



СОДЕРЖАНИЕ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

А. В. Шавров. Алгоритм совместного обнаружения-оценивания источников радиосигналов для систем радиомониторинга 3

Б. Е. Лавренко, В. Н. Малышев, О. В. Бугаенко.
Обнаружение и демодуляция сигналов цифровой частотной телеграфии при смещении несущей частоты 9

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Д. А. Семикин, А. И. Дедык, Ю. В. Павлова. Определение коэффициентов разложения Ландау-Гинзбурга по температурным зависимостям емкости конденсаторных структур 17

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Г. А. Кухарев, Е. И. Каменская. Двумерный канонический корреляционный анализ приложения к обработке изображений лиц 23

М. А. Тревгода. Вопросы построения подсистемы САПР замкнутой системы управления "природа-техногенка" 29

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

М. С. Гуревич. Комплексование преобразований координат во вращающихся следящих системах 35

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

М. В. Сидоров. К вопросу оценки параметров обнаружения дефектов вблизи границы раздела двух сред с помощью задач моделирования 45

И. Н. Ростокин, Л. Г. Алексева, Р. С. Коновалов.
Исследование возможности контроля механических свойств и химического состава чугуна СЧ20 акустическим методом 50

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ

И. С. Захаров, А. Г. Казанцева. Исследование оптических свойств взвеси инфузорий 55

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

М. Г. Пантелеев, М. Н. Вехорев, С. В. Лебедев.
Онтологический подход к разработке компетентностных моделей 63

Редакционный совет

Пузанков Д. В. (председатель)

Кутузов В. М. (заместитель
председателя)

Мейев В. А. (ответственный
секретарь)

Малышев В. Н.
(«Радиоэлектроника
и телекоммуникации»)

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

Герасимов И. В.
(«Информатика, управление и
компьютерные технологии»)

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

Прокофьев Г. И.
(«Электротехника»)

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

Попечителей Е. П.
(«Биотехнические системы в
медицине и экологии»)

Степанов С. А.
(«Управление качеством,
инновационный и
антикризисный менеджмент»)

Маркова О. Ю.
(«Гуманитарные науки»)

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

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

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

Учредитель:

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

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС2 – 8390 от 04 декабря 2006 г.
выдано Управлением Федеральной
службы по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых
коммуникаций и охране культурного
наследия по Северо-Западному
федеральному округу

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

Подписано в печать 01.02.10 г.
Формат 6084 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 12,25.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)

Заказ 5.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

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

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

О. А. Луговая. Философия и физика: типология проблем.....	71
О. А. Преображенская. Языковая политика современной Финляндии	77

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

С. В. Иванов. К 100-летию создания и научной деятельности шахматного кружка в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»	87
Сведения об авторах	94
Правила представления рукописей авторами	96

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

Подписка производится в любом почтовом отделении России



УДК 621.396.62

А. В. Шавров

АЛГОРИТМ СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ-ОЦЕНИВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОСИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОМОНИТОРИНГА

Рассматривается алгоритм совместного обнаружения-оценивания источников радиоизлучения, основанный на методе ESPRIT (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques), используемом при анализе собственных векторов, приводятся характеристики алгоритма и анализируется возможность его применения.

ESPRIT, обнаружение, оценивание, радиомониторинг

В вопросах радиомониторинга актуальной задачей является повышение разрешения по интересующим параметрам. Также существенное значение имеют сложность антенной системы и ее габариты. В связи с этим отдельный интерес в данной области представляют алгоритмы, обеспечивающие необходимые характеристики при как можно меньшем количестве элементов в антенной решетке [1]. В статье рассматривается алгоритм, разработанный на базе подхода ESPRIT. Этот подход относится к классу методов анализа собственных векторов для получения оценок параметров. Сущность данного метода описана в [2]. До недавнего времени подобные алгоритмы были технически нереализуемы, однако прогресс в технологиях цифровой обработки сигналов позволяет применять аналогичные алгоритмы на практике.

Решаемая задача формулируется следующим образом: в эфире существует некоторое количество источников радиоизлучения, действующих на неравных частотах. Требуется разработать такой алгоритм, который при наиболее простой структуре антенно-фидерного тракта позволит обнаружить все источники и оценить их частоты и углы местоположения.

В процессе решения поставленной задачи было установлено, что минимальное число элементов антенной системы для оценивания трех параметров (частота, пеленг, угол места) – 3. Форма антенной системы показана на рис. 1.

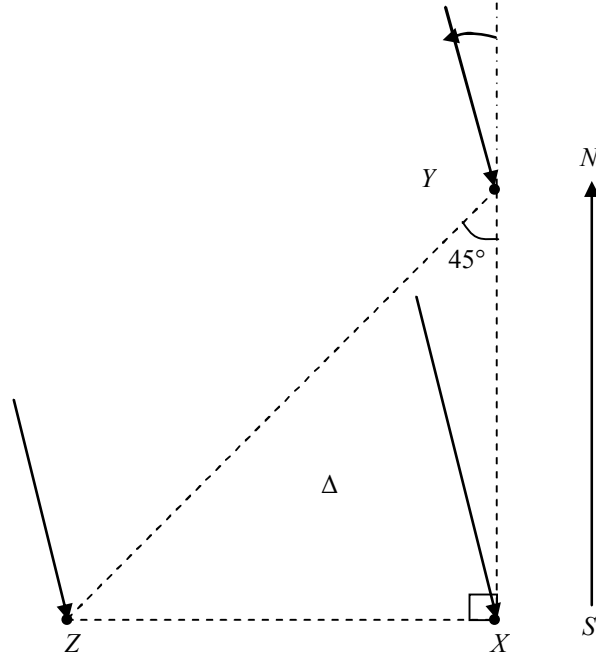


Рис. 1

Сигналы, принимаемые элементами X , Y и Z антенной решетки, дискретизируются по времени и составляют 3 выборки отсчетов. Если предположить, что сигналы, принимаемые антенной решеткой, узкополосны, имеют линейные трассы распространения и плоские фронты, то в аналитическом виде их можно выразить в следующем виде:

$$\mathbf{x} = (x_0, \dots, x_{N-1}), \mathbf{y} = (y_0, \dots, y_{N-1}), \mathbf{z} = (z_0, \dots, z_{N-1}),$$

где

$$x_i = x\left(\frac{i}{P}\right) = \sum_{k=1}^d b_k s_k \left(\frac{i}{P}\right) \exp\left(j2\pi f_k \frac{i}{P}\right) + \xi_x\left(\frac{i}{P}\right),$$

$$y_i = y\left(\frac{i}{P}\right) = \sum_{k=1}^d b_k s_k \left(\frac{i}{P}\right) \exp\left(j2\pi f_k \frac{i}{P}\right) \exp(j\gamma x y_k) + \xi_y\left(\frac{i}{P}\right),$$

$$z_i = z\left(\frac{i}{P}\right) = \sum_{k=1}^d b_k s_k \left(\frac{i}{P}\right) \exp\left(j2\pi f_k \frac{i}{P}\right) \exp(j\gamma x z_k) + \xi_z\left(\frac{i}{P}\right).$$

Исходя из геометрии антенной решетки очевидно, что

$$\gamma x z_k = 2\pi \frac{f_k \Delta \sin \theta_k \cos \beta_k}{c}, \quad (1)$$

$$\gamma x y_k = 2\pi \frac{f_k \Delta \cos \theta_k \cos \beta_k}{c}. \quad (2)$$

Следует отметить, что, по сути, сигналы, принимаемые элементами Y и Z , – это сигналы, принимаемые элементом X , после воздействия некоторого оператора поворота. Из этого оператора можно извлечь информацию о направлении прихода излучения и частоте источника, т. е. вычислив фазовые сдвиги между элементами X , Y и Z и составив систему из уравнений вида (1) и (2) возможно установить значение пеленгов Θ_k и углов места β_k :

$$\theta_k = \arctg\left(\frac{\gamma x z_k - 0.5 \gamma x y_k}{\sqrt{0.75 \gamma x y_k}}\right),$$

$$\beta_k = \arccos\left[\frac{\gamma x y_k}{2\pi \cdot \cos \theta_k \cdot \Delta \cdot f_k / c}\right].$$

Для извлечения этой информации первоначально требуется сформировать определенным образом матрицу наблюдений:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}/\sigma_x \\ \mathbf{Y}/\sigma_y \\ \mathbf{Z}/\sigma_z \end{bmatrix}, \text{ в которой } \mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_0 & x_1 & \dots & x_{N-n-1} \\ x_1 & x_2 & \dots & x_{N-n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n-1} & x_n & \dots & x_{N-1} \end{bmatrix}. \text{ Здесь } n > d, \text{ где } d - \text{ число}$$

источников, действующих в эфире.

Аналогичным образом формируются матрицы \mathbf{Y} и \mathbf{Z} .

Далее требуется оценить количество действующих источников, для чего необходимо вычислить матрицу корреляции и найти ее собственные числа:

$\mathbf{RR} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{R}^{*T}$ – вычисление корреляционной матрицы,

$\mathbf{RR} = \mathbf{E} \cdot \text{diag}(\mathbf{\Lambda}) \mathbf{E}^{*T}$, где $\mathbf{\Lambda} = (\lambda_0, \dots, \lambda_{d-1}, \dots, \lambda_{3n-1})$ – вектор собственных чисел матрицы корреляции.

По собственным числам матрицы корреляции можно судить о количестве источников, действующих в эфире [3]. Количество источников оценивается по принципу сравнения каждого собственного числа с пороговым значением, зависящим от вероятности ложной тревоги и уровня шума. Собственные числа, превысившие порог, соответствуют источникам, не превысившие – шуму. В данном исследовании для выбора порога использовался уровень собственных чисел при чисто шумовых выборках.

Далее производится разделение на сигнальное и шумовое подпространства и ряд промежуточных преобразований:

$$\mathbf{E} = (\mathbf{E}_S, \mathbf{E}_\xi), \mathbf{E}_S = \begin{bmatrix} E_{Sx} \\ E_{Sy} \\ E_{Sz} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{E}_{SS} = (\mathbf{E}_{Sx} : \mathbf{E}_{Sy} \quad \vdots \quad \mathbf{E}_{Sz}), \mathbf{EE} = \mathbf{E}_{SS}^{*T} \cdot \mathbf{E}_{SS},$$

$$\mathbf{EE} = \begin{bmatrix} \mathbf{EE}_{11} & \mathbf{EE}_{12} & \mathbf{EE}_{13} \\ \mathbf{EE}_{21} & \mathbf{EE}_{22} & \mathbf{EE}_{23} \\ \mathbf{EE}_{31} & \mathbf{EE}_{32} & \mathbf{EE}_{33} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{EE}_{xz} = \begin{bmatrix} \mathbf{EE}_{11} & \mathbf{EE}_{13} \\ \mathbf{EE}_{31} & \mathbf{EE}_{33} \end{bmatrix}, \mathbf{EE}_{xy} = \begin{bmatrix} \mathbf{EE}_{11} & \mathbf{EE}_{12} \\ \mathbf{EE}_{21} & \mathbf{EE}_{22} \end{bmatrix}.$$

Операторы поворота рассчитываются из матриц, сформированных собственными векторами \mathbf{EE}_{xy} и \mathbf{EE}_{xz} :

$$\mathbf{E}\Gamma_{xz} = \begin{bmatrix} \mathbf{E}\Gamma_{xz11} & \mathbf{E}\Gamma_{xz12} \\ \mathbf{E}\Gamma_{xz21} & \mathbf{E}\Gamma_{xz22} \end{bmatrix}, \mathbf{E}\Gamma_{xy} = \begin{bmatrix} \mathbf{E}\Gamma_{xy11} & \mathbf{E}\Gamma_{xy12} \\ \mathbf{E}\Gamma_{xy21} & \mathbf{E}\Gamma_{xy22} \end{bmatrix}.$$

Операторы поворота:

$$\Psi_{xz} = -\mathbf{E}\Gamma_{xz12} \cdot \mathbf{E}\Gamma_{xz22}^{-1}, \Psi_{xy} = -\mathbf{E}\Gamma_{xy12} \cdot \mathbf{E}\Gamma_{xy22}^{-1}.$$

Вычисленные таким образом операторы поворота позволяют определить углы места и пеленги на источники радиоизлучения:

$$\theta_k = \arctg\left(\arg\left[\left(\hat{\Gamma}_{xz_k} - 0.5\hat{\Gamma}_{xy_k}\right)/\sqrt{0.75}\left(\hat{\Gamma}_{xy_k}\right)\right]\right), \beta_k = \arccos\left[\frac{\left(\arg\left(\hat{\Gamma}_{xy_k}\right)\right)^2}{\cos\left(\theta_k\right) \cdot 2\pi\Delta \cdot f_k}\right], \quad \text{где } k = 1, \hat{d},$$

$\hat{\Gamma}_{xy}$, $\hat{\Gamma}_{xz}$ – собственные значения операторов поворота.

Для оценки частот источников рассчитываются вспомогательные матрицы вида:

$$\mathbf{U2}(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} U_{1,0} & U_{1,\hat{d}-1} \\ U_{n-1,0} & U_{n-1,\hat{d}-1} \end{bmatrix}, \mathbf{U1}(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} U_{0,0} & U_{0,\hat{d}-1} \\ U_{n-2,0} & U_{n-2,\hat{d}-1} \end{bmatrix}.$$

Вычисляются корреляционные матрицы:

$$\mathbf{UU}(\mathbf{E}_{Sx}) = \mathbf{U1}(\mathbf{E}_{Sx})^{*T} \mathbf{U2}(\mathbf{E}_{Sx}), \mathbf{UU}(\mathbf{E}_{Sz}) = \mathbf{U1}(\mathbf{E}_{Sz})^{*T} \mathbf{U2}(\mathbf{E}_{Sz}),$$

$$\mathbf{UU}(\mathbf{E}_{Sy}) = \mathbf{U1}(\mathbf{E}_{Sy})^{*T} \mathbf{U2}(\mathbf{E}_{Sy}).$$

Тогда оценки частот рассчитываются как аргументы собственных значений полученных матриц:

$$f_k\left(\hat{\Phi}'(\mathbf{E}_{Sz})\right) = \arg\left(\hat{\Phi}'(\mathbf{E}_{Sz})_k\right)P/2\pi, f_k\left(\hat{\Phi}'(\mathbf{E}_{Sx})\right) = \arg\left(\hat{\Phi}'(\mathbf{E}_{Sx})_k\right)P/2\pi,$$

$$f_k\left(\hat{\Phi}'(\mathbf{E}_{Sy})\right) = \arg\left(\hat{\Phi}'(\mathbf{E}_{Sy})_k\right)P/2\pi.$$

Предложенный алгоритм исследовался методом имитационно-статистического моделирования в среде Matlab, в результате чего были получены его основные характеристики. На рис. 2 изображены зависимости СКО пеленга от отношения сигнал/шум при углах места 0 и 45°. На рис. 3 показана зависимость СКО оценки частоты от отношения сигнал/шум.

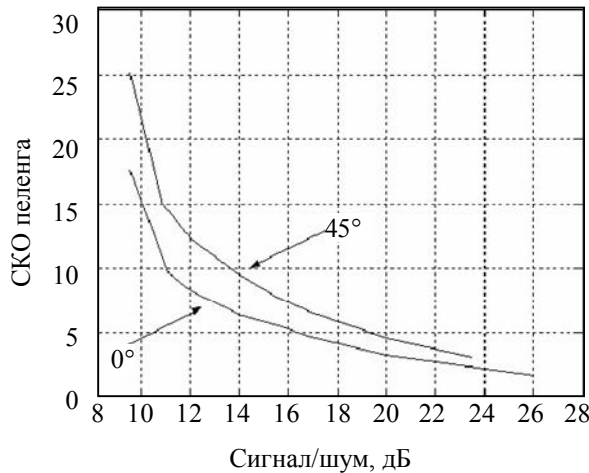


Рис. 2

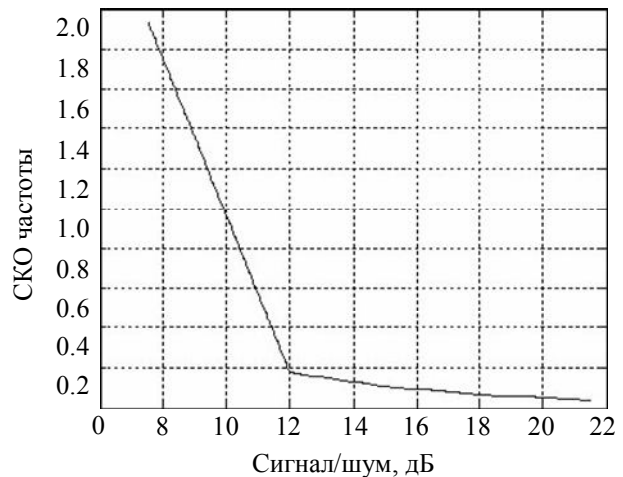


Рис. 3

Характерным преимуществом рассматриваемого алгоритма является его способность различать источники с небольшим разномом по частоте, что проиллюстрировано на рис. 4.

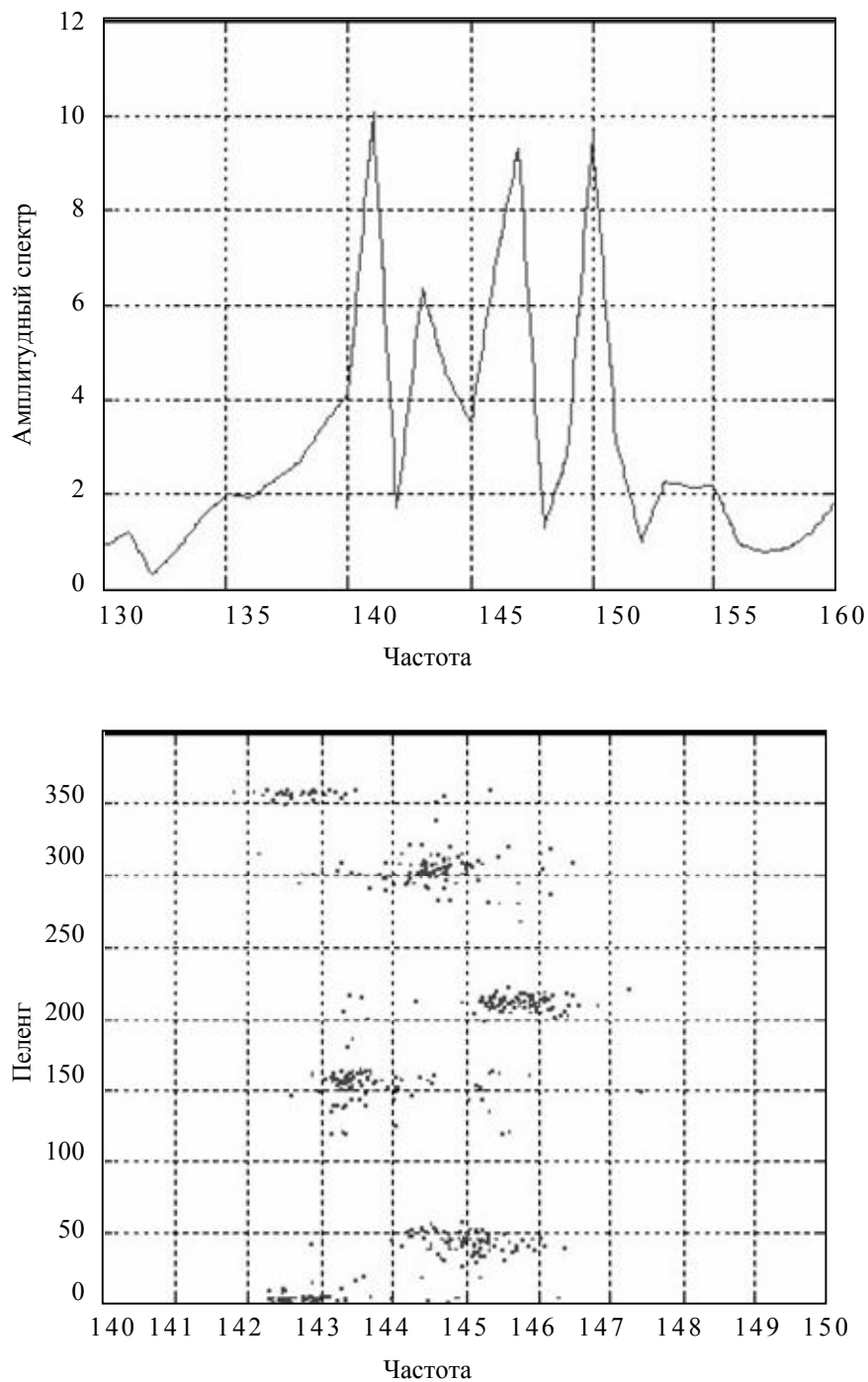


Рис. 4

На рис. 5 наглядно продемонстрирована способность алгоритма распознавать отдельные источники даже в случае неразличимости их по спектру.

На рис. 6 изображены характеристики обнаружения для алгоритма ESPRIT, оптимального обнаружения и наиболее распространенного точечного алгоритма, основанного на анализе спектра принимаемого сигнала.

К недостаткам описанного алгоритма можно отнести низкую точность оценки угла места источника, что связано со структурой антенной решетки, датчики которой располагаются в азимутальной плоскости. При необходимости точного оценивания углов места требуется увеличить размерность антенной решетки добавлением дополнительных элементов (что, естественно, увеличит вычислительную сложность). Также описанный алгоритм не способен воспринимать сигналы с многолучевым распространением, так как сигнал, пришедший в виде отдельных лучей, воспринимается как несколько самостоятельных сигналов, пришедших с различных направлений. В данный момент ведутся исследования по разделению лучей одного и того же источника.

