервер, однако разработка клиентского приложения может существенно усложниться. Решение вопросов, связанных с разделением функций, выполняемых клиентским приложением и веб-сервисом, имеет важное значение для выбора наиболее рациональной архитектуры системы автоматизированного проектирования, особенно в случаях использования многоуровневой структуры, при которой один веб-сервис может обращаться в процессе своей работы к другим веб-сервисам.

При практическом построении систем автоматизированного проектирования на основе технологии веб-сервисов возможны следующие способы реализации клиентских приложений:

- приложение консольного типа;
- приложение оконного типа;
- веб-приложение.

*Консольные приложения* не имеют графического интерфейса и запускаются из командной строки любой операционной системы. Несмотря на ограниченные возможности консольных приложений, использование их может оказаться целесообразным для тестирования вновь разработанных веб-сервисов, а также при реализации САПР на основе портативных компьютеров с ограниченной площадью экрана.

*Оконные клиентские приложения* позволяют в полной мере использовать графический интерфейс и наиболее всего подходят для построения САПР на основе технологии веб-сервисов. При этом для одного и того же веб-сервиса может быть построено несколько однотипных приложений с разными возможностями диалогового взаимодействия с пользователем.

*Веб-приложения* позволяют полностью поместить все программное обеспечение распределенной САПР в сети Интернет, при этом вызов веб-сервиса осуществляется из произвольных веб-страниц приложения. Достоинством такой структуры является возможность открытого доступа к использованию САПР через любой браузер, недостатком – увеличение времени, требуемого для ввода описания компонентов моделируемой системы, вызванное необходимостью ожидания ответа на каждом шаге описания исходных данных.

Вне зависимости от вида клиентского приложения вызов веб-сервисов реализуется одинаковым способом, при этом для одного и того же веб-сервиса можно использовать любые разновидности клиентских приложений, написанные на различных языках программирования.

Изложенные принципы построения сервис-ориентированных САПР реализованы путем разработки ряда автономных веб-сервисов, обеспечивающих поддержку процесса схмотехнического проектирования электронной аппаратуры, при этом каждый веб-сервис предназначен для решения одной типовой задачи схмотехнического проектирова-

ния. К таким задачам отнесены расчеты: частотных характеристик линейных систем, стационарного режима нелинейных систем, линеаризованных систем в частотной области, динамических режимов нелинейных систем, чувствительности схемных функций линейных систем к вариации параметров, чувствительности переменных нелинейных систем к вариации параметров. В качестве компонентов моделируемых схем могут быть использованы двухполюсники типа  $R$ ,  $C$ ,  $L$ , линейные частотно-зависимые управляемые источники, нелинейные управляемые источники, трансформаторы, биполярные транзисторы, униполярные транзисторы, операционные усилители, а также задающие источники тока и напряжения.

Кроме основных методов, реализующих вычислительные процедуры типовых задач схемотехнического проектирования, все разработанные веб-сервисы включают в себя вспомогательный метод `getInf()`, не содержащий параметров и возвращающий текстовую строку. В этой строке содержится текст с информацией о назначении и имени основного метода, реализующего решение той или иной типовой задачи, о форматах массивов, описывающих вводимые данные, о директивах расчета. Кроме этого, здесь приводится формат возвращаемого обобщенного массива, в котором содержатся результаты работы основного метода. Вызов метода `getInf()` можно осуществить непосредственно из интегрированной среды разработки клиентского приложения еще до реализации этого приложения. В случае построения клиентского приложения на языке Java необходимая информация обеспечивается путем вызова в интегрированной среде разработки программного обеспечения инструмента `Web Services Explorer`, в котором по URL-адресу веб-сервиса можно получить доступ к Soap-ответу метода `getInf()`. Конверт этого ответа `Soap Response Envelope` содержит отформатированный текст с полной информацией обо всех основных методах, которые могут быть вызваны из выбранного веб-сервиса, включая форматы всех передаваемых и возвращаемых этими методами данных. Аналогичная поддержка для работы с методом `getInf()` обеспечивается также и при создании клиентского приложения на языке C# в среде `Microsoft .Net`.

В целях обеспечения максимальной степени платформенной независимости для программной реализации всех веб-сервисов использован язык Java. Для тестирования разработанных веб-сервисов и проверки возможности их использования в гетерогенных средах построены автономные клиентские приложения, написанные как на языке Java, так и на языке C#. Разработанная распределенная система автоматизации схемотехнического проектирования на основе веб-сервисов была реализована с использованием платформы `WTP (Web Tools Platform)` [лит.]. Сравнительный анализ двух возможных методов построения веб-сервисов Java – восходящего (`Bottom-Up`), когда сначала создается Java-класс веб-сервиса, а затем на его основе генерируется `WSDL`-документ, и нисходящего (`Top-Down`), когда сначала создается требуемый документ `WSDL`, а затем на его основе формируется код реализации веб-сервиса, позволяет сделать вывод, что проектирование веб-сервисов следует выполнять восходящим методом. В этом случае `WSDL`-документ формируется на основании созданного заранее Java-класса, в котором описаны все передаваемые методу веб-сервиса параметры и возвращаемые этим методом значения, при этом вся имеющаяся в Java-классе информация автоматически преобразуется в соответствующий `WSDL`-

документ, содержание которого точно соответствует базовой структуре спецификации WSDL и основным характеристикам вызываемого метода веб-сервиса, что обеспечивает полную достоверность содержащейся в WSDL-документе информации.

При организации работы распределенных систем автоматизированного проектирования особенно актуальными являются вопросы повышения быстродействия веб-сервисов, поскольку для повышения надежности их функционирования необходимо минимизировать время взаимодействия с сетью Интернет. Такая задача может быть решена путем перехода к компактной форме хранения и обработки разреженных матриц на основе тех или иных методов сжатия данных. Существующие методы сжатия данных существенно отличаются друг от друга, при этом наибольшей эффективностью обладает метод компактного хранения, основанный на строчно-столбцовом формате, который является наиболее экономичным из всех возможных методов компактной обработки разреженных матриц. Этот метод основан на использовании фиксированного формата, при этом исходная матрица должна быть структурно симметричной, так что для каждого ненулевого элемента  $w_{ij}$  можно поставить в соответствие элемент  $w_{ji}$ .

Поскольку формат всех массивов жестко зафиксирован и не может меняться произвольным образом в процессе расчета, отличительной особенностью метода является невозможность включения в описание дополнительных ненулевых элементов. Это обстоятельство исключает возможность непосредственного применения строчно-столбцового фиксированного формата для обработки информации при решении систем уравнений любым численным методом вследствие неизбежного появления новых ненулевых элементов в процессе этого решения. Поэтому для полноценного использования такого метода компактной обработки данных на всех шагах процесса моделирования необходима его модификация путем введения двухэтапной процедуры формирования компактного описания, включающей в себя символьный и численный этапы. Целью символьного этапа является только определение размеров всех используемых массивов с учетом появления новых ненулевых элементов. Так как на символьном этапе не ставится задача формирования численных массивов, то его выполнение осуществляется путем обработки некоторой индексной матрицы  $C$ , элементы которой имеют только два произвольных значения (например, 0 и 1). При этом, если в исходной матрице некоторый элемент  $w_{ij} \neq 0$ , то для введенной индексной матрицы  $C$  соответствующий элемент  $C_{ij} = 1$ , а все остальные элементы равны 0. Следовательно, вместо рассмотрения исходной схемы, может рассматриваться некоторый «портрет» этой схемы, отображающий ее структуру, но не содержащий информации о числовых значениях параметров. Формирование численных массивов осуществляется на втором этапе, при выполнении которого используются определенные на первом этапе форматы массивов, учитывающие зарезервированные места для всех новых ненулевых элементов. Для формирования компактных численных массивов, а также для решения систем уравнений на основе LU-факторизации разработаны виртуальные алгоритмы формирования и обработки компактных массивов без построения полного математического описания задачи.

Существенным достоинством такой двухэтапной процедуры является разделение ее на две независимые части символьного и численного анализа. Так как практически все реальные задачи проектирования электронных схем связаны с многовариантным расчетом схемы одной и той же структуры, то символьный этап выполняется для каждой структуры единственный раз, в то время как численный этап реализуется десятки, сотни, а часто и тысячи раз. Поэтому накладные расходы от введения символьного этапа в реальных задачах моделирования систем с разреженными матрицами оказываются весьма незначительными, так как все объекты, связанные с обработкой индексной матрицы  $S$ , не используются при выполнении численного этапа. Поскольку программное обеспечение современных распределенных систем автоматизированного проектирования реализуется на платформенно-независимых языках Java или C#, имеющих встроенные средства распределения и освобождения неиспользуемой динамической памяти, то все объекты, созданные на символьном этапе, автоматически удаляются системой при завершении этого этапа.

Вместе с тем, двухэтапная процедура характеризуется довольно сложной логикой построения программного обеспечения и переход к компактному описанию является весьма трудоемким процессом. Построение веб-сервиса на основе компактной обработки данных существенно упрощается при наличии его прототипа на основе полного математического описания задачи. Предлагаемая общая методика позволяет с минимальными временными затратами получить компактную форму программного обеспечения веб-сервиса на основе его прототипа. Практическая реализация двухэтапного процесса обработки данных позволяет существенно повысить эффективность работы веб-сервисов распределенных систем автоматизированного проектирования и обеспечить минимальное время взаимодействия с сервером в процессе эксплуатации САПР.

Разработанные веб-сервисы могут быть размещены произвольным образом в одном или нескольких узлах сети Интернет. Возможно также размещение их в корпоративной сети Интранет. Последний способ реализации системы хотя и ограничивает доступ к ней внешних пользователей, но позволяет наиболее простым способом обеспечить возможность постоянной модификации серверных и клиентских приложений в соответствии с меняющимися условиями проектирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дей Н., Мандел Л., Райман А. ECLIPSE: платформа Web-инструментов. Разработка Web-приложений на языке Java. СПб.: Кудиц-Пресс, 2008.

*D. A. Anisimov*

### *METHODS OF CONSTRUCTION OF SYSTEMS OF AUTOMATION CIRCUITRY DESIGNING ON THE BASIS OF WEBS-SERVICES*

*Methods of construction of systems of the automated designing are considered on the basis of technology of webs-services. The description of realization of the software of the distributed system of automation circuitry designing is resulted*

**Systems of automation circuitry designing, web-technology, webs-services, service-guided the architecture, the distributed systems**



УДК 621.3, 62-5

*Н. Д. Поляхов, С. В. Михалев*

## **ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПОТЕРЕ ПИТАНИЯ**

*Анализируется устойчивость синхронных двигателей при кратковременной потере питания.*

**Синхронный электродвигатель, устойчивость, система автоматического управления, электроснабжение**

Синхронные электродвигатели (СД), хотя и не являются в настоящее время главными потребителями электроэнергии, но находят свою достаточно широкую область применения, особенно если необходима компенсация реактивной мощности [1].

Одним из существенных недостатков синхронных двигателей является возможность их перехода в асинхронный режим работы.

Сразу же определимся с часто употребляемыми терминами «асинхронный режим» и «асинхронный ход». К сожалению, разные источники дают различные определения указанных терминов. Применительно к синхронным двигателям будем считать *асинхронным режимом* любой режим асинхронной работы: как с возбуждением, так и при его потере. *Асинхронным ходом* будем считать только асинхронную работу с возбуждением. Термин «режим потери возбуждения» также неоднозначно определяет условия работы двигателя: потеря возбуждения может быть связана как с отключением устройства возбуждения, так и с коротким замыканием в цепях возбуждения, наибольшую же опасность представляет обрыв цепей возбуждения, приводящий к недопустимым перенапряжениям в обмотке возбуждения, которые могут вызвать повреждение двигателя.

Основными причинами перехода двигателя в асинхронный режим являются [2]:

- короткие замыкания (КЗ) в сети, приводящие к снижению напряжения на вводах двигателя;
- технологические перегрузки;

- потеря возбуждения;
- качания в энергосистеме;
- кратковременный перерыв питания, обусловленный отключением питающего источника и последующим действием устройств автоматического повторного включения (АПВ) и автоматического ввода резерва (АВР).

В зависимости от работы системы возбуждения в перечисленных случаях двигатель может перейти в режим потери возбуждения или в режим асинхронного хода с возбуждением.

Опасность асинхронных режимов крупных синхронных двигателей заключается в первую очередь в следующем:

- повышенный нагрев статора, связанный с существенным возрастанием тока и увеличением потерь в лобовых частях обмотки статора;
- недопустимые механические усилия в лобовых частях статора, вызываемые сверхтоками;
- повышенный нагрев бочки ротора (демпферной обмотки) вызванный потерями от вихревых токов;
- недостаток реактивной мощности в системе и, как следствие, понижение напряжения на зажимах двигателя.

Считается, что при потере возбуждения синхронный двигатель может длительно работать при нагрузке на валу не более 60 % от номинальной, что обусловлено максимальной величиной асинхронного момента двигателя в таком режиме. Режим также должен быть ограничен по условию нагрева резистора гашения поля автоматического регулятора возбуждения (далее АРВ).

При возникновении асинхронного хода двигатель должен быть отключен, поскольку такой режим может привести к его повреждению.

Синхронные машины чаще всего являются потребителями первой категории, вероятность отключения которых необходимо свести к минимуму. Ввиду быстроты процессов, приводящих к выходу двигателя из синхронизма, как правило, нет возможности снизить вероятность возникновения асинхронного режима действием регуляторов технологического процесса. Единственным применяемым способом снижения вероятности асинхронного режима является обеспечение оптимальной работы автоматического регулятора возбуждения и средств релейной защиты электродвигателя. Оптимальность должна быть обеспечена с точки зрения сохранения устойчивости машины и (или) обеспечения самозапуска.

Различают статическую и динамическую устойчивости синхронных двигателей.

Статическая устойчивость синхронного двигателя нарушается либо при отклонении ротора на угол, превышающий допустимый, либо из-за неустойчивости, вызванной неправильной настройкой АРВ. Для обеспечения статической устойчивости необходимо равенство электромагнитного момента нагрузочному, что соблюдается при значении угла нагрузки меньше критического. Помимо этого необходимо отсутствие «сползания» и самораскачивания, что обеспечивается оптимальной настройкой АРВ.

Динамическая устойчивость, определяющая сохранение синхронизма при резких изменениях нагрузки и напряжения, зависит от уровня и быстродействия форсировки возбуждения и от начального тока возбуждения.

Рассмотрим поведение синхронного двигателя при снижении напряжения питания, вызванным близким коротким замыканием.

При нормальной работе синхронного электродвигателя вращающий момент, передающийся на вал за счет мощности, потребляемой двигателем от сети, уравновешивается моментом сопротивления нагрузки. Равновесие может нарушаться при снижении напряжения сети. Исходным уравнением для исследований переходных процессов вблизи синхронизма является уравнение движения вида [2] [3]:

$$2H \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{E_q U}{x_d} \sin \delta + \frac{U^2}{2} \left( \frac{1}{x_d} - \frac{1}{x_q} \right) \sin 2\delta - \left( \frac{E_q}{x_d} \right)^2 r - m_{\text{мех}}, \quad (1)$$

где  $2H$  – постоянная инерции, о. е.;  $\delta$  – угол нагрузки;  $E_q = x_{afd} I_f$  – возбуждение,  $I_f$  – значение тока возбуждения, приведенное к обмотке якоря,  $x_{afd}$  – индуктивное сопротивление реакции якоря, о. е.;  $x_d$  – эквивалентное индуктивное сопротивление по продольной оси, о. е.;  $U$  – действующее значение напряжения питания двигателя, о. е.;  $x_q$  – эквивалентное индуктивное сопротивление по поперечной оси, о. е.;  $r$  – активное сопротивление обмотки статора, о. е.;  $m_{\text{мех}}$  – момент сопротивления нагрузки, о. е.

Физический смысл составляющих уравнения (1) следующий:

$$M_c = \frac{E_q U}{x_d} \sin \delta + \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \frac{U^2}{2} \sin 2\delta - \text{синхронный момент СД, о. е.};$$

$$\dot{I}_f = \left( \frac{E_q}{x_d} \right)^2 r - \text{генераторный момент синхронного двигателя, обусловленный под-}$$

питкой места КЗ и других потребителей подстанции, о. е.

Асинхронным моментом ввиду его малости пренебрегаем.

Уравнение (1) – нелинейное и не может быть решено в общем виде, однако может быть получено его численное решение. Существуют также способы анализа динамической устойчивости, основанные на использовании качественных признаков, вытекающих из теории устойчивости движения Ляпунова. Вышеперечисленные методы позволяют получить условия сохранения устойчивости двигателя.

В простейшем случае, при падении напряжения, обусловленном близким коротким замыканием и отключением этого замыкания со временем  $t$ , оценка устойчивости работы двигателя после восстановления напряжения может быть проведена по динамической характеристике, представленной на рис. 1.

Синхронный двигатель работал устойчиво с моментом сопротивления на валу  $M_0$  и внутренним углом  $\delta_0$ . Кривая 1 показывает доаварийную угловую характеристику СД. В аварийном режиме вращающий момент двигателя становится равным нулю, его характеристика переходит из точки  $a$  в точку  $b$ . Пока КЗ не отключено, происходит торможение двигателя и угол  $\delta_0$  увеличивается до  $\delta_{\tilde{N}}$ . В момент отключения КЗ характеристика переходит из точки  $c$  в точку  $e$ , лежащую на кривой 2, соответствующей новому режиму работы энергосистемы (вследствие отключения присоединения с КЗ изменилось эквивалентное сопротивление системы и напряжение питания СД). Энергия торможения двигателя соответ-

ствуется площадке  $abcd$ , называемой площадкой торможения  $S_{\delta}$ . Площадка  $edf$  называемая площадкой ускорения  $S_{\delta}$  соответствует энергии ускорения, которую приобретет двигатель в новом режиме. Если  $S_{\delta} > S_{\delta}$ , то устойчивость сохранится, режим установится в точке  $a'$  после некоторых колебаний. Если  $S_{\delta} < S_{\delta}$ , то двигатель теряет устойчивость.

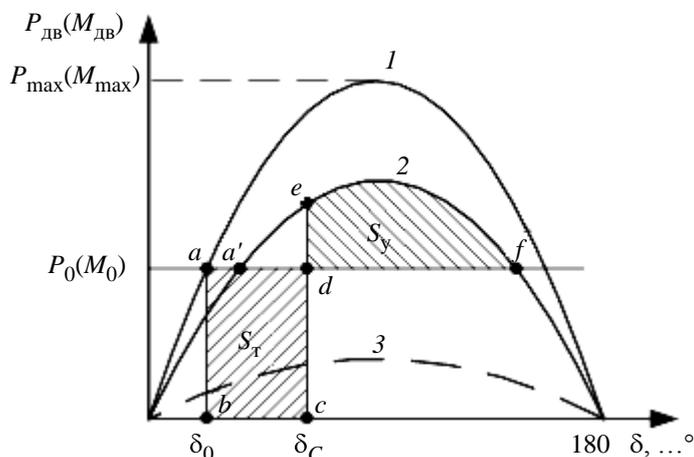


Рис. 1

При удаленном трехфазном КЗ на смежной линии или при несимметричном КЗ, напряжение в линии связи двигатель–энергосистема не снижается до нуля; характеристика этого режима показана на рис. 1 штриховой линией 3; соответственно, и площадка торможения будет меньше.

Показанный метод определения устойчивости синхронного двигателя при кратковременном снижении напряжения питания близок к широко применяемому методу оценки устойчивости генератора при КЗ на его выводах [4].

Рассмотрим далее работу типового статического АРВ при снижении напряжения питания двигателя. Как уже говорилось, при снижении напряжения питания двигателя переходят в генераторный режим и способны длительное время поддерживать напряжение на питающей секции. Отметим, что основным условием включения форсировки возбуждения в современных статических АРВ является снижение напряжения на шинах питания СД до уровня 80...85 % от номинального [5], [6], при этом кратность тока форсировки составляет 1,4...1,5 от номинального. Изменение напряжения на шинах подстанции с синхронным двигателем при потере питания будет иметь вид, показанный на рис. 2 (1 – без гашения поля СД; 2 – при гашении поля СД;  $t_{ф.в}$  – момент срабатывания форсировки возбуждения).

При этом форсировка возбуждения может быть включена, после того как необходимое условие сохранения устойчивости перестанет выполняться, что увеличит вероятность повреждения статора при возникновении асинхронного хода после повторной подачи питания. Включение форсировки возбуждения при близком коротком замыкании приводит к уменьшению запаса динамической устойчивости двигателя.

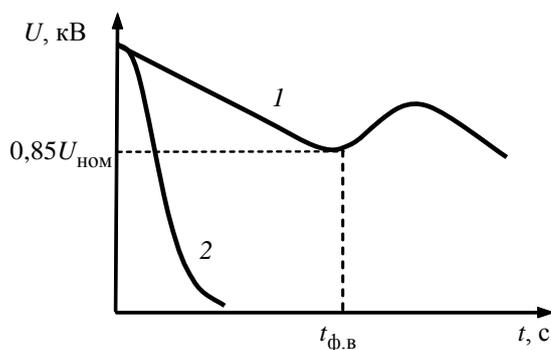


Рис. 2

Действительно, моделирование показывает, что при номинальном значении возбуждения устойчивость работы двигателя сохраняется при времени отключения близкого трехфазного КЗ меньше 0,14 с, при форсировке возбуждения это время составит 0,11 с. Отказ же от форсировки возбуждения двигателя при снижении напряжения питания нецелесообразен, поскольку это снизит устойчивость двигателя при удаленных КЗ.

Следует отметить, что поскольку синхронные двигатели большой мощности, как правило, являются потребителями первой категории, в схеме их электроснабжения предусмотрен резервный источник питания. Ввод резервного питания при нарушении основного – автоматический, с помощью схемы автоматического включения резервного питания (АВР) [5]. Однако при использовании схемы АВР на подстанции с синхронными двигателями возможен только асинхронный самозапуск таких двигателей после включения резервного питания, поскольку типовое время переключения составляет от 0,5 до 5 с. Недостатками асинхронного самозапуска являются большая длительность протекания пусковых токов, поскольку нагрузка с двигателя не снимается, в ряде случаев возможен перегрев двигателя или невозможность асинхронного самозапуска с текущим уровнем нагрузки (нехватка асинхронного момента). При применении пусковых схем с реактором или полупроводниковым устройством плавного пуска (УПП) асинхронный самозапуск чаще всего не может быть обеспечен из-за нехватки мощности питающей сети. Решение об обеспечении самозапуска в таких случаях в настоящее время не найдено, а количество двигателей, пуск которых осуществляется с помощью УПП, с каждым годом растет, что повышает актуальность указанной проблемы.

В настоящее время различными производителями предлагаются схемы быстродействующего автоматического включения резервного питания (далее БАВР). Время восстановления питания при использовании таких схем составляет 0,05...0,1 с. Это позволяет надеяться, что при использовании БАВР на подстанции с синхронными двигателями удастся добиться сохранения устойчивости работы двигателя при переходе на резервный источник питания. В то же время, применение схемы БАВР на подстанции с синхронными двигателями связано с существенными трудностями:

- необходим алгоритм быстрого выявления потери питания асинхронным двигателем;
- в процессе переключения на резервный источник следует проводить автоматическую оценку в реальном времени запаса устойчивости синхронного двигателя и допустимости действия БАВР по условию возникновения сверхтоков в двигателе.

Научного решения указанных проблем в настоящее время нет, а для его нахождения требуется системный подход к системе электроснабжения двигателя как к целому, с учетом электродинамических процессов в двигателе и трансформаторе подстанции, алгоритмов работы системы возбуждения, устройств релейной защиты и автоматики.

Подтвердим возможность сохранения устойчивости работы синхронных двигателей при действии БАВР математическим моделированием подстанции 10 кВ, питающей синхронный двигатель СТД-12500. Считаем, что питание шин подстанции 10 кВ осуществляется от сети 110 кВ через трансформатор ТД-40000/110. В качестве регулятора возбуждения выберем ПИД-регулятор, дополненный алгоритмом форсировки возбуждения при снижении напряжения на шинах подстанции ниже 80 % от номинального. В качестве регулируемой величины выберем напряжение на шинах подстанции. При моделировании считаем, что помимо двигателя к шинам подстанции подключена активная нагрузка мощностью 10 МВт.

Рассмотрим следующие алгоритмы управления питанием двигателя при возникновении близкого короткого замыкания в сети 110 кВ:

1. При возникновении короткого замыкания секция шин питания двигателя 10 кВ остается подключенной к питающей сети, регулятор возбуждения включает режим форсировки при снижении напряжения на шинах 10 кВ ниже 80 % от номинального.

2. При возникновении короткого замыкания секция шин питания двигателя 10 кВ отключается от питающей сети через 0,05 с после возникновения КЗ. Через 0,1 с после возникновения КЗ на секции шин восстанавливается нормальный режим питания (действие БАПР). Регулятор возбуждения включает режим форсировки при снижении напряжения на шинах 10 кВ ниже 80 % от номинального.

Моделирование показывает, что в первом случае при длительности трехфазного близкого короткого замыкания в сети 110 кВ более 0,12 с неизбежен переход двигателя в асинхронный режим с возбуждением и последующим отключением средствами релейной защиты. К сожалению, такой алгоритм работы наиболее часто используется в промышленности. Во втором случае переход двигателя в асинхронный режим с возбуждением полностью исключается. Напряжение и ток прямой последовательности двигателя при переходе в асинхронный режим с возбуждением показаны на рис. 3, *а* и *б* соответственно, напряжение и ток прямой последовательности двигателя при сохранении синхронного режима работы – на рис. 3, *в* и *г*.

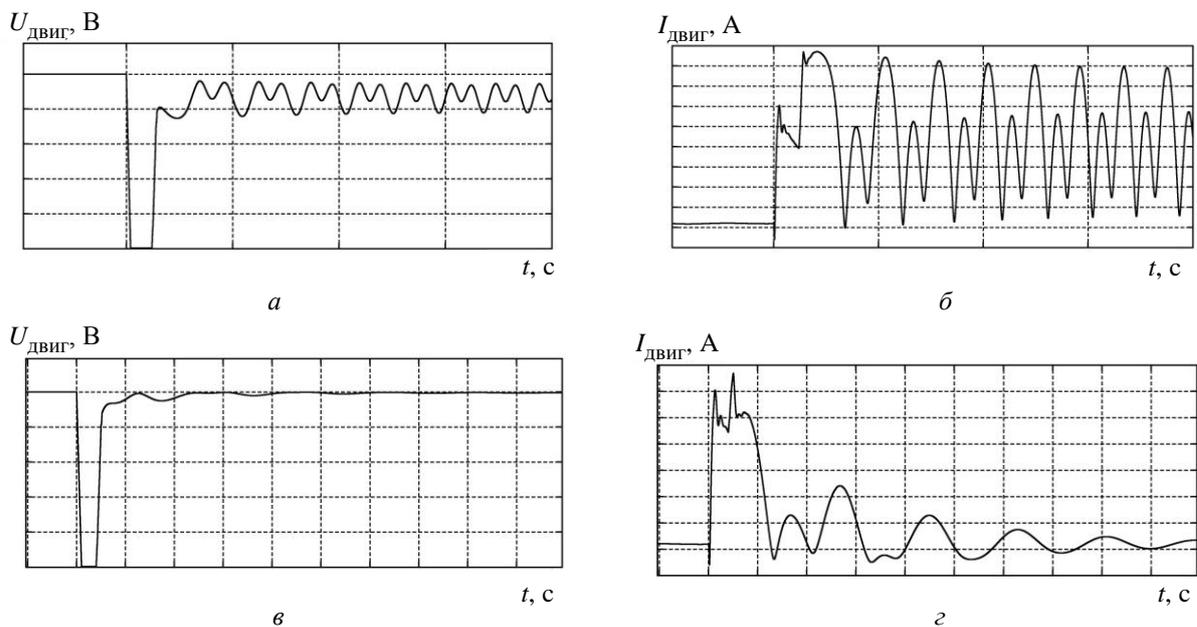


Рис. 3

Отключение от питающей сети в момент короткого замыкания в ней снижает энергию, затрачиваемую двигателем на подпитку места КЗ. Включение резервного питания через время порядка 0,1 с приводит к потере двигателем синхронизма только при нагрузке двигателя больше номинальной, либо при сниженном напряжении аварийного источника. Для исключения возникновения асинхронного режима в таких случаях должен предусматриваться постоянный контроль запаса динамической устойчивости синхронного двигателя, например в соответствии с приведенным ранее правилом площадей. В случае сни-

жения запаса динамической устойчивости ниже заданного уровня происходит блокирование БАР, гашение поля электродвигателя и ожидание повторной подачи питания действием АВР для асинхронного самозапуска.

Полученные результаты доказывают принципиальную возможность создания системы самозапуска синхронных электродвигателей, полностью исключающей возникновение асинхронного режима с возбуждением. Такая система может быть применима в том числе для самозапуска двигателей с реакторным пуском и с применением УПП. Область применения предлагаемой системы самозапуска: промышленные высоковольтные синхронные двигатели с электроснабжением по первой категории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины. Машины переменного тока: Учеб. для вузов. СПб.: Питер, 2007.
2. Слодарж М. И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных электродвигателей. М.: Энергия, 1977.
3. Горев А. А. Переходные процессы синхронной машины. М.: Л.: Государств. энергетич. изд-во, 1950.
4. Жданов П. С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия. 1979.
5. Беляев А. В. Противоаварийное управление в узлах нагрузки с синхронными электродвигателями большой мощности. М.: НТФ «Энергопресс», 2004.
6. Абрамович Б. Н., Круглый А. А. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей. Л.: Энергоатомиздат. 1983.

*N. D. Polyakhov, S. V. Mickalev*

#### *INCREASING OF OPERATION STABILITY OF SYNCHRONOUS MOTORS IN SHORT-TERM POWER LOSS*

*In the paper an analysis of the stability of synchronous motors with short-term power loss is given.*

**Synchronous electric motor, stability, automatic control system, power supply**



УДК 621.313.39

*М. А. Ваганов, И. А. Горюшкин***ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОМЕНТ ВЕНТИЛЬНОГО  
ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

*Предложена новая математическая модель электромагнитного момента вентильного индукторного двигателя, позволяющая определить оптимальные значения магнитной индукции в воздушном зазоре и диаметра расточки статора, обеспечивающие наилучшее использование активных материалов двигателя по электромагнитному моменту.*

**Вентильный индукторный двигатель, электромагнитный момент, использование активных материалов, основные размеры двигателя, магнитная индукция в воздушном зазоре**

Проектирование вентильных индукторных двигателей (ВИД), как и традиционных или классических электрических машин (ЭМ), является задачей математически неопределенной. В имеющейся технической литературе [1]–[5] отсутствуют достаточно четкие рекомендации по их проектированию и, соответственно, нет единого подхода к определению их основных размеров. Поэтому в большинстве случаев данный процесс сводится к перебору ряда вариантов, что достаточно трудоемко и не всегда гарантирует получение оптимального по каким-либо критериям варианта расчета двигателя.

В [1] предлагается использовать методику определения основных размеров на основании выражения машинной постоянной Арнольда, как и при проектировании традиционных типов электрических машин. В [2] разработана математическая модель, описывающая электромагнитный момент индукторного двигателя, в основу которой положены магнитная проводимость воздушного зазора  $\Lambda_\delta$  и МДС эквивалентного воздушного зазора  $F_{\delta_9}$ , а сам электромагнитный момент вычисляется по выражению

$$M = \frac{1}{2} F_{\delta_9}^2 \frac{d\Lambda_\delta}{d\theta}. \quad (1)$$

В [3] в основу положен энергетический метод, представлены зависимости момента от отношения максимального воздушного зазора к его минимальному значению. В [4] описан подход к определению оптимальной геометрии ВИД, обеспечивающий минимум пульсаций момента на низких частотах вращения. В [5] приведен расчет магнитного поля ВИД при гармоническом распределении магнитной проводимости воздушного зазора.

В данной статье рассматривается подход, базирующийся на утверждении существования оптимальных значений диаметра расточки статора и магнитной индукции в воздушном зазоре, при которых будут наилучшим образом использоваться активные материалы двигателя относительно электромагнитного момента в объеме, ограниченном наружным диаметром пакета стали статора и длиной этого пакета [6]. Данный подход тем самым принципиально отличается от перечисленных ранее.

При выводе выражения электромагнитного момента индукторного двигателя воспользуемся общим выражением для электромагнитного момента, действующего в системе из  $n$  контуров с токами

$$M_{\text{эм}} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n i_k^2 \frac{dL_k}{d\alpha} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq k}}^n i_k^2 i_p^2 \frac{dM_{pk}}{d\alpha}, \quad (2)$$

где  $i_k, i_p$  – токи в обмотках машины;  $L_k, M_{pk}$  – собственная и взаимная индуктивности обмоток соответственно;  $\alpha$  – угловая координата (в данном случае угловое положение ротора относительно статора).