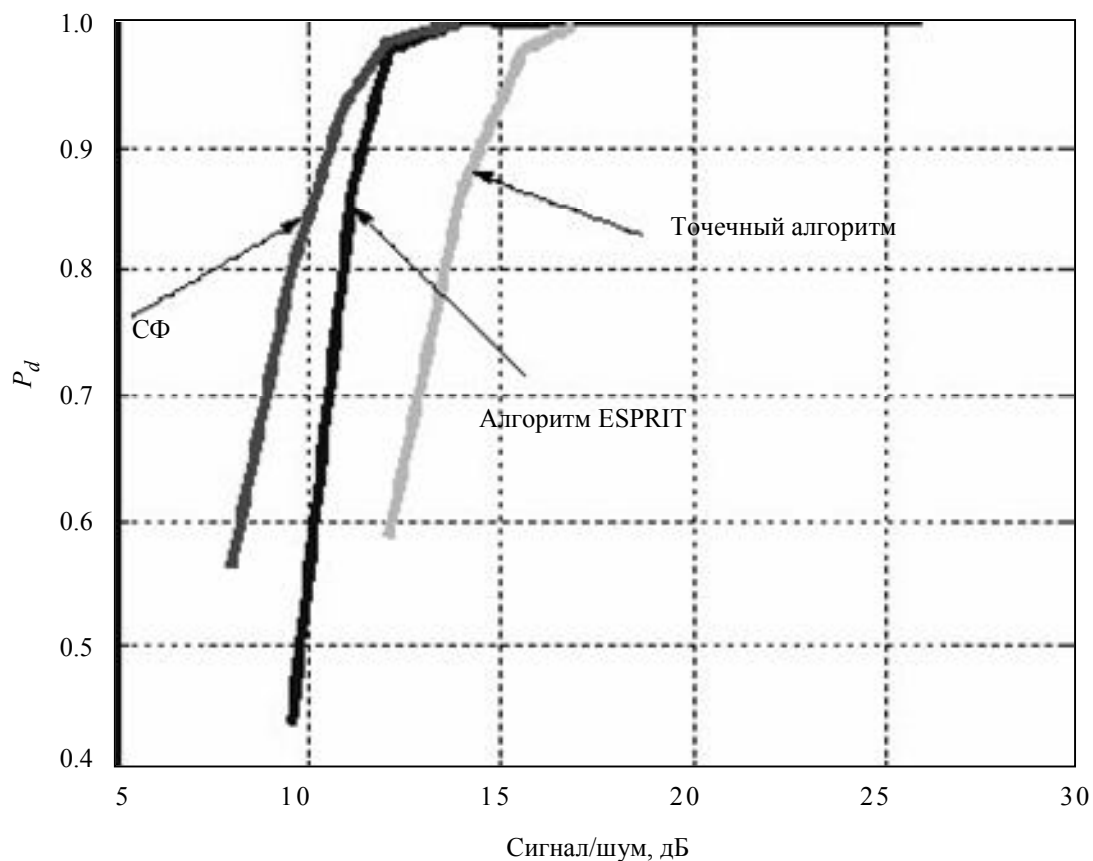


Рис. 6

Следует отметить, что достаточно долго алгоритмы рассматриваемого класса были нереализуемыми технически, однако технический прогресс в области цифровой обработки сигналов сделал реальностью их применение на практике.

Кроме того, несмотря на многочисленные преимущества, имеются некоторые спорные моменты, которые требуют обязательного разрешения при применении подобных алгоритмов в реальных условиях. Следует учитывать, что алгоритм должен функционировать в условиях высокой априорной неопределенности, когда ни уровень шума, ни его распределение, ни количество источников заранее неизвестны. В этой ситуации невозможно оценить уровень шумов при отсутствии сигнальных составляющих в принимаемой реализации, что приводит к выводу о необходимости использования адаптивного порога, рассчитываемого по имеющейся в текущий момент времени выборке данных. Существуют различные методы решения этой задачи, и выбор оптимального метода

расчета порога является темой отдельных исследований. Кроме того, приходится оценивать необходимый порядок алгоритма, так как количество источников априорно неизвестно. Предложенный алгоритм является достаточно перспективным, но требует некоторых модификаций для адаптации его к реальным условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марпл С.Л.-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990.
2. Roy R., Kailath T. ESPRIT – Estimation of signal parameters via rotational invariance techniques. // IEEE transactions on acoustics, speech and signal processing. 1989. Т.37, № 7. С. 984–995.
3. Сотников А. А. Применение метода собственных векторов в задачах обнаружения сигналов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2003. Вып. 2. С. 37–39.

A. V. Shavrov

Joint detection-estimation algorithm for radiomonitoring systems

In this paper ESPRIT-based joint detection-estimation algorithm for radiomonitoring systems is considered, algorithm characteristics are described, application possibilities are analyzed.

ESPRIT, detection, DOA estimation, radiomonitoring

УДК 621.376.33

О. В. Бугаенко, Б. Е. Лавренко, В. Н. Малышев

ОБНАРУЖЕНИЕ И ДЕМОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ ЦИФРОВОЙ ЧАСТОТНОЙ ТЕЛЕГРАФИИ ПРИ СМЕЩЕНИИ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ

Представлен алгоритм обнаружения и демодуляции частотно-телеграфного сигнала цифровой КВ-радиолинии при априорно неизвестном смещении несущей частоты. Предложенный алгоритм близок по своим рабочим характеристикам к оптимальному, однако требует существенно меньшего объема вычислительных ресурсов.

Частотная телеграфия, коротковолновый диапазон, цифровая обработка сигналов, частотный детектор

Оптимизация эффективности передачи данных в диапазоне КВ представляет значительный интерес, поскольку характерные особенности коротковолновых радиоканалов существенно ограничивают и достижимую скорость передачи данных, и достоверность принятой информации.

Для передачи данных по коротковолновым радиолиниям зачастую применяют частотную манипуляцию, или частотную телеграфию (ЧТ). Как правило, аналоговая часть приемного тракта представляет собой супергетеродинный приемник, и нестабильность частоты гетеродина приводит к необходимости частотной синхронизации для организации оптимального приема. Повышение качества аналоговых трактов приемного устройства может привести к значительному росту стоимости и не всегда экономически оправданно. Требование к аналоговым цепям приемного тракта можно снизить, используя алгоритмы цифровой обработки, толерантные к нестабильности центральной частоты.

Возможности аналоговых демодуляторов цифрового сигнала сильно ограничены, тогда как применение методов цифровой обработки позволяет приблизиться к теоретическому пределу характеристики помехоустойчивости демодулятора. Применение методов мягкого декодирования принятого сигнала, восстановление недостоверных пакетов на основе анализа всех принятых повторов, работа с запомненными отчетами сигнала, а также возможность

минимизации эффективной полосы частот приемного устройства путем адаптации характеристик фильтров позволяют серьезно повысить качество работы КВ-приемного устройства и свести к минимуму вероятность потери информации. Относительно низкие скорости передачи данных по КВ-радиолиниям позволяют реализовывать эффективные алгоритмы цифровой обработки, близкие по своим характеристикам к оптимальным, на энергоэффективных микропроцессорах.

Необходимость частотной синхронизации приводит к значительному увеличению объема требуемых вычислительных ресурсов. Для оптимального решения задачи частотной синхронизации используется набор корреляторов, настроенных на образы полезного сигнала, смещенные относительно ожидаемой несущей частоты. В качестве образа сигнала используется известный синхромаркер, длительность которого зачастую велика. Ресурсоемкость подобного подхода увеличивается с ростом длительности синхромаркера и полосы сканирования. С другой стороны, увеличение длительности синхромаркера уменьшает вероятность пропуска пакета. С ростом ресурсоемкости задач цифровой обработки растут как требования к аппаратной реализации цифровой части приемного устройства, так и энергопотребление.

В качестве альтернативы корреляционному методу частотной синхронизации можно предложить использование цифрового частотного детектора (ЦЧД) [1] с последующей оценкой частотного сдвига по синхромаркеру. Плюсом такого подхода является заметно меньшая ресурсоемкость и простота реализации процедуры поиска синхромаркера, а минусом – некоторый проигрыш оптимальному демодулятору.

В статье описан алгоритм обнаружения и демодуляции ЧТ-сигнала в заданной полосе частот, использующий процедуру преобразования входного сигнала с помощью ЦЧД с последующим поиском синхромаркера, подстройкой несущей частоты и демодуляцией обнаруженного пакета в узкой полосе частот.

После преобразования ЧТ-сигнала идеализированным частотным детектором получаем двухполярный сигнал, пример которого представлен на рис. 1. Если подсчитать свертку

$$K(t) = \sum_{i=0}^{i=NT_sF_d-1} F_{\text{inst}}(i+t)P(i), \text{ где } N - \text{ количество символов в синхрослове; } P - \text{ сигнал}$$

модуляции синхрослова; F_d – частота дискретизации, то функция $K(t)$ будет отражать меру правдоподобия между следующими NT_sF_d отчетами и синхрословом. Для сигнала ЧТ данную

$$\text{операцию можно упростить: } K(t) = \sum_{i=0}^{i=N} [F_{\text{inst}}(iT_sF_d+t) - F_{\text{inst}}(iT_sF_d+t-1)]P(i) + K(t-1). \text{ Та-}$$

ким образом, количество операций, необходимых для расчета свертки отчетов ЦЧД с синхрословом, сокращается в T_sF_d раз.

При смещении несущей частоты сигнал на выходе ЦЧД будет соответственно сдвинут. При этом свертка $K(t)$ в районе корреляционного максимума не претерпит изменений. Суммирование отчетов ЦЧД начиная с времени T корреляционного пика до $t = T + NT_sF_d$ даст оценку значения сдвига несущей частоты. Возможность наличия априорно неизвестного частотного сдвига несущей сигнала относительно ожидаемого значения приводит к необходимости обработки в избыточной полосе сканирования. Полоса

сканирования равна полосе сигнала, умноженной на индекс модуляции, плюс удвоенный максимально возможный сдвиг несущей частоты.

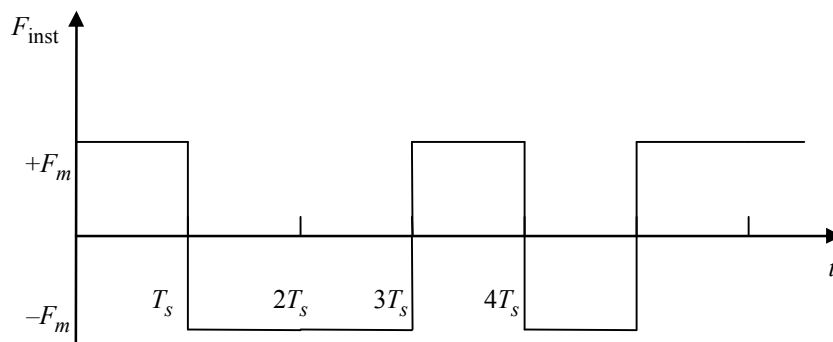


Рис. 1

При наличии в обрабатываемом сигнале шумовой составляющей отношение сигнал/шум на выходе ЦЧД будет зависеть от эффективной полосы обрабатываемого сигнала, а спектральная плотность мощности шума будет частотно-зависимой. Оценка частотного сдвига входного сигнала будет иметь случайный характер с растущим СКО и стремящимся к нулю математическим ожиданием при уменьшении отношения сигнал/шум на входе ЦЧД.

Упрощенный алгоритм обнаружения и демодуляции цифрового ЧТ-сигнала представлен на рис. 2. Квадратурные отсчеты входного сигнала фильтруются фильтром нижних частот ФНЧ с полосой, равной полосе сканирования. После ЦЧД полученные отсчеты оценки мгновенной частоты входного сигнала подвергаются процедуре свертки с синхрословом

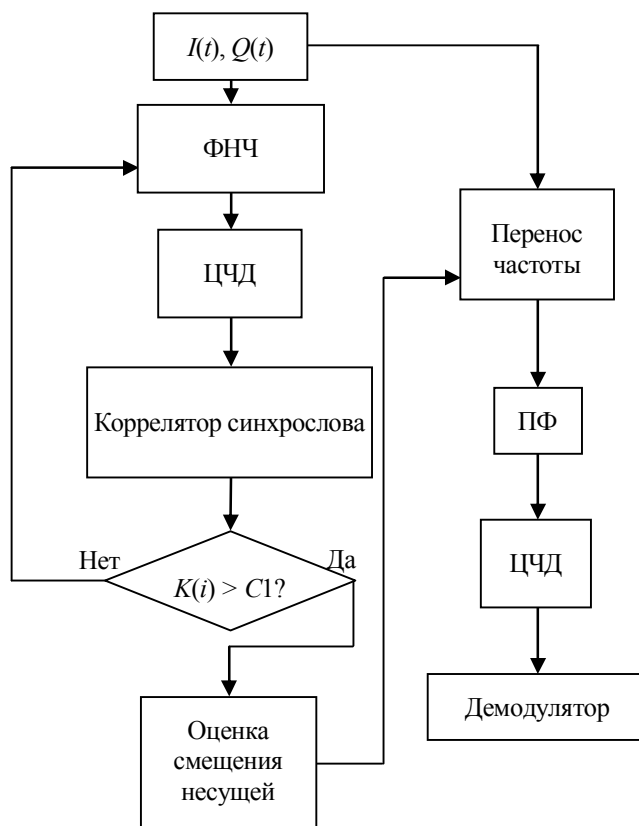


Рис. 2

с последующим сравнением результата с заданным порогом. В случае превышения порога производится поиск корреляционного пика, который соответствует оценке временного

положения начала первого символа синхрослова, а также оценивается смещение несущей частоты относительно нулевого значения. Далее квадратурные отсчеты входного сигнала подвергаются процедуре комплексного переноса частоты и фильтрации полосовым фильтром ПФ с оптимальными для заданного разнеса частот и битовой скорости параметрами [2]. Решение о значении принятого символа принимается на основе интегрирования отчетов ЦЧД на интервале T_s .

Предположим, что смещение несущей частоты относительно нулевого значения отсутствует и временная синхронизация установлена верно. Соответствующая зависимость битовой ошибки (BER) от отношения энергии бита E_b к спектральной плотности мощности шума N_0 представлена на рис. 3. Видно, что заметный проигрыш предложенного алгоритма корреляционному начинается приблизительно с 9 дБ, где он составляет 0,5 дБ. Начиная с отношения $E_b/N_0 = 11$ дБ проигрыш предложенного алгоритма достигает 1 дБ, однако вероятность битовой ошибки при этом менее 1 %. Однако данные выводы справедливы при фильтрации входного сигнала в оптимальной полосе. В случае поиска сигнала в заданной полосе сканирования отношение сигнал/шум на выходе детектора меньше отношения E_b/N_0 на значение, равное $10\log(\Delta F_{scan}/\Delta F_{sig})$, где ΔF_{scan} – полоса сканирования; ΔF_{sig} – полоса полезного сигнала. Определим математическое ожидание и СКО оценки смещения несущей частоты относительно нулевого значения как функцию отношения E_b/N_0 и реального значения смещения частоты. В качестве примера возьмем следующие параметры сигнала: разнос частот 1 кГц, модуляционная скорость 200 бод, полоса сканирования 2,2 кГц.

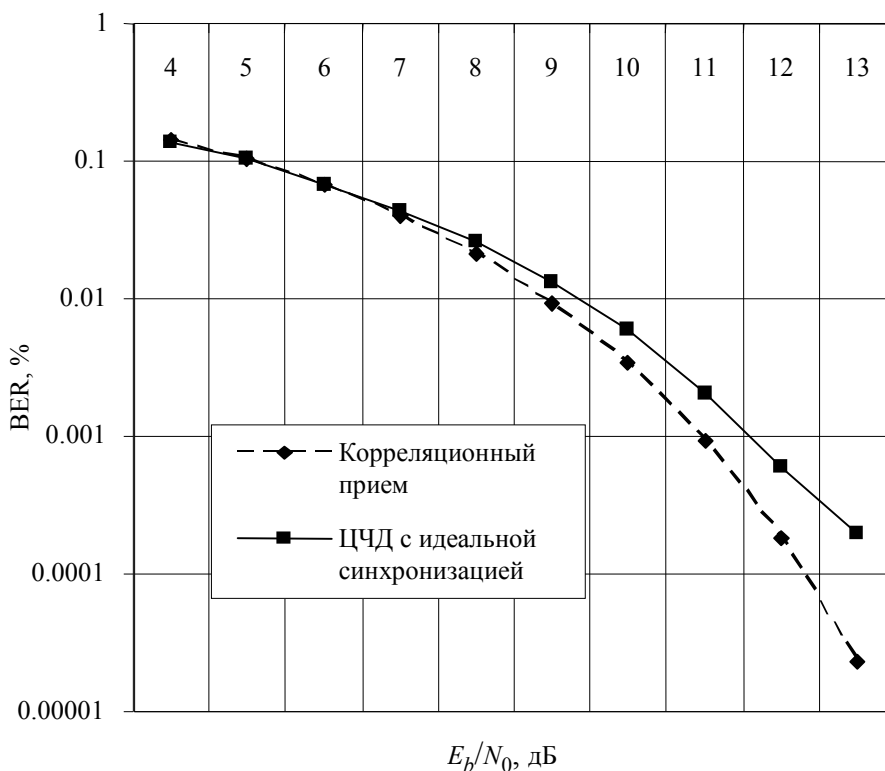


Рис. 3

Результаты моделирования средней ошибки и СКО оценки частоты для двух значений расстройки представлены на рис. 4 и 5. С уменьшением отношения E_b/N_0 растет средняя ошибка оценки смещения частоты. Объясняется данный эффект тем, что при полосе входного фильтра, равной полосе сканирования, отношение сигнал/шум на выходе ЦЧД меньше нуля. Вследствие этого математическое ожидание оценки частотного сдвига стремится к нулю, так как среднее значение шума на выходе ЧД также равно нулю. Уменьшить ошибку оценки смещения частоты можно лишь сузив полосу фильтрации, однако это сократит в свою очередь полосу сканирования.

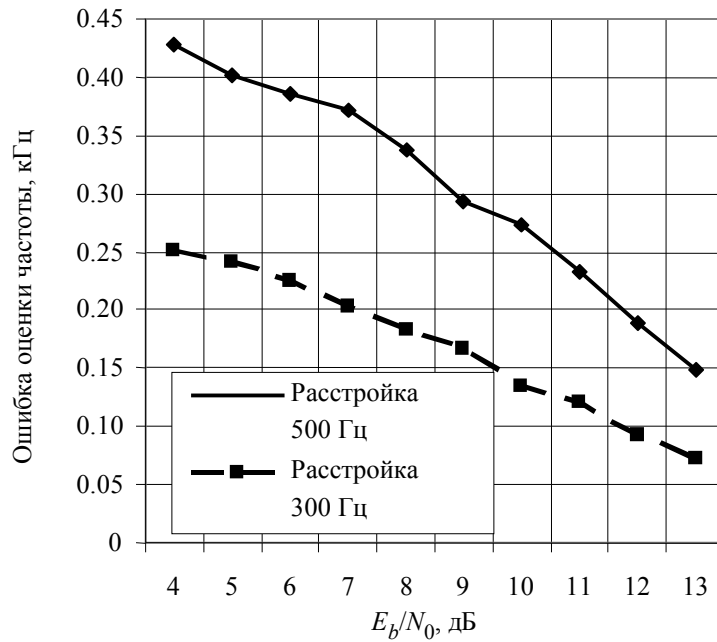


Рис. 4

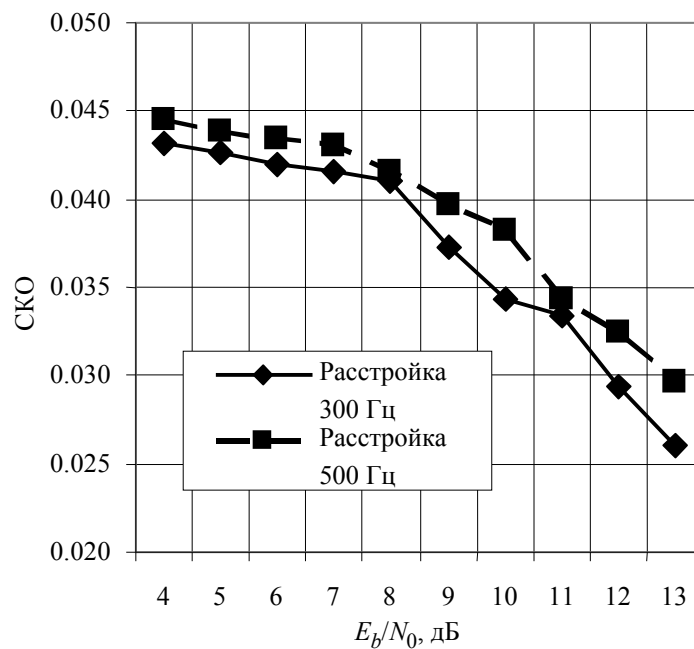


Рис. 5

Для обеспечения работоспособности предложенного алгоритма обнаружения и демодуляции цифрового ЧТ-сигнала при низких отношениях E_b/N_0 необходимо свести к минимуму ошибку оценки частотного сдвига. Одним из решений поставленной задачи является метод итерационного сокращения полосы фильтра входного сигнала с подстройкой частотного сдвига на значение, оцененное на предыдущем этапе. Количество итераций, необходимое для достоверной оценки частотного сдвига, зависит от требований к характеристикам приемного устройства при заданном отношении E_b/N_0 .