В общем случае обе составляющие выражения (2) могут быть отличны от нуля. Рассмотрим режим последовательной коммутации фаз обмотки статора (ОС), при котором в каждый момент времени работает только одна фаза, т. е.  $n = 1$  и тогда  $M_{pk} = 0$ . При этом условии электромагнитный момент создается только одной парой полюсов и определяется выражением

$$M_{\text{эм}} = \frac{1}{2} i_1^2 \frac{dL_1}{d\alpha}. \quad (3)$$

Ток в ОС и магнитное поле в воздушном зазоре имеют несинусоидальную форму. Известно, что преобразование энергии будет наиболее эффективным при одинаковой форме кривых тока и магнитной индукции. В рассматриваемом случае основную роль в электромеханическом преобразовании энергии играют первые гармоники тока и магнитной индукции, взаимодействие высших гармоник тока и магнитной индукции разных порядков обуславливает знакопеременный электромагнитный момент, среднее значение которого за период равно нулю. Знакопостоянный (положительный) момент, обусловленный взаимодействием высших гармоник тока и магнитной индукции одного порядка, при выводе математической модели не учитывался.

Выражение для тока обмотки статора можно получить с помощью векторной диаграммы (ВД), представленной на рис. 1.

На основании ВД запишем уравнения равновесия напряжения в проекциях на оси  $d$  и  $q$

$$U_c \cos \theta = I_q r_1 + I_d x_d, \quad U_c \sin \theta = I_q x_q - I_d r_1,$$

где  $U_c$  – действующее значение напряжения сети;  $I_d, I_q$  – продольная и поперечная составляющие тока в ОС;  $x_d, x_q$  – синхронные индуктивные сопротивления ОС по продольной и поперечной осям соответственно;  $r_1$  – активное сопротивление ОС;  $\theta$  – угол между продольной осью  $d$  ВИД и продольной осью  $d_3$  эквивалентного генератора сети (или угол датчика положения ротора).

Решая систему уравнений равновесия напряжения относительно продольной  $I_d$  и поперечной  $I_q$  составляющих тока, получим

$$I_d = \frac{U_c}{r_1} \frac{x_{q*} \cos \theta - r_1 \sin \theta}{1 + x_{d*} x_{q*}}, \quad I_q = \frac{U_c}{r_1} \frac{r_1 \cos \theta + x_{d*} \sin \theta}{1 + x_{d*} x_{q*}}, \quad (4)$$

$$x_{d*} = x_d / r_1, \quad x_{q*} = x_q / r_1,$$

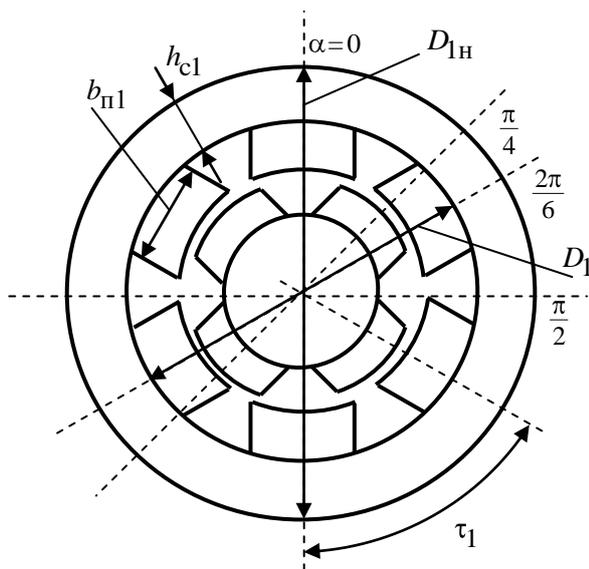


Рис. 2

$g$  – длина сердечника статора;  $f(\alpha)$  – волна МДС, создаваемая током одной фазы;  $\alpha$  – пространственная координата по расточке статора (начало отсчета полярной координаты  $\alpha$  выбрано на оси одного из зубцов (полюсов) статора (рис. 2);  $\alpha_2$  – угловая координата ротора;  $k_H$  – коэффициент насыщения магнитной цепи ВИД;  $k_\delta$  – коэффициент воздушного зазора, учитывающий зубчатость сердечников статора и ротора;  $\delta$  – геометрический во  $\pi/4$   $2\pi/6$  воздушный зазор в положении зубец–зубец (или при согласованном положении ротора и статора).

На рис. 2 зафиксирован момент времени, когда ось одной из пар полюсов ротора повернута относительно начала координат на угол  $\alpha$ , а угол между осями соседних полюсов статора составляет  $\tau_1$ .

МДС  $f(\alpha)$ , создаваемая парой полюсов статора, имеет вид прямоугольной волны. Разложим эту прямоугольную волну в ряд Фурье и выделим основную гармонику  $v = 1$ :

$$f(\alpha) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{v=1}^{\infty} \alpha_v \cos(v\alpha), \quad (9)$$

$$\alpha_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(\alpha) d\alpha = \frac{4}{\pi^2} W_1 i_1, \quad (10)$$

$$\alpha_v = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(\alpha) \cos(v\alpha) d\alpha = \frac{4}{v\pi^2} W_1 i_1 \sin\left(\pi \frac{b_{п1}}{\tau_1}\right). \quad (11)$$

В выражении (9) учтены только постоянная составляющая  $\alpha_0/2$  и первая гармоника  $\alpha_1$ , которая может быть получена из (11) при  $v = 1$ , и тогда (9) примет вид

$$f(\alpha) = \frac{2}{\pi^2} W_1 i_1 + \frac{4}{\pi^2} W_1 i_1 \sin\left(\pi \frac{b_{п1}}{\tau_1}\right) \cos \alpha. \quad (12)$$

Подставляя (7), (8) и (12) в выражение (3), получим

$$M_{эм} = \frac{1}{2} i_1^2 \frac{d}{d\alpha} \left[ \frac{W_1 \mu_0 \tau_1 l_1}{i_1} \int_0^{\alpha_2} \frac{\frac{2}{\pi^2} W_1 i_1 + \frac{4}{\pi^2} W_1 i_1 \sin\left(\pi \frac{b_{п1}}{\tau_1}\right) \cos \alpha}{k_H k_\delta \delta(\alpha)} d\alpha \right]. \quad (13)$$

В выражении (13) производная от определенного интеграла с переменными пределами интегрирования равна разности значений подынтегральной функции на верхнем и нижнем пределах интегрирования:

$$M_{эм} = i_1^2 \frac{W_1 \mu_0 \tau_1 l_1}{i_1} \frac{\frac{4}{\pi^2} W_1 i_1 \sin\left(\pi \frac{b_{п1}}{\tau_1}\right)}{k_H k_\delta} \left[ \frac{\cos \alpha_2}{\delta(\alpha_2)} - \frac{1}{\delta} \right]. \quad (14)$$

Используя уравнение равновесия напряжений (4), выразим напряжение на зажимах ОС через падение напряжения на активном сопротивлении ОС и наводимой в этой обмотке ЭДС самоиндукции. Падение напряжения на активном сопротивлении мало по сравнению с ЭДС, и его можно учесть коэффициентом  $k_u$ :

$$U_c = k_u 2\sqrt{2} f_1 W_1 B_\delta \tau_1 l_1, \quad (15)$$

$$k_u = 1 + \frac{I_1 r_1}{E_1}, \quad (16)$$

где  $f_1$  – частота первой гармоники напряжения  $U_c$  на зажимах ОС (частота коммутации обмоток);  $k_u$  – коэффициент, учитывающий падение напряжения на активном сопротивлении ОС.

Активное сопротивление  $r_1$  выразим через удельное сопротивление материала, длину и площадь сечения проводников, которую, в свою очередь, можно определить через общую площадь сечения пазов статора. Общую площадь пазов можно выразить через  $F_{эм}$  геометрические размеры (рис. 2):

$$S_{паз.общ} = (D_{1н} - D_1 - h_{c1})(\tau_1 - b_{п1}), \quad (17)$$

$$b_{п1} = \frac{B_\delta \tau_1}{k_c B_{п1}}, \quad h_{c1} = \frac{B_\delta \tau_1}{k_c B_{c1}}, \quad (18)$$

где  $k_c$  – коэффициент заполнения пакета статора сталью.

В результате этих преобразований получим:

$$M_{\text{ЭМ}} = D_{1\text{H}}^8, \quad (19)$$

$$F_{\text{ЭМ}} = k_F F_M k_\alpha k_\theta$$

$$k_F = \frac{k_u \mu_0 m_1^2 f_1^2 \pi^7}{16 \rho^2 k_H k_\delta k_{\text{зап}}^2 p^5} = \text{const}, \quad l_{1*} \quad (20)$$

$$F_M = \frac{B_\delta^2 l_{1*}^3 D_{1*}^5}{l_{1*} + l_{\text{лоб}*}} \left( 1 - D_{1*} - \frac{B_\delta}{k_c B_{c1}} \frac{\pi D_{1*}}{z_1} \right)^2 \left( 1 - \frac{B_\delta}{k_c B_{п1}} \right)^2 \sin \left( \frac{\pi b_{п1}}{\tau_1} \right), \quad (21)$$

$$k_\alpha = \frac{\cos \alpha_2}{\delta(\alpha_2)} - \frac{1}{\delta}, \quad F_{\text{ЭМ}} \quad (22)$$

$$k_\theta = \frac{1}{(1 + x_{d*} x_{q*})^2} \left[ (x_{q*} \cos \theta)^2 + (x_{d*} \sin \theta)^2 + (x_{d*} - x_{q*}) \sin(2\theta) + 1 \right], \quad (23)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление меди;  $l_{\text{лоб}}$  – длина лобовых частей витка;  $k_{\text{зап}}$  – коэффициент заполнения паза статора медным неизолированным проводом;  $m_1$  – число фаз ОС;  $S_{\text{паз.общ}}$  – общая площадь пазов ОС;  $l_{\text{лоб}*}$ ,  $D_{1*}$  – относительные длина сердечника статора, длина лобовых частей ОС, диаметр расточки статора соответственно (за базисную величину принят наружный диаметр статора  $D_{1\text{H}}$ ).

Из выражения (19) видно, что электромагнитный момент вентильного индукторного двигателя пропорционален наружному диаметру этого двигателя в восьмой степени. Коэффициент пропорциональности является произведением четырех сомножителей, первый из которых (20) представляет собой константу, состоящую из величин, числовые значения которых заранее известны или меняются в ограниченных пределах. Второй сомножитель (21)  $F_M$  явным образом зависит от магнитной индукции  $B_\delta$  поля в воздушном зазоре и диаметра расточки статора  $D_1$ . Анализ функции (21) в плоскости этих переменных при фиксированных индукциях в сердечнике и зубцах статора  $B_{п1}$  и  $B_{c1}$  показывает (рис. 4 а, б) наличие максимума по переменным  $B_\delta$  и  $D_1$ . Также в качестве дополнительных переменных можно рассматривать магнитную индукцию на полюсах  $B_{п1}$  и в сердечнике статора  $B_{c1}$ . Из выражения (21) видно, что  $B_{п1}$  и  $B_{c1}$  влияют на значение электромагнитного момента в одном направлении, причем изменение индукции  $B_{c1}$  в сердечнике статора оказывает значительно меньшее влияние. Следует также выделить множители  $k_\alpha$  и  $k_\theta$ . Первый, как видно из (22), учитывает изменение магнитной проводимости воздушного зазора в функции углового положения ротора  $\alpha_2$ . В общем случае множитель  $k_\alpha$  может быть меньше единицы и мало отличается от единицы при ширине зубца ротора, равной половине полюсного шага. Выражение (23) характеризует влияние

на электромагнитный момент геометрии зубцовых зон статора и ротора. Можно предположить, что произведение (22) и (23) имеет максимум при определенной конфигурации зубцовой зоны двигателя. Предварительный анализ (23) показывает, что при угле датчика положения ротора не более  $\pi/2$  и  $2x_{d^*}/x_{q^*} = 2$  значение данного выражения практически не отличается от единицы.

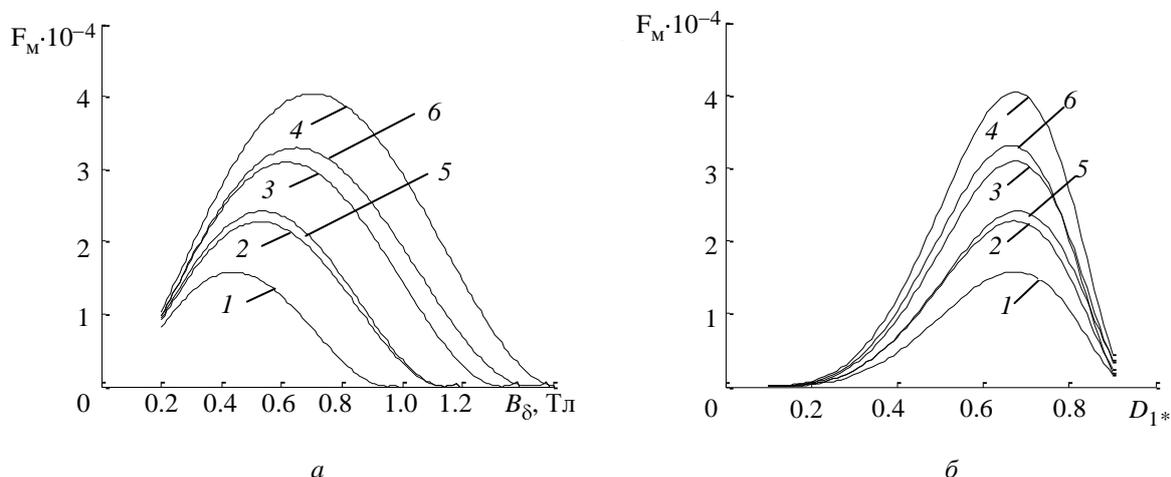


Рис. 3

Зависимости, представленные на рис. 3 *a*, *б*, рассчитаны при следующих значениях магнитных индукций в полюсах  $B_{п1}$  и в сердечнике  $B_{с1}$  статора: 1 –  $B_{п1} = B_{с1} = 1.0$  Тл; 2 –  $B_{п1} = B_{с1} = 1.2$  Тл; 3 –  $B_{п1} = B_{с1} = 1.4$  Тл; 4 –  $B_{п1} = B_{с1} = 1.6$  Тл; 5 –  $B_{п1} = 1.2$  Тл,  $B_{с1} = 1.5$  Тл; 6 –  $B_{п1} = 1.5$  Тл,  $B_{с1} = 1.2$  Тл.

Из рис. 3 *a*, *б* видно, что с увеличением магнитных индукций  $B_{п1}$  и  $B_{с1}$  возрастает максимум функции  $F_M$  (кривые 1–4). При этом повышается оптимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре  $B_\delta$ , а максимум функции  $F_M$  смещается вправо в сторону больших значений  $B_\delta$  (рис. 3, *a*), в то время как оптимальное значение относительного диаметра расточки статора  $D_{1*}$  практически не зависит от значений магнитных индукций  $B_{п1}$  и  $B_{с1}$  и составляет примерно 0.67 (рис. 3, *б*).

Кривые 5, 6 на рис. 3 *a*, *б* построены при разных сочетаниях значений магнитных индукций  $B_{п1}$  и  $B_{с1}$ . Видно, что кривая 5 расположена выше кривой 6, т. е. магнитная индукция в полюсе действительно оказывает большее влияние на электромагнитный момент вентильного двигателя по сравнению с магнитной индукцией в сердечнике статора.

Таким образом, предлагается принципиально новый подход к определению основных размеров ВИД, базирующийся на существовании оптимальных значений  $B_\delta$  и  $D_1$ , обеспечивающих максимальное использование активных материалов. В соответствии с этим основные размеры двигателя рассчитываются в следующей последовательности:

- определяются оптимальный относительный диаметр расточки статора  $D_{1*}$  и оптимальная магнитная индукция в воздушном зазоре  $B_\delta$  по выражению (21);

– вычисляется наружный диаметр двигателя:

$$D_{1f} = \sqrt[8]{\frac{M_{\hat{y}}}{k_F F_1 k_\alpha k_\theta}},$$

где  $k_F$  – константа;  $F_M$  находится при определении оптимальных значений переменных;  $k_\alpha$  – переменная, зависящая от величины воздушного зазора и определяемая как интеграл от (22) по углу поворота на отрезке работы одной пары полюсов;  $k_\theta$  – параметр, близкий к единице;

– основные размеры двигателя находятся по выражениям:

$$D_1 = D_{1*} D_{1f}, \quad l_1 = l_{1*} D_{1f}.$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В. А., Кузьмичев В. А. Инженерная методика проектирования индукторной машины для вентильно-индукторного двигателя // Электричество. 2007. Вып. 10. С. 24–32.
2. Фисенко В. Г., Сусси Р. С. Расчет переходных процессов в ВИД // Результаты IV Междунар. конф. «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». М.: Изд-во МЭИ, 2000. С. 305–306.
3. Шевченко Л. Г. Электромагнитный момент вентильно-индукторного двигателя // Сб. науч. тр. НГТУ, 2000. Вып. 5. С. 97–102.
4. Sahin F., Ertan B. H., Leblebicioglu K. Optimum geometry for torque ripple minimization of switched reluctance motors // IEEE Trans. Energy Convers, 2000. № 1. С. 30–39.
5. Жуловян В. В., Шевченко Л. Г., Шевченко О. А. Расчет магнитного поля вентильно-индукторного двигателя // Сб. науч. тр. НГТУ, 2000. Вып. 55. С. 91–96.
6. Ваганов М. А., Пантюхов Д. С. Оптимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. Вып. 2. С. 31–38.

*M. A. Vaganov, I. A. Goriushkin*

#### *ELECTROMAGNETIC TORQUE OF RELUCTANCE MOTOR*

*The mathematics model is described torque dependent on magnetic density and on internal diameter of stator. The new method is suggested main motors dimensions determining and based on the fact that the optimum internal diameter and magnetic density exist.*

**Reluctance motor, inductor machine, electromagnetic torque, main motors dimensions, magnetic density of gap**



УДК 63:621.382

*А. В. Дорошков*

## **ВЛИЯНИЕ ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН НА ТОЧНОСТЬ ФАЗОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА**

*Рассматривается влияние отраженных волн в акустическом тракте измерителя скорости ультразвука на изменения фазы сигнала на его выходе и найдена зависимость величины фазовой ошибки от коэффициента отражения. Пользуясь полученными результатами, представляется возможным рассчитать достижимую точность измерителя и определить требования к его параметрам. В качестве примера рассчитана ошибка измерения типового измерителя скорости ультразвука, вызванная отраженными волнами.*

**Ультразвук, скорость, отраженные волны, фазовый измеритель, точность**

В технологических процессах производства и переработки жидкостей и жидких растворов контроль их состояния осуществляется как по результатам измерения их индивидуальных физических параметров (плотности, вязкости и др.), так и комплексным путем – измерением скорости распространения ультразвука [1]–[3].

Существует достаточно много методов измерения скорости ультразвука в жидких средах [4]–[6]. Для проведения прецизионных измерений используют высокочувствительные фазовые измерители его скорости. Однако при наличии многократно отраженных волн в акустическом звене ошибка измерений измерителями этого типа может быть достаточно большой, что не исследовано в литературе.

Целью настоящей статьи является получение оценки влияния многократных отражений волн в исследуемой среде на результаты измерений.

Структурная схема фазового измерителя скорости звука приведена на рис. 1. Он состоит из излучающего и приемного электроакустических преобразователей (ИЭАП и ПЭАП), генератора синусоидальных колебаний высокой частоты, фазового детектора и микропроцессорного вычислителя. ИЭАП и ПЭАП расположены на фиксированном расстоянии  $L$  друг от друга. Преобразователи помещают в исследуемую среду либо располагают снаружи трубопровода.

Работа измерителя скорости звука при отсутствии многократных отражений акустических колебаний заключается в следующем.

Генератор вырабатывает синусоидальные колебания высокой частоты

$$u_{\Gamma}(t) = U_{\Gamma} \cos \omega_0 t, \quad (1)$$

где  $U_{\Gamma}$  – амплитуда выходного напряжения генератора;  $\omega_0$  – круговая частота;  $t$  – время.

Напряжение генератора поступает непосредственно на ИЭАП и через фазовращатель – на опорный вход фазового детектора. ИЭАП излучает прямую волну ультразвуковых колебаний в исследуемую среду. Прямая волна достигает ПЭАП через время

$$T(p, t) = L/C(p, t), \quad (2)$$

где  $C(p, t)$  – скорость распространения ультразвука, зависящая от концентрации примесей  $p$  и времени  $t$ .

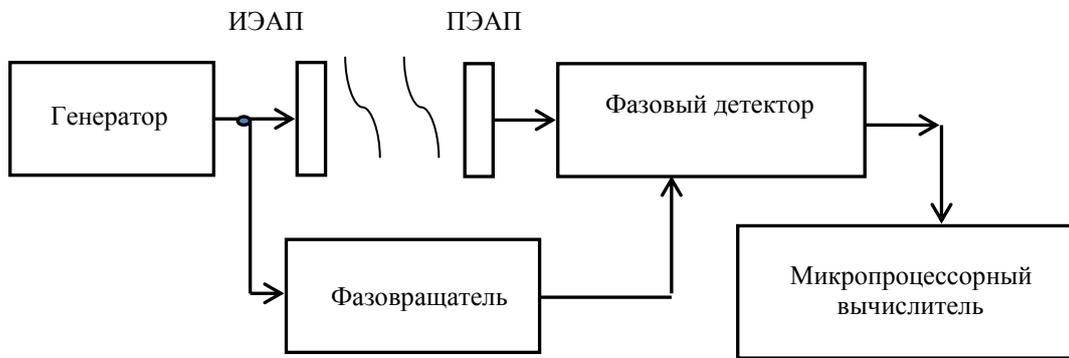


Рис. 1

Электрический сигнал  $u_{\Pi}(p, t)$  на выходе ПЭАП запаздывает по фазе  $\Phi(p, t)$  относительно излученного сигнала

$$u_{\Pi}(p, t) = U_{\Pi} \cos [\omega_0 t - \Phi(p, t)], \quad (3)$$

где  $U_{\Pi}$  – амплитуда напряжения на выходе ПЭАП.

Для прямой волны ультразвуковых колебаний величина фазового запаздывания  $\Phi(p, t)$  изменяется пропорционально времени  $T(p, t)$  и частоте  $\omega_0$ .

$$\Phi(p, t) = \omega_0 L / C(p, t) = 2\pi N + \varphi(p, t), \quad N \in Z. \quad (4)$$

В выражении (4)  $N$  представляет собой число волн ультразвуковых колебаний, укладываемых в среде между ИЭАП и ПЭАП, а через  $\varphi(p, t)$  обозначены изменения фазы прямой волны, не превышающие  $\pi$  радиан (диапазон однозначности фазовых детекторов).

Для определения величин  $N$  и  $\varphi(p, t)$  разложим в ряд Тейлора функцию  $\Phi(p, t)$ :

$$\begin{aligned} \Phi(p, t) &= \frac{\omega_0 L}{C(p, t)} = \frac{\omega_0 L}{C_0 \left[ 1 + \frac{\Delta C(p, t)}{C_0} \right]} \approx \\ &\approx \frac{\omega_0 L}{C_0} \left\{ 1 - \frac{\Delta C(p, t)}{C_0} + \left[ \frac{\Delta C(p, t)}{C_0} \right]^2 - \left[ \frac{\Delta C(p, t)}{C_0} \right]^3 + \dots \right\} = 2\pi N + \varphi(p, t), \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$C(p, t) = C_0 + \Delta C(p, t), \quad (6)$$

$C_0$  – среднее значение скорости ультразвука в среде,  $\Delta C(p, t)$  – переменная составляющая скорости ультразвука, причем  $C_0 \gg \Delta C(p, t)$ . Сравнивая выражения (4) и (5), находим

$$N = \frac{\omega_0 L}{2\pi C_0}, \quad N \in Z; \quad (7)$$

$$\varphi(p, t) = \frac{\omega_0 L}{C_0} \left\{ -\frac{\Delta C(p, t)}{C_0} + \left[ \frac{\Delta C(p, t)}{C_0} \right]^2 - \left[ \frac{\Delta C(p, t)}{C_0} \right]^3 + \dots \right\}. \quad (8)$$

Напряжение на выходе фазового детектора пропорционально разности фаз сигналов на его входах и несет информацию о скорости звука в исследуемой среде и ее изменчивости в реальном масштабе времени:

$$u_\phi(p, t) = K_\phi \varphi(p, t), \quad (9)$$

где  $K_\phi$  – коэффициент преобразования.

Выходной сигнал фазового детектора обрабатывается микропроцессорным вычислителем с целью нахождения концентрации примесей или других параметры среды (в зависимости от назначения измерителя).

В акустическом тракте реального измерителя кроме прямой волны существуют и многократно отраженные от поверхностей ИЭАП и ПЭАП волны.

Проанализируем их влияние, исходя из следующих упрощающих предположений:

- все точки ИЭАП излучают одновременно;
- верны приближения геометрической оптики;
- плоскости ИЭАП и ПЭАП параллельны;
- время измерений значительно больше времени распространения волн от излучателя до приемника и обратно.

Акустический сигнал  $P_\Pi(p, t)$ , действующий на ПЭАП, можно представить бесконечной суммой прямой и многократно отраженных волн. Каждая отраженная волна проходит по исследуемой среде путь

$$L' = L(2n + 1), \quad n \in Z, \quad (10)$$

где  $n$  – номер волны.

Прямой волне соответствует  $n = 0$ ;  $n = 1$  – первой отраженной;  $n = 2$  – второй отраженной, и тогда

$$P_\Pi(p, t) = P_0 \sum_{n=0}^{\infty} r^{2n} \cos \omega_0 \left[ t - \frac{L(2n+1)}{C(p, t)} \right], \quad (11)$$

где  $P_0$  – амплитуда сигнала прямой волны;  $r$  – коэффициент отражения волн от поверхностей ПЭАП и ИЭАП.

Используя нижеприведенные формулы из [7]

$$\sum_{k=0}^{\infty} a^k \cos(ky) = \frac{1 - a \cos y}{1 - 2a \cos y + a^2}, \quad (12)$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} a^k \sin(ky) = \frac{r \sin y}{1 - 2a \cos y + a^2}, \quad (13)$$

с учетом выражения (4) акустический сигнал (11) преобразуем к виду

$$P_{\Pi}(p, t) = \frac{P_0 \left[ (1+r^2) \cos \varphi(p, t) \cos(\omega_0 t) + (1-r^2) \sin \varphi(p, t) \sin(\omega_0 t) \right]}{1 - 2r^2 \cos 2\varphi(p, t) + r^4}. \quad (14)$$

Воспользовавшись формулой преобразования [5]

$$A \cos x + B \sin x = \sqrt{A^2 + B^2} \cos \left( x - \operatorname{arctg} \frac{B}{A} \right), \quad (15)$$

представим результирующий акустический сигнал на ПЭАП в виде гармонического колебания с постоянной частотой и модулированной фазой, т. е. в виде

$$P_{\Pi}(p, t) = P_m \cos \omega_0 t - \chi(p, t), \quad (16)$$

где

$$P_m = \sqrt{1 - 2r^2 \cos 2\varphi(p, t) + r^4} \quad (17)$$

– амплитуда волны, а

$$\chi(r, \varphi) = \operatorname{arctg} \left[ \frac{1+r^2}{1-r^2} \operatorname{tg} \varphi(p, t) \right] \quad (18)$$

– фаза.

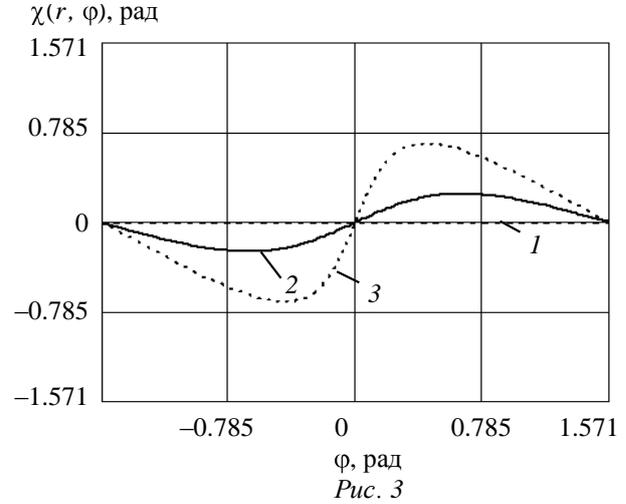
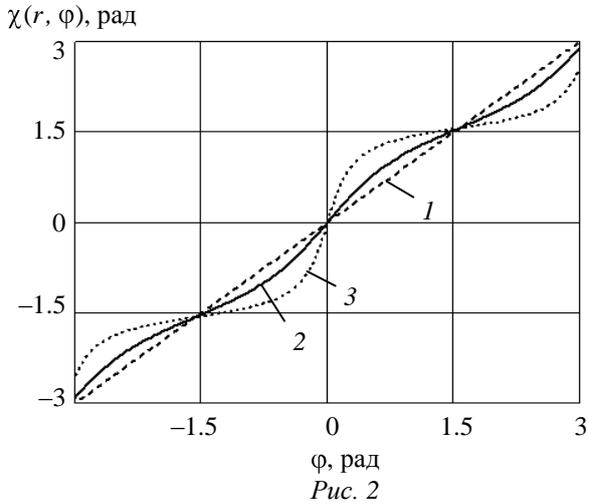
Графики зависимости фазы  $\chi(r, \varphi)$  выходного сигнала ПЭАП от фазы прямой волны  $\varphi$  при различных коэффициентах отражения  $r$ , построенные в программе MathCAD, приведены на рис. 2.

$$\chi(r, \varphi) := \begin{cases} \operatorname{atag} \left( \frac{1+r^2}{1-r^2} \operatorname{tag}(\varphi) \right), & \text{if } -\frac{\pi}{2} \leq \varphi < \frac{\pi}{2}; \\ \pi + \operatorname{atag} \left( \frac{1+r^2}{1-r^2} \operatorname{tag}(\varphi - \pi) \right), & \text{if } \varphi \geq \frac{\pi}{2}; \\ -\pi + \operatorname{atag} \left( \frac{1+r^2}{1-r^2} \operatorname{tag}(\varphi + \pi) \right), & \text{if } \varphi < -\frac{\pi}{2}. \end{cases} \quad (19)$$

Из графиков видно, что из-за наличия отраженных волн в акустическом тракте фаза выходного сигнала изменяется нелинейно (кривые 2 –  $\chi(0.5, \varphi)$ , и 3 –  $\chi(0.8, \varphi)$ ) при изменении фазы прямой волны (кривая 1 –  $\chi(0, \varphi)$ ). Чем больше коэффициент отражения  $r$ , тем больше нелинейность.

На рис. 3 приведены графики отклонений фазы  $\Delta\chi(p, \varphi)$  от линейного закона при различных коэффициентах отражения:

$$\Delta\chi(r, \varphi) = \chi(r, \varphi) - \chi(0, \varphi) = \chi(r, \varphi) - \varphi. \quad (20)$$



Найдем максимальные значения ошибок, используя программу MathCAD.

Берем производную

$$\frac{d\Delta\chi(r, \varphi)}{d\varphi} \rightarrow - \frac{(\operatorname{tag}(\varphi)^2 + 1)(r^2 + 1)}{r^2 - 1 \left[ \frac{(\operatorname{tag}(\varphi)^2 + 1)(r^2 + 1)^2}{(r^2 - 1)^2} + 1 \right]} \quad (21)$$

и решаем уравнение  $\frac{d\Delta\chi(r, \varphi)}{d\varphi} = 0$  относительно  $\varphi$ , чтобы найти нули производной и, соответственно, точки максимумов. Программа MathCAD выдает решение в виде

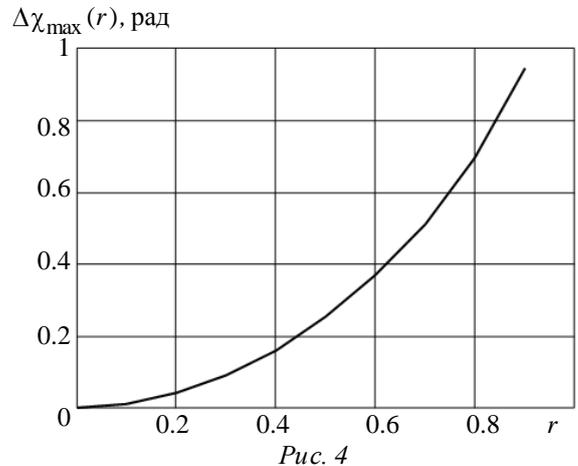
$$\varphi_{1,2} = \begin{pmatrix} \operatorname{asin}(\sqrt{1-r^2}); \\ -\operatorname{asin}(\sqrt{1-r^2}). \end{pmatrix} \quad (22)$$

Нас интересует корень  $\varphi_1$ . Находим значение функции ошибок и в программе MathCAD строим график зависимости максимальной ошибки как функции коэффициента отражения (рис. 4).

Из графика видно, что с увеличением коэффициента отражения  $r$  величина максимальной фазовой ошибки  $\Delta\chi(r, \varphi)_{\max}$  резко возрастает

Напряжение на выходе фазового детектора в пределах разности фаз сигналов на его входах  $\pm\pi/2$  пропорционально  $\chi(r, \varphi)$

$$u_{\phi}(p, t) = K_{\phi}\chi(r, \varphi). \quad (23)$$



Подставив в формулу (23) выражение (8), в котором ограничимся первым членом разложения в ряд Тейлора, получаем:

$$u_{\phi}(p, t) = K_{\phi} \operatorname{arctg} \left[ \frac{1+r^2}{1-r^2} \operatorname{tg} \left( -\frac{L \omega_0 \Delta C(p, t)}{C_0} \right) \right]. \quad (24)$$

В завершение настоящей работы оценим достижимую точность измерения скорости звука в фазовом измерителе с типовыми параметрами. Влиянием нестабильности частоты, погрешности фазового детектора и линейного расширения базы акустического тракта пока пренебрегаем. Средой является молоко.

Данные датчика:  $L = 7 \cdot 10^{-2}$  м;  $\omega_0 = 6\pi \cdot 10^6$  рад/с;  $C_0 = 1550$  м/с;  $r = 0,3$ .

Из графика рис. 4 находим максимальную величину ошибки  $\Delta\chi(r, \varphi) = 0,1$  рад и, решая уравнение (18)

$$\operatorname{arctg} \left[ \frac{1+r^2}{1-r^2} \operatorname{tg} \left( -\frac{L \omega_0 \Delta C(p, t)}{C_0} \right) \right] = 0,1, \quad (25)$$

программа MathCAD выдает результат:

$$\Delta C = 0,1 \frac{1-r^2}{1+r^2} \frac{C_0^2}{\omega_0 L} = 0,152 \text{ м/с}. \quad (26)$$

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Наличие отраженных волн приводит к нелинейным изменениям фазы сигнала на выходе ПЭАП при изменении фазы прямой волны.
2. Фазовая ошибка за счет отраженных волн возрастает с увеличением коэффициента отражения  $r$ . При  $r = 0,3$  ошибка составляет 0,1 рад., а при  $r = 0,5$  она достигает значения уже 0,28 рад.
3. Для повышения точности измерений необходимо уменьшать коэффициент отражения ультразвуковых волн от электроакустических преобразователей измерителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Н. П. Ультразвуковой контроль параметров технологических процессов в сельском хозяйстве. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2003. 246 с.
2. Бражников Н. И. Ультразвуковые методы // Физические и физико-химические методы контроля состава и свойств вещества / Под ред. Н. Н. Шумиловского. М.; Л.: Энергия, 1965. 248 с.
3. Кузнецов Н. А., Тетерин Е. П. Экспресс-анализ и комплексное измерение физических параметров жидкостей // Вестн. Межрегионального Верхне-Волжского отд. Академии технологических наук РФ. 2004. № 1 (10). С. 49–56
4. Тарасюк Ю. Ф. Серавин Г. Н. Гидроакустическая телеметрия. Л. Судостроение, 1973. 176 с.
5. Колесников А. Е. Ультразвуковые измерения. М.: Изд-во стандартов, 1982. 248 с.
6. Дмитриев С. П., Соколов В. В. Экспериментальная установка для комплексных исследований жидкости // Применение ультразвуки к исследованию вещества. 1981. Вып. 32. С. 35–38.
7. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. 4-е изд., перераб. при уч. Ю. В. Геронимуса и М. Ю. Цейтлина. М.: Физматгиз, 1963. 1100 с.

8. Земельман М. А. Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств. М.: Изд-во стандартов, 1972.

V. Doroshkov

*INFLUENCE OF THE REFLECTED WAVES ON ACCURACY OF A PHASE MEASURING INSTRUMENT OF SPEED OF ULTRASOUND*

*Examines the influence of reflected waves in the acoustic channel of the ultrasonic velocimeter to changes in the phase of the signal at its output. We find the dependence of the phase error of the reflection coefficient. Using the above results, it is possible to calculate the achievable accuracy of the meter and determine the requirements for its parameters. As an example, calculated the measurement error model measuring ultrasonic velocity caused by the reflected waves.*

**Ultrasound, the speed, the reflected waves, phase m**

УДК 551.465

*В. И. Ермолаев, И. А. Селезнев, Буй Чыонг Занг*

**АНАЛИЗ ГИДРОЛОГО-АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
И РАСЧЕТ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В СЕВЕРНОМ РЕГИОНЕ  
ВОСТОЧНОГО МОРЯ ВЬЕТНАМА**

*Рассматриваются условия, влияющие на эффективность функционирования гидроакустической системы, обеспечивающей охрану морской экономической деятельности Вьетнама в северной части Восточного моря.*

**Восточное море Вьетнама, гидролого-акустические характеристики, гидроакустическая система, условия среды, акустическое поле**

Обоснование возможного района установки гидроакустических средств обеспечения безопасности морской экономической деятельности Вьетнама в Восточном море.

Северная часть Восточного моря играет важную роль в политической и экономической деятельности Вьетнама.

В географическом отношении Восточное море представляет собой полузамкнутое море у берегов Юго-Восточной Азии, которое находится между полуостровом Индокитай, островами Калимантан, Палаван, Лусон и Тайвань и входит в состав морских бассейнов Австрало-Азиатского Средиземного моря между Тихим и Индийским океанами<sup>1</sup>. Международное название «Южно-Китайское море» было присвоено Восточному морю в соответствии с международными принципами на основе географического расположения ближайшей крупнейшей страны, прилегающей к морю. Согласно международной конвенции, Восточное море не принадлежит ни одной стране.

В экономическом отношении Восточное море играет важную роль для Вьетнама, являясь важной транспортной артерией, источником био- и энергоресурсов.

На международной транспортной карте все воздушные трассы и крупные международные морские трассы между Тихим и Индийским океанами проходят через Восточное море. Суда, следующие из портов Вьетнама, Китая, Японии и России к Сингапурскому проливу и в обратном направлении в Восточном море, придерживаются так называемого Главного морского пути, связывающего Азию (в том числе Китай и Россию) с Австралией

<sup>1</sup> Море Южно-Китайское. Интернет-справочник: Живая природа. <http://www.infonature.ru/geo/water0026.html>. (Далее – <http://www.infonature.ru/geo/water0026.html>.)

и Африкой<sup>1</sup>. Этот путь считается одним из самых оживленных международных транспортных маршрутов в мире. Пять из десяти наиболее распространенных морских путей в мире связаны с Восточным морем. Транспортная загруженность этого маршрута очень велика: именно через Восточное море перемещаются более 50 % импорта и экспорта товаров Китая, 80 % импорта сырой нефти Японии, Южной Кореи, Китая и Тайваня.

Восточное море является районом интенсивного рыболовства, в котором добывают огромное количество рыбы (не менее 8 % объема мировой добычи). Здесь можно встретить небольшие рыболовные суда и даже парусные джонки из Китая, Вьетнама, Филиппин, Малайзии, Индонезии, Брунея, Таиланда и Камбоджи. В северной части моря известно более 1 тыс. видов рыбы, в южных – 2 тыс. видов. Ведется промысел акулы, тунца, макрели, морского окуня и многих других промысловых рыб, а также креветки, китайского омара, трепанга, кальмара, многих видов краба, устриц и различных моллюсков, съедобных водорослей и прочих экзотических видов морских деликатесов<sup>2</sup>. По данным исследований, проведенных Департаментом охраны окружающей среды и природных ресурсов Филиппин, это район представляет треть морского биоразнообразия во всем мире, тем самым являясь очень важным для экосистемы.

Регион Восточного моря имеет большой потенциал для развития туризма благодаря наличию живописных бухт, больших островов и потрясающе красивых пляжей.

Восточное море имеет большие резервы топлива, минералов, металлов, строительных материалов. Оно считается одним из пяти мировых крупнейших бассейнов, содержащих запасы нефти и газа. В докладе журнала «Геологические исследования США» (U.S. Geological Survey) в 1993/1994 г. общий резерв нефти в Восточном море оценивается в объеме 28 млрд баррелей<sup>3</sup>.

Важное географическое положение и экономическая роль Восточного моря в деятельности прибрежных густонаселенных государств объективно определяют противоречия между этими государствами относительно принадлежности Восточного моря, границ исключительных экономических зон, районов разработки биологических и энергетических ресурсов. Это, в свою очередь, актуализирует защиту объектов морской экономической деятельности Вьетнама, расположенных в пределах территориальных вод и исключительной экономической зоны страны от их захвата или поражения воздушными, надводными и подводными объектами. Защита объектов предполагает организацию наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой, обеспечивающего обнаружение опасных объектов на дистанциях, позволяющих принимать меры для своевременной защиты объектов морской экономической деятельности.

К самым сложным относится задача обеспечения наблюдения в подводной среде. В связи с тем что площадь территориальных вод и исключительной экономической зоны Вьетнама велика, решить в полном объеме эту задачу в настоящее время не представляется возможным. Однако одним из вариантов оптимизации наблюдения в подводной среде является размещение координатно-фиксированных гидроакустических средств в районах

---

<sup>1</sup><http://www.infonature.ru/geo/water0026.html>.

<sup>2</sup> Чан Чьонг Тхюн. Территориальные конфликты в Южно-Китайском море. <http://vnsea.net/tabid/149/ArticleID/489/language/en-US/Default.aspx>. (Далее – <http://vnsea.net/tabid/149/ArticleID/489/language/en-US/Default.aspx>.)

<sup>3</sup> Там же.

наибольшей концентрации объектов морской экономической деятельности Вьетнама. Таким районом, например, считается северная часть Восточного моря (рис. 1). Систему целесообразно развернуть исключительно в экономической зоне Вьетнама, которая определена на основе Международной конвенции 1982 г. по морскому праву: территориальные воды ограничены 12 милями (+12 миль прилегающей зоны); исключительная экономическая зона – 200 миль, вне территориальных вод<sup>1</sup> [3].

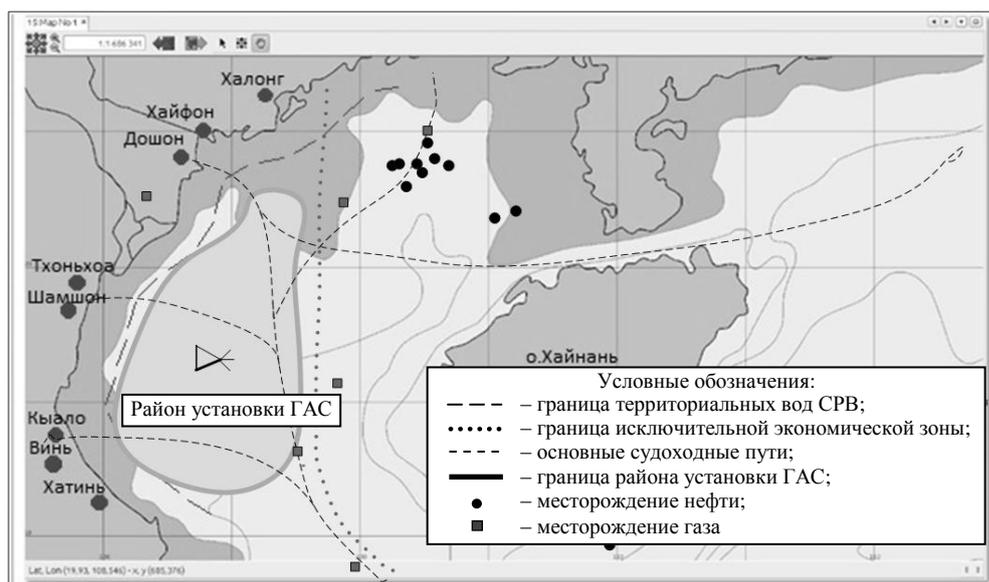


Рис. 1

Возможный район установки гидроакустической системы (рис. 1) имеет сложную конфигурацию, вытянутую в направлении с севера на юг на 250 км и с запада на восток на 140 км. Большая площадь района предъявляет высокие требования к эффективности ГАС, обеспечивающих решение задач наблюдения. Это, в свою очередь, определяет необходимость:

- оптимизации структуры ГАС и методов обработки гидроакустической информации, адаптированных к конкретным условиям среды;
- оптимизации размещения ГАС заданной структуры в пределах района наблюдения.

Количественный состав гидроакустических средств, необходимых для наблюдения, в значительной мере, определяется характеристиками среды в районе установки гидроакустической системы.

**Анализ факторов среды, влияющих на возможности гидроакустических средств при их функционировании в районе Восточного моря.** При анализе факторов среды, необходимо учитывать, что гидроакустические средства обеспечения безопасности морской экономической деятельности функционируют непрерывно. То есть анализ предполагает оценку пределов изменчивости параметров среды, а также оценку наиболее и наименее вероятных условий среды в течение года.

К основным факторам среды, определяющим возможности гидроакустических средств, относятся:

- глубина района и рельеф дна;

<sup>1</sup> Конвенция ООН по морскому праву. Статья 57 «Ширина исключительной экономической зоны». [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/lawsea.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/lawsea.shtml).

- геоакустические характеристики дна;
- волнение моря;
- гидролого-акустические характеристики водных масс.

Для того чтобы оценить глубины и рельеф дна, были проанализированы вертикальные срезы водной среды (трассы распространения сигнала) по направлениям, проходящим через центр района с дискретностью  $5^\circ$ . Пример таких срезов рельефа дна по  $19^\circ 00'$  с. ш. и  $107^\circ 30'$  в. д. приведен на рис. 2 (север–юг) и рис. 3 (запад–восток).

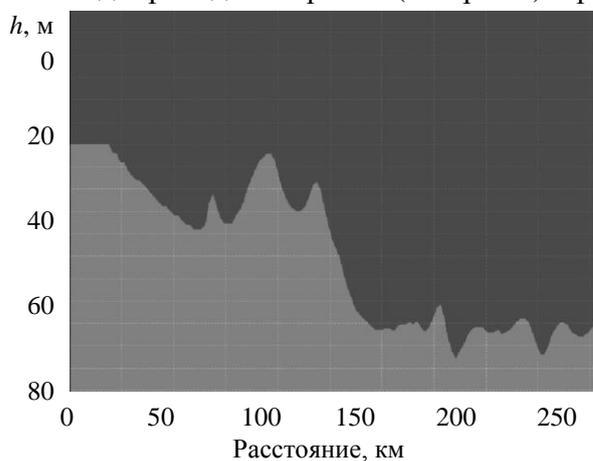


Рис. 2

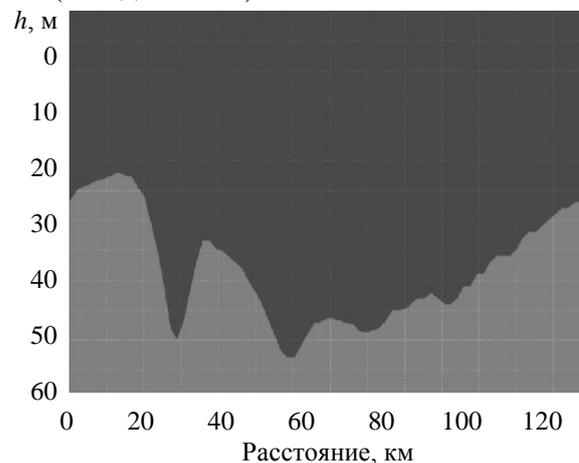


Рис. 3

Анализ приведенных на рис. 2 и 3 данных, характеризующих рельеф дна, позволяет сделать вывод, что район наблюдения удовлетворяет условиям мелкого моря (акустически безразмерный параметр  $kh \leq 10$ , где  $k$  – горизонтальное волновое число;  $h$  – глубина места, географически глубины в районе не превышают 200 м [1]). Минимальная глубина района – 25 м, максимальная – 86 м. Рельеф дна относительно ровный со средними перепадами глубины 0.5...1.5 м/км.

Распределение донных отложений в Восточном море в целом соответствует общим закономерностям распределения осадков в Мировом океане. По мере удаления от берегов и увеличения глубины наблюдается уменьшение зернистости осадков. Вблизи островов и участков скалистого берега грунт – скала, местами ракушка. На банках и в районах островов часто встречаются кораллы и коралловые пески. В связи с этим район наблюдения может быть отнесен ко второй геоакустической модели мелкого моря [2], [3], характеризующейся скоростью звука в воде на границе «вода – морское дно» 1850 м/с в слое песка толщиной 10...15 м, и скоростью звука более 3000 м/с в слое скального основания. Параметры данной модели приведены в табл. 1.

Режим волнения Восточного моря формируется, главным образом, под воздействием системы муссонов<sup>1</sup>.

Таблица 1

Тип осадков	Скорость продольных волн, м/с	Тангенс угла потерь	Плотность, т/м <sup>3</sup>
Гранит	3000	0.00063	2.4
Песок	1850	0.01420	2.15

<sup>1</sup> Атлас по океанографии Южно-Китайского моря // Океанография и состояние морской среды Дальневосточного региона России. <http://pacificinfo.ru/data/cdrom/9/text.html#wind>.

С октября по март преобладает северо-восточный муссон. В этот период к северу от 15° с. ш. наступает сухой сезон, для которого характерно уменьшение облачности и количества осадков, понижение температуры воздуха до 15...20 °С и значительное ухудшение видимости. С июня по август находятся под воздействием юго-западного муссона. Нарушение постоянства воздушных потоков наблюдается, главным образом, во время прохождения тропических циклонов (тайфунов).

Ветры зимнего муссона обладают большой устойчивостью и силой, что благоприятствует развитию штормового волнения и зыби. Летний муссон обычно слабее зимнего. Он достигает полного развития в период с июля по август. Сила муссонного ветра в это время обычно не превышает 4 баллов, лишь иногда достигая 5 баллов.

В обозначенном районе наблюдения следует ожидать волнения моря 3...4 балла с повторяемостью 35...55 %, 5 баллов с повторяемостью 24 %. Вблизи берегов (в западной части района) наиболее вероятное волнение – 1...2 балла. Свыше 10 % времени ожидается сильная зыбь, около 50 % – умеренная, и 40 % – слабая или отсутствие зыби.

В мае – декабре в Восточном море возможны тропические циклоны (тайфуны), средняя повторяемость которых 2–3 раза в год. Максимум повторяемости тайфунов приходится на лето и осень. Число дней со штормом (сила ветра 8 баллов и более) в данном районе не превышает 7–8.

Течения в северной части района наблюдения имеют юго-западное направление и скорость 15...20 см/с, в центральной и южной части района – южное направление и скорость 40...45 см/с.

Гидрологический режим района наблюдения складывается под влиянием климатических условий, муссонной циркуляции атмосферы и водообмена с прилегающими морями Тихого океана.

Район находится в экваториальной и тропической зонах, с соответствующей изменчивостью значений температуры и солености поверхностных вод в течение года. Температура воздуха у поверхности моря может изменяться от 28 °С (июнь – сентябрь) до 8...12° (январь – февраль). Соответственно изменению температуры воздуха перепад температуры поверхности воды в течение года может составлять до 14 °С (рис. 4, *а* – ожидаемые сезонные изменения температуры поверхности воды).

Воды Восточного моря отличаются высокой соленостью – 32...34,0 ‰ с небольшими годовыми колебаниями (рис. 4, *б* – ожидаемые сезонные изменения солености поверхности воды – *S*).

В период зимнего муссона сюда поступают из Тихого океана воды, имеющие соленость свыше 34,0 ‰. С ноября по март в результате интенсивного испарения, в поверхностном слое толщиной 70 м, соленость увеличивается на 0,3 ‰. В дождливый сезон, с мая по август, соленость в однородном поверхностном слое толщиной 40 м уменьшается на 0,7 ‰.

Наличие в районе установки системы устьев крупных рек существенно меняет пространственное распределение солености, а следовательно, и скорости звука в акватории, что необходимо учитывать при проектировании гидроакустической системы подводного наблюдения, работающей в пассивном режиме.

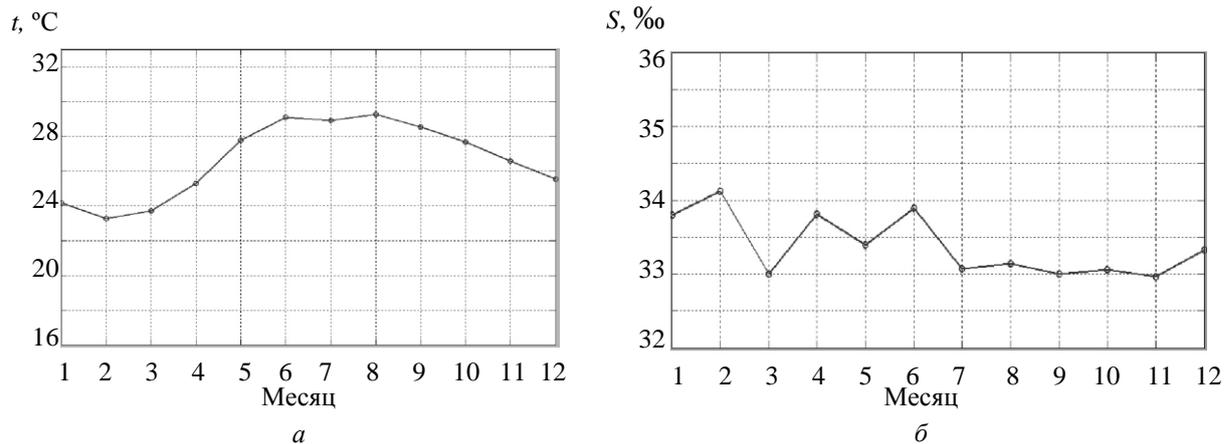


Рис. 4

С учетом влияния этих факторов гидрологический режим района представлен на рис. 5 (ожидаемые сезонные распределения скорости звука по глубине в районе наблюдения: *a* – зима, *б* – весна, *в* – лето, *г* – осень).

Гидролого-акустические условия района наблюдения характеризуются наличием ППЗК, отсутствием ПЗК и дальних зон акустической освещенности и сравнительно хорошими отражающими свойствами дна.

Таким образом, в зимний и весенний сезоны в районе преобладает положительная рефракция. Она определяет высокую вероятность (до 94...96 %) образования ППЗК. В теплый период (апрель – октябрь) вероятность появления ППЗК может достигать 50 %.

Явление отрицательной рефракции в поверхностном слое в холодный период года встречается редко: повторяемость в ноябре – марте для района может достигать до 4 %, в теплый период года вероятность отрицательной рефракции увеличивается до 48...49 % в апреле – октябре.

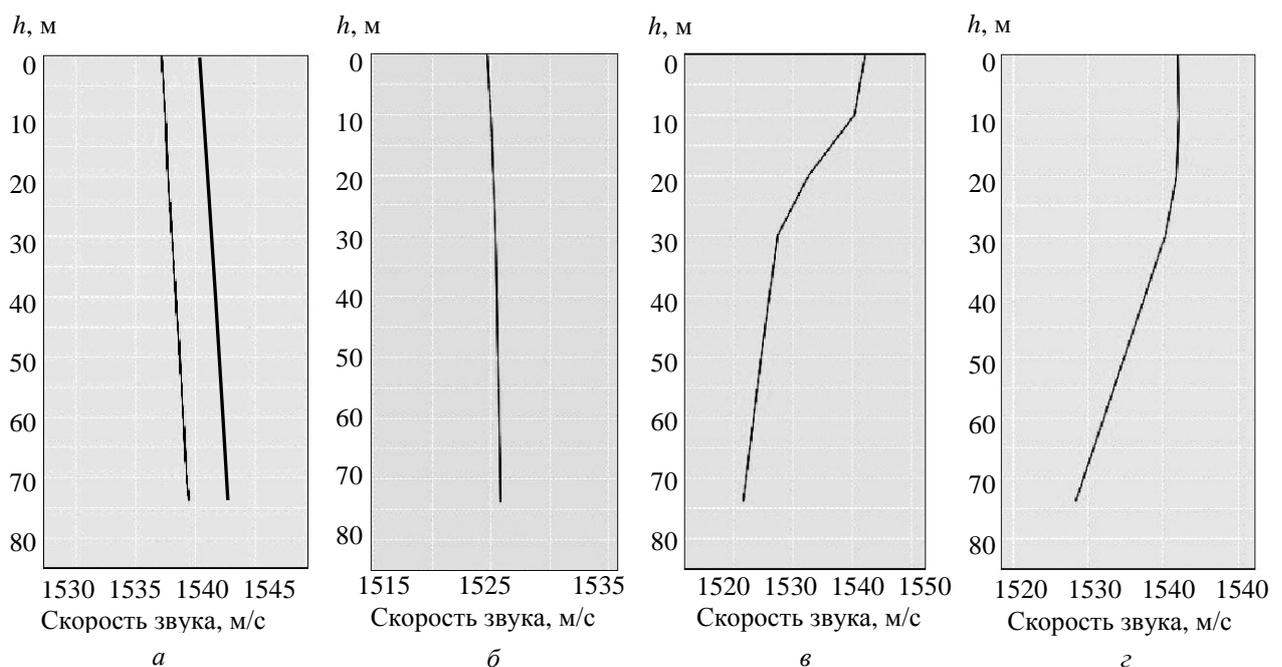


Рис. 5

**Расчет звукового поля от дистанции для различных сезонов.** Оценка звукового поля в районе наблюдения проведена с использованием возможностей системы гидроакустических расчетов на базе интеллектуальной геоинформационной системы (ИГИС) [4], [5]. Система использует базы данных рельефа морского дна Национального центра геофизических данных США с разрешением 2' (ЕТОРО2) и с разрешением 5' (ЕТОРО5). Ядро системы гидроакустических расчетов (СГР) включает две модели расчетов параметров поля: волновую и лучевую.

В основу волновой модели положено решение псевдодифференциального параболического уравнения (ПДПУ) [6], [7]. Расчет потерь звуковой энергии в морской среде на основе метода ПДПУ осуществляется путем вычисления абсолютной величины комплексной амплитуды гармонического звукового поля, обусловленного источником с единичной амплитудой поля на единичном расстоянии от него. Комплексная амплитуда гармонического звукового поля вычисляется методом псевдодифференциального параболического уравнения (ПДПУ), являющимся специальной алгоритмической реализацией однонаправленного метода поперечных сечений. Этот метод позволяет вычислять звуковые поля в двумерно-неоднородной морской среде, вертикальные распределения скорости звука и плотности, глубина и возвышения взволнованной поверхности которой зависят от дистанции.

Лучевая модель используется в том случае, когда различие между результатами двух моделей незначительно, а также когда время проведения расчетов с использованием волновой модели недопустимо большое для выбранных условий. На высоких частотах волновые методы обеспечивают низкую оперативность расчетов акустического поля, что может отрицательно влиять на оперативность функционирования геоинформационных систем, которые используют результаты расчета акустических полей в условиях динамически изменяющейся обстановки. В лучевых методах расчета поля акустическая волна на небольшом участке рассматривается как плоская и на этой основе вводится понятие «луч» – линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением распространения волны. Такой подход позволяет говорить о распространении звука вдоль лучей, отвлекаясь от его волновой природы. Замена волнового уравнения лучевым приближением упрощает задачу описания поля за счет того, что волновое уравнение не содержит производных по времени, а следовательно, не зависит от частоты. Кроме того, оно дает возможность построить систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих траекторию индивидуального луча [5].

Для моделирования акустического поля в районе установки системы выберем точечный источник, работающий на частоте 1 кГц, что отвечает условиям мелкого моря, когда затухание сигнала за счет многократных переотражений его от грунта достаточно велико. На выбранной частоте использование как лучевого, так и волнового метода обеспечивает идентичность расчетов поля. При этом лучевой метод, с точки зрения оперативности получения результатов, более предпочтителен. На рис. 6 показаны результаты моделирования акустического поля на глубине 40 м в районе наблюдения для различных сезонов (*a* – зима, *b* – весна, *в* – лето, *г* – осень). Моделирование проводилось с использованием метода лучевого приближения.

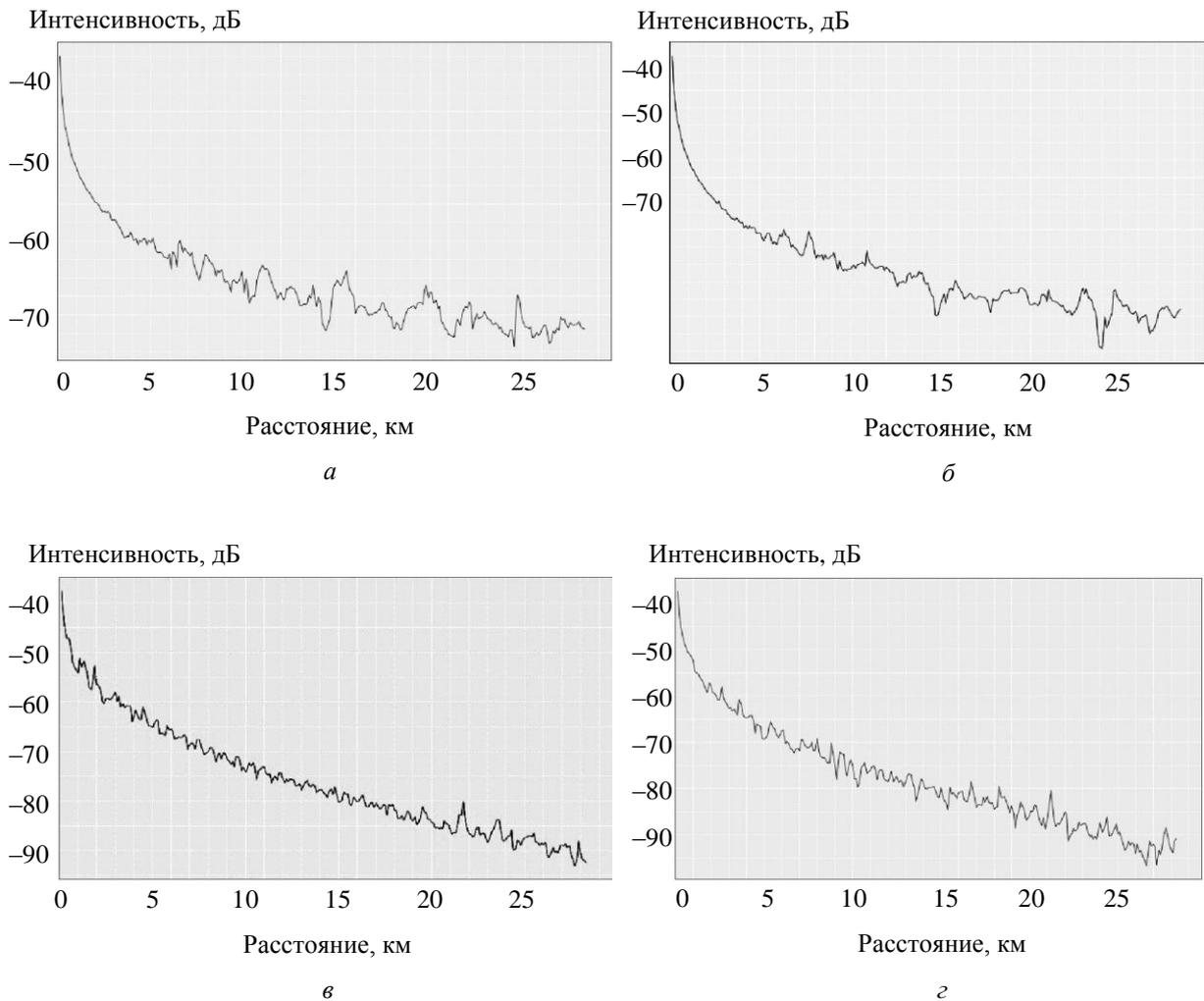


Рис. 6

Анализ полученных кривых показывает, что звука с расстоянием составляет примерно 2 дБ/км зимой и весной, увеличиваясь до 3 дБ/км летом и осенью. Очевидно, что потери распространения достаточно велики как летом, так и осенью (в эти времена года явление отрицательной рефракции ясно выражено, отсюда переотражения лучей от дна возникают чаще).

Полученные в ходе описанного исследования результаты показывают, что дальность действия одиночной гидроакустической системы, установленной в выбранном районе, будет невысокой, а также будет варьироваться в зависимости от сезона. Поэтому для построения подобной системы в выбранном районе потребуется комплексирование ряда систем и применение алгоритмов обработки гидроакустической информации, позволяющих учитывать сезонную изменчивость условий наблюдения.

В заключение скажем следующее. Рассматриваемый район Восточного моря является зоной с непрерывными столкновениями интересов экономики и политики. Построение гидроакустической системы, обеспечивающей освещение подводной обстановки в регионе – задача, актуальная для обеспечения экономических и политических интересов всех стран, для которых данное водное пространство является зоной экономических интересов, в том числе и для Вьетнама.

Следует отметить, что в условиях мелкого моря, особенно в Восточном море, наличие значимых потерь в распространении звукового поля из-за мелководности (глубины в данном районе могут составлять даже 10...15 м) сильно влияет на дальность распространения звука, а следовательно, и на дальность действия пассивной гидроакустической системы, что при решении задачи построения рубежных систем для акваторий большой площади заставляет искать возможности комплексирования нескольких систем для обеспечения заданной вероятности обнаружения.