Предположим, что критерием качества работы демодулятора является обнаружение сигнала с вероятностью пропуска не хуже 10^{-5} и обеспечение BER на уровне единиц процентов при $E_b/N_0 = 9$ дБ. В этом случае ошибка оценки частоты достигает 300 Гц. После переноса входного сигнала на оцененный сдвиг можно сократить полосу сканирования на 400 Гц и снова оценить частотный сдвиг. Сокращение полосы сканирования в данном случае даст выигрыш в отношении сигнал/шум на входе ЦЧД на 1 дБ. Таким образом, вторая оценка частотного сдвига не должна давать ошибку более 150 Гц, что позволяет использовать полосовой фильтр с полосой 500 Гц для фильтрации входного сигнала. Таким образом, вторая итерация частотной синхронизации позволяет уменьшить отношение сигнал/шум на входе ЦЧД на 4 дБ. Третья оценка частотного сдвига позволит снизить ошибку частотной синхронизации до десятков герц и применить фильтрацию входного сигнала в полосе 300 Гц. Результаты математического моделирования предложенного алгоритма по сравнению с корреляционным приемом и ЦЧД с идеальной частотно-временной синхронизацией представлены на рис. 6. Видно, что предложенный алгоритм синхронизации не ухудшает работу ЦЧД вплоть до отношения энергии бита к спектральной плотности мощности шума 8 дБ. При дальнейшем уменьшении отношения сигнал/шум ошибка синхронизации приводит к незначительным потерям помехоустойчивости.

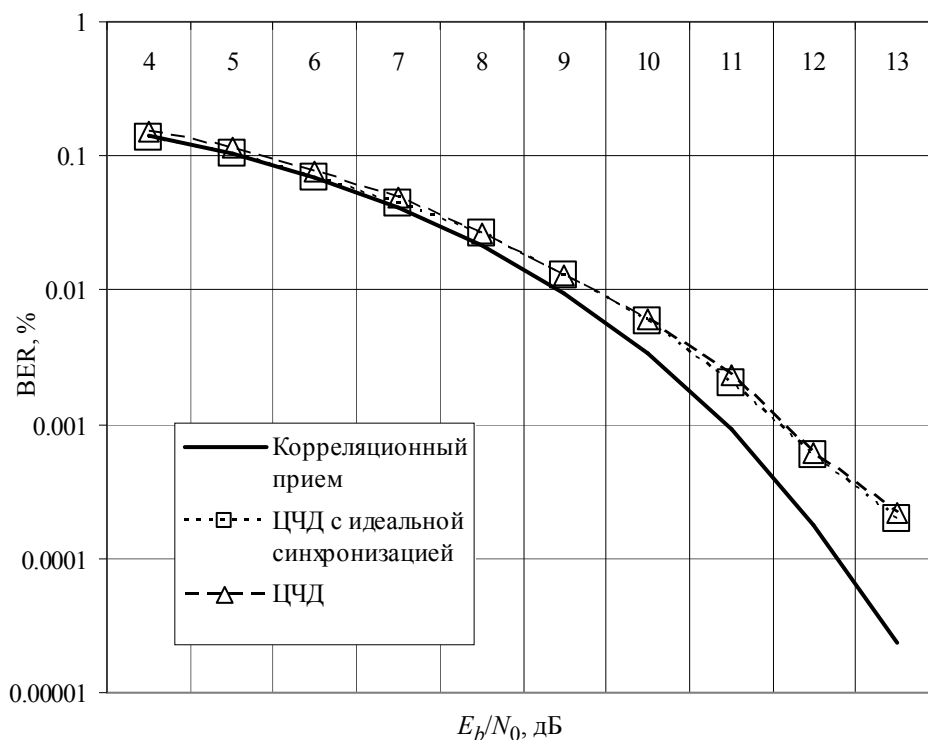


Рис. 6

Для подтверждения полученных результатов был проведен ряд натуральных экспериментов. Полезный сигнал принимался на второй промежуточной частоте супергетеродинного КВ-приемника после аналогового полосового фильтра с полосой пропускания 6 кГц. Перенос сигнала на НЧ осуществлялся двумя АЦП с применением метода субдискретизации. Частота дискретизации 13 кГц была выбрана исходя из значения несущей 455 кГц и полосы аналогового фильтра ПЧ 6 кГц. Полученные квадратурные компоненты полезного сигнала обрабатывались с помощью микропроцессора Atmel AT32AP7002, работающего на частоте 40 МГц. Сигнал формировался векторным генератором на промежуточной частоте с добавлением АБГШ с известной спектральной плотностью мощности. Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 7.

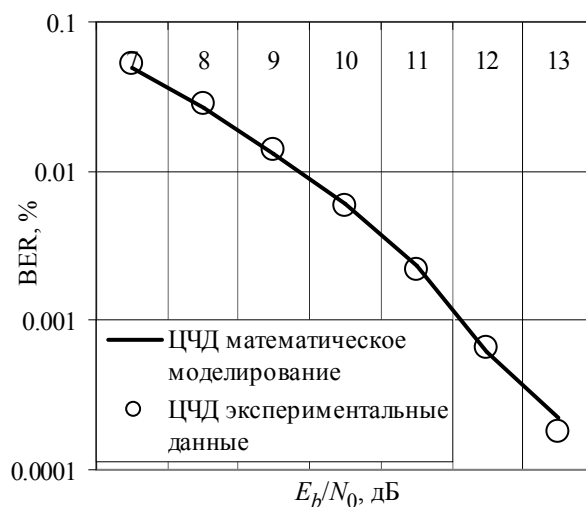


Рис. 7

Представленные графики показывают хорошее соответствие экспериментальных данных результатам математического моделирования. При входе в трехступенчатую процедуру частотной синхронизации первая оценка частотного сдвига искусственно увеличивается в 1,5 раза ввиду сильного занижения оценки при низких отношениях сигнал/шум на первой итерации процедуры частотной синхронизации. После успешной процедуры обнаружения пакета данных отпадает необходимость использования алгоритма поиска сигнала в широкой полосе частот и по факту приема следующих пакетов подстраивается частотная и временная синхронизация. Значение первого порога процедуры синхронизации целесообразно выбирать равным 1/5 от максимального значения корреляционного пика. Выбор значения порога успешного завершения процедуры синхронизации непосредственно влияет на значения вероятностей ложной тревоги и пропуска при данном отношении сигнал/шум.

Предложенный алгоритм обнаружения и демодуляции цифрового ЧТ-сигнала при априорно неизвестном смещении несущей частоты с использованием цифрового частотного детектора близок по своим рабочим характеристикам к оптимальному, но при этом требует существенно меньшего объема вычислительных ресурсов. На основе предложенного алгоритма можно разрабатывать энергоэффективные цифровые приемные устройства сигналов ЧТ с произвольными параметрами модуляции и битовой скорости. Также существует возможность определения меры достоверности принимаемых данных, необходимой для реализации методов мягкого декодирования и восстановления пакетов данных на основе нескольких повторений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

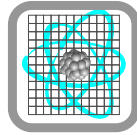
1. Tjeng T. Tjhung, Chun Sum NG, Kee Kong Yeo. Error Performance Analysis for Narrow-Band Duobinary FM with Discriminator Detection // IEEE transaction on communications. 1985. Vol. Com-33, № 5, May. С. 399–407.
2. Korn I. Effect of Narrow-Band Filters on the Error Probability of M-ary FSK with a Limiter-Discriminator-Integrator // IEEE transaction on communications. 1985. Vol. Com-33, № 10, October. С. 1133–1136.

O. V. Bugaenko, B. E. Lavrenko, V. N. Malyshev

Detection and Demodulation of Binary Frequency-shift Keying with Unknown Frequency Drift

Procedure of binary frequency-shift keying detection and demodulation with unknown frequency drift is presented. The developed algorithm was tested and deployed in digital demodulator. With good calculations efficiency the error performance of this procedure is close to theoretical limit.

Frequency-shift Keying, short waves, digital signal processing, discriminator



УДК 537.226.4

Д. А. Семикин, А. И. Дедык, Ю. В. Павлова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ЛАНДАУ–ГИНЗБУРГА ПО ТЕМПЕРАТУРНЫМ ЗАВИСИМОСТЯМ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРНЫХ СТРУКТУР

Рассматривается методика определения первых двух коэффициентов разложения Ландау–Гинзбурга зависимости напряженности поля от поляризации сегнетоэлектрика по температурным зависимостям дифференциальной емкости в парафазе. Методика применяется к экспериментальным данным, полученным для структуры на основе титаната бария-стронция. Приводятся полученные числовые значения коэффициентов.

Сегнетоэлектрики, титанат бария-стронция, керамика, нелинейность, диэлектрическая проницаемость

Одной из важных особенностей сегнетоэлектрических материалов является нелинейность зависимости поляризации от напряженности поля и температуры. Для широкого класса сегнетоэлектриков эти зависимости хорошо описываются вблизи температуры Кюри предложенной Гинзбургом моделью [1], основанной на теории фазовых переходов II рода Ландау.

В основе модели Гинзбурга лежит предположение, что при температуре Кюри происходит фазовый переход II рода, причем параметром порядка является поляризация. Это позволяет представить свободную энергию сегнетоэлектрика при нулевом электрическом поле в виде ряда по четным степеням поляризации, коэффициенты которого зависят от температуры, а свободный член равен нулю:

$$F(P, E, T)|_{E=0} = \frac{1}{2}a(T)P^2 + \frac{1}{4}b(T)P^4 + c(T)P^6 + \dots \quad (1)$$

Здесь F – свободная энергия; P – поляризация; E – напряженность электрического поля; T – температура (предполагается, что все рассматриваемые векторные величины направлены вдоль оси, перпендикулярной обкладкам конденсатора, соответственно, здесь и далее подразумеваются их абсолютные величины); a , b и c – коэффициенты разложения, зависящие от температуры.

Для учета наличия внешнего электрического поля необходимо ввести в (1) слагаемое $-EP$ (см., например, [1]):

$$F(P, E, T) = \frac{1}{2}a(T)P^2 + \frac{1}{4}b(T)P^4 + c(T)P^6 + \dots - EP. \quad (2)$$

Чтобы учесть нелинейные свойства сегнетоэлектрика вблизи температуры Кюри, достаточно оставить в разложении (2) только первые два члена – второй и четвертой степеней по поляризации – и считать, что коэффициент a зависит от температуры линейно, а b от температуры не зависит.

При минимизации полученного выражения для свободной энергии получается уравнение состояния сегнетоэлектрика вида

$$E = a(T)P + bP^3. \quad (3)$$

Если в (3) перейти к линейной связи E и P , то коэффициент a будет иметь смысл обратной диэлектрической восприимчивости сегнетоэлектрика. Так как диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость отличаются на единицу, а их значение для сегнетоэлектриков на несколько порядков больше единицы, то их можно считать практически равными друг другу. Тогда коэффициент a связан с диэлектрической проницаемостью следующим образом:

$$a = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon}, \quad (4)$$

где ε_0 – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость.

Определение числовых значений коэффициентов a и b позволяет получить из уравнения состояния числовые значения всех параметров, определяющих основные свойства сегнетоэлектрика для расчета конкретных структур на его основе или моделирования поведения таких структур. Существуют различные методики определения коэффициентов a и b , например, из полевых зависимостей и величины скачка теплоемкости при фазовом переходе [1].

В данной статье предлагается методика определения коэффициентов a и b в парафазе с помощью анализа зависимостей дифференциальной емкости планарного сегнетоэлектрического конденсатора от температуры при различных напряжениях смещения. Под дифференциальной емкостью понимается величина c_d , определяемая формулой

$$c_d = \left(\frac{\partial q}{\partial u} \right)_T, \quad (5)$$

где q – заряд на обкладках конденсатора; u – напряжение между обкладками. Производная берется при постоянной температуре T .

Температурные зависимости измерялись для плоскопараллельного конденсатора, изготовленного из сегнетоэлектрической керамики в виде диска толщиной 0.5 мм и площадью 28.3 мм². Диск был выполнен из твердого раствора титаната бария-стронция (BST), содержащего массовую долю Ba – 55 %, Sr – 45 %, магнийсодержащие добавки ~ 12 %. Образец обжигался при температуре 1400 °С. Золотые электроды толщиной порядка 3 мкм были нанесены методом магнетронного распыления. Измерение дифференциальной емкости структуры выполнялось на частоте 1 МГц с помощью автоматизированной установки на базе измерителя R, L, C – E7-12. Были измерены

температурные зависимости дифференциальной емкости в диапазоне температур от 140 до 290 К при десяти значениях смещающего напряжения от 0 до 900 В. Температура менялась со скоростью ~ 2 К/с.

На рис. 1 приведены зависимости емкости исследуемой структуры от температуры для трех значений напряжения смещения. При увеличении напряжения смещения значения емкости уменьшались, а положение максимума смещалось вправо по температурной оси. Такое смещение температуры максимума зависимости $c_d(E, T)$ является обычным для сегнетоэлектриков с размытым фазовым переходом II рода (см., например, [2], [3]).

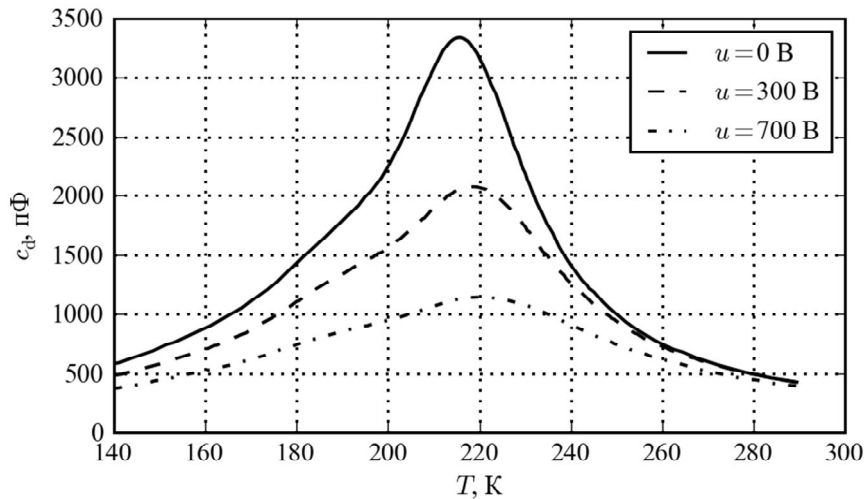


Рис. 1

Анализ экспериментальных данных основывается на следующих предпосылках. Заряд на обкладках конденсатора определяется выражением: $q = \sigma S$, где σ – поверхностная плотность заряда; S – площадь обкладки конденсатора. В плоскопараллельном конденсаторе поверхностная плотность свободных зарядов на обкладках равна вектору электрической индукции внутри сегнетоэлектрика \mathbf{D} , поэтому выражение для дифференциальной емкости (5) можно переписать в виде

$$c_d = S \left(\frac{\partial D}{\partial u} \right)_T = \varepsilon_0 S \left(\frac{\partial E}{\partial u} \right)_T + S \left(\frac{\partial P}{\partial u} \right)_T. \quad (6)$$

Учитывая, что при однородном распределении поля $u = Ed$, и разрешая уравнение (6) относительно производной поляризации по напряжению, получаем

$$\left(\frac{\partial P}{\partial u} \right)_T = \frac{c_d}{S} - \frac{\varepsilon_0}{d}. \quad (7)$$

Интегрируя правую и левую части равенства (7) по напряжению при постоянной температуре, получаем выражение для поляризации

$$P = S \int c_d d\tilde{u} + \frac{\varepsilon_0}{d} u + \text{const.} \quad (8)$$

Полная поляризация P в выражении (8) состоит из суммы спонтанной поляризации, независимой от напряжения, и индуцированной поляризации, которая при нулевом напряжении должна обращаться в ноль. Таким образом, константа интегрирования в (8) равна спонтанной поляризации P_s . В данной статье проведены расчеты в параэлектрической

фазе сегнетоэлектрика, в которой спонтанная поляризация равна нулю, поэтому для вычисления поляризации используется формула

$$P = S \int_0^u c_d d\tilde{u} + \frac{\epsilon_0}{d} u. \quad (9)$$

После сглаживания и регуляризации сетки экспериментальных значений $c_d(u, T)$ с помощью численного интегрирования (9) были вычислены «экспериментальные» значения $P_{ij} = P(u_i, T_j)$, где u_i и T_j – экспериментальные значения напряжения и температуры. Зависимости поляризации от температуры при постоянной напряженности поля и от напряженности поля при постоянной температуре приведены на рис. 2 и 3 соответственно.

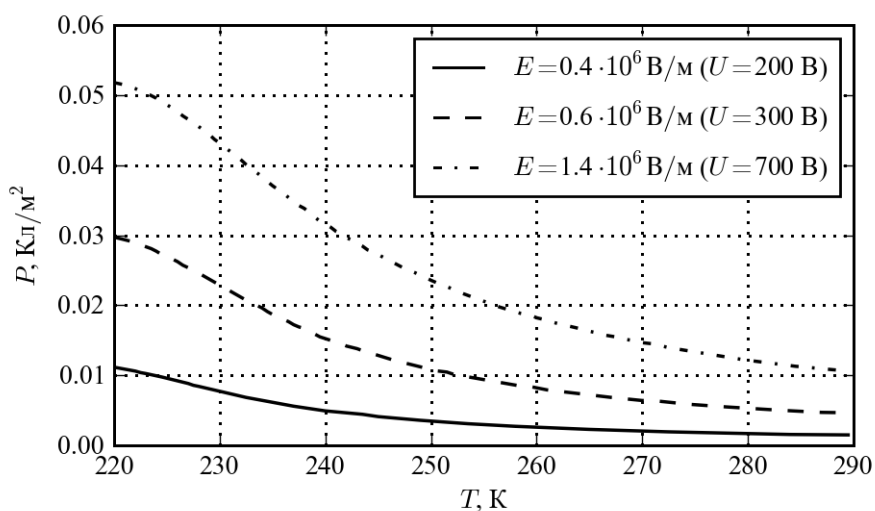


Рис. 2

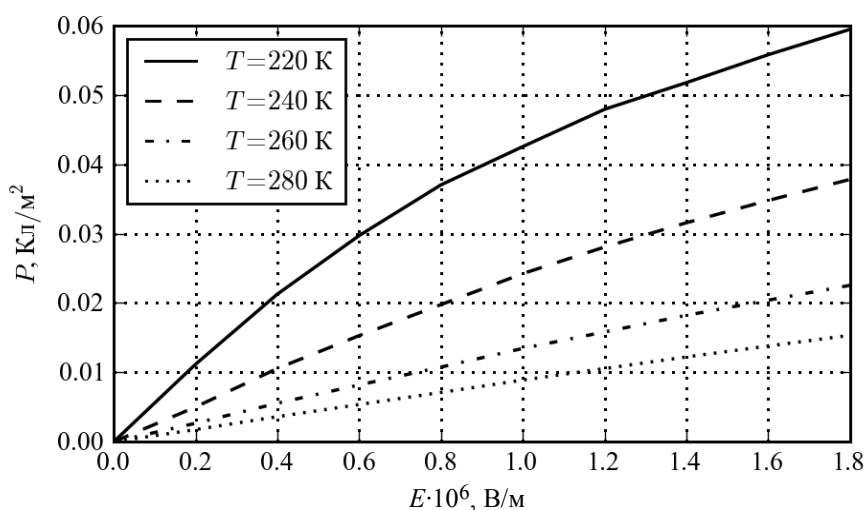


Рис. 3

Полученные зависимости $P(E)$ (или, точнее, $E(P)$) были аппроксимированы методом наименьших квадратов, с целевой функцией вида (3). В результате были получены значения коэффициентов a и b для различных значений температуры (рис. 4 и 5).

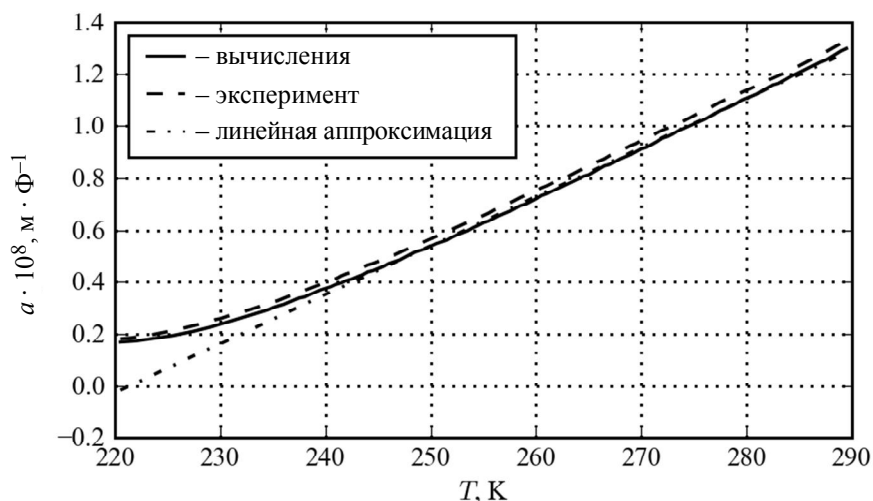


Рис. 4

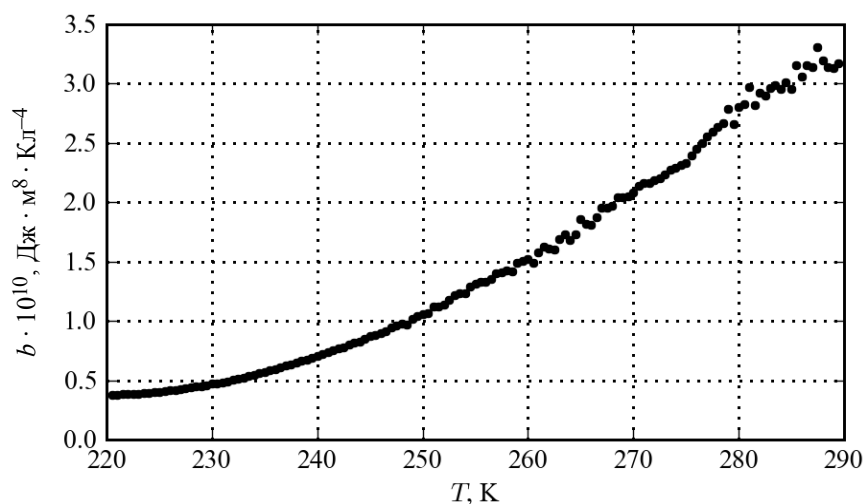


Рис. 5

Непосредственный пересчет экспериментальных значений дифференциальной емкости в диэлектрическую проницаемость и далее в коэффициент a с помощью (4) и сравнение со значениями коэффициента, полученного из аппроксимации, дали отличия, не превышающие 10 %. Обе зависимости приведены на рис. 4.