Еще одной особенностью мелководного района является факт, что малые глубины ограничивают возможность установки на дне протяженных антенных полей из-за опасности траления. Поэтому наиболее приемлемым техническим решением в данном случае является установка ряда локализованных антенных систем (цилиндрических антенных решеток) вдоль рубежа охраняемой акватории. Система цилиндрических антенных систем представляет собой достаточно экономичное техническое решение благодаря большому сектору обзора, простоте конструкции, наличию апробированных аппаратных и алгоритмических решений.

При создании системы освещения подводной обстановки для этого экономически важного региона в Восточном море Вьетнама необходимо учитывать указанные в настоящей работе особенности и результаты расчетов. Данная работа может рассматриваться как первый шаг к проектированию гидроакустической системы, работающей в режиме шумопеленгования, в Северном районе Восточного моря Вьетнама.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтютов А. П., Митько В. Б. Инженерные расчеты в гидроакустике. Л.: Судостроение, 1988.
2. Зарайский В. А. Акустика океана / ВМА. СПб., 2003.
3. Гамильтон Э. Л. Геоакустические модели морского дна // Акустика морских осадков. М.: Мир, 1977.
4. Sound propagation modeling on intelligent GIS basic / V. Popovich, C. Aviloff, V. Ermolaev, et al.; Институт системного анализа РАН. М., 2012.
5. Попович В. В., Ермолаев В. И., Леонтьев Ю. Б. Система гидроакустических расчетов на базе интеллектуальной геоинформационной системы / Институт системного анализа РАН. М., 2012.
6. Aviloff C. V. An effective numerical solution of guided wave equations // J. de Phy. IV, Collock. C1; Supplement au J. de Phys. III. 1992. Apr. Vol. 3. P. C1–1023.
7. Авилов К. В. Псевдодифференциальные параболические уравнения распространения звука в океане, плавно неоднородном по горизонтали, и их численное решение // Акуст. журн. 1995. Т. 41. Вып. 1. С. 5–12.

*V. I. Ermolaev, I. A. Seleznev, Bui Truong Giang*

#### *ANALYSIS OF HYDROLOGICAL-ACOUSTIC CHARACTERISTICS AND CALCULATION OF SOUND FIELD IN THE NORTHERN REGION OF EAST SEA IN TERRITORY OF VIETNAM*

*The conditions affecting the effectiveness of the sonar system to ensure protection of the marine economic activities in the Northern region of East Sea in territory of Vietnam are considered.*

**East Sea, Vietnam, hydro-acoustics characteristics, sonar system, environmental conditions, acoustic field**

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ НА БАЗЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Описывается разработка системы предотвращения чрезвычайных ситуаций на основе геоинформационных технологий (ГИС). Программно-алгоритмическое обеспечение системы позволяет оценивать влияние дефектов ЖД-полотна, а также воздействие техногенных (фабрики и заводы) и природных (воздействие стихии) объектов, расположенных вблизи исследуемого участка железной дороги, на безопасность движения.*

### **Железнодорожное полотно, геоинформационные системы, дефект, чрезвычайные ситуации, вейвлет-преобразование**

На сегодняшний день актуальны вопросы обеспечения безопасности не только в воздухе, или на воде, но и на железной дороге (ЖД), в связи с этим целесообразна разработка информационных систем для предотвращения чрезвычайных ситуаций. При решении вопросов обеспечения безопасности железнодорожного движения необходимо учитывать особенности железных дорог: их протяженность, распределенность по территории России и сопредельным государствам, наличие разнообразных дефектов полотна, природных и техногенных объектов, оказывающих различное влияние на состояние железной дороги в зависимости от скорости и направления ветра, сезонного фактора, особенностей рельефа и т. п. Причем информация о точном местоположении дефектов и объектов, их размеры и степень воздействия существенно влияют на качество управленческих решений, принимаемых и реализуемых на различных уровнях.

Учитывая все приведенные выше особенности железных дорог, для разработки системы предотвращения чрезвычайных ситуаций на железной дороге целесообразно применять геоинформационные технологии, например использовать программные продукты американской компании ESRI – ArcGIS. Инфраструктура железной дороги распределена географически, что обуславливает особенность сбора и обобщения информации.

Внедрение ГИС-технологии в России происходит по отдельным целевым направлениям, а не по всему «фронту» транспортных и смежных с ними задач, что обеспечило бы наиболее эффективные решения и наибольшую отдачу от их внедрения. Систем предотвращения ЧС на базе ГИС в России на данный момент нет [1]. ГИС позволяют работать с пространственно-распределенной информацией для ее сквозной, интегральной и согласованной обработки, что обеспечивает лицо, принимающее решение, полной, достоверной и оперативной пространственной информацией.

Целью разрабатываемой системы предотвращения ЧС является оценка влияния дефектов ЖД-полотна, воздействия техногенных (фабрики и заводы) и природных (воздействие стихии) объектов, расположенных вблизи исследуемого участка железной дороги, на безопасность движения с использованием геоинформационных технологий.

**Программно-алгоритмическое обеспечение системы предотвращения ЧС на базе ГИС.** Создаваемое авторами программно-алгоритмическое обеспечение системы предотвращения ЧС на основе ГИС (рис. 1) позволяет:

- обращаться к базе данных;
- проводить анализ данных, используя заложенные алгоритмы обработки;
- оценивать влияние дефектов ЖД-полотна на безопасность движения;
- оценивать влияние техногенных (фабрики и заводы) и природных (воздействие стихии) объектов на безопасность движения;
- отображать результаты анализа на карте;
- оперативно предоставлять информацию лицу, принимающему решения.

Согласно рис. 1, в базу данных (БД) системы поступают данные по техногенным, природным объектам и от измерительной системы. Помимо описанных данных БД системы содержит нормативные таблицы и географические данные (топооснова, географическая модель железной дороги, линейная схема маршрута, модели объектов и другие).

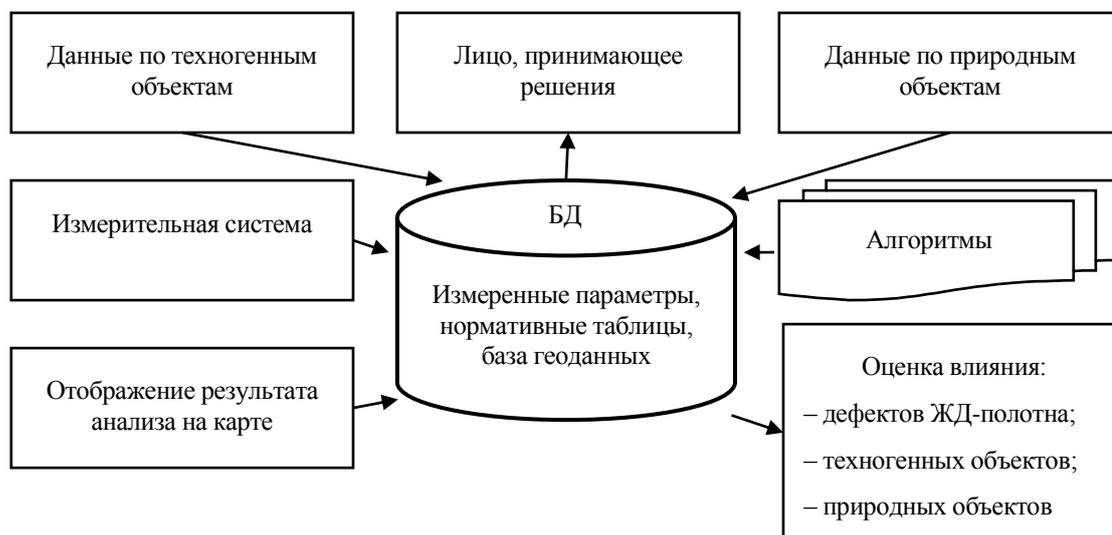


Рис. 1

С использованием алгоритмов обработки проводится анализ данных и формируются оценки влияния дефектов ЖД-полотна, техногенных и природных объектов, расположенные вблизи исследуемого участка железной дороги, на безопасность движения. Результаты анализа отображаются на карте и предоставляются лицу, принимающему решения.

**Оценка влияния дефектов ЖД-полотна, природных и техногенных объектов на железную дорогу.** Для оценки такого влияния по поступившим в базу данных рассматриваемый участок обращения локомотива разбивается на подучастки, на протяжении которых скорость движения локомотива имеет строго фиксированное значение. На данном участке создается модель железной дороги. Каждый подучасток модели имеет свой идентификационный номер, привязка к которому позволит оценить влияние вышеуказанных факторов на безопасность движения локомотива.

В силу того что некоторые объекты располагаются не на самой железной дороге, а на некотором расстоянии от нее, для учета их влияния и возможного воздействия на ЖД вокруг модели железной дороги строятся «буферные» зоны определенного радиуса, определяемого экспериментально. Все объекты, попавшие в «буферную» зону и характеризующиеся показателем воздействия, будут влиять на безопасность подучастка железной дороги.

Измерение параметров и определение типа дефектов производится на основе анализа виброускорений, появляющихся в результате движения локомотива по исследуемому пути.

Данные, поступающие от измерительной системы, формируют базу параметров (дефектов), которая позволяет обращаться как к информации, полученной после текущего проезда, так и к ранее полученным результатам контроля состояния пути. Качественная и балловая оценки состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона устанавливаются в зависимости от степени и количества обнаруженных на нем отступлений, а на линейном участке дистанции пути – исходя из среднего количества баллов, получаемого делением суммы баллов по всем отступлениям на число проверенных километров подразделения.

Исследуются дефекты двух видов: сколы и просадки; определяется также местоположение стыков. Каждый вид дефектов проявляется в измерительном сигнале в виде локальной составляющей соответствующего частотного диапазона; для их разделения и выделения используется алгоритм дискретного вейвлет-преобразования [2]. Для реализации исследования в режиме реального времени разработан алгоритм скользящего дискретного вейвлет-преобразования, что позволяет не накапливать данные для последующей обработки, а сразу же после измерения оценить состояние ЖД-полотна.

Размеры отступлений от норм и правил содержания пути и обнаруженные дефекты сопоставляются с допустимыми размерами и установленными требованиями, предъявляемыми к обеспечению безопасности движения поездов в зависимости от установленных скоростей. В результате чего отрезку пути присваивается I, II, III или IV группа отступления. В зависимости от присвоенной группы выносятся рекомендации о частичном или полном ремонте ЖД-пути, снижении скорости движения ЖД-состава или закрытии пути как аварийно-опасного. Также учитываются срок эксплуатации и материалы.

Для оценки влияния природных и техногенных объектов на железную дорогу по поступившим в базу данным предлагается относить все объекты к одному из трех показателей воздействия:

- слабое;
- среднее;
- сильное.

Перечисленные показатели воздействия определяются для каждого вида природных и техногенных объектов. При этом прибегают к экспертным оценкам, которые основаны на априорных знаниях о рассматриваемых факторах. В силу того что объекты могут оказывать воздействия на некотором расстоянии, вокруг них строятся зоны влияния, учитывающие скорость и направление ветра, после чего для каждого участка определяется оценка влияния природных и техногенных объектов на безопасность движения.

Если в качестве примера рассмотреть техногенные объекты (предприятия и заводы), расположенные вблизи ЖД, влияние этих объектов можно оценить на основе априорных знаний (АЗ), которые служат исходными данными для построения моделей железнодорожных полотна и сооружений, а также окружающих природных и техногенных объектов [3]:

$$A3_{\text{ind}} = (A_c, d, t_m, f_b, n_t, tr_f, \dots), \quad (1)$$

где  $A_c$  – деятельность предприятия (насколько вредное воздействие оно оказывает на окружающую среду);  $t_m$  – время создания предприятия;  $d$  – удаленность предприятия от ЖД;  $f_b$  – частота возникновения аварий, сбоев в работе предприятия;  $n_t$  – применение новых технологий в работе предприятия;  $tr_f$  – использование очистных сооружений на предприятии, и т. п. В выражении (1) представлен минимальный состав данных, который необходим для реализации системы; многоточие говорит о том, что количество данных может быть расширено, уточняя получаемые результаты. Полный список формирует эксперт (специалист), занимающийся данной проблемой.

На основе анализа АЗ, представленных в (1), каждому предприятию и заводу присваивается показатель воздействия на железную дорогу. В силу того что предприятия могут воздействовать на нее на некотором расстоянии, вокруг каждого предприятия строятся зоны влияния (рис. 2). Зона наименьшего радиуса считается самой опасной и имеет максимальный показатель воздействия, присваиваемый экспертами. Следующая по радиусу зона менее опасна, но, в зависимости от вида предприятия, может быть значимой при оценке. И третья зона – самого большого радиуса, считается практически безопасной, но при анализе влияния разного рода химических и нефтеперерабатывающих, а также атомных предприятий ее необходимо вводить и учитывать возможность влияния предприятия из данной зоны.

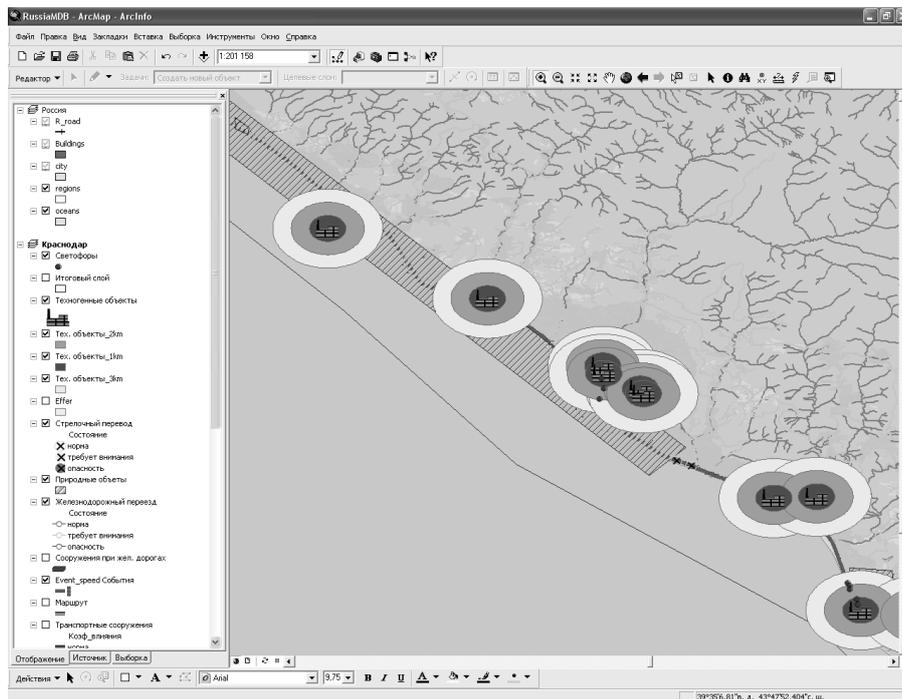


Рис. 2

Влияние природных объектов (воздействие стихии) на состояние рельсового пути оценивается как результирующая учета уровня опасности тех или иных объектов и их удаленности от железнодорожного полотна по трехбалльной системе. Состав АЗ для природных объектов на примере чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут произойти в районе рассматриваемого участка ЖД, представлен в следующем виде:

$$AZ_{em} = (Sp, ex, d, f, d_r, \dots), \quad (2)$$

где  $Sp$  – вид ЧС;  $ex$  – протяженность ЧС;  $d$  – удаленность ЧС от железной дороги;  $f$  – частота появления ЧС в данном районе (по статистическим данным);  $d_r$  – степень риска ЧС. Каждый тип ЧС оценивается некоторой степенью риска (чаще всего 1–3, где 1 – наиболее опасное ЧС, а 3 – наименее опасное для окружающей среды и человека)<sup>1</sup>.

По  $AZ$ , представленным в (2), каждому природному объекту присваивается показатель воздействия на железную дорогу.

Для формирования оценок состояния на базе ГИС созданы модели, реализующие алгоритмы обработки данных, позволяющие в автоматическом режиме формировать итоговую оценку влияния дефектов ЖД-полотна, техногенных и природных объектов, расположенных вблизи исследуемого участка железной дороги, на безопасность движения в зоне каждого подучастка ЖД.

Эта информация визуализируется на карте и может быть предоставлена лицу, принимающему решения, с целью выработки управляющих рекомендаций.

Таким образом, разрабатываемая система предотвращения ЧС на железной дороге на базе ГИС обеспечивает:

- сбор и обработку информации по природным, техногенным объектам и от измерительной системы,
- анализ данных с использованием заложенных алгоритмов обработки;
- оценку влияния дефектов ЖД-полотна на безопасность движения;
- оценку влияния техногенных (фабрики и заводы) и природных (стихий) объектов на безопасность движения;
- отображение результатов анализа по требуемым запросам к БД на карте;
- предоставление оперативной информации лицу, принимающему решения.

Работа финансируется Министерством образования и науки Российской Федерации (грант № 14.В37.21.1540).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов В. ГИС и транспорт // ArcReview. 2007. № 3 (42).
2. Измерение характеристик железнодорожного полотна с помощью измерительной системы, построенной на базе микро механических акселерометров / В. В. Алексеев, А. М. Боронахин, И. В. Калякин и др. // Приборы, 2011 (138). Вып. 12 (112). С. 22–29.
3. Минина А. А. Влияние техногенных и природных объектов на состояние железной дороги // Тез. докл. 11-й науч.-практ. конф. пользователей ГИС «От полюса до полюса». Санкт-Петербург, май 2012. // СПб., 2012.

*V. V. Alekseev, V. S. Konovalova, A. A. Minina*

### *DEVELOPMENT SYSTEM OF PREVENTION EMERGENCY SITUATIONS ON RAILWAY BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES*

*System of prevention emergency situations based on geographic information technologies (GIS) is developed. Software for the system allows to estimate influence on traffic safety defects railway canvas, man-made (factories) and natural (influence of the elements) objects located near the test section of the railroad.*

**Railroad tracks, geographic information systems, defect, emergency situations, the wavelet transform**

---

<sup>1</sup> Акчурин А. П. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: Методич. указания по изучению курса. Хабаровск, 2000. [http://edu.dvgups.ru/metdoc/enf/bgd/bgd\\_chs/metod/bgd\\_chs/akchur1.htm](http://edu.dvgups.ru/metdoc/enf/bgd/bgd_chs/metod/bgd_chs/akchur1.htm).



УДК 543.422

*А. М. Василевский, Г. А. Коноплев, О. С. Лопатенко,  
А. В. Комашня, К. А. Вишневский,  
А. Ю. Земченков, А. Фрорип*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БИСПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА МОНИТОРИНГА МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ ГЕМОДИАЛИЗНОЙ ПРОЦЕДУРЫ**

*Исследован биспектральный метод мониторинга концентрации мочевой кислоты в выходной диализной магистрали аппарата «искусственная почка» в процессе сеансов гемодиализа. Приводятся результаты предварительных клинических испытаний макета биспектрального сенсора, изготовленного фирмой LDIAMON AS, которые проводились в отделении гемодиализа Маршинской больницы г. Санкт-Петербурга.*

**Спектральный анализ, ультрафиолетовая область, мочевая кислота, мониторинг гемодиализа, искусственная почка**

В настоящее время единственным способом поддержания жизни больных с терминальной стадией хронической почечной недостаточности является заместительная почечная терапия. Наиболее распространенными в практическом здравоохранении методами такой терапии являются классический гемодиализ (ГД) и его более эффективные модификации, например гемодиофильтрация (ГДФ).

Гемодиализ основан на процессах диффузионного и конвекционного переноса низкомолекулярных соединений по осмотическому градиенту и градиенту концентрации из циркулирующей крови, протекающей через специальное устройство – диализатор, содержащее полупроницаемую мембрану, в диализирующий раствор (диализат). Вследствие этого в процессе ГД происходит элиминация из крови токсических субстанций низкой молекулярной массы и удаление лишней воды за счет ультрафильтрации.

Технически ГД и ГДФ реализуются с помощью аппаратов «Искусственная почка» позволяющих контролировать и регулировать ход процедуры. Несмотря на то что физико-химические и физиологические принципы, лежащие в основе гемодиализа, остаются неизменными уже несколько десятков лет, к настоящему времени достигнут значительный прогресс в создании нового поколения аппаратов «искусственная почка». Вносимые усо-

вершенствования направлены, главным образом, на упрощение процедуры для медицинского персонала и повышение ее безопасности для больного. Это достигается путем внедрения в аппарат разнообразных сенсоров и создания развитой системы мониторинга по многим параметрам, таким как давление и температура в магистральных, скорости кровотока и потока диализата, осмолярность и проводимость диализата, объем ультрафильтрации, трансмембранное давление и др.

Наиболее методически и технически сложными для мониторинга в режиме «on-line» являются параметры адекватности гемодиализа, из которых в клинической практике наиболее распространен диализный индекс по мочеvine  $Kt/V$ , который был введен в 1985 г. и с тех пор используется как базовый лабораторный критерий адекватности гемодиализа. Несколькими масштабными исследованиями показано, что величина  $Kt/V$  коррелирует со многими важнейшими клиническими параметрами, включая продолжительность жизни на диализе и частоту госпитализаций [1]. В то же время индекс  $Kt/V$  не учитывает многопуловый характер распределения уремических токсинов в организме, а также тот факт, что динамика выведения веществ с большей, чем у мочевины, молекулярной массой и уремических токсинов, ассоциированных с белками, может существенно отличаться от динамики выведения мочевины.

Многими исследователями отмечается, что к настоящему времени индекс  $Kt/V$  устарел и более эффективной представляется оценка эффективности диализа одновременно по нескольким маркерным субстанциям, а также определение профиля концентрации этих субстанций по ходу сеанса диализа вместо определения концентрации только в начале и конце сеанса. Подобный подход может быть реализован установкой в выходной магистрале аппарата «искусственная почка» специальных датчиков для мониторинга концентрации маркерных субстанций в оттекающем диализате [2]–[4].

К настоящему времени существует три основных разновидности систем мониторинга состава диализата в выходной магистрале диализных машин: системы на базе электрохимических датчиков мочевины, кондуктометрические системы и оптико-электронные системы, в основе которых лежит измерение спектрального пропускания оттекающего диализата в УФ-области спектра на одной или нескольких длинах волн в режиме «on-line».

Действие оптико-электронных систем базируется на спектрофотометрическом методе анализа сред, который позволяет определять концентрацию компонентов исследуемой среды по величине спектрального пропускания на одной или нескольких длинах волн. Они имеют целый ряд преимуществ перед устройствами на основе электрохимических и кондуктометрических датчиков: позволяют определять концентрацию нескольких компонентов диализата одновременно в режиме «on-line», не требуют применения расходных материалов, не содержат сложных механических или гидравлических узлов.

Во многих исследованиях мониторинг состава диализата спектрофотометрическим методом реализуется с применением систем, включающих в себя УФ-спектрофотометр [5]. В спектрофотометр устанавливается проточная кювета, включенная в выходную магистраль аппарата «искусственная почка». В ходе сеанса гемодиализа через равные промежутки времени измеряется спектр пропускания оттекающего диализата и по специальному алгоритму рассчитывается концентрация одного или нескольких веществ. Такие системы были созданы, но широкого распространения не получили из-за высокой стоимости спектрофотометра и ряда эксплуатационных проблем.

Наиболее перспективны для применения в практическом здравоохранении оптические сенсоры на основе УФ-светодиодов – узкополосных твердотельных источников УФ-излучения, которые не требуют применения дорогостоящих спектральных систем. Подобные сенсоры позволяют измерять пропускание диализата в одном или нескольких узких (5...10 нм) спектральных интервалах, а затем по пропусканию рассчитывать концентрацию анализируемых веществ. Сенсоры на основе светодиодов имеют небольшие габариты, сравнительно невысокую стоимость и могут быть интегрированы в аппарат «искусственная почка».

Промышленный сенсор на основе светодиода с длиной волны излучения 285 нм используется в системе мониторинга Adimea аппаратов B Braun Dialog (Германия). Сенсор служит для оценки величины индекса  $Kt/V$  с использованием корреляционной связи между относительным изменением уровня поглощения диализата на длине волны 285 нм и относительным изменением концентрации мочевины. Недостатки системы Adimea в целом аналогичны недостаткам устройств с косвенной оценкой  $Kt/V$  и связаны с невозможностью определения профиля концентрации отдельных уремических маркеров по ходу сеанса гемодиализа.

Данная работа посвящена разработке методики определения концентрации одного из уремических токсинов – мочевой кислоты на базе дискретной абсорбционной ультрафиолетовой спектроскопии с целью создания современных технических средств, обеспечивающих мониторинг процесса изменения концентрации мочевой кислоты в диализате выходных магистралей аппаратов «искусственная почка».

В ходе работы была подготовлена серия растворов мочевой кислоты с концентрациями 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 ммоль/л; методика приготовления растворов подробно рассмотрена в работе [6]. Исследовалось спектральное пропускание и поглощение полученных растворов (пробы помещались в кварцевые кюветы толщиной 5 мм) в области длин волн 190...350 нм, измеренные спектры приведены на рис. 1.

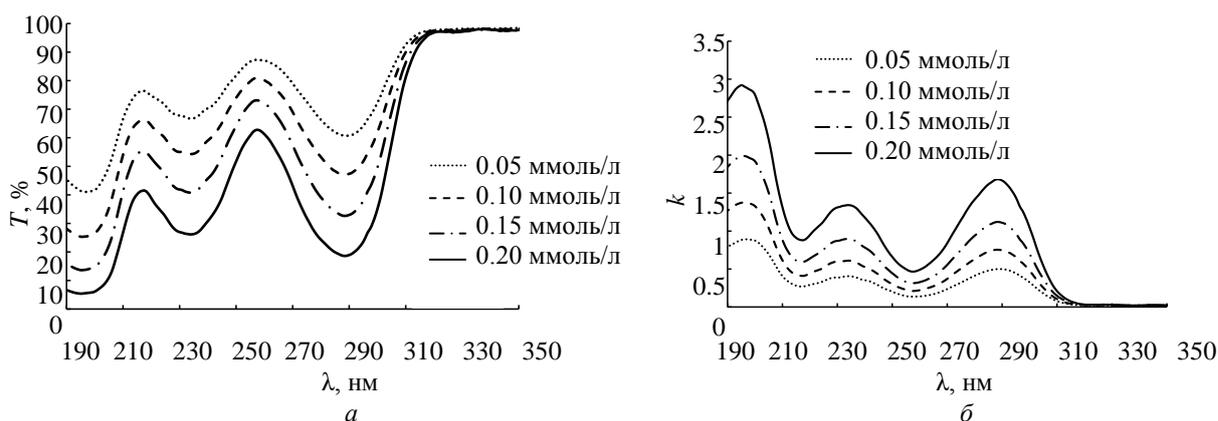


Рис. 1

Анализ формы спектров поглощения показал, что в области длин волн 210...350 нм удельное спектральное поглощение мочевой кислоты математически моделируется комбинацией контуров, описываемых функциями Лоренца ( $\lambda_{\max} = 195$  нм) и Гаусса ( $\lambda_{\max} = 235, 271, 290$  нм), рис. 2. Подбор комбинаций кривых Гаусса и Лоренца основыв-

вался на максимизации подобия формы экспериментально полученного спектра ( $k$ ) и спектра, рассчитанного как сумма спектрального поглощения комбинации контуров ( $k'$ ). При этом количественно степень подобия оценивалась по величине коэффициента подобия  $S(k, k')$ :

$$S(k, k') = 1000 \frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} k_n k'_n}{\sqrt{\sum_{n=N_1}^{N_2} (k_n)^2 \sum_{n=N_1}^{N_2} (k'_n)^2}},$$

где каждый спектр – измеренный и восстановленный – представляется в виде векторов значений спектральных коэффициентов поглощения на дискретном наборе длин волн  $\lambda_{N_1} \dots \lambda_{N_2}$  в информативной области спектра.

Коэффициент подобия спектрального распределения удельного поглощения мочевой кислоты и модельного (восстановленного) спектра в области длин волн 210...350 нм превышает 999.0. Теоретический модельный спектр удельного поглощения может быть использован для расчета спектров поглощения растворов мочевой кислоты с известной концентрацией, в данном случае – для растворов с концентрацией 0.05, 0.10, 0.15 и 0.20 ммоль/л в области длин волн 210...350 нм. Коэффициент подобия рассчитанных и экспериментально полученных спектров превышает 999.0. Спектр, моделирующий удельное поглощение мочевой кислоты, может быть использован для расчета концентрации данного компонента на основе экспериментальных результатов спектральных исследований. Концентрация мочевой кислоты, рассчитанная для серии растворов по модельному спектру удельного поглощения, отличалась от исходных концентраций в пределах 5 %.



Рис. 2

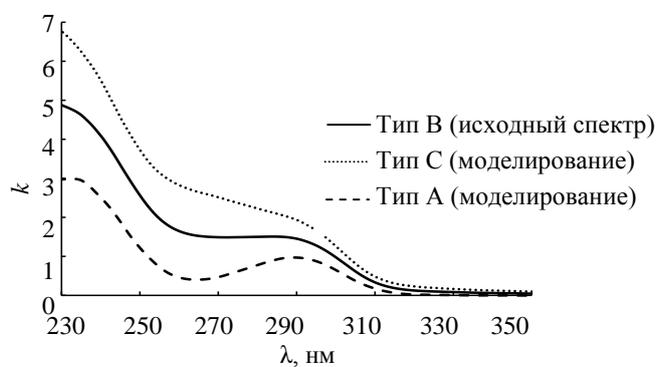


Рис. 3

Анализ модельного спектра показывает, что для количественной оценки концентрации мочевой кислоты в растворах могут быть использованы 2 полосы, описываемые функцией Гаусса (№ 1 и 3, рис. 2) со следующими характеристиками:  $\lambda_{\max} = 235$  нм,  $\Delta\lambda = 14$  нм;  $\lambda_{\max} = 290$  нм,  $\Delta\lambda = 12$  нм. Результаты моделирования могут быть использованы для определения концентрации мочевой кислоты в низкомолекулярных жидких биологических средах (ЖБС), в частности для мониторинга процесса сеансов гемодиализа по этому компоненту.

Состав ЖБС организма сложен и содержит большое количество компонентов с различными комбинациями концентраций. Проводить мониторинг разнообразных процессов по всем компонентам различных ЖБС – задача неразрешимая. Но в процессе экстракор-

поральной детоксикации крови пациентов, страдающих хронической почечной недостаточностью, спектральное поглощение диализной жидкости в основном обусловлено низкомолекулярными компонентами. Поэтому число компонентов, свойства которых позволяют контролировать процесс детоксикации, может быть ограничено. Следует отметить, что информативная область для подобных процессов и сред ограничена УФ-областью в диапазоне волн 200...350 нм.

В частности, результаты многих исследований спектров поглощения диализата доказывают, что в области длин волн 200...350 нм поглощение излучения в основном обусловлено присутствием в диализате мочевины, креатинина, мочевой кислоты и ряда других компонентов.

Длительные (более 10 лет, более 300 пациентов, более 150 сеансов) спектральные исследования диализата, в ходе которых проводился мониторинг процесса гемодиализа по спектрам поглощения диализной жидкости, показали, что динамика спектрального поглощения диализата в области длин волн 270...300 нм имеет тесную корреляционную связь с динамикой концентрации мочевой кислоты по ходу сеанса. Исследования проводились на пробах диализата, взятых из выходных магистралей аппаратов «искусственная почка» в различные моменты времени сеансов. Параллельно в каждой пробе биохимическими методами определялась концентрация мочевой кислоты. Значение коэффициента корреляции концентрации мочевой кислоты в диализате и интегрального поглощения диализата в области длин волн 278...302 нм ( $\lambda_{\max} = 290$  нм) превышает 0.99.

Информация о составе ЖБС достаточно полно характеризуется формой кривой зависимости пропускания  $T_\lambda$  или поглощения  $k_\lambda$  от длины волны [7]. В результате изучения особенностей формы спектров поглощения диализата нами предложена методика классификации спектров по информативным признакам в области 250...290 нм: к группе А отнесены спектры поглощения, форма которых в данной области описывается функцией  $dk/d\lambda > 0$  с максимумом в области 290 нм (~15 % от общего числа пациентов); к группе В – спектры, для которых характерна зависимость типа  $dk/d\lambda \approx 0$  без явно выраженного максимума (~70 % от общего числа пациентов); к группе С – спектры, форма которых имеет спадающий участок в указанной области, при котором  $dk/d\lambda < 0$ .

Следует отметить, что форма кривой спектрального поглощения диализата для каждого больного сохраняется практически неизменной в течение длительного (более года) времени. Так, один из больных наблюдался нами в течение 15 мес. Корреляция по форме спектров в области информативных признаков, измеренных в сеансах, которые по времени разнесены на дни, недели и месяцы, превышала 0.9.