Полученная зависимость коэффициента a от температуры хорошо аппроксимируется прямой, проходящей через ноль при температуре Кюри со значением углового коэффициента $1.9 \cdot 10^6 \text{ i} \cdot \hat{\text{O}}^{-1} \cdot \hat{\text{E}}^{-1}$, т. е. для образца в хорошей степени выполняется закон Кюри–Вейса.

Значение коэффициента b по порядку величины совпадает со значением, приведенным в работе [4] для SrTiO_3 . Зависимость коэффициента b от температуры, по-видимому, связана с тем, что рассматривается достаточно широкая температурная область. Тот факт, что изучаемый образец обладает размытым фазовым переходом [2], не дает возможности использовать теорию Гинзбурга в непосредственной близости от фазового перехода. Зависимость коэффициента b от температуры обсуждается также, например, в [5] и [6].

Таким образом, в статье представлена разработка новой экспериментальной методики определения коэффициентов нелинейности в разложении Ландау–Гинзбурга по температурным зависимостям дифференциальной емкости конденсаторных структур, измеренных при различных

значениях напряжения смещения. Достоинством методики является то, что измерение таких характеристик представляет один из самых простых методов исследования диэлектрических свойств сегнетоэлектриков [7]. Для различных температур в диапазоне 220...290 К определены коэффициенты a $(1.88...12.7)10^7 \text{ м} \cdot \text{Ф}^{-1}$ и b $(3.79...37.3)10^9 \text{ Дж} \cdot \text{м}^5 \cdot \text{Кл}^{-4}$. Определен угловой коэффициент линейной зависимости $a(T)$ $1.9 \cdot 10^6 \text{ м} \cdot \text{Ф}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Авторы благодарят сотрудников Санкт-Петербургского университета низкотемпературных и пищевых технологий доцента А. С. Старкова и О. В. Пахомова за ценные замечания и обсуждение результатов работы.

Данная работа выполнена в рамках Государственной аналитической программы «Развитие потенциала высшей школы 2009–2010». Раздел: «Проведение фундаментальных исследований в области технических наук». Регистрационный номер 2.1.2/5063.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург В. Л. Теория сегнетоэлектрических явлений // УФН. 1949. Т. 38, вып. 4. С. 490–525.
2. Сегнетоэлектрики в технике СВЧ / Н. Н. Антонов, И. М. Бузин, О. Г. Вендик и др.; Под ред. О. Г. Вендика. М.: Сов. радио, 1979.
3. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики / Г. А. Смоленский, Б. А. Боков, В. А. Исупов и др.; Под ред. Г. А. Смоленского. Л.: Наука, 1971.
4. Ferroelectric materials for microwave tunable applications / A. K. Tagantsev, V. O. Shernan, K. F. Astafiev et al. // J. of Electroceramics. 2003. № 11. P. 5–66.
5. Sokolov A. I., Tagantsev A. K. Fluctuations and Landau-Devonshire expansion for barium titanate // Pis'ma v ZhETF. 2002. Vol. 75, is. 8. P. 483–487.
6. Соколов А. И. Флуктуации, высшие ангармонизмы и разложение Ландау для титаната бария // Физика твердого тела. 2009. Т. 51, вып. 2. С. 331–334.
7. Influence of Mg and Mn doping on the RF-microwave dielectric properties of $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ films / A. I. Dedyk, S. F. Karmanenko, A. A. Melkov et al. // Ferroelectrics. 2003. Vol. 286. P. 267–278.

D. A. Semikin, A. I. Dedyk, Yu. V. Pavlova

CALCULATION OF LANDAU–GINZBURG EXPANSION COEFFICIENTS BY TEMPERATURE RESPONSE OF CAPACITOR STRUCTURES

The Landau–Ginzburg expansion for the free energy of ferroelectrics is considered. The method of calculation of the first two expansion coefficients is discussed. The calculation is based on the temperature response of the differential capacitance of the studied structure in paraelectric phase. The method is applied to the experimental data for the barium-strontium titanate based structure. Numerical values for the coefficients are provided.

Ferroelectrics, barium-strontium titanate, ceramics, nonlinearity, dielectric permittivity



УДК 004.93.14

Г. А. Кухарев, Е. И. Каменская

ДВУМЕРНЫЙ КАНОНИЧЕСКИЙ КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ В ПРИЛОЖЕНИИ К ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ

Представлен метод двумерного канонического корреляционного анализа (Two-Dimensional Canonical Correlation Analysis – 2D CCA) в приложении к обработке изображений в биометрии. Метод предназначен для случаев, когда размеры изображений (и связанная с этим размерность пространства признаков) больше, чем число изображений (проблема Small Sample Size – SSS). Метод основан на представлении изображений как совокупности строк и столбцов и реализации CCA по этим совокупностям. Метод обладает простотой реализации и меньшей операционной сложностью в сравнении с известными подходами.

Двумерный канонический корреляционный анализ, распознавание лиц, редукция размерности пространства признаков

В последнее время интересы специалистов по биометрическим технологиям распознавания людей обратились к методу анализа канонической корреляции (ССА [1]–[6]) как к методу, который позволяет согласовывать наблюдения за людьми с разных, внешне не связанных между собой сторон. В рамках ССА биометрическая информация о каждом человеке (или группе наблюдаемых людей) переводится из исходного пространства признаков в пространство канонических переменных (ПКП), и все дальнейшие операции осуществляются в этом пространстве. При этом признаки в ПКП связываются между собой устойчивой корреляцией, что и обеспечивает возможность выявления, изучения и моделирования скрытых связей между ними. Однако методология ССА в приложении к биометрии [2]–[4] основана, как правило, на одномерном представлении исходных данных.

Целью настоящей статьи является описание нового метода реализации ССА, основанного на представлении изображений как совокупности строк и столбцов и реализации ССА по этим совокупностям. Поэтому, в отличие от [5], [6] и по аналогии с [7], [8], рассматриваемый в статье метод назван как CCA_{гс}, где «г» – row, а «с» – column.

В статье представлены: базовая структура вычислений в ССА; идея и реализация метода CCA_{гс}; оценка сложности вычислений; эксперименты по обработке изображений лиц и выводы.

Базовая структура вычислений в ССА. Пусть заданы 2 набора данных X и Y , состоящие из K векторов размером $DIM \times 1$ каждый. Целью ССА является определение двух матриц проекции, трансформирующих исходные данные в пространство канонических переменных так, чтобы выполнялось условие

$$\|U - V\| \rightarrow \min, \text{ где } U = W_x^T X, \quad V = W_y^T Y. \quad (1)$$

Соответствующие матрицы проекции определяются на этапе решения двух задач на собственные значения [1], [4]:

$$\begin{cases} (C_{xx}^{-1}C_{xy}C_{yy}^{-1}C_{yx})W_x = W_x\Lambda_x, \\ (C_{yy}^{-1}C_{yx}C_{xx}^{-1}C_{xy})W_y = W_y\Lambda_y, \end{cases} \quad (2)$$

где $C_{xx}, C_{yy}, C_{xy}, C_{yx}$ – матрицы ковариации исходных данных; Λ_x, Λ_y – диагональные матрицы собственных значений; W_x и W_y – матрицы проекции (матрицы собственных векторов); « T » и « -1 » – знаки транспонирования и обращения матриц соответственно (порядки всех матриц равны DIM).

Сложность вычислений в (2) будет определяться размерностью DIM , а возможность решения задач на собственные значения будет зависеть от параметров DIM и K и условия $DIM < K$. Выполнение этого условия особенно важно в приложении к обработке изображений, поскольку размерность DIM связана здесь с размерами изображения (или общим числом его пикселей).

В работах [5], [6] представлены варианты двумерной реализации ССА в приложении к обработке изображений лиц. Однако в [5] решения основаны на предварительной процедуре уменьшения размера («DownSampling») исходных изображений и двух последовательных итерационных процедурах вычисления матриц собственных векторов с пороговым окончанием этих процедур. В [6] также применяется предварительная процедура «DownSampling» исходных изображений, а собственно ССА реализуется только в приложении к одному направлению – а именно к строкам уменьшенных изображений.

Таким образом, в работах [5], [6] процедурой «DownSampling» прямо или косвенно достигается выполнение условия $DIM < K$.

Идея и реализация метода ССArc. Пусть заданы 2 набора из K изображений размером $M \times N$ пикселей каждое:

$$X = [X^{(1)} X^{(2)} \dots X^{(K)}] \text{ и } Y = [Y^{(1)} Y^{(2)} \dots Y^{(K)}], \quad (3)$$

где $X^{(k)}, Y^{(k)}$ ($k = 1, \dots, K$) – пары изображений, причем $MN \gg K$.

Целью ССArc является трансформация этих изображений в ПКП, где соответствующие пары переменных будут связаны устойчивой корреляцией, отсутствующей, как правило, между изображениями в (3).

Для реализации метода ССArc вначале определим средние образы в каждом наборе исходных данных:

$$\bar{X} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K X^{(k)} \text{ и } \bar{Y} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K Y^{(k)}. \quad (4)$$

Положив с учетом (4)

$$\bar{X}^{(k)} = (X^{(k)} - \bar{X}), \quad \bar{Y}^{(k)} = (Y^{(k)} - \bar{Y}), \quad k \in K, \quad (5)$$

вместо (3) можно сформировать 2 набора, состоящих из столбцов изображений (5), и 2 набора, состоящих из строк изображений (5):

$$\begin{aligned} X1 &= [\bar{X}^{(1)} \bar{X}^{(2)} \dots \bar{X}^{(k)}], \quad [Y1 = \bar{Y}^{(1)} \bar{Y}^{(2)} \dots \bar{Y}^{(K)}], \\ X2 &= [(\bar{X}^{(1)})^T \dots (\bar{X}^{(k)})^T], \quad Y2 = [(\bar{Y}^{(1)})^T \dots (\bar{Y}^{(K)})^T]. \end{aligned} \quad (6)$$

Для данных (6) вычислим по 3 матрицы ковариации, определив их относительно строк («r» – row) и столбцов («c» – column) центрированных изображений (5):

$$\begin{aligned} C_{xx}^{(r)} &= X1(X1)^T; \quad C_{yy}^{(r)} = Y1(Y1)^T; \quad C_{xy}^{(r)} = X1(Y1)^T, \\ C_{xx}^{(c)} &= X2(X2)^T; \quad C_{yy}^{(c)} = Y2(Y2)^T; \quad C_{xy}^{(c)} = X2(Y2)^T. \end{aligned} \quad (7)$$

С учетом (7) и по аналогии с (2) определим для данных (6) собственные значения и соответствующие им собственные векторы, решив следующие задачи на собственные значения:

$$\begin{cases} ([C_{xx}^{(r)}]^{-1} C_{xy}^{(r)} [C_{yy}^{(r)}]^{-1} C_{yx}^{(r)}) W_{x1} = W_{x1} \Lambda_x^{(r)}, \\ ([C_{yy}^{(r)}]^{-1} C_{yx}^{(r)} [C_{xx}^{(r)}]^{-1} C_{xy}^{(r)}) W_{y1} = W_{y1} \Lambda_y^{(r)}, \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} ([C_{xx}^{(c)}]^{-1} C_{xy}^{(c)} [C_{yy}^{(c)}]^{-1} C_{yx}^{(c)}) W_{x2} = W_{x2} \Lambda_x^{(c)}, \\ ([C_{yy}^{(c)}]^{-1} C_{yx}^{(c)} [C_{xx}^{(c)}]^{-1} C_{xy}^{(c)}) W_{y2} = W_{y2} \Lambda_y^{(c)}. \end{cases} \quad (9)$$

При этом $\Lambda_y^{(r)} = 1/\Lambda_x^{(r)}$ и $\Lambda_y^{(c)} = 1/\Lambda_x^{(c)}$, а $C_{yx} = C_{xy}^T$.

Трансформация исходных данных в ПКП реализуется как двумерное преобразование Карунена–Лоэва (ПКЛ) в форме:

$$U^{(k)} = W_{x1}^T \bar{X}^{(k)} W_{y1} \text{ и } V^{(k)} = W_{x2}^T \bar{Y}^{(k)} W_{y2}, \quad k \in K, \quad (10)$$

где $U^{(k)}$, $V^{(k)}$ – матрицы, представляющие исходные изображения в ПКП.

Для редукции размерности в ПКП процедуру (10) необходимо модифицировать так, чтобы в проекции участвовали только те собственные векторы из (9), которые соответствуют «d» главным компонентам.

Для этого из матриц $[W_{x1}]^T$ и $[W_{y1}]^T$ выберем «d» строк, соответствующих «d» наибольшим собственным значениям, и на их основе сформируем матрицы редукции F_{x1} и F_{y1} ; из матриц W_{x2} и W_{y2} выберем «d» столбцов, соответствующих «d» наибольшим собственным значениям, и на их основе сформируем матрицы F_{x2} и F_{y2} .

Тогда «усеченное» двумерное ПКЛ представим в следующей форме:

$$\hat{U}^{(k)} = F_{x_1} \bar{X}^{(k)} F_{x_2}, \quad \hat{V}^{(k)} = F_{y_1} \bar{Y}^{(k)} F_{y_2}, \quad k \in K. \quad (11)$$

В (11) F_{x_1} и F_{y_1} и F_{x_2} и F_{y_2} – матрицы размером $d \times M$ и $N \times d$ соответственно (или $d_1 \times M$ и $N \times d_2$ в общем случае); знак «^» определяет отличие результата от (10). При этом $d < \min\{M, N\}$ или $d_1 < M$; $d_2 < N$, если $d_1 \neq d_2$. Нижняя граница параметра « d » выбирается экспериментально с учетом критерия (1). Результирующие матрицы в (11) имеют в общем случае размеры $d_1 \times d_2$ и представляют изображения в ПКП.

Оценка характеристик метода SSArc.

1. Матрицы $\hat{U}^{(k)}$, $\hat{V}^{(k)}$ в (11) содержат по d^2 элементов, что меньше первоначального размера исходного изображения в MN/d^2 раз, поэтому и степень редукции РПП будет определяться соотношением MN/d^2 .

2. Наибольший порядок матриц ковариации в (7)–(9) $\text{DIM} = \max\{M, N\}$, что предопределяет практическую возможность решения задач (8) и (9) на собственные значения и стабильность этого решения даже для изображений, отвечающих стандарту¹ по размерам.

3. Наконец, в методе SSArc также решается проблема SSS [6], когда $\text{DIM} > K$, поскольку вместо каждого изображения размером $M \times N$ фактически используется N изображений размером $M \times 1$ и еще M изображений размером $N \times 1$. При таком представлении исходных данных всегда выполняется условие: $\text{DIM} = \max\{M, N\} \ll (M + N)K$.

Эксперименты. Эксперименты реализованы в среде пакета MATLAB на моделях систем распознавания лиц FaReS (Face Recognition System) [4], [7], [9]. Для целей эксперимента подготовлена «База Семейный Альбом» (БСА), составленная из изображений лиц (рис. 1), выделенных из портретов базы FERET [10]. Каждое изображение БСА имело размер 224×184 и не изменялось в рамках всего эксперимента.



Рис. 1

¹ ISO/IEC JTC 1/SC 37 № 506: Biometric Data Interchange Formats, Part 5: Face Image Data – www.icao.int/mrtd/download/technical.cfm.

БСА состояла из двух групп. Группы имели структуру (3), где $X^{(k)}$ и $Y^{(k)}$ определены как образы «МУЖ» и «ЖЕНА», $K = 100$. Каждой паре изображений группы «fa» соответствовала пара изображений группы «fb», которые отличались мимикой лица и небольшими изменениями размеров и ориентации головы. Одна группа БСА предназначалась для «обучения», а другая выполняла функцию тестовых образов (и наоборот).

Целью эксперимента была проверка возможности решения задачи взаимного распознавания супругов с применением ССАгс и без него.

Формально решалась задача поиска образа из состава Y по заданному образу из состава X (и наоборот). В формулировке задачи поиска база FaReS содержала 100 пар образов-эталонов, а в качестве тестовых использовались 100 образов «Муж» и 100 образов «Жена». Для обеспечения репрезентативности исходных данных в экспериментах использовалась процедура перекрестной перестановки образов (cross-validation – CV). Результат считался правильным, если на первом месте (rank = 1) в группе результатов поиска находился образ из того же класса, что и тестовый образ. Текущие результаты в эксперименте оценивались как отношение количества правильно классифицированных тестовых образов к общему числу тестовых образов. Классификация выполнена по критерию минимума расстояния (КМР) на основе метрики L_1 (КМР/ L_1). Размер переменных в ПКП составил $d_1 \times d_2$, где $d_1 < M$ и $d_2 < N$ и $\max\{d_1, d_2\} \leq 30$.

В соответствии с [9] модель выполненного эксперимента имеет вид

$$\text{БСА}(100/1 + 1/1/\text{CV})\{224 \times 184 \rightarrow \text{ССАгс}: d_1 \times d_2 / \text{КМР}/L_1/\text{rank} = 1\}.$$

Без использования ССАгс среднее значение взаимного распознавания супругов составило менее 40 %. С использованием метода ССАгс результаты тестов поиска образа «Жена» по образу «Муж» (и наоборот) для значения $d = 30$ и десяти вариантов исходных данных показаны в таблице.

Эксперимент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее
Тест «М → Ж», %	87	93	85	89	88	84	90	83	85	84	86.8
Тест «Ж → М», %	88	87	87	90	89	89	83	86	84	86	86.9

На рис. 2 показаны результаты взаимного распознавания супругов в зависимости от числа классов K (или пар образов), где тесты поиска образа «Жена» по образу «Муж» (и наоборот) обозначены как «*» и «o».

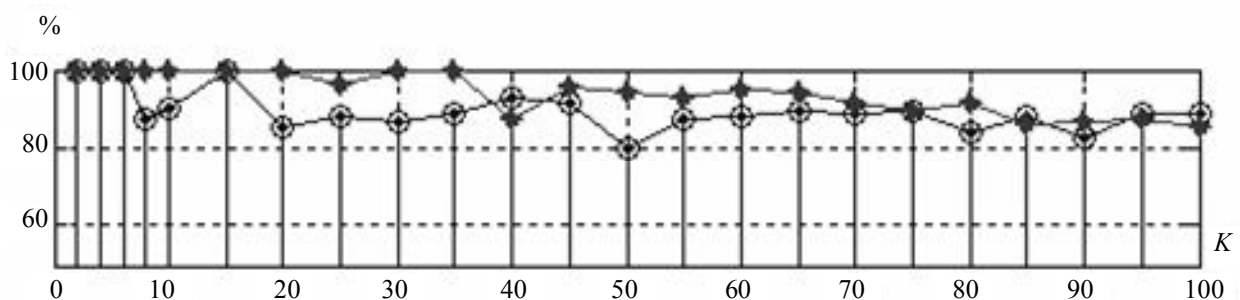


Рис. 2

Представленные результаты подчеркивают высокую степень распознавания при использовании метода SSArc.

Подводя итог, представим в компактной форме «модель» метода SSArc/2DKLT следующим образом:

$$\left\{ \begin{matrix} X, Y \\ M \times N \end{matrix} \right\} \xrightarrow{\text{SSArc/2DKLT}} \left\{ \begin{matrix} \bar{X}, \bar{Y}, F_{x_1}, F_{x_2}, F_{y_1}, F_{y_2} \\ \hat{U}, \hat{V} \\ d_1 \times d_2 \end{matrix} \right\}, \forall k = 1, 2, \dots, K, \text{ что} \quad \text{можно}$$

интерпретировать как преобразование двух наборов исходных изображений X и Y в 2 набора канонических переменных U и V . При этом в процессе SSArc и выполнения двумерного ПКЛ (2DKLT) были вычислены и использованы матрицы средних изображений для каждого набора исходных данных и 4 матрицы преобразования. Размер исходных образов $M \times N$, а размер переменных в ПКЛ в соответствии с (11) составляет $d_1 \times d_2$.

Выводы. Представлен новый метод двумерного канонического корреляционного анализа – SSArc. Метод не требует предварительной процедуры «DownSampling», не является итерационным и прямо реализуется по двум направлениям координат – а именно по строкам и столбцам исходного изображения, что и отличает его от известных методов двумерного ССА [5], [6]. При реализации метода SSArc не требуется выполнение условия $\text{DIM} < K$, и поэтому его можно широко использовать в задачах обработки изображений больших размеров. Результаты представленных экспериментов подтверждают этот тезис.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hotelling H. Relations between two sets of variates // *Biometrika*. 1936. 28. P. 321–377.
2. Fast Active Appearance Model Search Using Canonical Correlation Analysis / R. Donner, M. Reiter, G. Langs et al. // *IEEE Transaction on PAMI*. 2006. Vol. 28, №. 10. P. 1960–1964.
3. Face Matching Between Near Infrared and Visible Light Images / Dong Yi, Rong Liu, RuFeng Chu et al. // *Lecture Notes in Computer Science*. 2007. Vol. 4642. P. 523–530.
4. Szaber M., Kamenskaya E. Systemy rozpoznawania twarzy dla obrazów widzialnych i podczerwieni z wykorzystaniem CCA // *Metody Informatyki Stosowanej*. 2008. T. 16, № 3. P. 223–236.
5. Lee Sun Ho and Choi Seungjin. Two-Dimensional CCA // *IEEE Signal Processing Letters*. 2007. Vol. 14, №. 10. P. 735–738.
6. 2DCCA: A Novel Method for Small Sample Size Face Recognition / Zou Cai-rong, Sun Ning, Ji Zhen-hai, Zhao Li // *IEEE Workshop on Application of Computer Vision*. 2007. WACV'07. P. 43–47.
7. Kukharev G., Forczmanski P. Facial Images Dimensionality Reduction and Recognition by Means of 2DKLT // *Machine GRAPHICS & VISION*. 2007. Vol.16, № 3/4. P. 401–425.
8. Кухарев Г. А., Щеголева Н. Л. Системы распознавания человека по изображению лица. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006.
9. Кухарев Г. А. Поиск изображений лиц в больших базах данных // *Мир измерений*. 2009. №. 4. С. 22–30.
10. The FERET Ddatabase and Evaluation Procedure for Face Recognition algorithms / P. J. Philips, H. Wechler, J. Huang, P. Rauss // *Image and Vision Computing*. 1998. Vol. 16, № 5. P. 295–306.

G. A. Kukharev, E. I. Kamenskaya

TWO-DIMENSIONAL CANONICAL CORRELATION ANALYSIS IN FACIAL IMAGE PROCESSING

The method of Two-Dimensional Canonical Correlation Analysis (2DCCA) is presented in application to image processing in biometry. The method solves the Small Sample Size (SSS) problem, where the dimensionality of feature space is higher than the number of images. It is applied to images presented as summations of rows and columns. The method has less operational complexity in comparison with other approaches.

Two-Dimensional Canonical Correlation Analysis, Face recognition, Feature space reduction

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ПОДСИСТЕМЫ САПР ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ПРИРОДА–ТЕХНОГЕНИКА»

Рассматриваются вопросы, связанные с автоматизацией проектирования замкнутой системы управления «природа–техногеника» (ЗСУПТ). Предложены основные принципы и архитектура подсистемы САПР ЗСУПТ.

Экология, загрязняющие вещества, система управления, передаточная функция, автоматизация проектирования, моделирование

Традиционные подходы к решению проблемы загрязнения атмосферы «техногенными» выбросами и сбросами построены на аппаратных системах с обязательным присутствием «человеческого фактора».

Для решения проблемы минимизации загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере в работах [1], [2] была предложена и развита концепция ЗСУПТ. Основными преимуществами такой системы являются: гарантированность минимизации ЗВ в реальном времени, отсутствие влияния «человеческого фактора», формирование законов управления аппаратными средствами очистки от ЗВ в исполнительных устройствах в соответствии с экологическими критериями конкретного объекта управления. Предложенная ЗСУПТ для атмосферы состоит из следующих элементов.

Источник ЗВ – промышленное предприятие, выбрасывающее в атмосферу вредные вещества. Очистные агрегаты очищают газовоздушную смесь внутри «трубы» промышленного предприятия в соответствии с управляющим сигналом, вырабатываемым на основе информации об уровне концентрации ЗВ в месте ее максимума [1]. Датчики измерения концентрации, расположенные в устье трубы и в точке измерения максимального значения, предназначены для определения концентрации (массы) загрязняющего вещества. Измерительная система предназначена для сбора, накопления, обработки и передачи полученной информации о концентрации ЗВ на регулирующее устройство. Регулятор строится в соответствии с системой управления, синтезируемой по критериям и ограничениям, специфичным для ЗСУПТ конкретных предприятий [2]. Усилительно-преобразующее устройство усиливает обобщенный управляющий сигнал до уровня, необходимого для управления конкретным очистным агрегатом.

Технология разработки столь сложных систем управления, какой является ЗСУПТ, требует применения информационных технологий, средств САПР, включающих построение математических моделей, анализ, синтез, расчет, моделирование и решение других задач.

Моделирование и управление выбросами загрязнений отдельного источника требует учета влияния многих факторов, в частности, необходимо учитывать влияние выбросов ЗВ от «соседних» источников в рассматриваемом регионе (промышленная зона, поселок, район города) [3]. Для решения этой задачи необходимо разработать алгоритм определения вклада выбросов ЗВ «соседних» источников в значение концентрации ЗВ рассматриваемого источника. Алгоритм реализуется на основе теории математического программирования и теории графов. Алгоритм должен учитывать множество параметров, таких, как координаты источников загрязнения, мощность выбросов источников ЗВ, скорость и направление ветра, наличие осадков, режимы работы предприятий и др. На основе этих данных можно

построить граф взаимного влияния «соседних источников», в котором вершины будут соответствовать источникам загрязнения, а веса связей между вершинами – отражать степень взаимного влияния источников ЗВ. Используя построенный граф, можно рассчитать суммарное влияние загрязнений «соседних» источников на значение концентрации ЗВ в рассматриваемой точке промышленной зоны. Решение этой задачи позволит выделять из общего значения измеренной концентрации ЗВ вклад только от рассматриваемого источника и минимизировать только его.

Наиболее сложными и в то же время наименее формализованными являются начальные этапы разработки ЗСУПТ. Ошибки, допущенные на этих этапах, обходятся очень дорого и могут обесценить всю дальнейшую работу над проектом. Необходимо разработать подсистему САПР ЗСУПТ, используя которую проектировщик сможет находить допустимые решения, анализировать их с помощью моделирования и расчета системы на начальных этапах и по результатам анализа спроектировать эффективную ЗСУПТ.

Начальным этапом разработки подсистемы САПР ЗСУПТ является определение ее архитектуры и математического обеспечения. Анализ функциональной структуры ЗСУПТ показывает, что для ее проектирования необходимо разработать следующие математические модели:

1. Модель процесса переноса массы ЗВ в составе факела от источника до точки измерения.
2. Модель процесса измерительного преобразования массы ЗВ.
3. Модель процесса формирования, накопления, обработки и передачи измерительных данных.
4. Модель выработки управляющего воздействия, подаваемого на очистной агрегат.
5. Модель взаимного влияния «соседних» источников в промышленной зоне.
6. Модель влияния составляющей загрязнения, обусловленной трансграничным переносом.
7. Модель учета метеоусловий (осадки, температура воздуха).

Все перечисленные модели могут быть описаны с помощью дифференциальных уравнений, как линейных, так и нелинейных. Модели 2, 3 и 4 в настоящий момент разработаны и могут быть включены в подсистему САПР в виде готовых блоков. Модель 1 требует уточнения, а модели учета влияния «соседних» источников, определения составляющей концентрации, обусловленной трансграничным переносом, учета метеоусловий требуют разработки и исследования.

Необходимая для моделирования и выработки адекватного управляющего воздействия информация о метеоусловиях определяется в соответствии с ОНД-86 по нормативным документам. Например, температуру окружающего атмосферного воздуха t_v (в градусах Цельсия) принимают равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года по СНиП 2.01.01-82, а температуру выбрасываемой в атмосферу газовоздушной смеси t_r определяют по действующим для данного производства технологическим нормативам. Опасная скорость ветра и его направление рассчитываются в специальной программе расчета загрязнений атмосферы УПРЗА «Эколог»¹.

¹ Стороженко Н. В., Щеглова И. В. Возможности применения компьютерных технологий в области охраны окружающей среды – URL: http://www.ecolog.spb.ru/program.php?action=proglis&id_rzd=6. Дата обращения: 20.10.2009.

Состав и структура подсистемы САПР ЗСУПТ определяются ее назначением, составом, структурой и физической сущностью проектируемой ЗСУПТ, требованиями, предъявляемыми к исследуемой системе и ее элементам, ограничениями, накладываемыми на процесс их функционирования, с одной стороны, и используемыми для решения поставленной задачи математическими методами – с другой.

Необходимо разработать подсистему САПР, позволяющую:

- строить математические модели ЗСУПТ и ее устройств;
- рассчитывать ЗСУПТ при разных значениях параметров;
- анализировать ЗСУПТ по ее модели;
- синтезировать законы управления очистным агрегатом;
- моделировать ЗСУПТ как многомерную систему с учетом влияния выбросов ЗВ «соседних» источников в районе (промышленной зоне);
- определять составляющую ЗВ, обусловленную трансграничным переносом;
- учитывать при моделировании информацию о метеоусловиях.

Параметры подсистемы можно разделить на 2 класса – параметры блоков ЗСУПТ и параметры вычислительного эксперимента (время моделирования, шаг численных методов, точность вычислительных процессов). Подсистема САПР должна иметь дружественный интерфейс, позволяющий легко изменять параметры модели ЗСУПТ и параметры моделирования, анализировать полученные результаты.

Таким образом, основные требования, предъявляемые к подсистеме САПР ЗСУПТ, следующие:

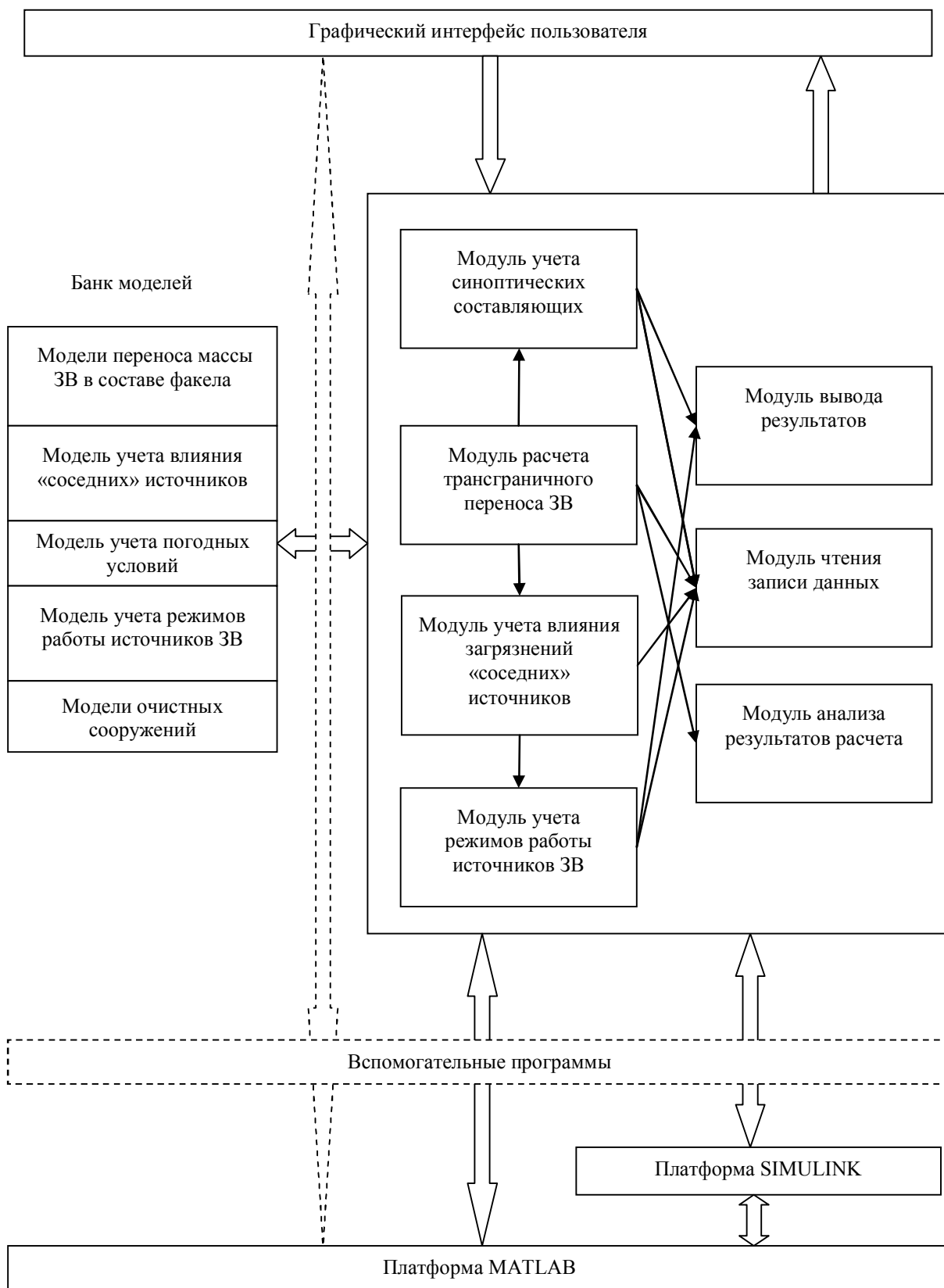
- гибкость и открытость архитектуры, что позволит включать в подсистему различные модели распространения ЗВ в атмосфере, модели очистных сооружений, модель учета многих источников ЗВ, модель трансграничного переноса и другие модели по мере необходимости;
- наличие удобного и простого пользовательского интерфейса, позволяющего легко изменять параметры модели ЗСУПТ и параметры вычислительного эксперимента, анализировать полученные результаты;
- удобный доступ ко всем требуемым математическим моделям и к широкому спектру средств моделирования ЗСУПТ и анализа результатов расчетов.

Появление высокопроизводительной вычислительной техники нового поколения, а также программных средств, оснащенных принципиально новым пользовательским интерфейсом, определяют пути и средства разработки соответствующей современным требованиям специализированной подсистемы САПР.

На основе анализа разнообразных программных средств в качестве инструмента для разработки подсистемы САПР предлагается использовать интегрированную среду моделирования MATLAB/SIMULINK, которая позволяет моделировать замкнутые нелинейные системы и анализировать ее свойства.

Основными свойствами, определившими такой выбор программного средства, явились: богатый набор стандартных блоков для моделирования динамических систем, высокоразвитый математический аппарат для решения задач векторно-матричной алгебры, возможность интеграции с другими математическими пакетами, например с пакетом Comsol Multyphysics, который специально разработан для моделирования разнообразных физических процессов.

Следует отметить уникальную особенность системы MATLAB, состоящую в том, что все вычислительные операции в ней выполняются над векторами или наборами векторов. Таким образом, система MATLAB по своей сути является эмулятором векторных вычислений, что существенно отличает ее от других систем, таких, как Maple, MathCAD, Mathematica.



Предполагаемая структура подсистемы САПР ЗСУПТ представлена на рисунке. Для работы данной подсистемы потребуется запуск среды MATLAB/SIMULINK. Это является, с одной стороны, недостатком подсистемы, поскольку она не работает без MATLAB, а с другой – делает подсистему абсолютно открытой. Подсистема САПР ЗСУПТ может быть модифицирована любым пользователем, при этом специальные знания в программировании не требуются. Кроме того, подсистема использует многие специальные функции MATLAB и SIMULINK, которые очень удобны для моделирования и отображения его результатов.

Подсистема САПР ЗСУПТ предполагает наличие графического диалогового интерфейса, который позволит вводить исходные данные, моделировать систему и отображать результаты расчетов в удобном для пользователя виде. Подсистема содержит вспомогательные программы для сохранения результатов моделирования в файле и чтения исходных данных. В частности, модель переноса массы ЗВ в составе факела, записанная на языке блок-диаграмм SIMULINK, представляет собой отдельный файл, хранящийся на диске и загружаемый в оперативную память по мере необходимости. Параметры математических моделей ЗСУПТ также хранятся в отдельном файле и при необходимости загружаются в оперативную память.

Ядром подсистемы являются математические модели ЗСУПТ. Модели представляют собой программные коды на языке программирования Matlab (*m*-файлы), *s*-функции. Параметры и сами модели хранятся на диске и используются подсистемой по мере необходимости. Вспомогательные программы и графический интерфейс предоставляют пользователю удобный доступ к моделям и вспомогательным программам. Модели, составляющие ЗСУПТ, выделяются в отдельные блоки при помощи механизма маскирования подсистем, который позволяет оформить подсистему как полноценный библиотечный блок, т. е. снабдить ее собственным окном параметров, пиктограммой, справочной системой и т. п.

Маскирование подсистем дает пользователю следующие преимущества:

1. Расширяет возможности пользователя по управлению параметрами модели.
2. Позволяет создавать более понятный интерфейс подсистемы.
3. Повышает наглядность блок-диаграммы.
4. Расширяет возможности построения сложных моделей.
5. Повышает защищенность модели от несанкционированной модификации.

Важность и полезность предлагаемой подсистемы САПР ЗСУПТ состоит в том, что она предоставит интегрированную среду для совместного решения описанных ранее задач, в том числе с учетом влияния загрязнений «соседних» источников, трансграничного переноса, учета метеоусловий, и позволит существенно уменьшить время проектирования ЗСУПТ на начальных этапах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Solnitsev R. Creation of «Nature-Technogenic» control system of the basis of information technologies // Proc. Intern. Conf. IEHS'02, St.Ptb., 2002. P. 12–17.
2. Сольников Р. И., Коршунов Г.И., Шабалов А. А. Моделирование замкнутой системы управления «Природа-Техногенника» // Информационно-управляющие системы. 2008. № 2 (33). С. 36–42.
3. Сольников Р. И. Вопросы построения замкнутой системы управления «природа-техногенника» ЗСУПТ // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2009. № 7. С. 23–32.

M. A. Trevgoda

ON MATTERS OF DEVELOPMENT OF A CAD SUBSYSTEM FOR THE "NATURE-TECHNOGENICS" CLOSED CONTROL SYSTEM

The questions of design automation for the "Nature-Technogenics" closed control system are considered. The main decisions and the architecture of CAD subsystem for the "Nature-Technogenics" closed control system are considered.

Ecology, contaminant, control system, transfer function, design automation, modeling



УДК 623.465.757

М. С. Гуревич

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КООРДИНАТ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМАХ

На примере оптической головки самонаведения (ОГС) показано, что при описании следящих систем с вращением координат целесообразно преобразования координат из неподвижной системы отсчёта во вращающуюся и обратно комплексировать в одно звено, включающее и связи между ними. Предложена классификация таких звеньев в зависимости от числа используемых координат, а также понятие коэффициента нестационарности. Рассмотрены условия приведения уравнений связи входов и выходов звеньев к стационарному виду.

Комплексирование, вращение координат, стационарность

В следящих системах с вращением координат реализуются преобразования координат из вращающейся системы отсчёта (ВСО) в неподвижную (НСО) и обратно. Очевидно, что эти операции являются источником нестационарности. Однако в принципе они обратимы. Представляется, что при комплексировании в одном звене ВСО – НСО – ВСО либо НСО – ВСО – НСО и связей между ними описание и анализ системы упрощаются. Целесообразно при этом рассмотреть возможность приведения уравнения звена к стационарному виду. Рассмотрение ведётся на примере ОГС, в которых преобразователи координат из ВСО в НСО и обратно используются в исполнительных механизмах и корректирующих параметры звеньев следящих за целью систем, в системах стабилизации частоты вращения ВСО, в формирователях опорных сигналов. На функциональной схеме рассматриваемой ОГС на рис. 1 обозначены: И – излучатель, Об – объектив, ДО – дискриминатор ошибки, ФПУ – фотоприёмное устройство, ФСУ – формирователь сигнала управления, ИМ – исполнительный механизм, $\bar{\epsilon}_\epsilon$ – угол направления на излучатель, $\bar{\epsilon}_{\Delta i}$ – угол визирной оси ОГС, $\bar{\Delta}$ – угловая ошибка, \bar{i}_y – сигнал управления.

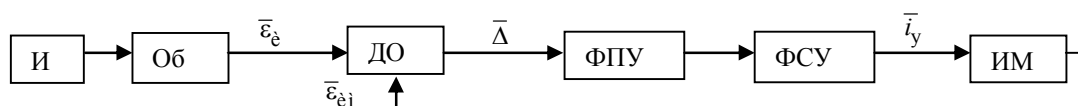


Рис. 1

Угловая ошибка $\bar{\Delta}$ формируется в фокальной плоскости. В выходном сигнале вращающегося ФПУ содержится информация о параметрах $\bar{\Delta}$ и о частоте вращения ФПУ, по которой в ФСУ формируются сигналы управления исполнительным механизмом. ИМ обычно представляет собой в соответствии с принятой в [1] терминологией трехступенную электрическую машину (ТЭМ) и состоит из гироскопа, ротор которого намагничен аксиально или радиально и закреплен в кардановом подвесе, а также связанного с корпусом ОГС статора, содержащего силовые обмотки, на которые поступают сигналы управления, и сигнальные обмотки, сигналы с которых содержат информацию о взаимоположении осей ротора и статора.

Нагрузкой ТЭМ является в основном размещенная на роторе оптическая система. ИМ выполняет функции стабилизации в пространстве и разворота визирной оси ОГС, совпадающей с осью вращения ротора, а также при необходимости стабилизации частоты вращения ротора. Именно при взаимодействии магнитных полей ротора и статора формируются механические моменты, под действием которых осуществляется разворот.