Форма кривой поглощения диализата в области 290 нм определяется в основном относительным содержанием мочевой кислоты (контур № 3, рис. 2). В области длин волн 250...290 нм форма кривой поглощения определяется присутствием в диализной жидкости нескольких компонентов, в число которых входят триптофан, гиппуровая кислота, псевдоуридин, аденозин [8]. Концентрация этих компонентов невелика, но их комбинация, связанная, по-видимому, с индивидуальными процессами метаболизма, и определяет форму поло-

сы поглощения в данной области [7], [9], [10]. Спектральные исследования диализной жидкости пациентов, отнесенных к различным группам, позволили нам экспериментально найти форму спектра поглощения для комбинации компонентов, условно названной псевдокомпонентом НК. Это дало возможность моделировать все разнообразие формы спектров: например, если к экспериментально измеренному спектру поглощения диализата, относящемуся к типу типа В, добавить спектр поглощения НК, моделируется спектр типа С, а если вычтуть спектр поглощения НК – моделируется спектр типа А. При этом концентрация мочевой кислоты в модельных и исходном спектрах одинакова.

На рис. 3 представлены спектр поглощения пробы диализата типа В больного К., взятой на 15-й минуте с начала сеанса диализа, а также спектры поглощения типа А и С, полученные моделированием. Следует отметить, что при переходе от типа А к типу С (увеличение концентрации псевдокомпонента НК в диализной жидкости) изменяется уровень поглощения диализата на длине волны 285 нм, хотя концентрация мочевой кислоты сохраняется неизменной. Это обстоятельство доказывает, что определение концентрации мочевой кислоты классическим методом по уровню поглощения диализной жидкости на одной длине волны (в области максимума поглощения) неизбежно приводит к искажению результатов.

Для учета вклада компонента НК в спектральное поглощение диализата и повышения точности определения концентрации мочевой кислоты необходимо проводить измерения как минимум в двух спектральных областях – 280...300 и 250...270 нм. Мониторинг процесса гемодиализа в этом случае можно реализовать с помощью биспектрального сенсора с двумя селективными источниками, например УФ-светодиодами, излучающими в указанных областях.

Макет биспектрального сенсора, удовлетворяющего данным требованиям, был разработан и изготовлен фирмой LDiamon (Тарту, Эстония). Специализированная компьютерная программа HDMonitor для управления сенсором, передачи данных на ПК по интерфейсу USB 2.0, расчета концентрации мочевой кислоты по предложенной методике и сохранения результатов в виде текстовых файлов в формате CSV создана на кафедре КЭОП СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Клинические испытания макета биспектрального сенсора проводились в отделении гемодиализа Мариинской больницы Санкт-Петербурга. Сенсор подключался к выходной магистрали диализных аппаратов «BBraun Dialoge». При проведении каждого сеанса из выходной магистрали отбирались пробы диализата для проведения параллельных биохимических анализов и спектральных измерений. Биохимический анализ проб проводился в лаборатории фирмы «HELIX» на приборах «Beckman Coulter AU680», которые обеспечивают измерение концентрации мочевой кислоты вплоть до значений 25...30 мкмоль/л.

Исследования проведены для 8 сеансов гемодиализа у 7 пациентов. Результаты измерений с помощью сенсора спектрального пропускания диализата в двух узких спектральных интервалах (центральные длины волн 262 и 287 нм) в ходе мониторинга одного из сеансов гемодиализа, проведенного 10.02.11 у больного М., приведены на рис. 4. Спектры пропускания проб диализата, взятые на 7-й, 38-й, 65-й, 152-й и 263-й минутах того же сеанса, приведены на рис. 5. Временная зависимость концентрации мочевой кислоты в оттекающем диализате по ходу сеанса, рассчитанная по данным биспектрального сенсора в сравнении с результатами биохимического анализа, представлена на рис. 6.

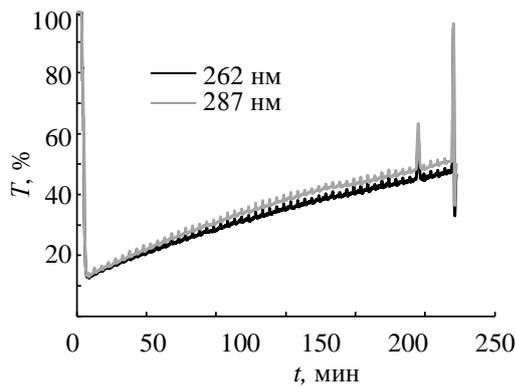


Рис. 4

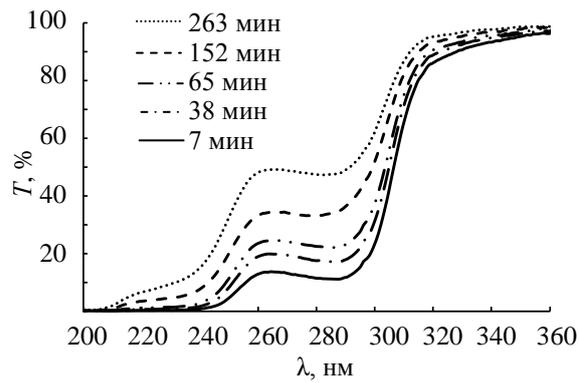


Рис. 5

На рис. 7 сопоставляются результаты определения концентрации мочевой кислоты в диализате в процессе мониторинга 8 сеансов гемодиализа у различных больных (всего 47 проб) по предложенной методике с помощью биспектрального сенсора ( $C_{\text{сен}}$ ) и по стандартной биохимической методике в лабораторных условиях ( $C_{\text{ref}}$ ).

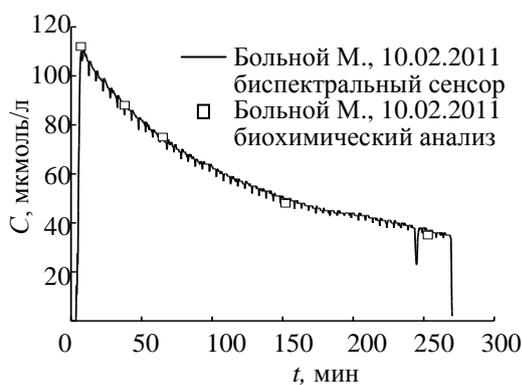


Рис. 6

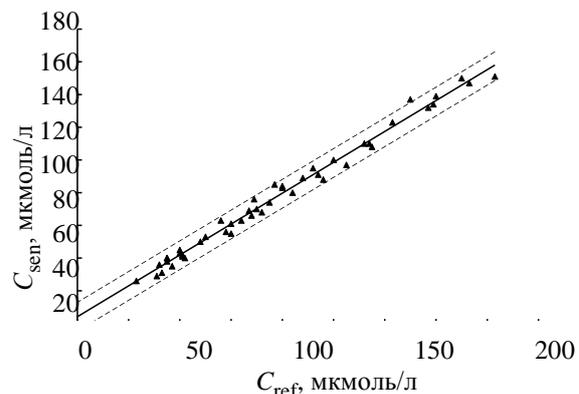


Рис. 7

Коэффициент корреляции данных составил  $r = 0.994$ ; относительная погрешность измерений концентрации мочевой кислоты в диализате, измеренная биспектральным сенсором, не превышает 10 %, средняя погрешность составляет 6 %.

Результаты исследований спектрального поглощения диализата позволяют сравнить возможности сенсора, работающего на одной длине волны (область максимума поглощения мочевой кислоты 287 нм), и биспектрального сенсора, использующего две длины волны (262 и 287 нм). На рис. 8 представлены спектры поглощения проб диализата двух больных, измеренные на сеансах ГД 01.02.2011. Пробы диализата выбраны таким образом, чтобы уровень поглощения в спектральной области 285...287 нм был одинаков. Применение для мониторинга процесса гемодиализа

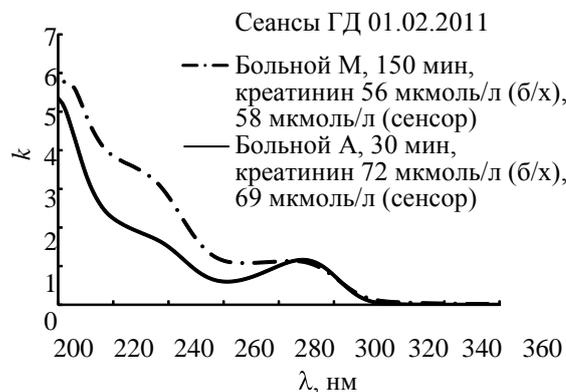


Рис. 8

односпектрального сенсора, рекомендованного в некоторых работах, приведет к одинаковым значениям концентрации мочевой кислоты для обоих больных. Однако результаты биохимического анализа концентрации мочевой кислоты в этих пробах (рис. 8) показали существенное различие связанное, как показано ранее, с особенностями обменных процессов в организме пациентов, что отражается в форме спектров поглощения.

При использовании биспектрального сенсора, который позволяет учесть вклад других компонентов в суммарное поглощение диализата на длине волны 285 нм, в исследуемых пробах были получены различные значения концентрации мочевой кислоты, близкие к результатам биохимического анализа (рис. 8).

Таким образом, разработанная методика и введение второй длины волны позволяют:

- существенно снизить погрешность определения мочевой кислоты, обусловленную индивидуальными особенностями обменных процессов пациентов;
- организовать мониторинг процесса гемодиализа по данному компоненту в режиме «on-line»;
- количественно оценить динамику выведения мочевой кислоты по ходу сеанса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чупрасов В. Б. Программный гемодиализ. СПб.: Фолиант, 2001. 256 с.
2. Real-time Kt/V determination by ultraviolet absorbance in spent dialysate: technique validation / A. Castellarnau, M. Werner, R. Günthner, M. Jakob // *Kidney Int.* 2010. Nov.; 78(9):920-5. Epub 2010. Jul. 14.
3. Daugirdas J. T., Tattersall J. E. Automated monitoring of hemodialysis adequacy by dialysis machines: potential benefits to patients and cost savings // *Kidney Int.* 2010. Nov.; 78(9):833-5.
4. Keshaviah P. R., Ebben J. P., Emerson P. F. On-line monitoring of the delivery of the hemodialysis prescription // *Pediatr. Nephrol.* 1995. Vol. 9, Suppl. P. S2–S8.
5. Василевский А. М. Информационно-измерительная система мониторинга сеанса гемодиализа по спектрам экстинкции в УФ-области спектра // *Информационно-управляющие системы.* 2003. № 1. С. 40–46.
6. Dai Xinhua. Preparation of Uric Acid Standard Stock Solution // *Clin. Chem.* 2006. Vol. 52. P. 2117–2118.
7. Vasilevsky A. M., Konoplev G. A. Peculiar character of dialyzate ultraviolet extinction spectra as an indicator of nucleic acids metabolism in humans // *J. of biomed. opt.* 2005. Vol. 10. P. 44–54.
8. Vanholder R. C., De Smet R. V., Ringoir S. M. Assessment of Urea and other uremic Markers for Quantification of dialysis efficacy // *Clin. Chem.* 1992. Vol. 38. P. 1429–1436.
9. Analysis of uremic substances in dialysate by visible ultraviolet spectroscopy / K. Umimoto, Y. Tatsumi, H. Kanaya, K. Jokei // *IFMBE Proc.* 2006. Vol. 14/5. P. 3205–3207.
10. Filutowicz Z., Lukaszewski K., Pieszyński K. Remarks on spectra-photometric monitoring of urea in dialysate // *J. of MIT.* 2004. Vol. 8. P. 105–110.

*A. M. Vasilevsky, G. A. Konoplev, O. S. Lopatenko,  
A. V. Komashnya, K. A. Vishnevsky, A. Yu. Zemchenkov, A. Frorip*

#### *INVESTIGATION OF THE BISPECTRAL METHOD FOR URIC ACID MONITORING DURING HEMODIALYSIS TREATMENT*

*The bispectral method for monitoring of the uric acid concentration in the outlet of a dialysis machine during hemodialysis treatment was investigated. The results of the preliminary clinical trials of the bispectral sensor realizing this method (LDIAMON AS, Tartu, Estonia) that was carried out in the hemodialysis unit of Mariinsky Hospital (St. Peresburg, Russia) are presented.*

**Spectral analysis, ultraviolet region, uric acid, hemodialysis monitoring, artificial kidney**



УДК 316.354

*Е. В. Строгеецкая*

## **УНИВЕРСИТЕТЫ В РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ**

---

*Рассматриваются механизмы влияния вузов на региональное развитие. Сопоставляются возможности федеральных и региональных университетов в этом процессе. Выделяются несколько моделей организационного развития регионального вуза как субъекта социальных трансформаций региона.*

**Регион, региональное развитие, социальные трансформации, организационное развитие университета, федеральный университет, региональный университет, эффективность регионального университета**

Региональное развитие давно и прочно связывают с развитием образовательной системы той или иной территории. Упомянутая связь представляется исследователям двусторонней. С одной стороны, среди чаще всего декларируемых целей развития региона стоит повышение уровня жизни населения территории, включая уровень его образования, с другой – образованию, в особенности высшему, приписывают функции субъекта построения региональных моделей развития [1, с. 49]. В данной статье особое внимание уделяется второй интерпретации – влиянию организационного развития высших учебных заведений на планирование изменений в особо выделенных социально-территориальных образованиях.

Говоря о проблемах регионального развития, приходится отмечать, что одной из них и, вероятно, первостепенной является теоретико-методологическая неоднозначность самого этого понятия. Поэтому, прежде чем приступить к изложению основного содержания, хотелось бы обозначить ряд ключевых определений, составляющих базу его логики.

Под регионом в данной статье будет пониматься не столько сам целостный участок территории, обладающий не только размытыми границами, но и социально-политической и экономической однородностью, сколько инструмент освоения той или иной территории и развития соответствующей территориальной общности. Регион в дальнейшем изложении – это искусственно-техническое образование, которое конструируется под определенные задачи<sup>1</sup>. В этом случае движущей силой развития региона является переосмысление старых и/или постановка новых задач для данной территории, возможно, приводящих к изменению ее границ.

---

<sup>1</sup> Зуев С. Э. Лекция «Регионы и региональное развитие» // «Школа инновационных менеджеров», Зеленогорск, 22–28 июня 2001 г. Режим доступа: <http://www.shkp.ru/lib/archive/managers/2001/3>.

Среди видов регионального развития, таким образом, особое место занимают социальные трансформации, представляющие собой корректировку взаимоотношений между субъектами и окружающей средой, ее инфраструктурой. Социальную трансформацию определим как выражение программно-проектной деятельности социальных, экономических и других субъектов, в рамках которой вырабатывается мера должных изменений, идет отбор наиболее существенного и перспективного для адаптации сообщества к меняющейся среде.

Принятие в качестве ключевых введенных выше определений поднимает еще одну теоретико-прикладную проблему регионального развития – проблему обоснованности предположения о неограниченности социального проектирования региона. Сегодня чаще обсуждается вопрос о том, какими должны быть реформы, чем о том, какие реформы возможны «здесь и сейчас»<sup>2</sup>. Однако даже представители радикальных конструктивистских направлений соглашались с тем, что выработка региональных проектов ограничена способами воспроизводства жизни, существующими на территории; традициями населяющих ее сообществ; возможностями построения инфраструктуры и т. д. Следовательно, встает еще одна теоретико-прикладная проблема выявления факторов или оснований для социальных трансформаций.

Одним из факторов, детерминирующих региональное развитие, выступают высшие учебные заведения, расположенные на соответствующих региону территориях. Влияние университета на регион обусловлено природой продукта деятельности первого. В настоящее время наиболее четко выделены три трактовки продукта деятельности вуза. Первая полагает продуктом студента. В этом случае влияние университета осуществляется путем формирования соответствующей идентичности обучающихся, в том числе и идентичности жителя региона с интериоризацией текущих целей существования территориального сообщества и соответствующих им ценностей. Вторая в качестве продукта университета рассматривает учебную программу, компетентностная структура которой может способствовать либо воспроизводству, либо изменению социально-экономических условий территории. Третья трактовка сегодня в условиях декларируемого перехода регионов к экономике знаний является наиболее популярной. Она видит в продукте университета как образовательного института, объединяющего передачу знаний с освоением технологий их продуцирования, научное открытие, новое знание, инновационную технологию и т. д.

Интересно, что каждая модель университета задает ему свою роль в процессе социальных трансформаций региона. В первой трактовке заказчиком образовательных учреждений выступают разного рода элиты, причем как региональные, так и внешние для территории; как социально-политические (например религиозные сообщества), так и экономические (например предприятия-работодатели). Если эти элиты способны осуществлять социально-трансформационную деятельность на территории, то университет становится идеологическим инструментом социальных трансформаций. Вторая интерпретация уместна в условиях сформировавшегося рынка образовательных услуг и добавляет в разряд заказчиков самих обучающихся и их семьи, что в случае развитого и влиятельного гражданского общества на той или иной территории превращает в субъекта социальных трансформаций само террито-

---

<sup>2</sup> Аврамова Е., Дискин И. Социальные трансформации и элиты // Общество и реформы. Режим доступа: <http://www.ecsocman.hse.ru/data/148/296/1218/002Avraamova.pdf>.

риальное сообщество. Здесь университет чаще всего является агентом социальных трансформаций, выступающим в интересах той или иной влиятельной на рынке группы. Третий взгляд на университет подразумевает, что его деятельность приводит к освоению новых «ниш», возможно, даже не существовавших в практике, в культуре данного сообщества, т. е. способствует преобразованию вуза в субъекта социальных трансформаций.

Кроме того, приведенные выше модели по-разному влияют на интенсивность и скорость социальных трансформаций региона. Первая представляет собой наиболее консервативный вариант, поскольку механизм формирования идентичности весьма инертен и трудно поддается изменениям. Он тесно связан с организационной культурой вуза, которая часто становится препятствием для трансформаций. Характер второй зависит от гибкости учебных и организационных подразделений вуза. Если первые способны быстро реагировать на изменения потребностей в знаниях, а также самих знаний и преобразовывать их в форму и содержание образовательных практик, а вторые – обеспечивать освоение и внедрение новшеств в учебный процесс, то университет становится активным агентом социальных трансформаций. Интенсивность социальных трансформаций, исходящих от самого университета, зависит от его научно-инновационной инфраструктуры.

Таким образом, роль университета в региональном развитии, механизм, интенсивность, скорость и направленность социальных трансформаций определяются моделью деятельности высшего учебного заведения. Она, в свою очередь, находится в тесной взаимосвязи с такими организационными характеристиками вуза, как его структура, типы культуры и управления.

На сегодняшний день в России наиболее влиятельными в отношении регионального развития могут стать федеральные университеты, по инициативе верховной власти вместившие в себя черты всех перечисленных моделей и, следовательно, имеющие потенциал для выполнения роли субъектов социальных трансформаций. Однако существенная зависимость организационного развития этих университетов от государства ограничивает их социально-трансформационную деятельность до роли агента, проводящего в жизнь территориальных сообществ проекты, иницилируемые «сверху». Безусловно, такая организация государственного сегмента высшей школы может дать свои результаты в достижении конкурентоспособности образовательной системы на мировом уровне, но аспект влияния вузов на развитие конкретных территорий становится усеченным, так как федеральные университеты в меньшей степени будут реагировать на запросы местного сообщества. Этот пробел могли бы устранить региональные вузы, но с введением закона о федеральных университетах резко обострилась проблема организационного развития остальных высших учебных заведений, поскольку встала реальная угроза «смерти»<sup>3</sup> даже для вполне именитых государственных вузов.

Чтобы получить возможность академической автономии, т. е. фактически выжить как самостоятельным образовательным организациям, современным региональным университетам России необходимо сформировать проактивную позицию во взаимоотношениях с территориальным сообществом и, в том числе, на региональных рынках, а следова-

---

<sup>3</sup> В данном случае под «смертью» понимается поглощение одного вуза другим, в результате чего первый теряет свою самостоятельность как организация.

тельно, стать субъектом регионального развития. Для этого им необходимо ориентировать свое организационное развитие на формирование свойств либо всех перечисленных моделей, либо третьей из них, либо встать на путь новой для России, но зарекомендовавшей себя в мире модели университета как социального партнера местного сообщества<sup>4</sup>. Это направление развития вузов только недавно получило свое воплощение в проекте негосударственного фонда «Новая Евразия» – «Университет и сообщество» [2]. В рамках проекта три региональных российских университета, ориентируясь на собственные организационные возможности (прежде всего структурные особенности университетов), разрабатывали программы социального партнерства с местным сообществом, т. е. фактически проводили трансформации социальной сферы региона.

Необходимо отметить, что успешная реализация традиционной, исследовательской или социально-партнерской модели университета не только гарантирует выживание регионального университета, но может рассматриваться в качестве критерия его эффективности. Российским государственным реформам системы высшего образования в этом году исполняется четверть века, тем не менее, по-прежнему звучит ее публичная оценка как отстающей, неконкурентоспособной, неэффективной. Одной из причин такого положения вещей выступает проблема неопределенности самой оценки эффекта, с методиками которой затрудняются даже опытные эксперты. Очевидно, что высшая школа, будучи по своей природе социально-ориентированным институтом, может в качестве критериев оценки эффективности использовать только те, которые объединяют ее с тем или иным сообществом или обществом в целом. Отсюда направленность вуза на региональное развитие, его способность осуществить роль субъекта социальных трансформаций территории становится вполне измеримой планкой для подобных оценок.

Рассмотрение организационного развития университета как фактора социальных трансформаций региона ставит перед исследователями весьма интересную задачу выявления параметров успешности традиционной, исследовательской и социально-партнерской моделей вуза. В параметрический состав могут входить все организационные характеристики, однако, наиболее интересными из них станут структура и тип управления университетом, поскольку представляют собой наиболее влиятельные и явные критерии развития организации. Опираясь на современные возможности теории организационного развития, в особенности на организационно-экологический подход, становится возможным помимо прочего оценить характеристики самой территории, способствующие или препятствующие формированию искомых моделей университета.

Среди подобного рода моделей можно назвать комплексную модель оценки эффективности подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса (ОПК), разработанную исследовательской группой СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Модель основана на принципах количественного и качественного анализа результатов и составляющих процесса подготовки кадров для региона, где ключевой характеристикой, определяющей конкурентоспособность территории, является интенсивное развитие оборонно-промышленного комплек-

---

<sup>4</sup> Обозначим эти модели как традиционную, исследовательскую и социально-партнерскую.

са. В ней учитываются такие измерительные параметры, как средний балл ЕГЭ поступивших на специальности ОПК; соотношение поступивших, выпускников и трудоустроившихся по специальности; количество и перечень предприятий ОПК региона, с которыми сотрудничает оцениваемый вуз; прогнозные оценки востребованности молодых специалистов сферой ОПК региона. Кроме того, модель включает в себя возможности оценки уровней мотивации взаимодействия оборонных предприятий и вузов, а также возможности поступления на соответствующие специальности у абитуриентов и работы по окончании вуза на предприятиях ОПК у выпускников. Модель может применяться как в отношении вузов, так и в отношении ссузов.

Апробация модели состоялась на базе вузов Центрального, Северо-Западного, Приволжского, Южного, Уральского, Сибирского округов. Всего в пилотном опросе участвовали 15 университетов. Были получены следующие данные. Средний балл по ЕГЭ на оборонных специальностях и направлениях подготовки – 65; среднее соотношение выпуска и приема – 87 %; соотношение трудоустройства и выпуска находится в диапазоне от 57 до 12 % в зависимости о специальности (направления подготовки) и региона. Количественная оценка взаимодействия вузов и предприятий ОПК существенно различается в зависимости от региона. Прогнозы вузов относительно востребованности молодых специалистов также определяются региональным расположением вуза. Так, Северо-Западный, Сибирский и Приволжские округа демонстрируют явную тенденцию к росту, Центральный – стабильность, а вузы Уральского и Южного округов не имеют подобной информации. В ходе пилотажа были установлены наиболее применяемые формы сотрудничества предприятий с вузами. Их перечень достаточно узок. Наиболее предпочтительной формой предприятия ОПК называют организацию практик, дипломного проектирования и стажировок на предприятии. На втором месте – участие предприятия в оценке качества подготовки специалистов. Наименее востребованными формами оказались: участие в целевой подготовке специалистов для предприятия и участие предприятия в составлении учебных планов.

В дальнейшем дополнительного внимания требует оценка качественных показателей разработанной модели, поскольку именно эти измерительные процедуры направлены на выявление уровня адаптивности вуза и его общей жизнеспособности.

В завершение хотелось бы отметить, что процессы регионального развития и организационного развития высших учебных заведений, расположенных на соответствующих территориях, взаимообусловлены. Развиваясь в определенном направлении, университет может стать не только субъектом социальных трансформаций региона, но и выразителем традиций, потребностей и интересов территориального сообщества, а также своеобразным фильтром неприемлемых для данной территории социальных трансформаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громько Ю. В. Региональный университет как субъект стратегий развития: регионоформирование, научно-техническая, кадровая и инновационная политика, идентичность // Университетское управление. 2004. № 2 (30).
2. Голубев С. В., Светенко Т. В., Новикова Т. Г. Университет как социально ответственный партнер территории. М.: Фонд «Новая Евразия», 2011.

*Mechanisms of influence of higher education institutions on regional development are considered. Possibilities of federal and regional universities in this process are compared. Some models of organizational development of regional higher education institution as subject of social transformations of the region are allocated.*

**Region, regional development, social transformations, organizational development of university, federal university, regional university, efficiency of regional university**

УДК 378.14.015.62

*Б. Л. Антипов, Н. В. Лысенко, Н. Н. Семенов*

## **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Рассматриваются вопросы совершенствования подготовки специалистов для оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Показана необходимость тесного взаимодействия вузов и предприятий ОПК в плане подготовки специалистов. Представлена последовательность реализации непрерывной практической подготовки студентов в течение всего периода обучения.*

**Оборонно-промышленный комплекс, практика, целевая подготовка, высокотехнологичные предприятия, профессионально-ориентированная работа**

В последние годы Правительством РФ уделяется большое внимание подготовке специалистов с высшим и средним специальным образованием для нужд оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Связано это с необходимостью переоснащения Российской армии современными средствами вооружений с целью укрепления обороноспособности страны. На правительственном уровне принят ряд постановлений и распоряжений, таких как «О государственном плане подготовки научных работников и специалистов для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2011–2015 годы», «Перечень направлений подготовки (специальностей) в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, специальностей научных работников, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития Российской экономики» и др. По сути, речь идет о создании современной системы непрерывного инженерного образования, что возможно только при тесном взаимодействии вузов и высокотехнологичного сектора промышленности, к которому, как правило, относятся предприятия ОПК.

При анализе ситуации на предприятиях ОПК можно сделать вывод, что несмотря на то, что работодатели сегодня удовлетворены объемом базовых знаний, которые выпускники получили в вузе, в гораздо меньшей степени они довольны уровнем практической подготовки молодых специалистов и качеством специальных знаний, которые зачастую оторваны от реалий современного производства. Руководители предприятий отмечают недостаток практических навыков у выпускников, а также их узкий профессиональный кругозор.

Большинство стандартных методов обучения не позволяет в должной мере решить проблему подготовки молодых специалистов – обученный персонал все равно приходится переподготавливать на местах, преобразовывать теоретические представления в практические навыки.

Сегодня рынок образовательных услуг тесно связан с рынком труда опосредованно – через образовательные потребности. Решить проблему взаимодействия рынка труда и рынка образовательных услуг невозможно без учета интересов непосредственного потребителя образовательных услуг, который имеет свои цели, задачи, мотивацию в выборе профессии и сферы трудовой деятельности.

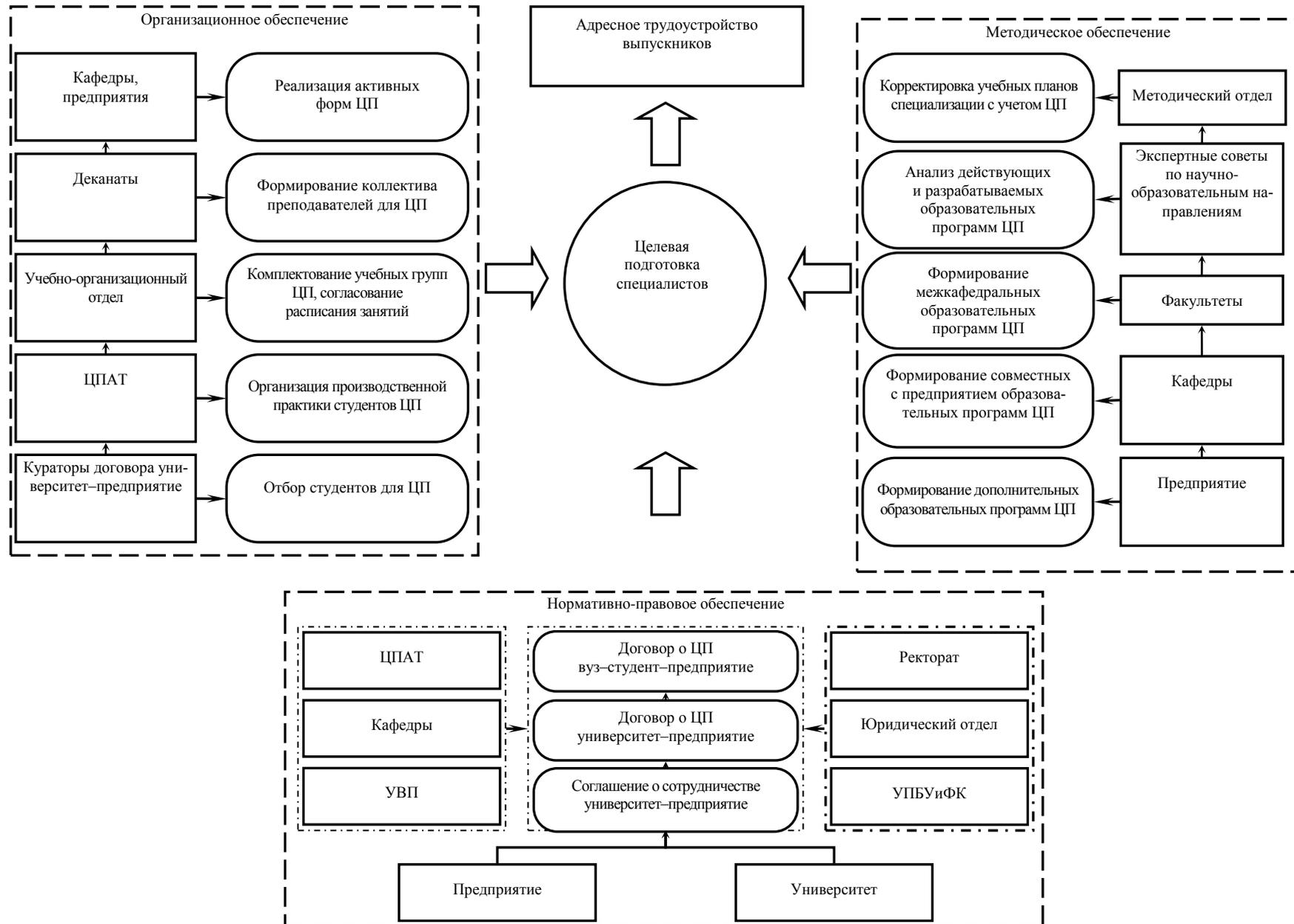
В настоящее время практическая подготовка рассматривается как основной фактор повышения качества профессионального образования выпускников и их востребованности на рынке труда. Поэтому при ее реализации упор делается на формирование инновационно-ориентированного специалиста, который комплексно владеет всеми прикладными аспектами своей профессиональной сферы. По мнению работодателей, выпускник вуза должен хорошо знать специфику предприятий в профиле специальности (направления); иметь опыт работы на рабочем месте в составе трудового коллектива по решению актуальных инженерных задач; располагать широким спектром знаний и умений в различных сферах – работать с компьютером, иметь навыки менеджмента, управления и экономического анализа, быть знакомым с основами психологии и этики общения, владеть иностранными языками; обладать устойчивым позитивным отношением к своей профессии, способностью осваивать новые технологии, участвовать в инженерно-инновационной и научно-исследовательской деятельности; стремиться к постоянному личностному и профессиональному совершенствованию для удовлетворения потребностей общества и осуществления своей деловой карьеры. Как видно, реализация данных требований возможна только в тесном взаимодействии университета с предприятием.

В обобщенном виде функциональная схема обеспечения целевой подготовки специалистов для предприятий ОПК представлена на рисунке. Структурное взаимодействие университета и предприятия осуществляется по трем направлениям: организационное обеспечение, методическое обеспечение и нормативно-правовое обеспечение.

Современное состояние рынка труда и рынка образовательных услуг выявляет взаимную заинтересованность двух сторон: предприятий и вузов – в совместной деятельности. Третья сторона – студент (потребитель) – в силу собственных, часто ложных представлений о престижности и востребованности определенных профессий и специальностей на рынке труда в традиционных вузах занимает, как правило, пассивную позицию.

Таким образом, необходимость взаимодействия вузов и предприятий обусловлена:

- растущими потребностями предприятий в дополнительной целевой подготовке и повышении квалификации специалистов (студентов, аспирантов, сотрудников предприятий) с учетом перспектив развития профильных отраслей науки и промышленности;
- потребностями вузов в повышении конкурентоспособности и качества образовательных услуг;
- необходимостью внешней экспертизы качества подготовки и прогнозных оценок востребованности специалистов.