Очевидно, что параметры $\bar{\Delta}$ измеряются в НСО, а информация о них в выходном сигнале ФПУ представлена в ВСО. Сигнал на входе ИМ также формируется в ВСО, а на его выходе – в НСО. На рис. 2, а показано положение НСО и ВСО, повернутой относительно неё на угол φ против часовой стрелки (вращающейся при $\varphi = \text{var}$). На рис. 2, б изображена представленная на рис. 1 функциональная схема ОГС. На рис. 2, б использованы термины более общего плана, характерные для следящих систем, к которым относятся ОГС. При этом OYZ является НСО, а OY_RZ_R – ВСО. Кроме того, на рис. 2 обозначены: ДО – дискриминатор ошибки; ПНВ – преобразователь НСО в ВСО; ФСУ – формирователь сигнала управления; ПВН – преобразователь ВСО в НСО; ИМ – исполнительный механизм; $\bar{\varepsilon}_\varepsilon$, $\bar{\varepsilon}_{\varepsilon i}$ – углы направления на излучатель и визирной оси ОГС; $\bar{\Delta}$ – угловая ошибка, \bar{U}_y – кодированный сигнал ошибки; \bar{i}_y – сигнал управления, \bar{M}_y – момент управления.

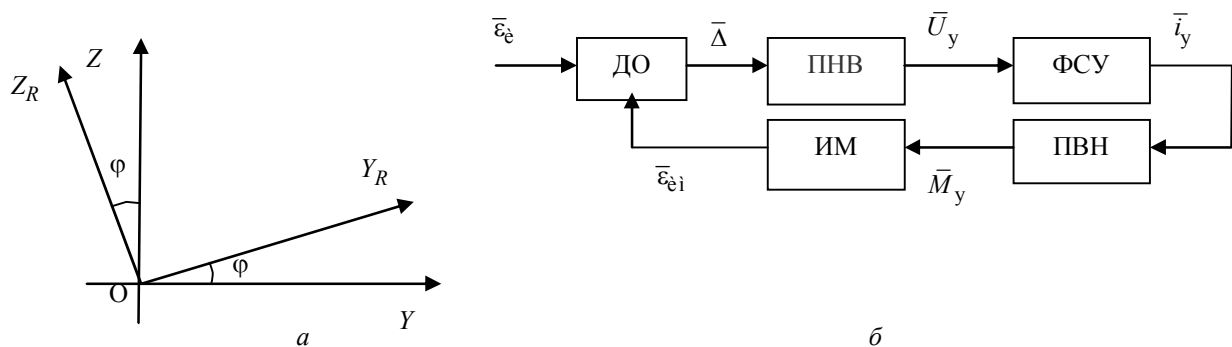


Рис. 2

На рис. 3 представлена в более развёрнутом виде часть приведенной на рис. 2, б схемы, состоящая из блоков ПВН – ИМ – ДО – ПНВ. Вместе с ФСУ она формирует замкнутый контур ОГС, описываемый в ВСО.

На рисунке обозначены: $x_1 \dots x_8$ – умножители; $A_1(p), A_2(p)$ – коэффициенты передачи каналов; $a_1(p), a_2(p)$ – коэффициенты передачи перекрестных связей каналов; i_{y_1}, i_{y_2} – сигналы управления; M_1, M_2 – моменты управления; Δ_1, Δ_2 – угловые ошибки; U_1, U_2 – кодированные сигналы угловых ошибок.

На рис. 3 не обозначены углы $\varepsilon_{\dot{e}_1}, \varepsilon_{\dot{e}_2}$ и $\varepsilon_{\dot{e}_1}, \varepsilon_{\dot{e}_2}$.

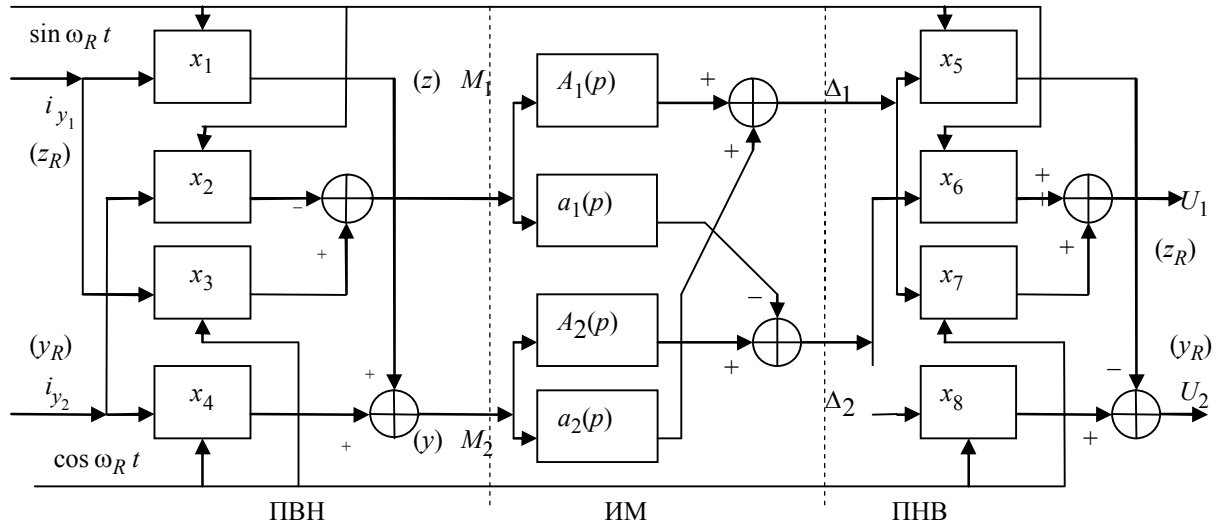


Рис. 3

Кроме того, на рис. 3 в скобках приведены обозначения переменных z, y и z_R, y_R (см. рис. 2, а), показывающие, в какой из систем, неподвижной или вращающейся, они действуют.

Схема отражает работу ИМ, когда ротор его гироскопа намагничен аксиально и, следовательно, продольные оси силовых обмоток статора расположены в плоскости, перпендикулярной его продольной оси. К такой структурной схеме могут быть приведены схемы с обратными связями, в ней же естественно, могут быть учтены звенья, не имеющие перекрестных связей между каналами.

Рисунок 3 пунктирными линиями разделён на три блока: ПВН, ИМ и ПНВ. Отметим также, что в ИМ жёстко связаны две системы НСО: НСО координат угловой ошибки Δ_1, Δ_2 , а также НСО момента управления M_1 и M_2 . Конструкция ОГС обычно позволяет развернуть НСО угловой ошибки при необходимости на некоторый установочный угол φ_0 . При описании структурной схемы φ_0 может быть учтён в ПНВ, хотя преобразования ВСО – НСО и НСО – ВСО происходят синфазно.

Классификация звеньев. Напишем взятые, например, из [2] выражения, связывающие координаты некоторой точки на плоскости (в данном случае точки в фокальной плоскости) в обеих системах отсчёта, введя обозначения, принятые на рис. 2 а:

$$Z_R = Z \cos \varphi - Y \sin \varphi ; \quad (1)$$

$$Z = Z_R \cos \varphi + Y_R \sin \varphi ; \quad (2)$$

$$Y_R = Y \cos \varphi + Z \sin \varphi ; \quad (3)$$

$$Y = Y_R \cos \varphi - Z_R \sin \varphi . \quad (4)$$

Приведенные на рис. 3 схемы ПНВ и ПВН, соответствуют этим выражениям. В целом, схема на рис. 3 может рассматриваться как общий блок с двумя входами и двумя выходами. Связи сигналов, естественно, определяются представленным на рис. 3 алгоритмом преобразования входных сигналов.

При анализе классификации звеньев примем условие, что в данной схеме $A_1(p) = A_2(p) = 1$ и $a_1(p) = a_2(p) = 0$.

Если, как принято на рис. 3, на входы ПВН поступают сигналы Z_R и Y_R , то, полагая, что им соответствуют выражения (1) и (2), после подстановки (1) и (2) в (3) и (4) получаем тождества

$$Z = (Z \cos \varphi - Y \sin \varphi) \cos \varphi + (Y \cos \varphi + Z \sin \varphi) \sin \varphi = Z;$$

$$Y = (Y \cos \varphi + Z \sin \varphi) \cos \varphi - (Z \cos \varphi - Y \sin \varphi) \sin \varphi = Y.$$

Аналогично, если на входы ПНВ поступают сигналы Z и Y , то, полагая, что им соответствуют выражения (2.1) и (2.2), после подстановки (2.1) и (2.2) в (1.1) и (1.2) также получаем тождества.

$$Z_R = (Z_R \cos \varphi + Y_R \sin \varphi) \cos \varphi - (Y_R \cos \varphi - Z_R \sin \varphi) \sin \varphi = Z_R;$$

$$Y_R = (Y_R \cos \varphi - Z_R \sin \varphi) \cos \varphi + (Z_R \cos \varphi + Y_R \sin \varphi) \sin \varphi = Y_R.$$

Таким образом, результат преобразований координат из вращающейся системы отсчёта в невращающуюся, последовательность которых условно можно представить как ВСО – НСО – ВСО, в конечном счёте не зависит от угла поворота ВСО относительно НСО.

Аналогичным образом, приняв, что на входы схемы поступают сигналы Z и Y (т. е. поменяв на рис. 3 местами схемы ПВН и ПНВ), можно показать, что результат преобразований НСО – ВСО – НСО также не зависит от угла поворота ВСО относительно НСО. Однако общий результат преобразований входной величины в выходную и при преобразовании ВСО – НСО – ВСО, и при преобразовании НСО – ВСО – НСО зависит от характера связей, например между ВСО и НСО.

Рассмотрим случаи, когда в выделенном звене обрабатываются не все координаты НСО и ВСО (вырожденные ВСО и НСО).

1. $Y_R = 0$. При этом выражения (3) и (4) принимают вид:

$$Z = Z_R \cos \varphi ; \tag{5}$$

$$Y = - Z_R \sin \varphi , \tag{6}$$

а выражения (1) и (2) сохраняются. После подстановки в них (5) и (6) получаем

$$Z_R = Z_R \cos^2 \varphi + Z_R \sin^2 \varphi = Z_R;$$

$$Y_R = - Z_R \sin \varphi \cos \varphi + Z_R \cos \varphi \sin \varphi = 0.$$

Если принять в схеме преобразований НСО – ВСО – НСО в качестве входных сигналов координаты Z и Y и вести обработку только координаты Z_R , то после подстановки (1) в (5) и (6) на выходах схемы получаем

$$Z = (Z \cos \varphi - Y \sin \varphi) \cos \varphi = 0,5 (Z + Z \cos^2 \varphi - Y \sin^2 \varphi),$$

$$Y = (Z \cos \varphi - Y \sin \varphi) \sin \varphi = 0,5 (Y - Y \cos^2 \varphi - Z \sin^2 \varphi).$$

2. $Y = 0$. Выражения (1) и (2) при этом принимают вид:

$$Z_R = Z \cos \varphi. \quad (7)$$

$$Y_R = Z \sin \varphi, \quad (8)$$

а выражения (3) и (4) сохраняются. После подстановки в них (7) и (8) получаем

$$Z = Z \cos^2 \varphi + Z \sin^2 \varphi = Z;$$

$$Y = Z \sin \varphi \cos \varphi - Z \cos \varphi \sin \varphi = 0.$$

После подстановки (3) в (1) и (2) получаем

$$Z_R = (Z_R \cos \varphi + Y_R \sin \varphi) \cos \varphi = 0,5 (Z_R + Z_R \cos^2 \varphi + Y_R \sin^2 \varphi).$$

$$Y_R = (Z_R \cos \varphi + Y_R \sin \varphi) \sin \varphi = 0,5 (Y_R - Y_R \cos^2 \varphi + Z_R \sin^2 \varphi).$$

3. $Y_R = 0$ и $Y = 0$. Этому случаю соответствует схема звена из двух последовательно соединённых умножителей, на вторые входы которых поступает один и тот же опорный сигнал, например $\cos \varphi$.

Выражения (1) и (2) при этом принимают следующий вид:

$$Z_R = Z \cos \varphi; \quad (9)$$

$$Z = Z_R \cos \varphi. \quad (10)$$

Отметим, что каждой из координат НСО или ВСО в выделенном звене соответствует свой канал обработки. Звено, включающее, так сказать, «полные» НСО и ВСО, содержит по два канала соответственно. При «вырожденном» НСО и «полном» ВСО звено содержит соответственно один и два канала, при «вырожденных» НСО и ВСО – по одному каналу.

Таким образом, образуется классификация звеньев по числу обрабатываемых координат или, в принципе, по числу каналов в ВСО и НСО. Из наиболее употребительных отметим:

- 2В2Н – звено с двухканальными ВСО и НСО;
- 1В2Н – звено с одноканальной ВСО и двухканальной НСО;
- 1Н2В – звено с одноканальной НСО и двухканальной ВСО;
- 1Н1В – звено с одноканальной НСО и одноканальной ВСО.

Уравнение звена 2В2Н. Очевидно, что уравнение разомкнутого контура следящей системы, которое обычно используется при аналитических исследованиях, для схемы на рис. 2, б может быть записано либо в ВСО, либо в НСО. В ВСО оно будет представлять собой описание последовательно соединённых ФСУ, определяющих обычно шумовую полосу системы и настроенного на номинальное значение частоты вращения ω_{RN} и звена ВСО – НСО – ВСО, связывающего функции на его входе (i_y) и выходе (U_y), что показано на рис. 3. В НСО же описание последовательно соединённых ИМ и звена НСО – ВСО –

НСО, связывающего функции на его входе (Δ) и выходе (M_y). Описание звена ВСО – НСО – ВСО представляется более сложным, так как в отличие от НСО – ВСО – НСО оно обычно содержит межканальные связи. Определим уравнения связи этого звена при условии, что оно относится к типу 2В2Н (следовательно, имеет два входа, двухканальную НСО и два выхода), а угол поворота φ изменяется с угловой скоростью вращения $\omega_R = \text{const}$.

При использовании принципа суперпозиции в схеме на рис. 3 может быть определена связь выходного сигнала U_1 отдельно со входными сигналами i_{y_1} и i_{y_2} данного звена. Аналогично может быть показана связь сигнала U_2 с сигналами либо i_{y_1} , либо i_{y_2} . В каждом случае схема на рис. 3 будет соответствовать звену 1В2Н.

Учтём в дальнейшем также и то, что опорные сигналы в звене могут быть неортогональными, приняв, что в ПВН вместо опорных сигналов $\sin \omega_R t$ и $\cos \omega_R t$ (см. рис. 3) используются сигналы $\sin(\omega_R t + \varphi_1)$ и $\cos(\omega_R t + \varphi_2)$.

Итак, уравнения отдельных частей звена (см. рис. 3) имеют следующий вид:

ПВН:

$$M_1 = \cos(\omega_R t + \varphi_2) i_{y_1} - \sin(\omega_R t + \varphi_1) i_{y_2}, \quad (11)$$

$$M_2 = \sin(\omega_R t + \varphi_1) i_{y_1} + \cos(\omega_R t + \varphi_2) i_{y_2}; \quad (12)$$

ИМ:

$$\varepsilon_{\dot{e}1} = A_1(p)M_1 + a_2(p)M_2, \quad (13)$$

$$\varepsilon_{\dot{e}2} = A_2(p)M_2 - a_1(p)M_1, \quad (14)$$

$$\Delta_1 = \varepsilon_{\dot{e}1} - \varepsilon_{\dot{e}1}, \quad (15)$$

$$\Delta_2 = \varepsilon_{\dot{e}2} - \varepsilon_{\dot{e}2}; \quad (16)$$

ПНВ:

$$U_1 = \Delta_1 \cos(\omega_R t + \varphi_2) + \Delta_2 \sin(\omega_R t + \varphi_1), \quad (17)$$

$$U_2 = \Delta_2 \cos(\omega_R t + \varphi_2) - \Delta_1 \sin(\omega_R t + \varphi_1). \quad (18)$$

При подстановке (5) и (6) в (7) и (8) и далее в (9) и (10) имеем:

$$U_1 = \cos(\omega_R t + \varphi_2) [\varepsilon_{\dot{e}1} - A_1(p)M_1 + a_2(p)M_2] + \sin(\omega_R t + \varphi_1) \times \\ \times [\varepsilon_{\dot{e}2} - A_2(p)M_2 - a_1(p)M_1], \quad (19)$$

$$U_2 = \cos(\omega_R t + \varphi_2) [\varepsilon_{\dot{e}2} - A_2(p)M_2 - a_1(p)M_1] - \sin(\omega_R t + \varphi_1) \times \\ \times [\varepsilon_{\dot{e}1} - A_1(p)M_1 + a_2(p)M_2]. \quad (20)$$

Определим реакции V_1 и V_2 линейного оператора (допустим, $A(p)$) на сигналы $i \sin(\omega_R t + \varphi)$ и $i \cos(\omega_R t + \varphi)$ соответственно:

$$V_1 = \cos(\omega_R t + \varphi) \operatorname{Im} A(p + j\omega_R) i + \sin(\omega_R t + \varphi) \operatorname{Re} A(p + j\omega_R) i; \quad (21)$$

$$V_2 = \cos(\omega_R t + \varphi) \operatorname{Re} A(p + j\omega_R) i - \sin(\omega_R t + \varphi) \operatorname{Im} A(p + j\omega_R) i, \quad (22)$$

где $\operatorname{Re} A(p + j\omega_R)$, $\operatorname{Im} A(p + j\omega_R)$ – действительная и мнимая части оператора $A(p + j\omega_R)$.

При подстановке (11) и (12), например, в (19), используя аналогию с (21) и (22), для части $U_{11} = U_1(i_{y_1})$ выходного сигнала U_1 получаем:

$$\begin{aligned} U_{11} = & \{ \cos^2(\omega_R t + \varphi_2) \operatorname{Re} A_1(p + j\omega_R) + \sin^2(\omega_R t + \varphi_1) \operatorname{Re} A_2(p + j\omega_R) + \\ & + \cos(\omega_R t + \varphi_2) \cos(\omega_R t + \varphi_1) \operatorname{Im} a_2(p + j\omega_R) + \sin(\omega_R t + \varphi_2) \sin(\omega_R t + \\ & + \varphi_1) \operatorname{Im} a_1(p + j\omega_R) - \sin(\omega_R t + \varphi_2) \cos(\omega_R t + \varphi_2) \operatorname{Im} A_1(p + j\omega_R) + \sin(\omega_R t + \\ & + \varphi_1) \cos(\omega_R t + \varphi_1) \operatorname{Im} A_2(p + j\omega_R) + \sin(\omega_R t + \varphi_1) \cos(\omega_R t + \varphi_2) [\operatorname{Re} a_1(p + j\omega_R) - \\ & - \operatorname{Re} a_2(p + j\omega_R)] \} i_1. \end{aligned} \quad (23)$$

Условия приведения уравнения звена к стационарному виду. Из (23) следует:

$$A_1(p) = A_2(p) = A(p), \quad a_1(p) = a_2(p) = a(p); \quad (24)$$

$$\begin{aligned} U_{11} = & 0,5 \{ [2 + \cos^2(\omega_R t + \varphi_2) - \cos^2(\omega_R t + \varphi_1)] \operatorname{Re} A(p + j\omega_R) + \\ & + \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \operatorname{Im} a(p + j\omega_R) - [\sin^2(\omega_R t + \varphi_2) - \sin^2(\omega_R t + \varphi_1)] \operatorname{Im} A(p + j\omega_R) \} i_{y_1} \end{aligned} \quad (25)$$

– при условии (24) и при $\varphi_1 = \varphi_2$

$$U_{11} = [\operatorname{Re} A(p + j\omega_R) + \operatorname{Im} a(p + j\omega_R)] i_{y_1}.$$

Аналогичным образом можно показать, что и другие составные части U_{12} , U_{21} и U_{22} сигналов U_1 и U_2 при условиях (24) и (25) также приводятся к стационарному виду.

Следовательно, обобщая изложенное, можно утверждать, что уравнения звена 2В2Н и входящих в его состав звеньев 1В2Н с идентичными каналами и антисимметричными связями между ними (по классификации, предложенной в [3]), а также при постоянной частоте моногармонических ортогональных опорных сигналов в каналах приводятся к стационарному виду.

Коэффициенты нестационарности:

- Коэффициент неортогональности опорных сигналов ($k_{\text{НО}}$). Положим в (11) и (12)

$$\varphi_1 = \varphi_+ + \varphi_- \quad \text{и} \quad \varphi_2 = \varphi_+ - \varphi_-,$$

где φ_+ – среднее значение сдвига фаз опорных сигналов, φ_- – отклонение от среднего. При этом $k_{\text{НО}}$ можно определить как

$$k_{\text{НО}} = \varphi_- / \varphi_+. \quad (26)$$

Далее представим:

$$\sin[(\omega_R t + \varphi_+) + \varphi_-] = \sin(\omega_R t + \varphi_+) \cos \varphi_- + \cos(\omega_R t + \varphi_+) \sin \varphi_-; \quad (27)$$

$$\cos[(\omega_R t + \varphi_+) - \varphi_-] = \cos(\omega_R t + \varphi_+) \cos \varphi_- + \sin(\omega_R t + \varphi_+) \sin \varphi_- . \quad (28)$$

Очевидно, что конструктивно и технологически величина φ_- обеспечивается сравнительно небольшой. В первом приближении, принимая $\cos \varphi_- = 1$ и $\sin \varphi_- = \varphi_-$ и учитывая (26), имеем:

$$\sin(\omega_R t + \varphi_-) = \sin(\omega_R t + \varphi_+) + k_{\text{НО}} \varphi_+ \cos(\omega_R t + \varphi_+); \quad (29)$$

$$\cos(\omega_R t + \varphi_2) = \cos(\omega_R t + \varphi_+) + k_{\text{НО}} \varphi_+ \sin(\omega_R t + \varphi_+). \quad (30)$$

При сравнении (29) и (30) с опорными сигналами на рис. 3 оказывается, что первые слагаемые в правых частях выражений (29) и (30) отличаются от приведенных на рис. 3 на постоянную величину φ_+ , а вторые – ортогональны первым и соответствуют определяемой значением $k_{\text{НО}}$ относительно небольшой величине отклонения от среднего значения φ_+ сдвига фаз опорных сигналов ПВН.