Кроме того, для предприятий актуальна профессиональная адаптация студентов к последующей работе в период их обучения в вузе, что позволяет выпускнику на момент получения диплома стать полноправным участником трудового коллектива с четким пониманием целей и задач предприятия и путей достижения этих целей.

Говоря о практической реализации подготовки специалистов для ОПК, следует упомянуть «Программу подготовки и переподготовки кадров для работы в высокотехнологичных отраслях промышленности», к которым относится большинство предприятий ОПК Санкт-Петербурга. Из городского бюджета оплачивается 80 % стоимости целевой подготовки, которая составляет 60...80 тыс. р. за учебный год на одного студента, 20 % оплачивает само предприятие. Программа пользуется большим спросом среди предприятий города (в том числе ОПК), поэтому действие ее продлено Правительством Санкт-Петербурга на 2012–2015 гг. В текущем году со стороны предприятий было подано заявок на 90 млн р. В силу ограниченности бюджета города на конкурсной основе были определены 16 предприятий (в большинстве своем ОПК), которым на подготовку и переподготовку специалистов по данной программе были предоставлены субсидии на 30 млн р. В СПбГЭТУ только за 2010–2012 гг. по данной программе прошли обучение 760 чел., соответствующее финансирование составило свыше 17 млн р.

В настоящее время вузы перешли на двухуровневую подготовку бакалавров и магистров. Особенности уровневой подготовки применительно к инновационно-ориентированным специалистам являются:

- наличие ступени (конкурсного отбора на второй уровень) – мотивирует активность студентов на первом уровне (академическая успеваемость, участие в научных исследованиях, внутривузовских конкурсах, выбор работодателя и т. д.);

- возможность работы на втором уровне с отобранным контингентом, что делает реальной качественную подготовку специалистов;

- увеличенная (почти в 2 раза в бакалавриате и до 70 % в магистратуре) вариативная часть профессиональной подготовки, которая позволяет осуществить реальную (глубокую) целевую подготовку «под заказ» и мотивирует стратегических партнеров к совместной реализации целевых программ;

- возможность гибкой реализации новых профилей в бакалавриате и новых образовательных программ в магистратуре решением ученого совета вуза (в отличие от традиционной системы для «инженерных» программ с регламентированными специальностями);

- возможность подготовки специалистов разного уровня, подготовленных к определенным видам и задачам профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными компетенциями;

- наличие временного ресурса для введения в учебные планы как обязательных новых видов учебной работы;

- создание реальной основы для реализации академической мобильности студентов и преподавателей;

- более широкая возможность реализации сетевых образовательных программ.

Опыт показывает, что целевой прием и целевую контрактную подготовку наиболее эффективно вести на этапе магистратуры. В соответствии с новыми ФГОС объем вариативной составляющей профильной подготовки магистров – чуть более 60 % магистерской программы. Это допускает раннее трудоустройство магистрантов на будущем месте работы, написание магистерской диссертации по заказам предприятий, участие в совместных НИОКР. Да и предприятиям легче прогнозировать потребности в специалистах на 2 года вперед, а не на 5. Магистерские программы хорошо корреспондируются с программами повышения квалификации. Наконец, магистры являются совершеннолетними и могут сами принимать решения и отвечать по контракту.

Концептуальные основы уровневой вариативной подготовки с участием высокотехнологических предприятий сводятся:

- к выбору образовательных программ на всех уровнях подготовки;
- выбору дисциплин в пределах учебного плана на всех уровнях подготовки;
- выбору тем курсовых проектов;
- выбору тем аттестационных выпускных работ и магистерской диссертации;
- выбору тематики практико-ориентированной самостоятельной работы;
- углублению влияния работодателей на процедуру выбора обучающегося на всех этапах его обучения;
- непосредственному участию работодателей в реализации образовательных программ.

Перспективы организации инновационно-ориентированной подготовки специалистов для ОПК определяются следующими факторами:

- фундаментализацией высшего профессионального образования;
- унификацией общепрофессионального обучения с одновременным усилением прикладного содержания дисциплин, ориентированных на конкретные технические задачи;
- гибким и мобильным изменением специализации с учетом региональных потребностей в экономике в процессе становления и развития новых приоритетных направлений науки и техники.

Непрерывная практическая подготовка инновационно-ориентированных специалистов с участием предприятий-партнеров должна начинаться на младших курсах, т. е. в процессе практической подготовки студентов бакалавриата.

Одним из механизмов «закрепления» выпускника вуза на предприятии в настоящее время признан целевой прием абитуриентов. Однако следует помнить, что при целевом приеме студент поступает в вуз на бюджетные места, предприятие в течение всех 5–6 лет обучения студента, как правило, не несет никаких финансовых обязательств, поэтому эффективность целевого приема с точки зрения обеспечения предприятия специалистами низка. В момент поступления абитуриента в вуз трудно также оценить его потенциальные возможности как будущего специалиста.

На 1–2 курсах целесообразно проведение работы по выявлению студентов, которые в дальнейшем способны стать основой для подготовки инновационно-ориентированных кадров для высокотехнологических предприятий. Прежде всего такое направление деятельности связано с проведением предметных олимпиад и конкурсов с целью выявления лидеров – организаторов и способных исполнителей. Параллельно практикуется знакомство студентов с предприятиями-партнерами, которые в дальнейшем будут являться базами практик для студентов, местами для выполнения выпускных аттестационных работ и магистерских диссертаций.

Продолжением этой работы является профориентация студентов на 3-м курсе. Учитывая двухуровневую систему подготовки специалистов, именно с 3-го курса необходимо приобщать студентов к работе на конкретных предприятиях. Основанием для этого может служить производственно-технологическая практика бакалавров, которая может проводиться как распределенная в течение семестра (одновременно с учебным процессом), так и по завершении семестра (с отрывом от учебы). Основное требование к предприятиям при прохождении практики – сделать ее неформальной, поскольку именно в период практики можно оценить возможности студента в качестве потенциального специалиста. По результатам первой практики предприятия могут установить свой выбор на определенном контингенте студентов, с которыми в дальнейшем проводить профориентационную работу.

На 4-м курсе бакалавры должны выполнять выпускную квалификационную работу, желательно, чтобы она выполнялась на предприятии, по его тематике и под руководством сотрудников предприятия. Отбор бакалавров для обучения в магистратуре также должен осуществляться с учетом потребностей и мнения предприятий.

В период обучения в магистратуре в качестве обязательной составляющей присутствует профессионально-ориентированная работа (ПОР) студентов, на которую выделяется 2 рабочих дня в неделю. С участием представителей предприятия формируются группы магистрантов, нацеленные на прохождение ПОР на предприятии, написание там же магистерской диссертации с возможностью последующего трудоустройства. Следует отметить, что организация ПОР требует значительных взаимных усилий как со стороны вуза, так и со стороны предприятия. ПОР практически является индивидуальной работой со студентом, и от того, насколько эффективно она организуется на предприятии, зависит ее результативность. Методическое руководство данной работой должно осуществляться вузом. Во время прохождения ПОР целесообразно организовать дополнительную подготовку для магистрантов в соответствии с задачами, стоящими перед предприятием. Программы дополнительной подготовки разрабатываются совместно представителями вуза и предприятия, также совместно может быть осуществлено преподавание дисциплин.

Такая непрерывная практическая подготовка студентов в течение примерно трех с половиной лет приводит к тому, что на момент окончания вуза выпускник хорошо представляет специфику предприятия, ориентируется в тематике, по которой ему предстоит работать, и может приносить ощутимую пользу предприятию непосредственно с момента начала работы.

Примерный план мероприятий по реализации в вузе подготовки инновационно-ориентированных специалистов для высокотехнологичных предприятий должен содержать:

- разработку концепции целевой подготовки в системе стратегического партнерства, обеспечивающей реализацию политики университета в этой области;
- разработку методологии анализа и прогнозирования кадрового обеспечения рынка труда и рынка услуг в приоритетных научно-технических направлениях;

- анализ потенциала, возможностей и перспектив развития предприятий региона с позиций организации целевой подготовки в рамках стратегического партнерства;
- разработку принципов и развитие системного подхода в организации целевой подготовки по заказам предприятий – партнеров университета;
- разработку документации, регламентирующей целевую подготовку в рамках долгосрочных комплексных программ сотрудничества;
- организацию переговорных процессов с проведением презентаций предприятий и мероприятий в университете на уровне ректората, факультета и кафедр;
- разработку основополагающих нормативных материалов по реализации целевой подготовки в системе стратегического партнерства;
- разработку и внедрение активных форм интеграции учебной и научно-производственной деятельности университета и предприятия в области целевой подготовки
- разработку и осуществление мероприятий по организации целевой подготовки на факультетах и кафедрах;
- формирование методического обеспечения целевой подготовки с гармонизацией учебных планов в рамках регионального компонента ГОС;
- организацию практической подготовки студентов целевых групп с использованием производственно-технологической базы предприятия;
- разработку и внедрение эффективных механизмов экспертной оценки качества обучения целевых студентов и образовательных программ их подготовки.

Помимо самих мероприятий по каждому пункту плана должны быть определены ожидаемые результаты и показатели выполнения. Реализация плана невозможна без конкретных исполнителей, которые также должны быть представлены во всех пунктах плана.

Следует отметить, что данная организация практической подготовки накладывает большую ответственность на представителей предприятий – партнеров вуза. Индивидуальная подготовка магистрантов требует больших временных затрат со стороны сотрудников предприятий, поэтому задача руководства предприятий – найти соответствующие стимулы для поддержания «тьютерской» деятельности сотрудников.

Тем не менее именно непрерывная практическая подготовка с активным участием предприятий – партнеров вуза дает возможность формирования инновационно-ориентированных специалистов, хорошо подготовленных для работы в современных высокотехнологичных отраслях промышленности.

*B. L. Antipov, N. V. Lysenko, N. N. Semenov*

**ENHANCEMENT OF PERSONNEL TRAINING METHODS EFFICIENCY  
FOR MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX**

*In the article are observed the issues of personnel training for Military-industrial Complex enhancement. Is represented the necessity of universities and industrial enterprises of Military-industrial Complex close cooperation for personnel training. Is offered the sequence of continuous students practical training throughout the whole training period implementation.*

**Military-industrial Complex, practical training, target personnel training, high-tech enterprises, vocational guidance work**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ЦЕЛЕВЫМ ПРИЕМОМ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

*Рассматриваются проблемы организации и управления целевым приемом в учреждениях высшего профессионального образования. Усовершенствована модель организации целевого приема в технические вузы для органов государственной власти и местного самоуправления. Предложен экономический механизм регулирования отношений между абитуриентом и работодателем.*

### **Управление целевым приемом в вузы, модель организации целевого приема, экономический механизм целевого приема**

В соответствии со ст. 41 действующего закона «Об образовании»<sup>1</sup> учреждения высшего профессионального образования имеют право осуществлять целевой прием. Целевой прием – важный инструмент подготовки кадров, востребованных различными отраслями экономики страны, который реализуется по двум направлениям:

- в соответствии с государственным планом подготовки научных работников и специалистов для организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК);
- по договорам, заключенным с органами государственной власти и органами местного самоуправления в целях содействия им в подготовке специалистов соответствующего профиля (далее – по договорам с администрациями).

В реализации целевого приема в вузы участвуют следующие субъекты: абитуриенты (или их родители/законные представители); образовательные учреждения высшего профессионального образования; работодатели (организации ОПК или администрации тех или иных органов государственной власти и местного самоуправления) и федеральные органы исполнительной власти.

Целевой прием для организаций ОПК осуществляется согласно Постановлению Правительства РФ от 09.06.2010 № 421 «О государственном плане подготовки научных работников и специалистов для организаций ОПК на 2011–2015 годы»<sup>2</sup> и Приказу Минобрнауки России от 16.05.2011 № 1621 «Об утверждении Порядка реализации государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций ОПК на 2011–2015 годы»<sup>3</sup> и представляет собой следующую последовательность действий:

1. Минобрнауки формирует перечень образовательных учреждений и направлений подготовки (специальностей), реализуемых в них, и предоставляет перечень в федеральные органы исполнительной власти.

2. Федеральные органы исполнительной власти передают в подведомственные им организации ОПК перечень образовательных учреждений и направлений подготовки, реализуемых в них.

<sup>1</sup> Закон Российской Федерации «Об образовании» от 10.07.1992 № 3266-1. Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/884>.

<sup>2</sup> <http://минобрнауки.рф>.

<sup>3</sup> Там же.

3. Организации ОПК формируют предложения по объему подготовки кадров для обеспечения своей деятельности.

4. Федеральные органы исполнительной власти обобщают предложения по объему подготовки кадров, формируют заявки на подготовку кадров и передают их в Минобрнауки.

5. Минобрнауки формирует государственный план подготовки специалистов для ОПК и информирует федеральные органы исполнительной власти.

6. Федеральные органы исполнительной власти информируют подведомственные им организации ОПК о заданиях государственного плана подготовки специалистов.

7. Организации ОПК производят отбор абитуриентов, выдают им направления на целевой прием.

8. Вузы осуществляют прием документов у абитуриентов и формируют приказ о зачислении по целевому приему [1].

Целевой прием для администраций осуществляется на основании требований, установленных документом «Порядок приема граждан в образовательные учреждения высшего профессионального образования»<sup>4</sup>, утвержденным приказом Минобрнауки России № 2895 от 28.12.2011, и представляет собой следующую последовательность действий:

1. Вузы формируют перечень направлений подготовки (специальностей), на которые объявляют прием, формируют и передают в Минобрнауки заявки на установление контрольных цифр приема.

2. Минобрнауки проводит конкурс на установление контрольных цифр приема и устанавливает квоты по целевому приему.

3. Администрации формируют заявки на целевой прием, согласуют их с вузами, совместно с вузами осуществляют подготовку и подписание договоров о целевом приеме.

4. Администрации производят отбор абитуриентов, выдают направления на целевой прием.

5. Вузы осуществляют прием документов у абитуриентов, поступающих по целевому приему, проводят конкурс и формируют приказ о зачислении по целевому приему [1].

На рис. 1 представлена концептуальная модель, отражающая существующую в настоящее время организацию целевого приема. Анализ модели показывает, что организация целевого приема для ОПК со стороны вузов осуществляется через Министерство образования и науки РФ, а со стороны организаций ОПК – через федеральные органы исполнительной власти и организации, имеющие в ведении организации ОПК (это Министерство промышленности и торговли РФ, Федеральное космическое агентство и Госкорпорацию «Росатом»), в форме государственного плана подготовки специалистов, т. е. планирование целевого приема для организаций ОПК происходит на федеральном уровне управления.

В то же время взаимодействие между вузами и администрациями при организации целевого приема по договорам осуществляется напрямую на основании двухсторонних договоров о целевом приеме. Минобрнауки осуществляет государственное регулирование такого целевого приема только установлением квот, функции управления на федеральном

---

<sup>4</sup> <http://минобрнауки.рф>.

уровне не осуществляются, т. е. в данном случае очевидно отсутствие функции государственного управления целевым приемом. Взаимосвязи между вузами и администрациями регионов многочисленны, неупорядочены и часто носят случайный характер. Это приводит к неэффективным затратам средств для обеспечения целевого приема как со стороны вузов, так и со стороны администраций. В этом заключается одна из проблем организации и управления целевым приемом.

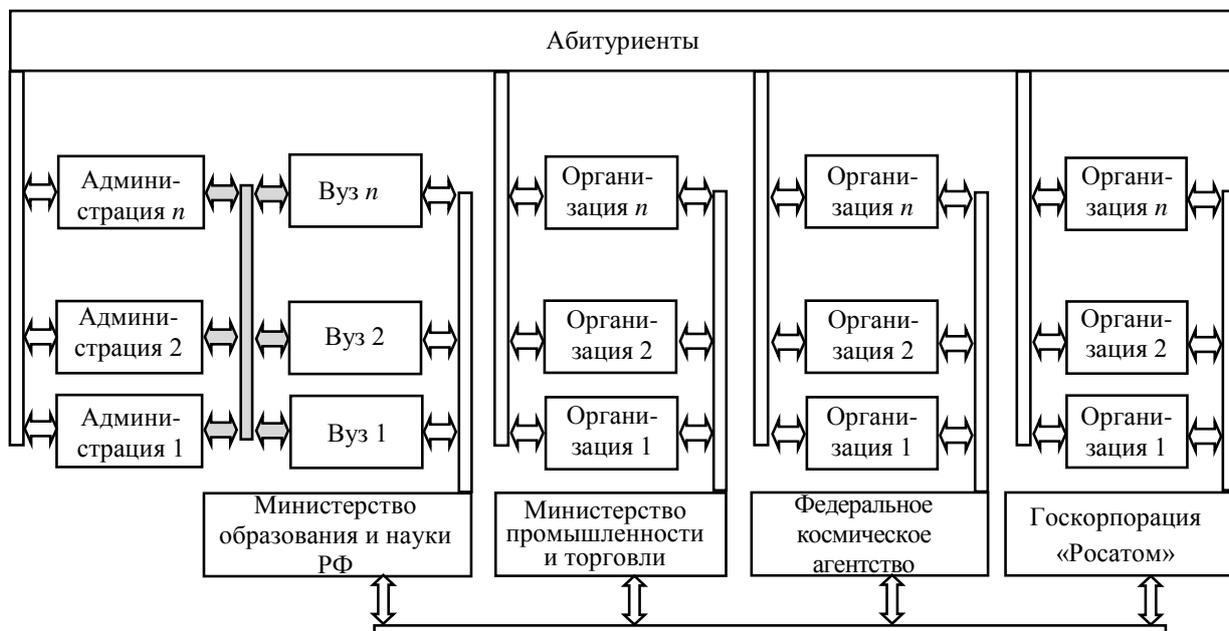


Рис. 1

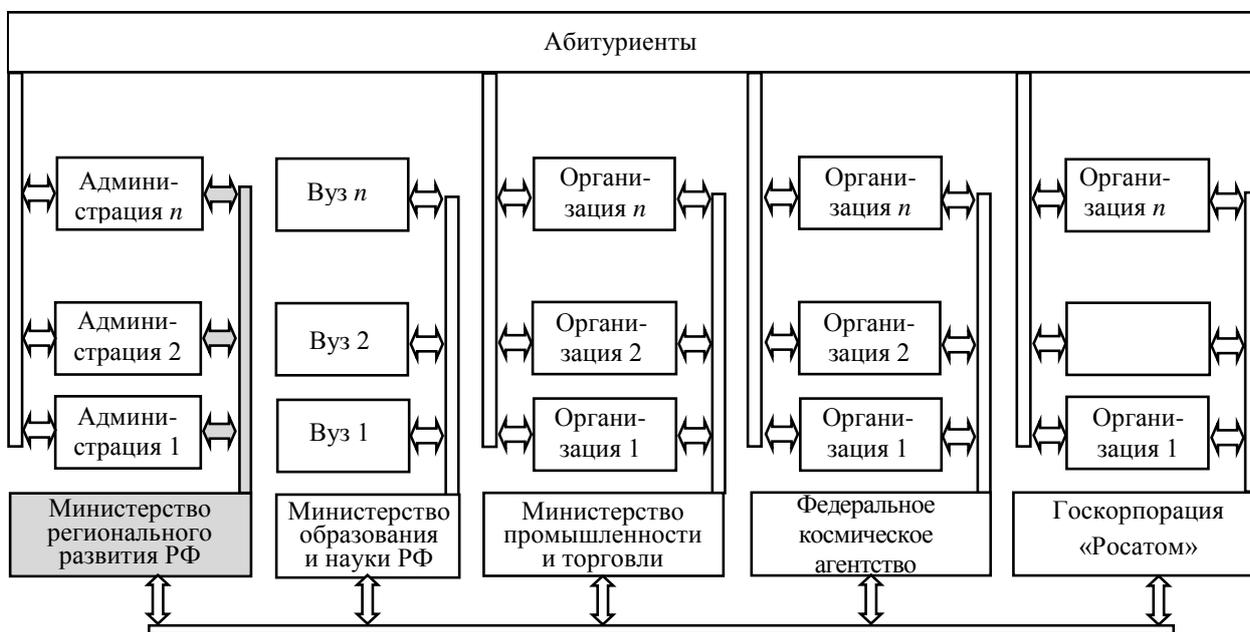


Рис. 2

По мнению авторов, планирование целевого приема для органов государственной власти и органов местного самоуправления на федеральном уровне должно осуществляться аналогично планированию целевого приема для организаций ОПК. При этом Минобрнауки не будет устанавливать квоты по целевому приему для администраций, а будет формиро-

вать государственный план подготовки специалистов как для организаций ОПК, так и для регионов России. В этом случае необходимо введение дополнительного звена управления на федеральном уровне, например Министерства регионального развития РФ (рис. 2).

Функции управления с учетом предложения авторов будут распределяться следующим образом:

1. Минобрнауки формирует перечень образовательных учреждений и направлений подготовки, реализуемых в них, и предоставляет перечень в Минрегионразвития.

2. Минрегионразвития передает перечень образовательных учреждений и направлений подготовки, реализуемых в них, в органы государственной власти и органы местного самоуправления.

3. Органы государственной власти и органы местного самоуправления формируют предложения по объему подготовки кадров для региона.

4. Минрегионразвития обобщает предложения по объему подготовки кадров, формирует заявки на подготовку кадров и передает их в Минобрнауки.

5. Минобрнауки формирует государственный план подготовки специалистов для регионов России и информирует Минрегионразвития.

6. Минрегионразвития информирует органы государственной власти и органы местного самоуправления о заданиях государственного плана подготовки специалистов.

Еще одна проблема управления целевым приемом состоит в том, что существующие типовые договоры о целевом приеме не содержат прав и обязанностей сторон целевого приема. На практике это приводит к тому, что после зачисления в вуз по целевому приему студент фактически утрачивает связь с заказчиком, а после окончания вуза выпускник не соблюдает обязательство отработать определенное время в организации, выдавшей ему направление на целевой прием, так как такие обязательства не закреплены договором. Следовательно, при этом не достигается основная цель целевого приема – обеспечение государственной потребности в специалистах для различных отраслей народного хозяйства, а значит, происходит неэффективное расходование бюджетных средств.

Для решения этой проблемы необходимо, во-первых, определить обязательства участников целевого приема и их экономическую ответственность, тем самым обеспечив эффективное расходование бюджетных средств в части подготовки специалистов на конкретные рабочие места; во-вторых, документировать требование о заключении договоров о целевой подготовке специалистов и сроков их заключения в нормативно-правовых актах Минобрнауки России.

Основанием для участия в целевом приеме абитуриента должен являться договор о целевой подготовке, заключенный между абитуриентом (или его родителем/законным представителем) и администрацией или организацией ОПК. Договоры о целевой подготовке должны включать следующие экономические аспекты:

– меры социальной поддержки, предоставляемые студенту в период его обучения в образовательном учреждении, обеспечиваемые заказчиком (дополнительные стипендии, оплата проезда и пр.);

- обязательства заказчика по организации производственной практики студента;
- обязательства заказчика по трудоустройству выпускника в организацию;
- основания освобождения выпускника от исполнения обязательства по трудоустройству (срок отработки);
- условия возмещения и сумму затрат, связанных с предоставлением студенту мер социальной поддержки, в случае неисполнения им обязательства по трудоустройству;
- условия и размер компенсации выпускнику материальных средств в случае невыполнения обязательств по трудоустройству со стороны заказчика.

При таком подходе уже на этапе целевого приема договором закрепляются обязательства всех участников, формирование контингента студентов происходит на договорной основе.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:

1. Эффективность целевого приема для органов государственной власти может быть существенно повышена за счет введения дополнительного элемента на федеральном уровне управления, например, Министерства регионального развития РФ.
2. Введение прав и обязанностей сторон, содержащих экономическую сущность, уже на стадии целевого приема приведет к более эффективному расходованию бюджетных средств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишнякова Е. А., Исаев Ю. Н. Совершенствование организации целевого приема в учреждения высшего профессионального образования // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. Вып. 9. С. 122–125.

*E. A. Vishnyakova, Y. N. Isaev, T. D. Maslova*

*PERFECTION OF THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF TARGET ENROLMENT IN THE TECHNICAL UNIVERSITIES*

*The authors conceded the problems of organization and management of targeted enrolment to institutions of higher professional education. The model of the organization of target enrolment in higher technical education for the bodies of state power was improved. The authors proposed economic mechanism of regulation of relations between the applicant and the employer.*

**The management of target enrolment, the model of organization of the target enrolment, the economic mechanism for target enrolment**

УДК 378

*С. Г. Сенкевич, Г. И. Дмитриев*

### **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗОВ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

*Рассмотрены вопросы учета численности персонала, занимающегося исследованиями и разработками, в том числе лиц, полностью занятых этим видом деятельности, а также занятых исследованиями лишь часть рабочего времени.*

**Кадровый потенциал, производительность труда, выработка, эквивалент полной занятости, оценка эффективности труда**

В настоящее время для сравнения эффективности работы вузов и научных организаций очень важно иметь наиболее объективные и точные показатели эффективности их деятельности в различных сферах. Объективность показателей напрямую зависит от спо-

соба их вычисления. В данной статье рассмотрены некоторые методы вычисления показателей эффективности работы лиц, занятых научными исследованиями и разработками.

Для того чтобы исследовать методы вычисления показателей эффективности работы, необходимо понять, что такое эффективность работы и как она отражается. Эффективность работы определяется как соотношение затраченных ресурсов к количеству полученного результата. Такие показатели принято называть производительностью труда, или выработкой. Выработка измеряется количеством продукции, произведенной в единицу рабочего времени на одного работника. Выработка характеризует производительность труда работника, иными словами, эффективность его работы. Данные показатели отражают соотношение затраченных ресурсов и полученного результата. Таким образом, для оценки эффективности нам необходимо определить две величины, из которых и будет вычисляться наш показатель: затраты; результат.

Затраты можно определить как объем ресурсов, потраченных на данный вид деятельности. При измерении научной деятельности важно учитывать количество времени, затраченное на исследования и разработки. Основным вопросом является способ получения таких данных.

Руководство Фраскати [1] рекомендует проводить сбор данных о численности физических лиц, а также данные в эквиваленте полной занятости. Действительно, необходимо иметь представление о численности физических лиц, занятых научными исследованиями и разработками (НИР). Но данные о физической численности не позволяют в полном объеме оценить трудозатраты на данный вид деятельности. Это происходит потому, что исследования и разработки могут являться основным видом деятельности для некоторых работников, но при этом также существуют категории работников, которые тратят на НИР лишь часть своего времени. Данные о физической численности уравнивают между собой работников с разной степенью занятости. Так, например, работник, занятый на 1,0 ставки, и работник, занятый на 0,25 ставки, будут учтены как одна равная физическая единица каждый. Следовательно, такой показатель, как физическая численность, не является объективным для измерения объема трудозатрат. Именно поэтому наряду с физической численностью необходимо собирать данные в эквиваленте полной занятости.

Эквивалент полной занятости (ЭПЗ) отражает количество времени, затраченное на данный вид деятельности. Руководство Фраскати предлагает измерять ЭПЗ в человекогодах. Так, работник, который тратит половину своего времени на ИР, учитывается как 0,5 человекогода, а работник, полностью занятый в ИР, – как 1,0 человекогод. Безусловно, наиболее точным показателем был бы учет занятости в человекочасах, который точно отражал бы количество затраченного времени, но сбор такой информации статистикой науки не осуществляется.

В настоящее время в вузах и научных организациях работников можно разделить на три группы: основной состав, внутренние совместители и внешние совместители. Основной состав – работники вуза (организации), оформленные по трудовому договору, для ко-

торых занимаемая должность является основной. Внутренние совместители – работники вуза (организации), оформленные по трудовому договору на условиях внутреннего совместительства. Внешние совместители – сторонние работники, оформленные по трудовому договору на условиях внешнего совместительства.

Кроме этого существует штатное расписание. Оно может содержать в себе не только информацию о количестве работников, но и данные о вакантных местах. Штатное расписание может изменяться несколько раз в течение года, что может исказить результаты при сборе данных на конец года. Следовательно, само по себе штатное расписание не способно заменить данные в эквиваленте полной занятости.

Все работники, занятые в данной организации, занимают некоторое количество штатных единиц. Так, работник на основной должности не может занимать более одной ставки в рамках своей должности, но при этом имеет право работать как внутренний совместитель в другой квалификационной группе и занимать там, например, еще 0,5 ставки. Таким образом, один и тот же работник (одно физическое лицо) может работать на 1,5 ставки. Также в одной организации могут числиться два работника по 0,5 ставки каждый, таким образом, получится 1 ставка, но 2 человека. Кроме того, если говорить о внешних совместителях, то они уже числятся в соответствующих организациях как основной состав. Значит, если складывать физическую численность всех работников разных вузов, может получиться значительное искажение получаемых данных.

Наиболее оптимальным, на наш взгляд, является сбор данных о физической численности работников каждой категории занятости и занимаемых ими ставках. Используя данный метод, мы можем получить число работников на основной должности, число внутренних совместителей, а также число внешних совместителей. При этом, чтобы получить общее число занятых в организации, достаточно будет сложить численность основного состава и численность внешних совместителей (внутренние совместители не учитываются, так как они уже учтены в основном составе). Данные о ставках, занимаемых соответствующими работниками, отражают фактически затраченное время на тот или иной вид деятельности. Например, работник, занятый полдня (или неполную рабочую неделю), учитывается в качестве 0,5 ставки (или в соответствии с фактическим количеством отработанного времени), а работник на полной занятости учитывается как 1 ставка. Таким образом, ставки могут служить неким эквивалентом полной занятости. Сложив все штатные единицы в рамках одной квалификационной группы (основного состава, внутренних и внешних совместителей), мы получим количество фактически затраченного времени.

В качестве примера возьмем количество монографий, приходящееся на 100 научно-педагогических работников (НПР) вузов и научных организаций Минобрнауки за один отчетный год. При этом для учета количества работников используем два способа:

1. Физическая численность работников: рассчитывается как сумма работников на основной должности и внешних совместителей (внутренние совместители, как уже указывалось, не учитываются).

2. Количество штатных единиц, занимаемых данными работниками: рассчитывается как сумма ставок, занимаемых работниками всех категорий (сумма штатных единиц основного состава, внутренних и внешних совместителей).

Физическая численность позволяет нам учесть всех работников, занятых в данной организации, и избежать переучета внутренних совместителей (так как внутренний совместитель обязательно учитывается в первую очередь по основной должности). Количество штатных единиц показывает, сколько данные работники занимают штатных единиц, иными словами, суммарное затраченное всеми работниками время.

На рис. 1 представлено распределение монографий для финансово-экономических вузов, на рис. 2 – для естественно-научных и гуманитарных вузов по годам. При построении графиков на рис. 1–4 использовались данные, приведенные в [2]–[4].

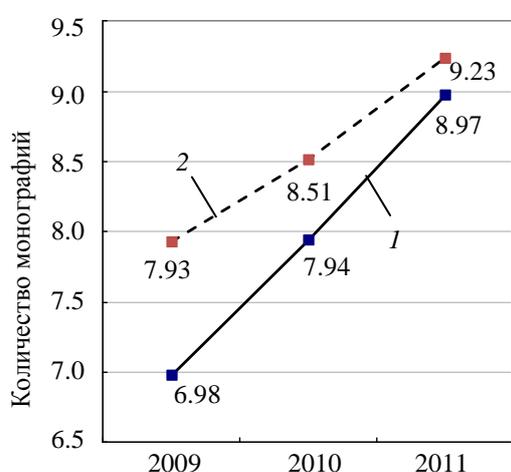


Рис. 1

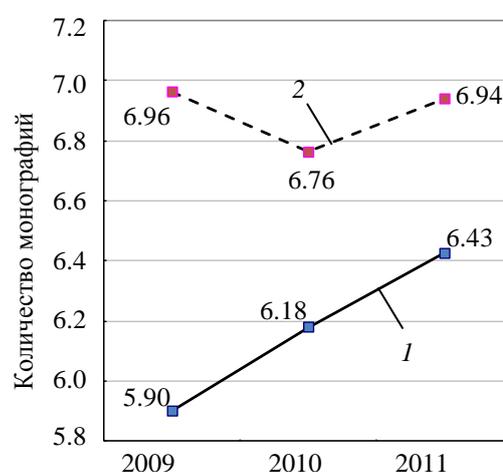


Рис. 2

Кривая 1 на рис. 1, 2 обозначает количество монографий, приходящихся на 100 НПР, кривая 2 – количество монографий, приходящихся на 100 ставок НПР.

На данных графиках видно, что при использовании различных способов учета работников получают различные результаты. Кривые различаются не только по величине, но и по характеру изменений, и показывают различную динамику. Так, например, если рассматривать кривую 2 на рис. 2, количество монографий на 100 ставок НПР в 2010 г. упало по сравнению с 2009 г., после чего выросло в 2011 г. При этом согласно кривой 1 на рис. 2 наблюдается устойчивый рост в течении 2009–2011 гг. На рис. 1, в свою очередь, наблюдается различная интенсивность роста обеих кривых.