Из (27) и (28) следует, что в общем случае $k_{\text{НО}} = \text{tg } \varphi_-$.

• Коэффициенты неидентичности каналов ($k_{\text{НИК}}$) и противоположного знака связей между ними ($k_{\text{НИС}}$). Рассмотрим далее ИМ, обозначив:

$$A_+(p) = 0,5(A_1(p) + A_2(p)), \quad A_-(p) = 0,5(A_1(p) - A_2(p)),$$

где $A_+(p)$ – среднее коэффициентов передачи каналов, $A_-(p)$ – отклонение от среднего $A_+(p)$.

Аналогично, $a_+(p) = 0,5(a_1(p) + a_2(p))$, $a_-(p) = 0,5(a_1(p) - a_2(p))$, где $a_+(p)$ – среднее коэффициентов передачи перекрестных связей, $a_-(p)$ – отклонение от среднего $a_+(p)$. При этом

$$k_{\text{НИК}} = A_-(p)/A_+(p), \quad k_{\text{НИС}} = a_-(p)/a_+(p). \quad (23)$$

Коэффициенты нестационарности, в общем, количественно определяют величину паразитного сигнала на выходе звена. Например, в (24), когда $\varphi_1 \neq \varphi_2$, определим:

$$\cos^2(\omega_R t + \varphi_2) - \cos^2(\omega_R t + \varphi_1) = 2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) \sin(2\omega_R t + \varphi_1 + \varphi_2),$$

$$\sin^2(\omega_R t + \varphi_2) - \sin^2(\omega_R t + \varphi_1) = -2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) \cos(2\omega_R t + \varphi_1 + \varphi_2).$$

Или при $2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) \approx k_{\text{НО}} \varphi_+$ получим:

$$\cos^2(\sin \omega_R t + \varphi_2) - \cos^2(\omega_R t + \varphi_1) \approx k_{\text{НО}} \varphi_+ \sin^2(\omega_R t + \varphi_+),$$

$$\sin^2(\omega_R t + \varphi_2) - \sin^2(\omega_R t + \varphi_1) \approx -k_{\text{НО}} \varphi_+ \cos^2(\omega_R t + \varphi_+).$$

Следовательно, в выходном сигнале U_{11} нестационарного звена полезный сигнал сопровождается паразитным, действующим на удвоенной частоте вращения ВСО.

Можно показать, что при $k_{\text{НИК}} \neq 0$ и/или $k_{\text{НИС}} \neq 0$ в выходных сигналах звена полезный сигнал также сопровождается паразитным, действующим на удвоенной частоте вращения ВСО.

Механизм возникновения сигнала, действующего на частоте $2\omega_R$, например на выходе звена 1В2Н при $k_{\text{НО}} \neq 0$, можно проиллюстрировать относительно просто следующим образом. Приняв в схеме на рис. 3 коэффициенты передачи $A_1(p) = A_2(p) = 1$ и $a_1(p) = a_2(p) = 0$, получим

$$U_{11} = [\sin^2(\omega_R t + \varphi_1) + \cos^2(\omega_R t + \varphi_2)] i_{y1}. \quad (32)$$

После подстановки (29) и (30) в (32) имеем

$$U_{11} = \{[\sin(\omega_R t + \varphi_+) + k_{\text{НО}} \varphi_+ \cos(\omega_R t + \varphi_+)]^2 + [\cos(\omega_R t + \varphi_+) + k_{\text{НО}} \varphi_+ \sin(\omega_R t + \varphi_+)]^2\} i_{y1}. \quad (33)$$

Из (33) следует, что составляющая сигнала U_{11} , действующая на частоте $2\omega_R$, равна $2k_{\text{НО}} \varphi_+ \sin^2(\omega_R t + \varphi_+)$.

В заключение можно сказать, что достоинством комплексирования преобразователей координат из вращающейся системы отсчёта в неподвижную и обратно и связей между ними в одном звене является то, что при выполнении условий приведения его уравнения к стационарному виду, когда исключается влияние периодических коэффициентов уравнения, спектр выходного сигнала звена по сравнению со спектром его входного сигнала не расширяется. Очевидно, что при проектировании необходимо стремиться к уменьшению коэффициентов нестационарности.

В исследованиях системы с вращением координат можно использовать частотные методы как при комплексной [4], так и при скалярной формах записи уравнений, связывающих координаты системы. В частности, в [5] приведена таблица действительных и мнимых частей передаточных функций корректирующих звеньев типа 1В2Н, в которых в двухканальной части установлены звенья с типовыми передаточными функциями.

Использование в аналитических исследованиях следящих систем с вращением координат звеньев с комплексированием в них преобразователей систем отсчёта координат и связей между ними в целом облегчает задачу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

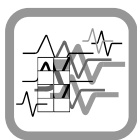
1. Барабанов В. А., Милях А. Н., Двойных Е. В. Трёхступенные электрические машины. Киев: Наукова думка, 1979.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. М.: Наука, 1965. С. 199.
3. Красовский А. А., Поспелов Г. С. Основы автоматики и технической кибернетики. М.: Госэнергоиздат, 1962.
4. Казамаров А. А., Палатник А. М., Роднянский Л. О. Динамика двумерных систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1967.
5. Гуревич М. С. Влияние частоты модуляции принимаемого излучения на динамические характеристики оптической головки самонаведения // Оптический журнал. 2002. Т. 69, № 9, сент. С. 92.

M. S. Gurevich

COMPLEXATION OF THE COORDINATE TRANSFORMATIONS IN THE ROTATING SERVO SYSTEMS

By an example of the optical seeker (OS) it is illustrated that in describing servo systems with coordinates' rotation, it is reasonable to complex the transformations of the coordinates from a stationary reference system to a rotating one and back into a single unit, which includes constraints between them as well. Classification of these units depending on the quantity of the coordinates used, as well as the concept of the instationarity coefficient is proposed. Conditions of reduction of the constraint equations of the unit inputs and outputs to a stationary form are considered.

Complexation, rotation of coordinates, stationarity



УДК 620.179.16

М. В. Сидоров

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД С ПОМОЩЬЮ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрена возможность использования методов моделирования для оценки дефектов вблизи границы раздела двух сред. Приводятся графические результаты моделирования и их анализ.

Рассеянное поле, дефект, математическое моделирование, графическое представление

Обеспечение высокого и стабильного качества промышленной продукции – одна из основных проблем современного производства. Одной из главных причин, снижающих качество продукции, являются скрытые дефекты. Большая часть отказов изделий в начальный период их эксплуатации и на более поздних этапах связана с проявлением скрытых дефектов производства. При этом под дефектом понимаются любые отклонения от заданных физических или других свойств изделия в целом или каких-либо его частей.

На железнодорожном транспорте неразрушающему контролю уделяется особое внимание. Неразрушающий контроль является неотъемлемой частью почти всех структурных подразделений, занимающихся ремонтом и техническим обслуживанием подвижного состава и железнодорожного пути.

Ни один из видов неразрушающего контроля не является универсальным и не может гарантировать стопроцентное отсутствие дефектов. Повышение быстродействия, надежности и долговечности изделий при усложнении их конструкции связано с возрастанием трудоемкости контроля. Контроль качества становится самой массовой технологической операцией, требующей достаточно больших материальных затрат.

Но, как известно, прогресс не стоит на месте, поэтому происходит непрерывное совершенствование видов и методов контроля, что в свою очередь снижает материальные затраты, время и повышает достоверность контроля.

Одно из ведущих направлений развития неразрушающего контроля – ультразвуковая дефектоскопия или, в более общем аспекте, акустические методы контроля, которые занимают порядка 70 % от общего числа видов контроля, применяемых на железнодорожном транспорте [1].

Интерес к практическому использованию ультразвуковой дефектоскопии обусловлен в первую очередь тем, что из-за различной природы ультразвуковых и электромагнитных волн (видимого света, рентгеновских лучей и др.) она позволяет наблюдать оптически непрозрачные структуры за счет акустических свойств, что в некоторых случаях невозможно при использовании проникающих электромагнитных излучений.

В настоящее время большой интерес представляет вопрос обнаружения дефектов вблизи границы двух упругих полупространств. Этот интерес вызван в первую очередь необходимостью проведения более качественного и достоверного неразрушающего контроля. Проблема обнаружения дефектов вблизи границы раздела двух сред очень остро стоит при дефектоскопировании железнодорожного полотна. Вблизи сварных стыков оценка размера дефекта может быть ошибочной из-за многократного переотражения между дефектом и границей полупространства, а также измененной структуры самого рельса при проведении электроконтактной или алюминотермитной сварки.

Одним из способов описания рассеянного поля от дефекта, находящегося вблизи раздела двух сред, является составление компьютерной модели, основанной на законах теории упругости. Для задачи дифракции плоской звуковой волны на цилиндрической полости, расположенной вблизи границы раздела сред, получено решение, учитывающее многократное переотражение и рассеяние волн между цилиндром и границей.

Для определения характера и степени нарушений сплошности в изделиях необходимо знать особенности отражения звука от дефектов различной формы. Исследовались отражающие свойства цилиндрической полости, находящейся вблизи границы раздела сред, при падении на полость продольной волны. Цилиндром можно аппроксимировать дефекты, сильно развитые в одном направлении. Изучение этого типа отражателя представляет особый интерес ввиду его использования на практике в качестве эталонного дефекта.

В силу многозначности понятия «модель» в науке и технике не существует единой классификации видов моделирования: классификацию можно проводить по характеру моделей, по характеру моделируемых объектов, по сферам приложения моделирования (в технике, физических науках, кибернетике и т. д.).

Построение компьютерной модели базируется на абстрагировании от конкретной природы явлений или изучаемого объекта-оригинала и состоит из двух этапов – создания качественной, а затем и количественной моделей. Компьютерное же моделирование предусматривает серию вычислительных экспериментов, целью которых является анализ, интерпретация и сопоставление результатов моделирования с реальным поведением изучаемого объекта, а при необходимости – последующее уточнение модели и т. д.

К основным этапам компьютерного моделирования относятся:

- постановка задачи, определение объекта моделирования;

- разработка концептуальной модели, выявление основных элементов системы и элементарных актов взаимодействия;
- формализация, т. е. переход к математической модели; создание алгоритма и написание программы;
- планирование и проведение компьютерных экспериментов;
- анализ и интерпретация результатов.

Математические выкладки и модель, описывающие рассеянное поле от цилиндрической полости, находящейся вблизи границы раздела двух сред, приведены в [2]. Здесь ограничимся графическим представлением полученных результатов, которые позволяют наглядно исследовать поле рассеяния в зависимости от удаленности (приближения) границы раздела, частоты генерируемых колебаний, размеров цилиндрической полости.

На рис. 1 и 2 представлены результаты моделирования на основе графического представления рассеянного поля от цилиндрической полости, находящейся вблизи границы раздела двух сред. Пунктирными линиями показаны диаграммы рассеяния плоской волны на медном цилиндре в свободном пространстве. Параметры диаграмм рассеяния: материал – сталь, $c_l = 5650$ м/с, $c_t = 3200$ м/с, плотность $\rho_m = 7800$ кг/м³, коэффициент Пуассона $\sigma = 0,3$; материал цилиндрического включения – медь, $c_l = 4720$ м/с, $c_t = 2440$ м/с, $a = 2$ мм. Рис. 1 ($f = 1$ МГц): $a - \varphi_0 = 50^\circ$, $b = 2$ мм (непрерывная линия), $b = 1,7$ мм (прерывистая линия); $\bar{b} - \varphi_0 = 0^\circ$, $b = 2$ мм (непрерывная линия), $b = 1,7$ мм (прерывистая линия). Рис. 2 ($f = 2,5$ МГц): $a - \varphi_0 = 90^\circ$, $b = 2$ мм (непрерывная линия), $b = 1$ мм (прерывистая линия); $\bar{b} - \varphi_0 = 130^\circ$, $b = 2$ мм (непрерывная линия), $b = 1$ мм (прерывистая линия). Стрелками обозначены направления падающей плоской волны. Отражение рассеянных волн на границе полупространства и многократные переотражения рассеянных волн приводят к значительному искажению диаграмм рассеяния.

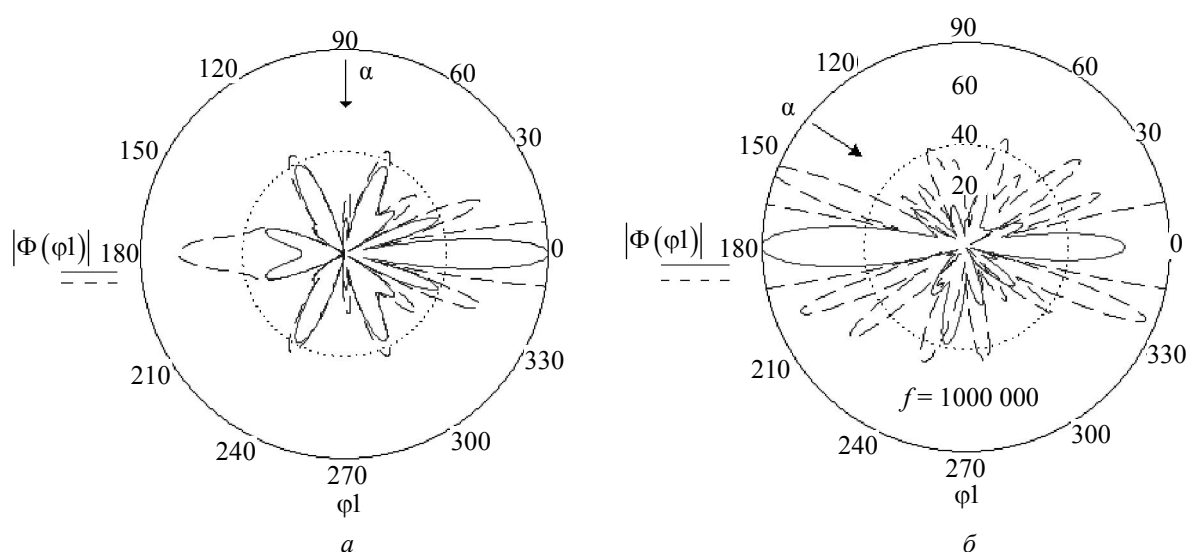
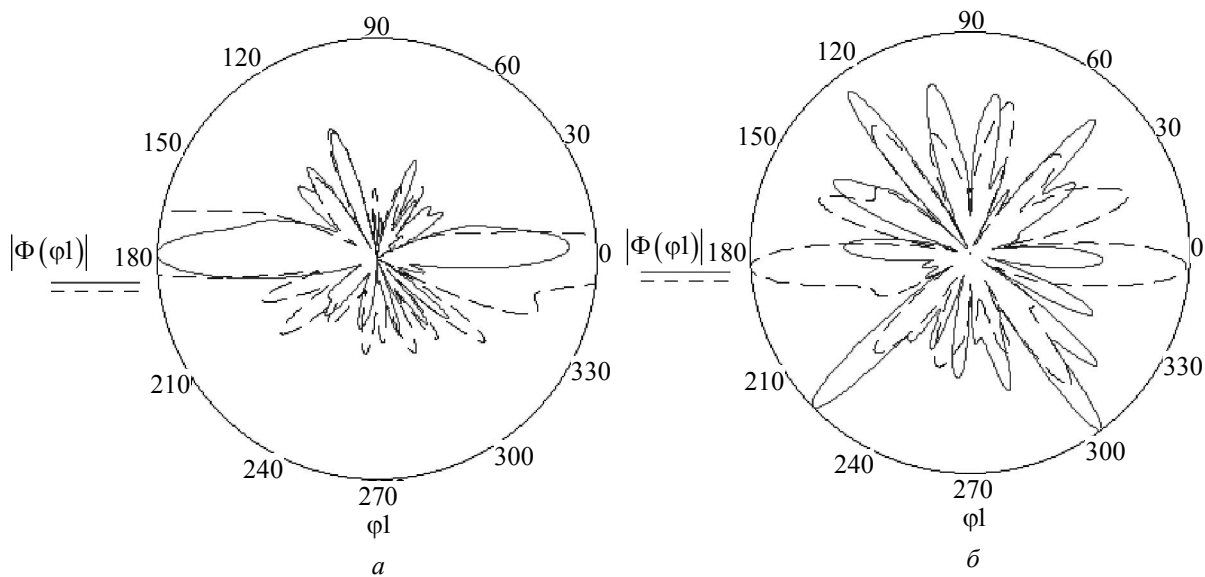


Рис. 1



с. 2

Pu

Диаграммы рассеяния на цилиндре, находящемся вблизи границы раздела сред, являются более неравномерными по сравнению с диаграммами рассеяния в свободном поле. Кроме того при приближении к границе раздела сред на диаграммах возникают дополнительные максимумы и минимумы вследствие многократных переотражений рассеянных волн и интерференции между ними. При увеличении расстояния между цилиндром и границей изменяется угловое расстояние между экстремумами кривых, происходит их искажение (уменьшение) со стороны упругого пространства. Это связано в первую очередь с тем, что рассеянные волны оказываются в противофазе, что приводит к некоторому уменьшению (увеличению – если в фазе) кривых рассеяния.

Для практического изучения характеристик рассеяния на основе построенной математической модели был создан экспериментальный образец в виде сварного шва, вблизи которого на разном расстоянии до шва ($d = 4$ и 14 мм) были просверлены искусственные цилиндрические дефекты $a = 2,5$ мм. Просверленные полости были залиты расплавленной медью для приближения к реальным исследуемым дефектам. Данный тип дефекта выявляется с помощью РДМ-3, РДМ-33, Авикон-02Р, но его выявление вблизи сварного шва проблематично ввиду переотражений и интерференций рассеянных волн между дефектом, следствием которых является пропуск дефекта, что недопустимо при неразрушающем контроле рельсового полотна.

При сопоставлении амплитуд эхосигналов, отраженных от цилиндрических включений диаметром $2,5$ мм, находящихся вблизи границы раздела двух сред на расстояниях 12 и 4 мм от границы сварного шва, подтверждается влияние границы раздела на рассеянное поле от дефекта, а также неравномерность характеристики рассеяния при приближении к границе раздела двух сред (рис. 3). Исследование проводилось с использованием угла ввода в изделие $36...44^\circ$ с шагом в 1° (на рис. 3 точки 1–9 на оси абсцисс соответственно), частота генерируемых ультразвуковых колебаний $2,5$ МГц. Для уменьшения влияния случайных погрешностей проводились многократные измерения с последующей статистической обработкой их результатов.

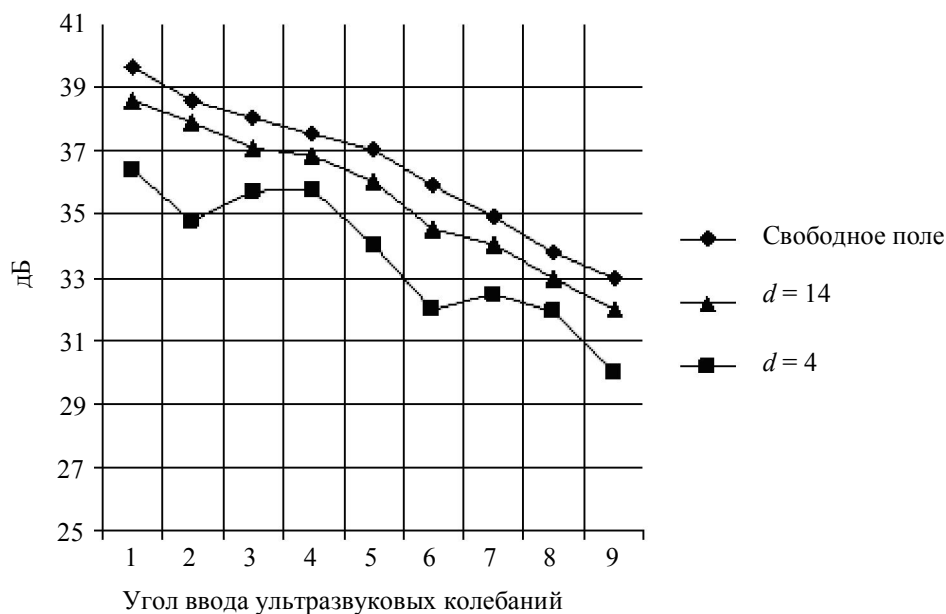


Рис. 3

При решении задач моделирования серьезную проблему представляет сложность описания математических моделей из-за большого числа условий, бесконечных систем уравнений, граничных условий и т. д. В связи с этим необходимо совершенствовать существующие модели. В данном случае для упрощения представления и вычисления не были учтены такие факторы, как потери в материале (которые можно учесть, считая скорости волн комплексными величинами и задавая соответствующие коэффициенты затухания для продольной и поперечных волн), различные неравномерности в структуре, составе материала, влияние конечности во времени зондирующего импульса, влияние форм «реальных» дефектов.