Теперь рассмотрим похожие графики, но применительно к Санкт-Петербургскому государственному электротехническому университету «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина).

На рис. 3 изображено распределение количества монографий по годам. Кривая 1 на рис. 3 обозначает количество монографий, приходящихся на 100 НПР, кривая 2 – количество монографий, приходящихся на 100 ставок НПР.

На рис. 4 показано отношение общего объема финансирования научных исследований и разработок к числу НПР в различные годы. Кривая 1 на рис. 4 обозначает отноше-

ние общего объема финансирования НИР (тыс. р.) к числу НПП, кривая 2 – отношение общего объема финансирования НИР (тыс. р.) к сумме занимаемых ставок НПП.

На рис. 3 наблюдаются значительные (почти в 2 раза) различия показателей распределения количества монографий на НПП при использовании различных способов. На рис. 4, в свою очередь, наблюдаются различия в интенсивности роста финансирования.

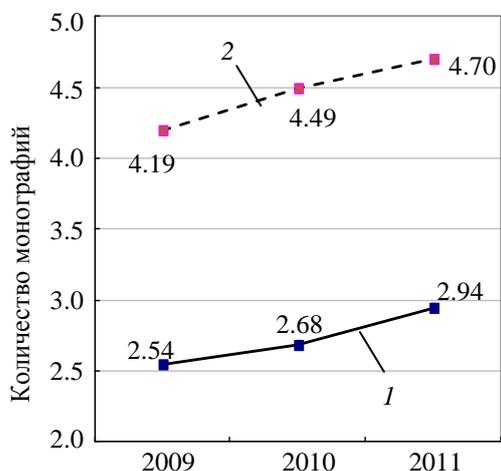


Рис. 3

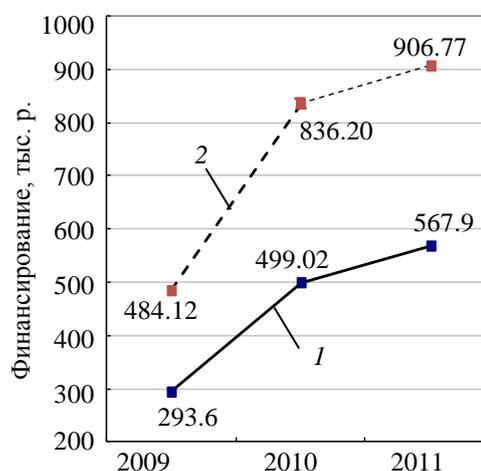


Рис. 4

На всех графиках (рис. 1–4) представлена оценка эффективности использования кадрового потенциала науки различных вузов (групп вузов). При этом каждый график показывает два различных подхода к расчету эффективности. Как уже отмечалось, эффективность работы определяется как отношение результата работы к затраченным ресурсам, т. е. затратам ресурсов на данную работу. При использовании первого подхода при подсчете эффективности в качестве затрат используется физическая численность персонала, занятого в НИР. Предполагается, что все учтенные люди участвовали в НИР, а их физическая численность некоторым образом отражает количество затраченного ими труда. Данный вариант подсчета эффективности представлен на всех графиках как «кривая 1». При использовании другого подхода в качестве затрат использовалось количество штатных единиц, занимаемых НПП, т. е. простая сумма всех ставок. Данный вариант представлен на всех графиках как «кривая 2». При этом учитываются штатные единицы, занимаемые работниками организации (организаций) на протяжении всего отчетного периода (в нашем случае года).

На всех графиках видно, что при использовании первого подхода показатели эффективности получаются заниженными. Следует отметить, что при использовании такого подхода результаты могут оказаться не только заниженными, но и завышенными.

Физическая численность работников не способна отразить объем фактически затраченного на работу времени. А значит, рассчитывать эффективность работы, используя при этом физическую численность, не верно. Расчет эффективности при использовании количества штатных единиц показывает максимальное приближение к эквиваленту полной занятости и позволяет учесть именно объем трудовых ресурсов, затраченных всеми работниками. А следовательно, при подсчете эффективности следует применять расчет, основанный на сумме штатных единиц, занимаемых сотрудниками, эффективность работы которых мы хотим измерить.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство Фраскати / Пер. на рус. яз. и науч. ред. Л. М. Гохберга. М.: Изд-во ЦИСН, 1995.
2. Научный потенциал вузов и научных организаций Федерального агентства по образованию. 2009: стат. сб. / Г. И. Дмитриев, Е. А. Законников, В. А. Мейев и др. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. 194 с.
3. Научный потенциал вузов и научных организаций Министерства образования и науки Российской Федерации. 2010: стат. сб. / Г. И. Дмитриев, Е. А. Законников, В. А. Мейев и др. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 206 с.
4. Научный потенциал вузов и научных организаций Министерства образования и науки Российской Федерации. 2011: стат. сб. / Г. И. Дмитриев, Е. А. Законников, В. А. Мейев и др. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 202 с.

*S. G. Senkevich, G. I. Dmitriev*

### *ON ASSESSMENT OF HUMAN RESOURCES OF UNIVERSITIES AND RESEARCH ORGANIZATIONS*

*Analysis of the accounting for the number of staff engaged in research and development, including those fully employed in this activity, as well as engaged in research and development only part-time.*

**Human resources, labor productivity, output, full-time equivalent, performance evaluation**



УДК 330.341

*Е. В. Давыденко*

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПО ФОРМИРОВАНИЮ НАЦИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ: УРОКИ ДЛЯ РОССИИ**

*Посвящена анализу опыта зарубежных стран по созданию и развитию национальных инновационных систем, проводится сравнительная оценка особенностей национальных инновационных систем США, ЕС и Китая. Особое место отведено изучению кластерной политики зарубежных стран, особенностям проведения инновационной политики на современном этапе развития мировой экономики. В результате анализа зарубежного опыта автор дает рекомендации по модернизации российской экономики и построению инновационной модели в РФ. Данные вопросы рассматриваются в контексте интеграции России в мировую экономику.*

**Модернизация, инновации, национальная инновационная система, кластер, конкурентоспособность, мировая экономика, Россия**

В современных условиях основой динамичного развития любой экономики является инновационная деятельность. С целью модернизации экономических систем и активизации инновационных процессов в ряде стран с середины 80-х гг. XX в. стали формироваться национальные инновационные системы (НИС).

Впервые термин «национальная инновационная система» был использован К. Фрименом (1987) в качестве определения «сети институциональных и государственных структур в государственном и частном секторах экономики, совместная деятельность которых ведет к созданию и распространению новых технологий» [1]. В современном понимании НИС – это совокупность национальных государственных, частных и общественных организаций и механизмов их взаимодействия, в рамках которых осуществляется деятельность по созданию, хранению и распространению новых знаний и технологий [2]. Успешность инновационного развития экономики в целом зависит от того, насколько эффективна дея-

тельность самостоятельных экономических субъектов, и от того, насколько эффективно они взаимодействуют друг с другом в качестве элементов единой системы создания и использования знаний, а также с общественными институтами (такими как ценности, право, нормы, традиции).

В ходе систематизации мирового опыта можно выделить три основные модели инновационной системы: американскую, европейскую, азиатскую (китайская). Каждая из них, несмотря на различия, успешна – в той или иной степени. Различия между моделями определяются разной степенью участия государства и особенностями менталитета участников. Рассмотрим особенности данных моделей более подробно.

Для *американской инновационной модели* (предпринимательской) характерна минимальная роль государства (в основном посредством поддержки фундаментальной науки, образования и малого бизнеса). Главную роль в американской инновационной системе играют прежде всего крупные компании, работающие в связке с предприятиями малого и среднего бизнеса. Проблемы финансового и морального плана преодолеваются с помощью венчурного капитала, предпринимательского духа, авантюризма и, конечно, благодаря толерантному отношению к неудаче, так называемому лузерскому капитализму. Именно благодаря частному бизнесу в США были созданы крупнейшие технопарковые структуры, сыгравшие важную роль в инновационном развитии США. Наиболее известными до сих пор считаются «Силиконовая долина», «Шоссе 128» и «Исследовательский треугольник» в Северной Каролине. Главная роль парков заключается не столько в стимулировании экономического роста в регионах, сколько во внедрении инноваций [3].

Таким образом, для американской модели характерны следующие особенности. Во-первых, самостоятельное венчурное предпринимательство и активная деятельность венчурных фондов. Энергичное развитие венчурного бизнеса в стране было связано со специфическими условиями: разрешением использовать на эти цели средства пенсионных фондов, поддержкой специального государственного института, капитал которого обеспечивается государством и частными источниками на льготных условиях и бумом Интернет-технологий. Во-вторых, в инновационной политике США упор делается на частные крупные компании, которые в сотрудничестве с государственными учреждениями и институтами продвигают инновационные проекты, занимаются их финансированием и коммерциализацией. При этом малый и средний бизнес должны вовлекаться в инновационную систему через обслуживание крупной промышленности. И, наконец, в-третьих, роль государства минимальна. В этой связи неслучайно американская инновационная модель иначе называется предпринимательской.

*Европейская инновационная модель*, хотя и имеет аналогичные США элементы – технопарки, бизнес-ангелы, венчурный бизнес, господдержку фундаментальной науки, образования, малого бизнеса, – несколько отличается от американской, в частности способом генерации синергии. В Европе именно государство играет весьма значительную роль в инновационном развитии стран.

Европейская инновационная система начала складываться в конце 80-х – начале 90-х гг. XX в. в ходе разработки самолета Airbus A380, самого экономичного и мощного на тот день в мире. Существовавших на тот момент механизмов взаимодействия и координации действий

власти, бизнеса, образования и науки в Европе оказалось недостаточно. В результате важнейшим элементом европейской инновационной системы стали так называемые технологические платформы (ТП), первая из которых – Консультативный совет по авиационным системам (ACARE – Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) появилась в 2001 г.

ТП представляет собой объединение представителей бизнеса, государства, науки и образования вокруг общего видения научно-технического развития и общих подходов к разработке соответствующих технологий – в той или иной научно-технической сфере. Функционирование ТП начинается с определения приоритетных направлений научно-технологического развития, стратегических целей и разработки стратегического плана их достижения. Ключевым участником в данном случае выступает государство, что кардинальным образом отличает европейскую модель от американской, но инициатива в образовании платформ принадлежит разным ассоциациям частного, как правило, крупного бизнеса, что роднит ее с американской. К 2008 г. было создано 36 Европейских технологических платформ (ЕТП), большая часть из которых сконцентрирована в таких отраслях, как медицина, биотехнология и энергетика – наиболее важных с точки зрения развития «экономики знаний».

В ЕТП очень велика роль государственного финансирования. Главным механизмом служат рамочные научно-технические программы, определяющие научно-технические направления, финансируемые ЕС в данном периоде, и правила, по которым будет осуществляться финансирование. Первая рамочная программа стартовала в 1984 г. Сейчас осуществляется 7-я рамочная программа, рассчитанная на 2007–2013 гг. с финансированием в 50–54 млрд евро, основной целью которой является создание общего Европейского научного пространства, а важнейшими направлениями научно-технического развития признаны здоровье, питание, сельское хозяйство и биотехнологии [4].

В 2006 г. был создан еще один инновационный институт ЕС – Объединенных технологических инициатив. Каждая такая инициатива объединяет несколько ТП, развитых настолько, что они начинают требовать особой мобилизации государственного финансирования и частных инвестиций, большого объема фундаментальных исследований. В этой связи возможностей рамочной программы становится недостаточно.

С начала 1990-х гг. в Европе стала усиливаться конкурентная борьба между регионами за инвестиции и технологии, одной из причин и толчком к которой послужил процесс интернационализации научно-технологических достижений. Ответом правительств европейских стран стало признание того факта, что вопрос о научно-технологической политике не может рассматриваться исключительно в национальных рамках, вследствие чего необходимо усиление регионального компонента развития инноваций. В результате инновационная политика стала уделом не только самих государств, но и наднациональным вопросом.

Таким образом, систематизируя вышеизложенное, можно отметить, что опыт стран ЕС подтверждает характерную тенденцию формирования инновационной системы ЕС как совокупности региональных инновационных систем, координация работы над созданием которых ведется на двух уровнях совместно наднациональными и национальными властями. В отличие от США население европейских стран менее склонно к рисковому вло-

жениям, поэтому венчурный бизнес не приобрел здесь особую популярность. К сожалению, в настоящее время внутренние региональные проблемы ЕС (экономическая ситуация в Греции, Испании, Италии и других странах, снижение рейтингов конкурентоспособности (КСП) европейских стран) привели к снижению инновационной активности в ряде стран региона (Италии, Португалии и др.). Однако ведущие страны ЕС (Германия, Франция и др.) продолжают наращивать инновационный потенциал, увеличивая финансирование НИОКР, активно развивая кластерную политику и используя новые методы стимулирования инновационной деятельности (например, создание полюсов КСП во Франции). Важно отметить, что в ЕС проводятся многочисленные исследования и региональные инновационные проекты, призванные повысить инновационный потенциал региона и более полно использовать его возможности.

Развивающиеся страны в последние годы также прилагают значительные усилия по ускорению инновационного процесса и преодолению технологического отставания. Наиболее впечатляющих успехов добился Китай, сумевший за последнее десятилетие увеличить ежегодные вложения в исследования и разработки почти в 10 раз, выйдя по данному показателю на третье место в мире после США и Японии.

*Китайская инновационная система* весьма эффективна, хотя и базируется на совершенно иных принципах, чем в США и ЕС. Менталитет в Китае проявляется в уважении к старшим по возрасту, по должности, уважении к приказу, власти, чиновничеству в позитивном смысле. При этом более слабо развиты предпринимательская жилка и «лузерский капитализм». Подобные особенности менталитета и предопределили своеобразие китайской инновационной модели.

Китайские территории научно-технологического развития, технопарки и инкубаторы создаются не снизу, как в Западной Европе и особенно в США, а сверху под строгим контролем китайского правительства и коммунистической партии. Можно сказать, что в Китае синергия инновационной системы возникает «по приказу». Еще одна, может быть, решающая особенность китайского пути: все инновационные начинания получают чрезвычайно щедрое государственное финансирование. Благодаря жесткой централизации (что обусловлено, в конечном счете, китайским менталитетом), в Китае удалось создать уникальный инвестиционный механизм, обеспечивающий норму накопления (долю инвестиций в ВВП) 40–50 % (для сравнения: в США, России данный показатель составляет всего лишь 20 %) [5]. Главными факторами экономического инновационного роста и ускорения развития Китая являются также заимствование технологий, привлечение прямых иностранных инвестиций (ПИИ) и поэтапный рост уровня инновационности экономики – от низкотехнологичных до высокотехнологичных операций.

Таким образом, каждая из проанализированных национальных инновационных моделей в чем-то уникальна (характеризуется разными способами и механизмом взаимодействия субъектов и соответственно возникающими синергетическими эффектами), хотя и обладает схожими признаками (одинаковы элементы инновационной инфраструктуры). Эти обстоятельства стоит учитывать при формировании инновационной модели в России, заимствуя и адаптируя зарубежный опыт с учетом национальной специфики страны.

Глобальный финансово-экономический кризис 2008–2010 гг. выдвинул инновационную политику в центр внимания правительств многих стран. Разные страны определили для себя разные приоритеты инновационной политики. Например, администрация США сделала упор на стимулирование инновационных энергетических технологий: как солнечной и ветроэнергетики («зеленая энергетика»), так и новых ядерных электрогенерирующих мощностей. Другое направление – использование передовых технологий в инфраструктурной сфере: распространение широкополосного Интернета на районы, которые пока не охвачены им; создание сети высокоскоростных железнодорожных магистралей. Третье направление – информатизация системы здравоохранения, массовое внедрение систем электронных медицинских карт (электронных «профилей» здоровья), технологий, связанных с дистанционным мониторингом состояния пациентов. В Китае были объявлены долгосрочные планы превращения страны в инновационное общество и в качестве приоритетных направлений выделены авиастроение, фармацевтика, станкостроение и «зеленые технологии».

Таким образом, изменения, происходящие на мировом рынке, новые тенденции (например, глобальное изменение климата, исчерпание возобновляемых источников энергии и т. д.) заставляют страны учитывать данные явления в своей экономической политике. Однако с точки зрения ускорения темпов экономического роста важно не столько приспособление к внешним обстоятельствам, но и опережение их. Именно подобная стратегия в большей степени свидетельствует об эффективности функционирования государства. В целом, можно отметить усиление внимания к инновационной составляющей практически во всех странах мира.

Важным средством усиления инновационной активности и повышения КСП территорий становится кластерная политика. Начиная с 90-х гг. XX в. кластерный подход принят на вооружение и успешно применяется во многих странах мира (Австралия, Ирландия, Швеция, Финляндия, Дания, Бельгия, Бразилия, Нидерланды и др.).

Согласно исследованиям, кластеризацией охвачено около 50 % экономик ведущих стран мира [6]. Более того, практически полностью кластеризована скандинавская (финская, датская, норвежская и шведская) промышленность, в США более половины предприятий работают, используя такую модель производства – предприятия кластера находятся в одном регионе и максимально используют его природный, человеческий и интеграционный потенциал. В США лишь в последнее время началась поддержка региональных кластеров на общегосударственном уровне, раньше этим вопросом занимались только региональные власти. Подобное изменение обусловлено тем, что в посткризисный период региональные власти испытывают дефицит бюджетных средств для финансирования инновационных разработок. В частности, в 2010 г. в США стартовала специальная федеральная программа, которая прежде всего касается поддержки инновационных кластеров в приоритетных научно-технологических областях.

Активно идет процесс формирования кластеров в Юго-Восточной Азии, Китае и Японии. Аналогичные шаги предпринимаются в странах ЕС, где кластерные стратегии рассматриваются в качестве важнейшего инструмента инновационного развития этого ре-

гиона. В ЕС утверждены «Манифест кластеризации в странах ЕС» (июль 2006 г.) и «Европейский кластерный Меморандум» (январь 2008 г.). Основная цель принимаемых документов – увеличить «критическую массу» кластеров, которая способна оказать влияние на повышение КСП как отдельных стран, так и ЕС в целом [6].

Как показывает мировая практика, инициаторами проведения кластерной политики могут выступать как центральные органы управления, которые проводят кластерную политику «сверху», так и региональные власти или местные объединения предпринимателей, предлагающие реализацию программ стимулирования развития кластеров «снизу вверх». Такие программы получили название «кластерная инициатива» [7].

Применительно к России с учетом современных тенденций развития мировой экономики (переход в шестой технологический уклад, формирование «экономики знаний») очевидна необходимость трансформации российской экономики. Данная цель на практике может быть реализована лишь в том случае, когда создание экономики инноваций станет центральным вектором государственной политики.

К сожалению, в настоящее время развитие инноваций в России находится на зачаточной стадии. Проводимая в России инновационная политика в целом неэффективна, о чем свидетельствуют макроэкономические индикаторы и позиции страны в международных рейтингах. Так, по данным 2011 г., РФ занимала лишь 63 место (из 142 стран) по индексу КСП глобальной экономики [[www.forbes.ru](http://www.forbes.ru)]. Среди основных проблем можно выделить отсутствие в РФ четко сформулированной концепции по модернизации с привязкой к достижению определенных нормативов, отсутствие в стране института экспертов в области создания инновационных моделей, отсутствие механизмов мотивации предприятий в процессах производственной кооперации и международного сотрудничества и т. д. В основном в РФ наблюдается создание отдельных элементов инновационной инфраструктуры: технопарков, научно-технологических центров, различных фондов, в том числе венчурных, финансирование которых ограничивается или даже сворачивается.

Исходя из анализа зарубежного опыта формирования НИС, особенностей макроэкономического развития РФ, результатов федеральной и региональной политики в сфере инноваций и других факторов, следует, что наиболее предпочтительным направлением развития НИС РФ является ее формирование как совокупности институциональных региональных инновационных систем. Не случайно в качестве ориентира для формирования НИС в РФ выбрана европейская модель. Особое внимание стоит обратить на поддержку крупного бизнеса. Учитывая традиционно высокую роль государства в экономике, именно государство должно стать катализатором инновационных процессов в стране, правда, не подавляя инициативу «снизу» (со стороны бизнеса и региональных властей). По мнению автора статьи, весьма эффективным средством может стать формирование кластеров. Для формирования инновационных кластеров прежде всего следует определить конкурентные позиции отраслей РФ, их возможные перспективы с точки зрения КСП на мировом рынке. И, наконец, в условиях ограниченности внутренних финансовых источников важным инструментом финансирования инновационных процессов в экономике России могут стать ПИИ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Freeman C. The economics of hope. Essays in technical change, economic growth and the environment. London and New York: Pinter, 1992; Technology policy and economic performance: lessons from Japan. London: Pinter, 1997.
2. Голиченко О. Г. Национальная инновационная система России: состояние и перспективы развития. М.: Наука, 2006.
3. Рукс Э., Вальдеканас Т., Уэддл Р. Л. Парк «Исследовательский треугольник»: эволюция и происхождение // Развитие университетских технопарков: зарубежный опыт. По материалам XXIII Междунар. конф. по науч.-технол. паркам «Партнерство технопарков с компаниями и обществом». Хельсинки, 6–9 июня 2006. Тверской ИнноЦентр, 2009.
4. Монахов И. А. Зарубежный опыт формирования региональных инновационных систем // Инновации. 2009. № 6. С.18.
5. Бельчук А. Вновь об оценке реформ в Китае // Мировая экономика и международные отношения. 2005. № 4. С. 86.
6. Ленчук Е. Б., Власкин Г. А. Кластерный подход в стратегии инновационного развития зарубежных стран // Пробл. прогнозирования. 2010. № 5. С. 48.
7. European Commission. Innovation Clusters in Europe – A Statistical Analysis and Overview of Current Policy Support. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.

*E. Davydenko*

### *THE EXPERIENCE OF FOREIGN COUNTRIES IN CREATING THE NATIONAL INNOVATION SYSTEMS: THE LESSONS FOR RUSSIA*

*The article is devoted to the analysis of the experience of foreign countries in creating and developing of national innovation systems. The comparative estimation of features of national innovation systems of the USA, EU and China is carried out. The author pays special attention to the study of cluster policy of foreign countries, features of innovative policy on the modern stage of the world economy. As a result the author gives recommendations to the modernization of the Russian economy and creation of innovative model in Russia. These issues are considered through the integration of Russia into the world economy.*

**Modernization, innovations, national innovation system, cluster, competitiveness, world economy, Russia**



УДК 09.00.11

*С. В. Картошкина*

## **КОРПОРАТИВИЗМ КАК ИДЕОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

*Рассмотрен феномен корпоративизма в контексте управления организацией. Проанализирован корпоративизм как следствие и основа развития организации.*

### **Корпоративизм, корпоративная культура, корпоративный менеджмент**

В процессе формирования постиндустриального общества в организации производства происходили качественные изменения, которые привели к появлению корпораций. Термин «корпорация» можно определить как объединение на основе групповых интересов. Индивиды, входящие в корпорацию, ассоциируют себя с остальными сотрудниками компании. Общие ценности направляют деятельность коллектива к поставленным целям. Г. Гегель писал о корпорации как о «второй семье» для индивида, и в этом смысле корпорация действительно является ячейкой общества, члены которой должны быть в первую очередь ориентированы на общие интересы, нежели на индивидуальные. «Член семьи – муж или жена – ощущают себя не как *лицо для себя*, – говорит Г. Гегель, – а как *лицо для другого*. В этом элементарном союзе человек воспринимает себя как часть единого целого»<sup>1</sup>. Исторически в корпорации входили люди, объединенные по профессиональному признаку. Со временем корпоративные принципы нашли отражение и в политической, и в религиозной сферах. «В праве корпорация – разновидность (наряду с учреждением) юридического лица, возникающая вследствие объединения людей и образования на этой основе нового субъекта прав; в социологии и политологии корпорация – социальная группа, складывающаяся на основе профессиональной или иной общности интересов и функций; в социальной психологии – замкнутая организованная группа с жестким централизованным управлением, резко противопоставляющая себя внешнему социальному окружению» [1]. Во всех указанных определениях термина «корпорация» есть общее начало – это выработка общих стандартов и норм поведения, наличие определенной согласованности внутри. В целом корпорацию можно определить как союз индивидов, объе-

<sup>1</sup> Акимов О. Е. Корпоративизм. Режим доступа: // <http://sceptic-ratio.narod.ru/sk/corporatio-1.htm>.

диненных общностью профессиональных интересов, в котором действуют принципы самоуправления. Корпоративные отношения находят отражение во всех социально-политических сферах, где присутствуют социальные группы и их объединения.

Термин «корпоративизм», производное корпорации, также встречается в разных науках. Так, в политологии под корпоративизмом понимается форма организации общественной жизни, при которой отношения между группами интересов и политической системой реализуются через корпорации. Под группой интересов подразумевается объединение граждан на основе определенных целей. Корпорации интегрированы в гражданское общество, но обладают своей спецификой: они ориентированы на реализацию узких интересов своих групп. Термин «корпоративизм» сводится к внешнему воздействию групп на государственную власть или же к основанному на балансе сил взаимодействию элит, совместному принятию государственных решений. В политологии выделяют следующую классификацию корпоративизма:

- бюрократический – навязывание обществу эгоистических интересов группы под видом общих;
- тоталитарный – монопольное представление интересов группы, авторитарный порядок;
- демократический – при отсутствии доминирующих социальных групп компромисс групповых интересов;
- олигархический – навязывание клановых интересов с использованием инструментов лоббирования, коррупции;
- административный – представительство различных структур (бизнеса, общественных организаций и т. д.) на уровне исполнительной власти с целью участия в разработке законопроектов и правительственных решений.

В контексте корпоративного маркетинга наиболее актуальным представляется позитивный корпоративизм – достижение согласия участников социального взаимодействия, интеграция интересов группы в интересы общества. Принципы корпоративных отношений стали оказывать наиболее заметное влияние на рост предприятий за рубежом и улучшение социально-экономического развития начиная с 80-х гг. XX в. Позитивный корпоративизм развивался в условиях политической и экономической демократии, рыночной системы, гражданского общества. Корпоративизм выводит на первое место человеческий фактор, придает компании системную целостность, задает стратегическое направление развития организации.

Важным инструментом маркетинга выступают связи с общественностью, профессиональная специфика которых направлена на достижение компромисса, благоприятного взаимодействия субъектов. В этом проявляется созвучие с позитивным корпоративизмом, который так же предполагает социальное партнерство и согласие. Можно сказать, что корпоративизм соотносится с корпоративным имиджем через связи с общественностью. Последние участвуют в формировании корпоративного имиджа и выступают инструментом корпоративного менеджмента, направленным на гармонизацию взаимоотношений во внутренней и внешней средах организации. Ключевые принципы позитивного корпоративизма – солидарность и сотрудничество. Солидарность предполагает общность интересов

и целей, взаимопомощь, ответственность; сотрудничество – взаимовыгодность, взаимопонимание и доверие. Реализация указанных принципов ведет к формированию корпоративной культуры, которая проявляется через культуру личности каждого члена социальной группы. Корпоративизм как стратегия партнерства обеспечивает инкорпорированность – интеграцию личности в сообщество: усвоение культурных ценностей, норм, моделей поведения – всего, что пронизывает сферу корпоративного общения. Данный процесс происходит во время общения между членами корпорации. Коммуникации – это сложное, многогранное взаимодействие индивидов с целью обмена информацией, выработки стратегий взаимодействия; восприятие и понимание. Корпоративизм в сфере управления организацией можно определить как форму корпоративных отношений, ориентированную на согласование групп интересов и достижение сотрудничества. Принципы корпоративизма направлены на формирование и продуктивное упорядочение деятельности корпорации.

Корпоративизм предполагает полное деловое сотрудничество во всех сферах и на всех уровнях деятельности организации. Задача руководства состоит в том, чтобы наладить коммуникации между всеми подразделениями, направляя их к общей цели посредством системного подхода к управлению. Корпорация – это крупный живой организм, нацеленный на долгосрочную деятельность, для которой необходимо создать надежную систему внешних и внутренних коммуникаций, наладить и поддерживать взаимоотношения с партнерами, выполнять свои обязательства. Партнерская надежность становится гарантией успешности бизнеса, а для обеспечения надежности необходимо, чтобы каждый сотрудник организации эффективно работал в соответствии с поставленными целями и задачами. Корпоративизм должен мобилизовать персонал компании, мотивировать сотрудников. И здесь проявляется зависимость корпоративного имиджа от принципов корпоративизма. Если внешний имидж компании заявляет окружающему миру о своей надежности, то эта установка (на выполнение обязательств) должна быть заявлена внутри компании как требование, как элемент корпоративизма. Каждая структура компании выполняет свою часть работы, но едиными для всех будут общие сроки выполнения задачи, согласованные с партнерами или клиентами. Также корпоративизм обеспечивает организационную коммуникабельность, взаимосвязи между структурными подразделениями компании. Постоянный информационный обмен позволяет отслеживать динамику развития и корректировать задачи. Известны примеры корпораций (например Procter and Gamble), в которых с целью повышения эффективности работы персонала сотрудников ротуют по различным отделам или по различным филиалам компании, погружая их в разные направления деятельности. Такой обмен информацией и поиск оптимального использования возможностей и профессионализма сотрудников составляет суть корпоративизма – создать коммуникативно-развитое клиентоориентированное предприятие. Адаптационная политика позволяет «вновь прибывшим» сотрудникам быстрее войти в курс дела, освоиться в новой компании, найти свою нишу.

Корпоративизм – это метод управления, развития экономических и социальных отношений в группе; соблюдение баланса личных и общественных интересов. Поддержание корпоративизма становится новой функцией менеджмента, перед которым стоят задачи создания и поддержания позитивной психологической атмосферы в коллективе, налаживания коммуникаций между персоналом, обеспечения удовлетворенности сотрудников своим

трудом. Корпоративный менеджмент предполагает демократизацию управления, оптимизацию внутреннего климата компании, мотивирование организационного поведения. Профессионалы на рынке труда заинтересованы не только в финансовой и карьерной отдаче от своей работы, но также в гармоничном психологическом климате в коллективе, который зависит в первую очередь от усилий руководства. Сегодня, когда многие сотрудники крупных корпораций чувствуют себя маленькими «винтиками» в огромном механизме, задача менеджмента – показать людям, что руководство видит и ценит вклад каждого сотрудника на всех уровнях производства, заинтересовано в участии каждого сотрудника в процессе принятия управленческих решений. Здесь и раскрывается суть корпоративизма – общность интересов и идей, коллективный дух. Но для руководства и сотрудников проявления корпоративизма различны. Для руководства суть корпоративизма – в преданности персонала общему делу, профессионализме и качестве работы. В то же время сотрудники будут воспринимать корпоративизм как возможность карьерного роста, материальные стимулы, хорошие отношения в коллективе, поэтому многие специалисты хотят работать в крупных компаниях. В этой связи показательным становится уровень текучести кадров, демонстрирующий насколько корпоративная политика отвечает поставленным целям.

В условиях увеличивающейся конкуренции корпоративизм напрямую отражается на конкурентоспособности предприятия и становится залогом инвестиционной привлекательности. Источником корпоративизма в компании является руководство, которое задает вектор развития, поэтому появляется термин «корпоративный менеджмент» – управление с целью формирования определенного климата внутри организации, повышения эффективности ее работы. Многообразие рабочих ситуаций, которые возникают в процессе деятельности компании, невозможно предусмотреть и заранее отрегулировать, и корпоративное управление как раз и обеспечивает порядок и внутреннюю системность посредством различных инструментов. В частности, принцип корпоративизма предполагает наличие корпоративного кодекса, который может дополняться приказами высшего руководства. Кодекс дисциплинирует и приводит поведение сотрудников к одному знаменателю, является центральным элементом корпоративизма. Для сотрудников разного уровня и ключевые корпоративные критерии компании будут иметь различную значимость. Для высшего руководства приоритетны миссия компании, репутация, стратегические задачи, для сотрудников среднего звена – уровень зарплаты и надежность и т. д.

Сотрудники корпорации должны быть объединены общей целью, работая в одной команде. В данной ситуации психологическая обстановка в компании напрямую влияет на эффективность достижения цели. Возникает понятие «духовный менеджмент», объединяющее ценности компании, правила поведения, мотивирующие факторы, т. е. управление посредством культуры организации. В основе культурной формы заложена корпоративная концепция, включающая представление об организации во внешней среде и ее внутреннюю культуру, убеждения, ценности. Пересечение корпоративизма и культуры стало основанием для появления феномена корпоративной культуры – так основополагающие понятия легли в основу новой лексической единицы. Корпоративная культура стала фактором достижения сотрудничества и корпоративного согласия. Корпоративизм базируется на корпоративной культуре посредством системы ценностей, которая определяет характер деятельности организации, и наполнен культурным содержанием, включен-

ным во все сферы жизнедеятельности организации, задающим ориентиры поведения: консенсусные отношения в среде, социальный диалог. Можно сказать, что корпоративизм реализуется посредством поддержания корпоративной культуры на основе системы ценностей социального партнерства. На первое место выходит человеческий ресурс; сотрудники объединены общим делом в конкурентной среде. Вокруг корпоративного ядра формируются нормы делового поведения.

Корпоративизм – неотъемлемый атрибут современной организации, который обеспечивает во внутренней среде формирование морально-этических ценностей; усиливает связи руководства и подчиненных в борьбе за достижение поставленных целей; способствует мобильности внутри корпорации; является гарантом социальной защиты сотрудников. Для внешней среды корпоративизм направлен на достижение благожелательного отношения со стороны общественности, т. е. корпоративизм – это сплочение трудового коллектива вокруг общих ценностей. Каждый коллектив индивидуален, поэтому сравнить и проанализировать уровень корпоративизма в различных организациях весьма сложно. Кроме того, этому препятствует и закрытость деловых корпораций как систем управления. Тем не менее с уверенностью можно констатировать, что в современном мире корпоративизм должен способствовать сохранению единства в коллективе, особенно когда внешняя среда требует от компании значительной внутренней перестройки. Можно сказать, что корпоративизм предполагает открытость для сотрудников и закрытость для внешнего мира. Данная специфика затрагивает этическую проблематику. Согласование интересов акционеров, руководителей, сотрудников, внешней общественности в вопросах, например, раскрытия информации, финансового контроля, привлечения инвесторов требует значительных усилий, добиться полного одобрения всеми сторонами процесса практически невозможно. Если ранее соблюдение этических норм российскими предприятиями было, скорее, делом добровольным, то сегодня в условиях усиления контроля за бизнес-сообществом формируются жесткие регламенты деятельности, которые могут исполняться только в случае, если они закреплены и поддерживаются внутрикорпоративными правилами. У различных групп, участвующих в корпоративных отношениях, интересы могут различаться, но важно, чтобы в повседневном деловом процессе все стороны были заинтересованы в стабильной работе и прибыльности компании. Отличительная черта корпоративизма – постоянный компромисс, баланс собственных и общественных интересов. Не следует также забывать, что корпорация – это юридическое лицо, которое подчиняется и нормам права. И если речь идет о транснациональных корпорациях, то и нормы права в разных странах могут различаться, что должно учитываться в корпоративном кодексе. Мультикультурность усложняет решение организационно-управленческих задач в условиях непростой внешней среды. Глобализация увеличивает требования, предъявляемые к организации. Примечательно, что Р. М. Ходжеттс и Ф. Лютанс, классифицировавшие национальные культуры менеджмента, отнесли Россию (как и Японию) к независимым культурам, наряду с объединением в группы германских, скандинавских, латиноамериканских и других стран [2, с. 675].

Корпоративный менеджмент как система реализации принципов корпоративизма «...относится к внутренним средствам обеспечения деятельности корпораций и контроля

над ними... включающим комплекс отношений между правлением (менеджментом, администрацией) компании, ее советом директоров (наблюдательным советом), акционерами и другими заинтересованными лицами (стейкхолдерами). Корпоративный менеджмент также определяет механизмы, с помощью которых формулируются цели компании, определяются средства их достижения и контроля над ее деятельностью». Такое определение было опубликовано Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в 1999 г. Корпоративный менеджмент направлен на решение трех основных задач: повышение эффективности деятельности корпорации, привлечение инвестиций и выполнение обязательств. Из всего сказанного ранее можно сформулировать ключевые принципы корпоративизма – ответственность, честность, прозрачность. Вкладывая капитал в организацию производства, руководитель ясно представляет, что результат бизнеса будет зависеть от усердия сотрудников, поэтому существенная роль отводится подбору персонала. Сегодня требования, предъявляемые компанией к специалистам, предполагают соответствие корпоративным принципам. Помимо профессионализма значительную роль играют личные качества. Сотрудник должен иметь четкое представление о своих карьерных целях, быть цельной и гармоничной личностью, располагать потенциалом к развитию. Эти качества при выполнении рабочих задач трансформируются в стремление достичь цели, продвинуться вперед. Не менее важно умение работать в команде. Для предоставления клиентам высокого качества услуг необходима слаженная работа всех подразделений компании, основанная на принципах сотрудничества: подчиненные должны четко понимать свою роль и выполнять требования руководства, а руководитель – проявлять лидерские качества. В условиях активного развития информационных технологий, постоянно увеличивающегося объема информации компании заинтересованы в сотрудниках, способных развиваться и учиться. Приходя в новую компанию, нужно не только быстро войти в курс дела; карьерный рост предполагает постоянное овладение новыми знаниями, и инициатива в данном вопросе исходит от сотрудника. Работодатели заинтересованы в лояльных сотрудниках. Лояльность еще одно важное качество, которым должны обладать соискатели. Обеспечивая персоналу хорошие условия труда, карьерный рост, вкладываясь в их развитие, работодатели ожидают приверженности интересам компании. Кроме того, лояльный сотрудник не будет распространять за пределами предприятия негативную информацию о своем месте работы, так как заинтересован в его процветании. Слаженная работа, солидарность также невозможны без таких важных качеств, как стрессоустойчивость и ответственность. Нарастающий темп жизни заставляет индивида приспосабливаться к выполнению нескольких задач одновременно, не развивать конфликтные ситуации, искать конструктивные решения, т. е. продуктивно работать в сложных условиях и думать о результате. Корпорации нередко занимаются диверсификацией бизнеса, внедряя в новые сферы проверенных сотрудников, соответственно, способность к обучению, готовность развиваться исключительно важны. Таким образом, корпоративизм предполагает совместную работу командных игроков – сотрудников, заинтересованных в деле, готовых помогать коллегам и не терять самообладание в сложных ситуациях.

Подводя итог, можно сказать, что корпоративизм – это идеология, посредством которой происходит управление организацией; система руководства и контроля деятельно-

сти предприятия; баланс между интересами всех представителей компании и внешней среды, а также метод повышения прибыльности и эффективности работы. Корпоративизм, с одной стороны, является следствием развития организации, а с другой – составляет основу ее развития, адаптирует организацию к требованиям рынка, поднимает этическую проблематику. Компания стремится сделать свою продукцию максимально привлекательной, и в то же время потребитель заинтересован в получении объективной информации. Корпоративизм составляет стратегическое направление развития современной организации: обеспечивает внешнюю адаптацию и внутреннюю интеграцию. Отрицательным эффектом развития крупных компаний можно назвать обезличивание сотрудников, которые становятся винтиками большого механизма. Нивелировать данный негатив помогает развитая корпоративная культура. Корпоративная культура – производное корпоративизма, результат совместной деятельности руководителей разных звеньев управления. Она формирует стиль жизни компании и, таким образом, составляет базис принципов корпоративизма. Миссия, ценности, нормы поведения, символика, мифология закладывают основу, на которой строится корпорация.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новая философская энциклопедия: в 4 т. / Под ред. В. С. Степина. М.: Мысль, 2001.
2. Корпоративный менеджмент / И. И. Мазур., В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге, В. И. Шейн. М.: Омега-Л, 2008.

*S. V. Kartoshkina*

#### *CORPORATISM AS IDEOLOGY OF AN ORGANIZATION*

*The article describes phenomenon of corporatism within the framework of organization management. Corporatism as consequence and basis of organization development is analyzed.*

**Corporatism, corporate culture, corporate management**



УДК 377/378.095 + 621.394

*М. А. Партала*

## **ПЕТР ГОТФРИДОВИЧ ГАНЗЕН – ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА, ОДИН ИЗ ПИОНЕРОВ ПОДГОТОВКИ ТЕЛЕГРАФНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В РОССИИ**

*Приведены малоизвестные факты из биографии П. Г. Ганзена – выдающегося переводчика, значительная часть жизни которого была связана с развитием телеграфной специальности в России. Двадцать лет (1886–1906) он был преподавателем в Электротехническом институте (ныне СПбГЭТУ «ЛЭТИ»). Показан его вклад в формирование системы подготовки телеграфных специалистов в России.*

**П. Г. Ганзен, подготовка телеграфных специалистов, Электротехнический институт, телеграфная школа**

История Электротехнического института императора Александра III традиционно ассоциируется с именами Н. Г. Писаревского, П. Д. Войнаровского, Н. Н. Качалова, А. С. Попова, П. С. Осадчего и других известных представителей российской электротехнической школы. В стенах института, однако, преподавали и другие яркие личности, оставившие заметный след в истории отечественной науки и культуры. К их числу с полным основанием можно отнести П. Г. Ганзена, преподававшего в ЭТИ более 20 лет – с 1886 по 1906 гг.

В историю отечественной культуры П. Г. Ганзен (1846–1930) вошел, прежде всего, как литературный деятель, переводчик, публицист. Ему принадлежат переводы на датский язык произведений русских классиков И. А. Гончарова и Л. Н. Толстого, а также многочисленные переводы на русский язык скандинавских писателей: Г. Андерсена, Г. Ибсена, Б. Бьёрнсона, С. Кьеркегора, К. Гамсуна, Х. Драхмана, А. Эленшлегера, А. Стриндберга, К. Микаэлис, Ф. Нансена, Й. Йенсена и др., выполненные как самостоятельно, так и в творческом союзе со своей женой Анной Васильевной Ганзен (1869–1942). Вклад П. Г. и А. В. Ганзенов в развитие русско-скандинавских культурных связей высоко оценивался современниками, а многие из их работ признаны классикой литературного перевода.

Жизни и творчеству П. Г. Ганзена посвящены многочисленные публикации, а литературное наследие выдающегося переводчика составляет многие тома. Данная статья раскрывает малоизвестную и почти неисследованную страницу его биографии и посвящена

его вкладу в формирование системы подготовки телеграфных специалистов в России в конце XIX – начале XX вв.

Петр Готфридович Ганзен (*Peter Emanuel Hansen*) родился и получил образование в Дании. В формулярном списке П. Г. Ганзена кратко записано: «Воспитание получил в училище г. Христиансгавена, в чем имеет свидетельство от 7-го июля 1862 г.» [1]. Дополнительные сведения о юных годах П. Г. Ганзена дают нам датские источники. Некоторые из них нашли отражение в статье Л. Ю. Брауде – известной переводчицы, специалиста в области скандинавской литературы, которая писала, обращаясь к этому периоду жизни Петра Готфридовича: «Еще в реальном училище, называвшемся «Школа гражданских добродетелей», он под влиянием известного преподавателя санскрита и литератора Мартина Хаммерика увлекался литературой, в частности, поэзией; философией и историей искусств, серьезно изучал английский язык. Его кумирами были Шекспир, Лессинг и датский философ Серен Кьеркегор. Еще юношей П. Г. Ганзен проявлял большой интерес к проблемам художественного перевода, чему немало способствовало знакомство с переводчиком Шекспира, датским поэтом и филологом Эдвардом Лембке. После окончания училища Ганзен готовился стать актером и в 1865 году успешно дебютировал на сцене Королевского театра (где прослужил до 1870 г.) в трагедии датского писателя-романтика Адама Эленшлегера «Хакон Ярл». К этому периоду относится и знакомство Ганзена с Хансом Кристианом Андерсеном. В датском собрании произведений великого сказочника с его автографами хранится книга с дарственной надписью тогда еще молодому Петеру Эммануэлю Хансену» [2].

Готовя себя к театральной стезе, П. Г. Ганзен в эти годы поступил вольнослушателем в Копенгагенский университет, где посещал лекции по литературе, истории искусств, философии. Однако жизнь внесла свои коррективы, заставив кардинально пересмотреть уже, казалось бы, сложившиеся планы и отказаться от продолжения актерской карьеры (в числе причин называют проблемы с голосом).

В 1871 г. Петр Ганзен приехал в Россию в качестве служащего «Большого Северного телеграфного общества» (*Great Northern Telegraph Company*) – активно развивавшейся датской компании, сумевшей получить права на реализацию ряда масштабных проектов на территории Российской империи. Десять лет он проработал телеграфистом в Сибири: сначала в Омске, а затем в Иркутске. В Сибири он начал изучать русский язык, весьма скоро добившись превосходных результатов. К этому же периоду относятся его первые опыты литературного перевода, принесшие ему успех и известность.

В Памятной книжке Иркутской губернии за 1881 г. можно встретить одно из ранних упоминаний имени П. Г. Ганзена, записанного на «русский манер». В списке телеграфистов Иркутской телеграфной станции есть датский подданный Петр Эммануилович Ганзен (именование по отчеству, обычное для русского человека, но отсутствующее у датчан, произведено в данном случае путем образования «отчества» от второго имени Петра Ганзена – *Emanuel*). Более привычный для нас вариант – Петр Готфридович (по имени отца – *Gotfred*) – появился несколько позднее.

В 1881 г. П. Г. Ганзен переехал в Санкт-Петербург, где поступил на работу в Управление городских телеграфов телеграфистом 1-го разряда по найму. В 1882 г. он был на-

значен преподавателем английского языка в местной телеграфной школе. Следует отметить, что в России в то время только начинала складываться система подготовки специалистов для работы на линиях проводной телеграфной связи. Одной из первых телеграфных школ стала школа при Главной телеграфной станции в Санкт-Петербурге (позднее переименована в Центральную телеграфную станцию), располагавшаяся на Почтамтской улице в доме № 15. По принятой организации к преподаванию и руководству телеграфной школой привлекались преимущественно сотрудники Главной станции (из числа наиболее опытных ее специалистов). Вскоре П. Г. Ганзен стал заведующим этой телеграфной школой. Пока не удалось, к сожалению, выявить конкретный приказ (или распоряжение), которым было произведено это назначение, однако сам факт подтверждается многочисленными документами.

Важным результатом его многолетней деятельности на данном поприще стало внедрение весьма прогрессивной для своего времени методики группового совместного обучения будущих телеграфистов работе на аппаратах Морзе. Прежние методики обучения предполагали самостоятельную отработку каждым обучаемым навыков работы на телеграфном ключе, что не позволяло преподавателю своевременно выявить ошибки в технике телеграфирования и принять необходимые меры к их исправлению. Эти ошибки, не будучи своевременно исправленными, прочно «закреплялись» в технике телеграфирования и становились «неизбежным злом» при практической работе телеграфистов на линиях. П. Г. Ганзен справедливо обратил внимание на важность правильного *первоначального* обучения, «...отсутствие которого влечет за собой ... недостатки в работе, которые встречаются иногда даже у старых и опытных телеграфистов» [3]. Он разработал и внедрил в учебный процесс Санкт-Петербургской телеграфной школы методику *одновременного совместного* обучения.

Основные положения методики были опубликованы в 1887 г. (после трехлетней апробации) в «Сборнике распоряжений по Главному управлению почт и телеграфов» в виде отдельной статьи под названием «Система для совместного обучения телеграфированию ключом Морзе». Оценивая преимущества новой методики, в статье, в частности, отмечалось: «Всякая ошибка со стороны одного из учащихся, являясь нарушением общего хода работы, сразу замечается если не им самим, то преподавателем или совместно обучающимися, и, следовательно, сейчас же может быть исправлена, причем ученик не подвергается опасности привыкнуть к неверным приемам, от которых, как видно из опыта, часто нет возможности избавиться впоследствии» [3].

Первоначальное практическое обучение будущих телеграфистов рекомендовалось начинать за одним столом с индивидуальными рабочими местами, каждое из которых оборудовалось ученическим телеграфным ключом. Отработка каждого элемента производилась совместно и одновременно всеми обучаемыми. Работа на ключе обязательно чередовалась с чтением «с ленты». Особое внимание уделялось последовательности обучения (от простого к сложному, от одного элемента к другому). Только после отработки всех элементов под руководством преподавателя в составе группы обучаемый переходил от ученического ключа к работе на аппарате Морзе. Причем сначала он должен был работать «на себя» (т. е. сам с собой), чтобы мог видеть свою «работу» на ленте, своевременно замечая и устраняя ошибки в технике работы ключом. И лишь затем учебные аппараты Морзе коммутировались попарно, образуя учебные телеграфные линии, на которых отрабатывались необходимые навыки телеграфного обмена.

Методика быстро завоевала популярность в среде телеграфных специалистов и получила широкое распространение. Так, например, в пояснительной записке к Программе для преподавания практической телеграфии на аппаратах Морзе в Почтово-телеграфной школе при Управлении Иркутского Почтово-телеграфного округа, датированной 22.01.1901, прямо указывается, что «для преподавания практической телеграфии на аппаратах Морзе в Иркутской Почтово-телеграфной школе ... применена система П. Ганзена» [4].

Описание методики неоднократно публиковалось в различных изданиях справочного и учебного характера, включая книги и брошюры, издававшиеся в известной серии «Библиотека электротехника». Из дошедших до нас изданий можно назвать следующие: «Аппарат Морзе. Его устройство и практическое применение. С приложением описания необходимых принадлежностей и учебника телеграфирования по системе заведывающего школою при С.-Петербургской Центральной телеграфной станции П. Г. Ганзена» (известны издания 1902, 1911 и 1913 гг.), «Телеграф и телефон. Учение о телеграфе и телефоне. Практическое руководство к изучению применительно к испытаниям на должность надсмотрщика и механика. С приложением описания необходимых аппаратов и учебника телеграфирования» (в 1916 г. было выпущено 6-е издание).

Известные источники позволяют считать, что в конце XIX – начале XX вв. (вплоть до 1917 г.) методика П. Г. Ганзена являлась в России основной методикой подготовки телеграфных специалистов в специализированных учебных заведениях.

В 1886 г. в Санкт-Петербурге было образовано Техническое училище Почтово-телеграфного ведомства (будущий Электротехнический институт императора Александра III). Ключевым вопросом для любого вновь создаваемого учебного заведения является вопрос подбора преподавателей. Назначенный директором нового училища Н. Г. Писаревский пригласил вести занятия по английскому языку с будущими телеграфными техниками и инженерами Г. Е. Гейца – начальника Управления Санкт-Петербургского городского телеграфа. Отказавшись в связи с большой занятостью, Г. Е. Гейц рекомендовал вместо себя П. Г. Ганзена, чья кандидатура и была утверждена начальником Главного управления почт и телеграфов [5].

П. Г. Ганзен прослужил в Техническом училище – Электротехническом институте (ТУ–ЭТИ) в должности преподавателя английского языка 20 лет – с 12 августа 1886 г. по 15 августа 1906 г. (см. рис. 1: преподаватели Электротехнического института (1899). П. Г. Ганзен – во втором ряду, четвертый справа). В фондах Российской государственной и Российской национальной библиотек сохранились экземпляры учебного пособия П. Г. Ганзена «Английские уроки по системе И. Гасфельда», изданного в ЭТИ в 1902 г. [6]. Было бы, однако, странно, если бы в учебном процессе ТУ–ЭТИ оказался не востребован богатейший опыт П. Г. Ганзена как специалиста в области телеграфного дела. Архивные документы свидетельствуют, что он активно привлекался к проведению со студентами практических занятий по специальным дисциплинам буквально с первых дней существования Технического училища. Применялась в учебном процессе ТУ–ЭТИ и его методика обучению работе на аппаратах Морзе.



*Рис. 1*

30 января 1887 г. Петр Ганзен принял российское подданство и был зачислен на службу. Вскоре он был переименован в почтово-телеграфные чиновники 2-го (1889), а затем – 1-го разряда (1896) [1].

В мае-июле 1892 г. П. Г. Ганзен был командирован в Данию, Швецию и Норвегию «для ознакомления с техническими особенностями устройства соединений телеграфных сетей». Возможно, именно из этой командировки он привез необходимые документы о своей учебе в Дании, которые позволили в феврале 1895 г. признать аттестат о полученном им образовании за границей достаточным для производства в первый классный чин. Тогда же, в феврале 1895 г., П. Г. Ганзену было зачислено в действительную службу и на чинопроизводство и пенсию время занятий его по телеграфному ведомству по контракту и по найму до принятия им присяги на подданство России, т. е. с 23 июля 1871 г. по 23 июля 1881 г. и с 1 декабря 1881 г. по 30 января 1887 г. И уже 10 октября 1895 г. Высочайшим приказом по Гражданскому ведомству он был произведен, за выслугу лет, в коллежские регистраторы. Зачет в выслугу лет его предыдущей работы на телеграфных должностях позволил достаточно быстро пройти ступеньки чиновничьей «лестницы» – губернский секретарь, коллежский секретарь, титулярный советник (1896), коллежский асессор (1897), надворный советник (1899), коллежский советник (1904) [1].

В 1904 г. П. Г. Ганзен был принят на службу по Ведомству учреждений императрицы Марии. В 1906 г. по причине большой загруженности на новом месте службы он вынужден был оставить преподавание в ЭТИ [7].

К 1917 г. П. Г. Ганзен – действительный статский советник (произведен в 1911 г. «за отличие»), чиновник особых поручений IV класса, сверх штата, при главноуправляющем собственной его императорского величества канцелярией по учреждениям императрицы Марии. Он был награжден орденами Св. Станислава 3 ст. (1897) и 2 ст. (1905), Св. Анны 3 ст. (1900) и 2 ст. (1906, «за выдающиеся отличия»), Св. Владимира 4 ст. (1909), медалями, а также иностранными орденами – датским орденом Данеброга (кавалерский крест, 1895) и норвежским орденом Св. Олафа (кавалерский крест I класса, 1908).



Рис. 2

В 1917 г. П. Г. Ганзен (рис. 2, 1910-е гг.) выехал в Данию, в Россию в связи с революционными событиями он больше не возвращался. У себя на родине он продолжал заниматься переводами и публицистикой, уделяя большое внимание русской литературе и театру. Скончался в Копенгагене в 1930 г.

В завершение хотелось бы отметить, что П. Г. Ганзен еще при жизни удостоился отдельного очерка в энциклопедическом словаре Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона. Отдельный очерк был посвящен ему и в Большой советской энциклопедии (как переводчику и литературному деятелю). На наш взгляд, имя Петра Готфридовича Ганзена должно по праву

занять достойное место в современных исследованиях и печатных трудах по истории Электротехнического института.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Центральный государственный исторический архив Санкт-Петербурга (ЦГИА СПб). Ф. 14. Оп. 3. Д. 60896. Л. 9–25 об.
2. Брауде Л. Мирное завоевание. Скандинавская литература в России // Детская литература. 1994. № 2. С. 45–50.
3. Система для совместного обучения телеграфированию ключом Морзе / Сост. П. Ганзен // Сб. распоряжений по Главному управлению почт и телеграфов. 1887. № 21. Отд. неофиц. С. 735–740.
4. Центральный музей связи имени А. С. Попова. Ф. 2 (телеграф). Оп. 1. Д. 323. Л. 25.
5. ЦГИА СПб. Ф. 990. Оп. 2. Д. 2324. Л. 1, 2, 2 об.
6. Английские уроки по системе И. Гасфельда / [Преп. П. Ганзен]; Электротехн. ин-т Имп. Александра III. СПб.: Лит. И. Трофимова, 1902.
7. ЦГИА СПб. Ф. 990. Оп. 2. Д. 2324. Л. 15.

*M. A. Partala*

#### *PETER GOTFRIDOVICH HANSEN – THE ELECTROTECHNICAL INSTITUTE TEACHER, ONE OF THE PIONEERS OF TELEGRAPHY SPECIALISTS TRAINING IN RUSSIA*

*There are presented some facts from P. G. Hansen's biography which are not widely known. He was an outstanding interpreter; most part of his life was concerned with formation of such a profession as a telegraphist. He was a lecturer of the Electrotechnical Institute (nowadays The St. Petersburg Electrotechnical University «LETI»). His contribution into the system of training of telegraphy specialists in Russia has been shown.*

**P. G. Hansen, telegraphy specialists training, Electrotechnical Institute, telegraphy school**

## Сведения об авторах

*Алексеев Владимир Васильевич*

Профессор, зав. кафедрой информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ, д-р техн. наук

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: VVAlekseyev@mail.ru.

*Анисимов Денис Андреевич*

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7(962) 726-28-54. E-mail: anisimovdenis2009@yandex.ru.

*Антипов Борис Львович*

Доцент кафедры микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-30-16.

*Баруздин Сергей Анатольевич*

Доцент, профессор кафедры теоретических основ радиотехники СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-64-19. E-mail: bkedr@rambler.ru.

*Бессонов Виктор Борисович*

Аспирант кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-35-59. E-mail: vbbessonov@yandex.ru.

*Богачев Юрий Викторович*

Доцент кафедры физики СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 234-96-56. E-mail: spin\_ltd@mail.ru.

*Буй Чьонг Занг*

Аспирант кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (951) 675-16-63. E-mail: truonggiang27685@yahoo.com.

*Ваганов Михаил Александрович*

Доцент кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 234-23-90. E-mail: MAVaganov@mail.eltech.ru.

*Василевский Александр Михайлович*

Профессор кафедры квантовых электронных приборов СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-31-60. E-mail: amvasilevsky@mail.ru.

*Вишневский Константин Александрович*

Врач отделения диализа СПбГУЗ «Мариинская больница».

E-mail: mercusio\_fh@mail.ru.

*Вишнякова Елена Анатольевна*

Аспирантка, ассистент кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 375-60-31. E-mail: vishelena@yandex.ru.

*Водяхо Александр Иванович*

Профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: aivodyaho@mail.ru.

*Голяк Сергей Сергеевич*

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: ssgolyak@mail.ru.

*Голубев Иван Александрович*

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 210-07-80. E-mail: ivan.gromov2@gmail.com.

*Гордеев Станислав Александрович*

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: ssagordeev@mail.ru.

*Горюшкин Иван Александрович*

Магистрант техники и технологии, кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 158-76-36. E-mail: zmei\_gor\_89@mail.ru.

*Давыденко Елизавета Васильевна*

Доцент кафедры экономической теории СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

Тел.: +7 (921) 401-18-29. E-mail: davvas@mail.ru.

*Дмитриев Герман Иванович*

Ученый секретарь СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-10-13. E-mail: Sznmc\_@mail.ru.

*Дорошков Александр Валентинович*

Доцент кафедры электротехники и электроники Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (911) 706-31-21. E-mail: atomez@yandex.ru.

*Ермолаев Виктор Иванович*

Старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 355-96-82. E-mail: seleznev\_i\_a@mail.ru.

*Жамова Карина Константиновна*

Аспирантка кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-20-59. E-mail: karisha\_kto@mail.ru.

*Земченков Александр Юрьевич*

Зав. отделением диализа СПбГУЗ «Мариинская больница», канд. мед. наук, доцент.

E-mail: zau@mail.wplus.net.

*Исаев Юрий Николаевич*

Доцент кафедры прикладной механики и инженерной графики СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 940-48-48. E-mail: YNIsaev@eltech.ru.

*Камерцева Яна Сергеевна*

Магистрант кафедры радиоэлектронных средств СПбГЭТУ.

E-mail: yana.09.06@mail.ru.

*Картошкина Светлана Викторовна*

Начальник отдела рекламы «Петербургская топливная компания».

Тел.: (812) 535-53-42. E-mail: kartoshkinas@yandex.ru.

*Каршиев Зайнидин Абдувалиевич*

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (965) 069-36-61. E-mail: zaynidin85@mail.ru.

*Комашня Артемий Владимирович*

Доцент кафедры медицинской информатики СПбГМУ им. И. П. Павлова, канд. мед. наук.

E-mail: artekomo@mail.ru.

*Коновалова Вера Сергеевна*

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: VSKonovalova@inbox.ru

*Коноплев Георгий Асадович*

Доцент кафедры квантовых электронных приборов СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-31-60. E-mail: gakonoplev@mail.ru.

*Кудрявцев Алексей Сергеевич*

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 331-61-10. E-mail: alexey\_s\_k@mail.ru.

*Кулдышев Алексей Владимирович*

Аспирант НИУ МИЭТ.

Тел.: +7 (926) 952-20-56. E-mail: kuldishev\_a@mail.ru.

*Куприянов Михаил Степанович*

Профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 952-06-42. E-mail: mikhail.kupriyanov@gmail.com.

*Ламкин Иван Анатольевич*

Инженер, аспирант кафедры микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-31-64. E-mail: ialamkin@mail.ru.

*Лопатенко Оксана Сергеевна*

Аспирантка кафедры квантовых электронных приборов СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-31-60. E-mail: lopatenko\_oksana@mail.ru.

*Лысенко Николай Владимирович*

Проректор по учебной работе СПбГЭТУ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 234-96-61. E-mail: NVLysenko@eltech.ru.

*Марченко Ярослав Юрьевич*

Аспирант кафедры физики СПбГЭТУ, магистр техники и технологии.

Тел.: (812) 234-96-56. E-mail: spin\_ltd@mail.ru.

*Маслова Татьяна Дмитриевна*

Профессор кафедры прикладной экономики, д-р экон. наук.

E-mail: mtd777@mail.ru.

*Менькович Екатерина Андреевна*

Аспирантка, инженер кафедры микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-31-64. E-mail: ankat.kate@gmail.com.

*Минина Анастасия Андреевна*

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: AAMinima@mail.ru.

*Михалев Сергей Владимирович*

Инженер-системотехник ООО «Научно-технический центр “Механотроника”».

Тел.: +7 (921) 428-27-38. E-mail: serjm1982@yandex.ru.

*Наумова Анна Николаевна*

Аспирантка кафедры физики СПбГЭТУ, магистр физики.

Тел.: (812) 234-96-56. E-mail: spin\_ltd@mail.ru.

*Партала Михаил Анатольевич*

Ученый секретарь Мемориального музея А. С. Попова СПбГЭТУ, капитан I ранга.

Тел.: (812) 234-59-00.

*Полякевич Алина Валерьевна*

Студентка НИУ МИЭТ.

E-mail: alina.polyakevich@gmail.com.

*Поляхов Николай Дмитриевич*

Профессор кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: ndpol@mail.ru.

*Пономарева Алина Александровна*

Аспирантка кафедры микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 321-25-89 (автоответчик). E-mail: ap\_k@inbox.ru.

*Прохоренко Константин Алексеевич*

Магистрант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (952) 366-37-49. E-mail: punkboy1@mail.ru.

*Разумовский Геннадий Васильевич*

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: razumovsky@nicetu.spb.ru.

*Селезнев Игорь Александрович*

Заместитель генерального директора по инновационному, стратегическому развитию и научной работе ОАО «Концерн “Океанприбор”», канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 235-46-92. E-mail: seleznev\_i\_a@mail.ru.

*Семенов Николай Николаевич*

Директор Центра профессиональной адаптации и трудоустройства СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 234-29-93. E-mail: NNSemenov@mail.eltech.ru.

*Сенкевич Станислав Геннадьевич*

Инженер Северо-Западного научного методического центра СПбГЭТУ, магистр менеджмента.

Тел.: +7 (981) 782-22-28. E-mail: stanislav-sen@ya.ru.

*Строгецкая Елена Витальевна*

Доцент, зав. кафедрой социологии и политологии СПбГЭТУ, канд. полит. наук.

Тел.: +7 (921) 301-44-07. E-mail: avs1973@list.ru.

*Тарасов Сергей Анатольевич*

Доцент кафедры микро- и нанoeлектроники СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 234-31-64. E-mail: SATarasov@mail.ru.

*Тимошенко Сергей Петрович*

Зав. кафедрой микроэлектроники НИУ МИЭТ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: +7 (499) 720-87-68. E-mail: spt@miee.ru.

*Фролов Вячеслав Вячеславович*

Доцент кафедры квантовых магнитных явлений СПбГУ, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. кафедры физики СПбГЭТУ.

Тел.: (812)- 428 46-43. E-mail: vfrolovv@bk.ru.

*Фрорип Александр*

Технический директор LDIAMON AS, Тарту (Эстония), д-р техн. наук.

E-mail: aleksandr@ldiamon.eu.

*Холод Иван Иванович*

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (921) 795-42-58. E-mail: iiholod@mail.ru.

*Черненко Юлия Сергеевна*

Аспирантка кафедры физики СПбГЭТУ, магистр техники и технологии.

Тел.: (812) 234-96-56. E-mail: spin\_ltd@mail.ru.

*Школьный Ростислав Евгеньевич*

Магистрант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 975-27-35. E-mail: rostig2006@yandex.ru.

*Шмидт Владимир Константинович*

Профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

E-mail: vks@peterlink.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 (статья должна быть объемом 4–8 маш. с., обзорная статья – до 16 маш. с.);
  - 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 2.5 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 «Times New Roman» 14 pt; межстрочный интервал одинарный); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

*Перечень авторов* разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Times New Roman» 12 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

*Название статьи* набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman» 14 pt; жирный; выравнивание по левому краю; отступы слева и справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него – 12 pt; межстрочный интервал одинарный).

*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 0.75 см; интервалы перед абзацем и после него 0 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 6 pt, после него 9 pt; межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок* «Список литературы» набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 6 pt, после него 6 pt; межстрочный интервал «Одинарный»);

➤ *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» 8 pt, «символ» 14 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; интервалы: перед формулой 6 pt, после нее 6 pt.

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; интервалы: перед таблице 4 pt, после нее 4 pt.

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, 10 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и

обозначения на рисунке даются шрифтом размером 10 pt, индексы 8 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок и номер рисунка даются курсивом. Буквенные обозначения фрагментов рисунка (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) ставятся внизу фрагмента; интервалы: перед рисунком 6 pt, после него 6 pt.

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)