В настоящее время исследуемая модель совершенствуется приведением ее к реально существующим объектам и дефектам, возникающим в процессе создания и эксплуатации изделия. Построение, изучение и анализ характеристик рассеяния от дефектов различного происхождения, расположения и структуры являются основными предпосылками для роста надежности и достоверности неразрушающего контроля на основе повышения его информативности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков А. А., Шпагин Д. А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Образование – Культура, 2008.
2. Сидоров М. В. Моделирование в задачах ультразвукового контроля // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2009. Вып. 2. С. 224 – 227.
3. Алешин Н. П., Могильнер Л. Ю. Анализ упругого поля ультразвуковых волн, рассеянных на цилиндрическом отражателе // Дефектоскопия. 1984. № 6. С. 3–13.

M. V. Sidorov

TO THE QUESTION OF THE ESTIMATION OF PARAMETERS OF DETECTION DEFECTS IN THE VICINITY BORDERS OF SECTION OF TWO ENVIRONMENTS BY MEANS OF MODELLING PROBLEMS

Possibility of use of methods of modelling for an estimation of defects near to border of section of two environments is considered. Graphic results of modelling and their analysis are resulted.

Absent-minded field, defect, mathematical modelling, graphic representation

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУГУНА СЧ-20 АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Приведены исследования статистической взаимосвязи между механическими свойствами, химическим составом и результатами акустического контроля чугуна СЧ-20. Рассмотрена возможность замены разрушающих методов определения механических характеристик и химического состава чугуна СЧ-20 на неразрушающий акустический метод.

Механические характеристики, уравнения регрессии, акустический метод

Механические характеристики (временное сопротивление при растяжении и твердость) и химический состав проб чугуна СЧ-20 исследовались одновременно разрушающими и неразрушающими методами контроля. Временное сопротивление при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ измерялось согласно ГОСТ 27208–87. Измерение твердости по Бринеллю \hat{A} осуществлялось по ГОСТ 9012–59. Исследованию подвергнута партия плавок чугуна СЧ-20 ГОСТ 1412–85 объемом $N = 128$ шт. проб.

Акустическая характеристика чугуна (скорость продольной волны) измерялась ультразвуковым дефектоскопом УД2-12 при помощи прямого преобразователя частотой 2,5 МГц (П111-2,5-К12-002). Измеряемым параметром являлось время распространения упругой волны, по которому, зная высоту образца и время распространения волны, определялось скорость продольной волны при известной частоте колебаний.

Исследовались следующие зависимости:

- зависимость между временным сопротивлением при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ чугуна СЧ-20 и скоростью продольной волны c_l ;
- зависимость между твердостью \hat{A} чугуна СЧ-20 и скоростью продольной волны c_l ;
- зависимость между содержанием в чугуне СЧ-20 кремния Si и скоростью продольной волны c_l ;
- зависимость между содержанием в чугуне СЧ-20 углерода C и скоростью продольной волны c_l ;
- зависимость между механическими характеристиками и химическим составом чугуна.

Далее осуществлялась статистическая обработка результатов измерений, полученных разрушающим и акустическим методами контроля, по следующей схеме:

1. Построение корреляционных зависимостей и вычисление коэффициентов парной корреляции.

2. Проверка однородности базовой выборки временного сопротивления и твердости по критерию однородности $\chi_{\hat{e}}^2$. Расчетный критерий однородности для обеих механических характеристик оказался меньше критического ($\chi_{\hat{d}}^2 < \chi_{\hat{e}}^2$), поэтому гипотеза об однородности выборки была принята.

3. Проверка согласия опытного распределения с теоретическим. Чаще всего проверяется предположение о нормальности распределения генеральной совокупности, поскольку большинство статистических процедур ориентировано на выборки, полученные из нормально распределенной генеральной совокупности. Для проверки имеющихся экспериментальных данных механических характеристик чугуна СЧ-20 на нормальность были построены соответствующие гистограммы, подтвердившие верность принятой гипотезы.

Вывод уравнений регрессии. Расчет уравнений регрессии для всех зависимостей проводился в следующей последовательности:

1. Вычисление значения коэффициента парной корреляции для скорости акустической волны \tilde{n}_l и всех определяемых характеристик. По сравнению полученного значения с критическим значением коэффициента парной корреляции $r_{\tilde{e}}$ с установленной вероятностью $D=0,95$ делается вывод о значимости связи между этими характеристиками.

2. Расчет коэффициентов в уравнениях регрессии.

3. Определение достоверности коэффициентов в уравнениях регрессии по значению критерия Стьюдента t_p . Определяется критическое значения критерия Стьюдента $t_{\tilde{e}}$ при установленной вероятности $P=0,95$ и сравнивается с расчетным критерием.

4. Проверка адекватности полученного уравнения регрессии сравнением расчетного значения критерия Фишера $F_{\tilde{\delta}}$ с табличным $F_{\tilde{e}}$ при установленной вероятности $D=0,95$.

Полученное уравнение регрессии является адекватным, если условие $F_{\tilde{\delta}} > F_{\tilde{e}}$ выполняется.

В результате получены следующие зависимости:

1. Временного сопротивления при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ от скорости ультразвуковой волны \tilde{n}_l :

$$\sigma_{\hat{a}} = 6,938\tilde{n}_l - 14,194 .$$

Коэффициенты данного уравнения достоверны, так как $t_{\tilde{\delta}} = 4,547 > t_{\tilde{e}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\tilde{\delta}} = 10,331 > F_{\tilde{e}} = 3,09$.

2. Твердости НВ от скорости ультразвуковой волны \tilde{n}_l :

$$\hat{A} = 51,445\tilde{n}_l - 74,145 .$$

Коэффициенты данного уравнения достоверны, так как $t_{\tilde{\delta}} = 6,128 > t_{\tilde{e}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\tilde{\delta}} = 18,775 > F_{\tilde{e}} = 3,09$.

3. Содержания кремния Si от скорости ультразвуковой волны \tilde{n}_l :

$$Si = -0,3761\tilde{n}_l + 3,508 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_{\tilde{\delta}} = -2,658 < t_{\tilde{e}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\tilde{\delta}} = 3,532 > F_{\tilde{e}} = 3,09$.

4. Содержания углерода C от скорости ультразвуковой волны \tilde{n}_l :

$$C = -0,2625\tilde{n}_l + 4,5608 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_{\delta} = -3,709 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\delta} = 6,879 > F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

5. Содержания марганца Mn от скорости ультразвуковой волны \tilde{n}_l :

$$Mn = 0,1297\tilde{n}_l + 0,0158 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_p = 1,651 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение неадекватно, поскольку $F_{\delta} = 1,364 < F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

6. Содержания хрома Cr от скорости ультразвуковой волны \tilde{n}_l :

$$Cr = 0,0065\tilde{n}_l + 0,035 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_p = 0,861 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение неадекватно, поскольку $F_{\delta} = 0,361 < F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

7. Временного сопротивления при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ от содержания кремния Si :

$$\sigma_{\hat{a}} = -3,9499Si + 24,366 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_{\delta} = -3,634 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\delta} = 6,601 > F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

8. Твердости \hat{A} от содержания кремния Si :

$$\hat{A} = -12,646Si + 181,76 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_{\delta} = -1,891 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение неадекватно, поскольку $F_{\delta} = 1,739 < F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

9. Временного сопротивления при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ от содержания углерода C :

$$\sigma_{\hat{a}} = -2,5853C + 25,967 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_{\delta} = -1,152 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение неадекватно, поскольку $F_{\delta} = 0,664 < F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

10. Твердости \hat{A} от содержания углерода C :

$$\hat{A} = -15,954\tilde{N} + 212,953 .$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_{\delta} = -1,2096 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение неадекватно, поскольку $F_{\delta} = 0,736 < F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

11. Временного сопротивления при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ от содержания марганца Mn:

$$\sigma_{\hat{a}} = 4,1084Mn + 14,761.$$

Коэффициенты данного уравнения недостоверны, так как $t_p = 1,966 < t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение неадекватно, поскольку $F_{\hat{\delta}} = 1,933 < F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

12. Твердости \hat{A} от содержания марганца Mn:

$$\hat{A} = 43,225Mn + 132,86.$$

Коэффициенты данного уравнения достоверны, так как $t_p = 3,682 > t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\hat{\delta}} = 6,779 > F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

13. Временного сопротивления при растяжении $\sigma_{\hat{a}}$ от содержания хрома Cr:

$$\sigma_{\hat{a}} = 71,26Cr + 12,659.$$

Коэффициенты данного уравнения достоверны, так как $t_p = 3,363 > t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\hat{\delta}} = 5,655 > F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

14. Твердости \hat{A} от содержания хрома Cr:

$$\hat{A} = 361,6Cr + 135,7.$$

Коэффициенты данного уравнения достоверны, так как $t_p = 2,861 > t_{\hat{\epsilon}} = 1,979$, а само уравнение адекватно, поскольку $F_{\hat{\delta}} = 4,093 > F_{\hat{\epsilon}} = 3,09$.

На основе проведенных исследований, корреляционного и статистического анализа можно сделать следующие выводы:

1. Контролировать механические характеристики чугуна СЧ-20 можно при помощи ультразвукового дефектоскопа УД2-12 по скорости прохождения акустической волны через образец. Корреляционная и статистическая обработка показали, что связь между механическими характеристиками и скоростью распространения ультразвуковой волны значима, полученные коэффициенты в уравнениях регрессии оказались достоверными, а сами уравнения регрессии – адекватными.

2. Контроль химического состава по скорости ультразвуковой волны невозможен, так как полученные уравнения регрессии неадекватны, а коэффициенты в них недостоверны.

3. Контролировать механические характеристики по химическому составу невозможно, так как полученные уравнения регрессии неадекватны, а коэффициенты в них недостоверны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тодоров Р. П. Структура и свойства ковкого чугуна. М.: Металлургия, 1974.
2. Воронкова Л. В. Ультразвуковой контроль отливок из чугуна // В мире неразрушающего контроля. 2003. № 1. С. 24–27.
3. Четыркин Е. М., Калихман И. Л. Вероятность и статистика. М.: Финансы и статистика, 1982.

I. N. Rostokin, L. G. Alekseeva, R. S. Kononov

RESEARCH OF THE OPPORTUNITY OF THE CONTROL OF MECHANICAL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOUND OF PIG-IRON SH20 THE ACOUSTIC METHOD

Researches of statistical interrelation between mechanical properties, a chemical compound and results of the acoustic control of pig-iron SH20 are resulted. The opportunity of replacement of definition by destroying methods of mechanical characteristics and a chemical compound of pig-iron SH20 on not destroying acoustic method is considered.

Mechanical characteristics, the equations of regress, an acoustic method



УДК 504.7

И. С. Захаров, А. Г. Казанцева

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЗВЕСИ ИНФУЗОРИЙ

Рассмотрена возможность применения спектрофотометра для измерения концентраций инфузорий в диапазоне 160...2600 кл./мл при разных длинах волн для исследования популяционных тест-реакций. Проведены эксперименты, позволившие выявить информативные параметры взвеси для получения калибровочных характеристик метода и исследовать характер сигнала.

Спектрофотометр, кинетика, случайный процесс, эксперимент, инфузории

Биотестовые методы контроля окружающей среды в настоящее время очень востребованы, так как дают интегральную оценку загрязненности. Важным направлением является разработка специализированных приборов контроля тест-реакций, в первую очередь оптических [1]. Широкое распространение при контроле токсичности сред в качестве тест-объекта получили инфузории, но в силу особенностей их морфологии и локомоций оптические характеристики их взвесей исследованы недостаточно, поэтому при разработке приборов обычно опираются на общие закономерности рассеяния падающего излучения оптически крупными частицами.

Целью работы являлось исследование оптических свойств взвесей инфузорий-туфельек (*P. caudatum*) с помощью универсальных оптических приборов, которое необходимо как для разработки новой аппаратуры, так и для улучшения существующей, в том числе на основе тест-реакции гальванотаксиса [2]. Для достижения цели следовало решить задачу организации эксперимента для исследования оптических характеристик микроорганизмов, выбора оптической характеристики, отражающей концентрацию инфузорий, провести исследование зависимости калибровочных характеристик от длины волны падающего излучения, классифицировать вид сигнала от инфузорий.

Исследования велись с использованием спектрофотометра СФ-56, представляющего аппаратно-программный комплекс, позволяющий в автоматическом режиме рассчитывать спектральные характеристики взвеси и кинетику изменения характеристик на выбранной длине волны. Особенностью программного обеспечения СФ-56 является формирование файла данных, который требует преобразования для экспорта в приложение Excel или пакеты статистической обработки данных.

Важным фактором организации эксперимента была подготовка инфузорий, которых выращивают на синтетической минеральной среде с добавлением в качестве корма дрожжей, что требовало процедур отмывки микроорганизмов миграционным методом, микроскопного подсчета концентрации и дозирования взвеси с целью заполнения кюветы взвесью в пределах профиля падающего излучения спектрофотометра.

Последовательность проведения эксперимента представлена на рис. 1.

Максимальная концентрация при подсчете составила 2600 клеток на миллилитр. Остальные исследуемые образцы приготавливались путем разбавления исходной концентрации в 2, 4, 8 и 16 раз. Таким образом, было подготовлено 5 кювет с изменением концентрации клеток от 2600 кл./мл. до 160 кл./мл и одна кювета контрольного образца со средой Лозина-Лозинского.

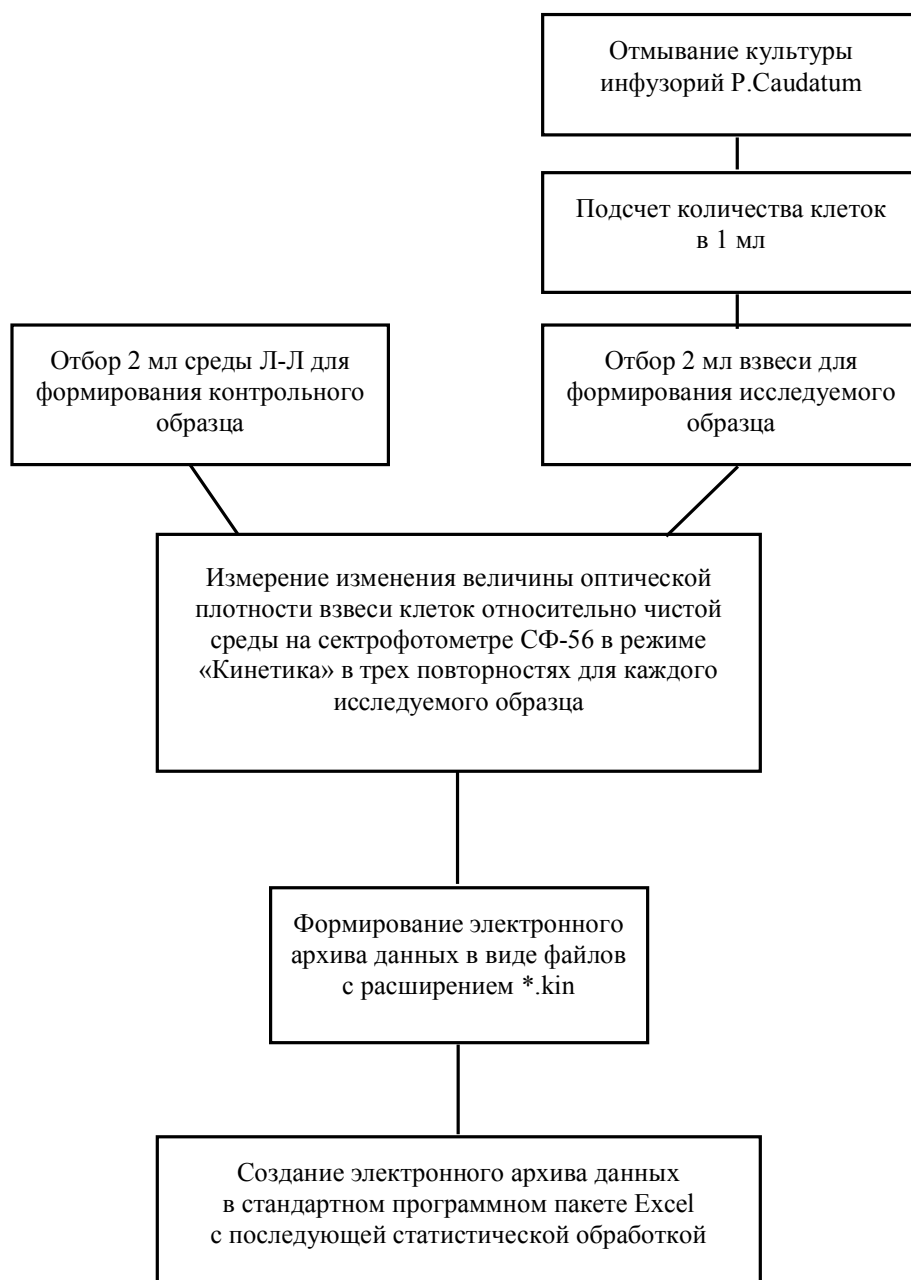


Рис. 1

В качестве оптической характеристики была выбрана кинетика оптической плотности взвеси, как более чувствительная для обнаружения малых изменений мутности среды. Следует отметить, что поскольку микроорганизмы обладают рассеивающими свойствами, то в спектрофотометре СФ-56 нельзя гарантировать, что весь рассеянный поток собирается фотоприемником. Строго говоря, с помощью программного обеспечения СФ-56 измерялся логарифм отношения интенсивностей излучения, проходящего через кювету с холостой и опытной пробами, – величина, которая далее будет обозначена D^* (о. е.). Измерение этого параметра в течение 30 с повторялось подряд 3 раза в диапазоне длин волн 400...1100 нм (ширина спектральной щели 6 нм).

Реализации (30 с, шаг 0,015 с) случайных процессов изменения кинетики величины D^* при длине волны 400 нм от движения популяций инфузорий с концентрациями 2600, 1300, 650, 350 и 160 кл./мл представлены на рис. 2 (значения концентраций даны в кавычках). Кинетика характеристики D^* , обусловленная движением популяции инфузорий в среде, представляет сигнал, в котором можно выделить: 1) постоянный уровень; 2) тренд, обусловленный возможным всплытием инфузорий, обычно описываемый линейной функцией; 3) случайный процесс (СП), обусловленный движением инфузорий.

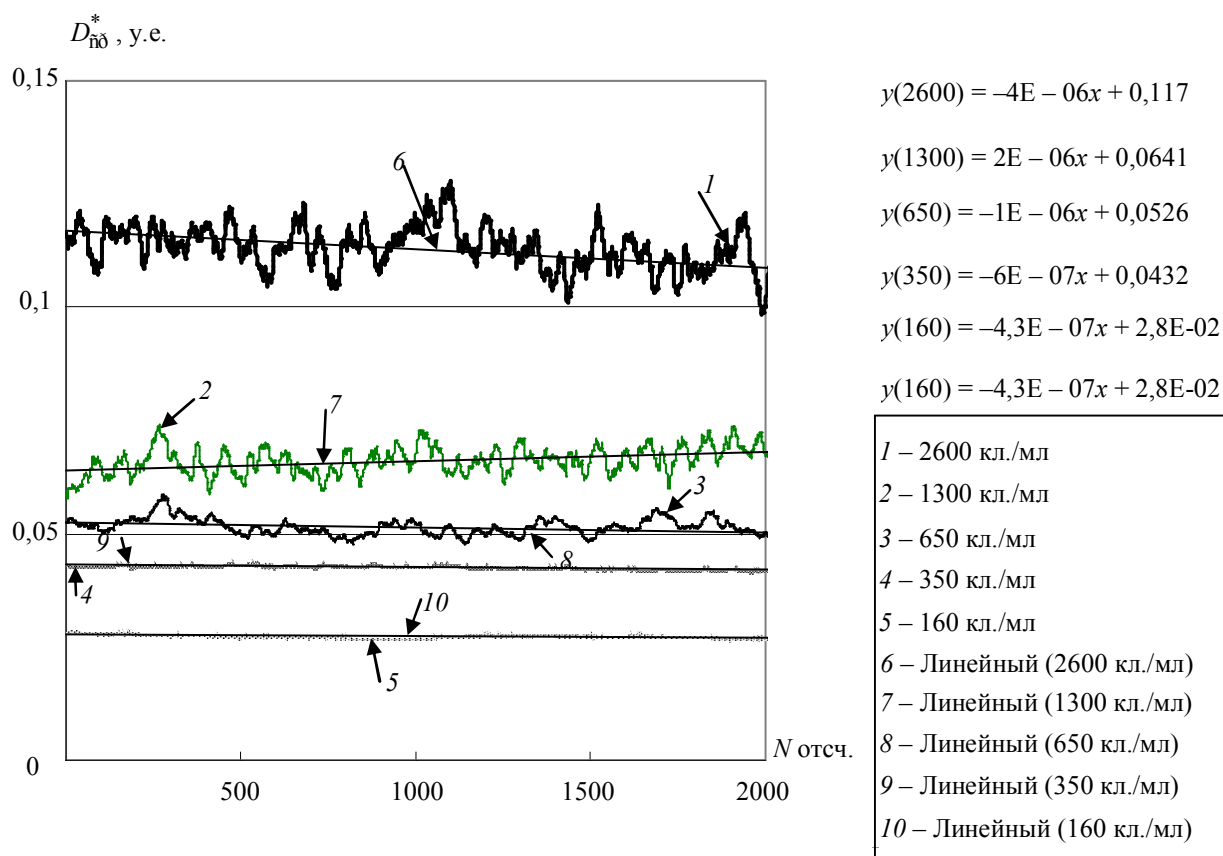


Рис. 2

На рис. 3 представлены калибровочные характеристики метода, построенные по 5 отсчетам для длин волн 400 и 1000 нм, а на рис. 4 – график изменения наклона калибровочной кривой в зависимости от длины волны в диапазоне длин волн 400...1000 нм.

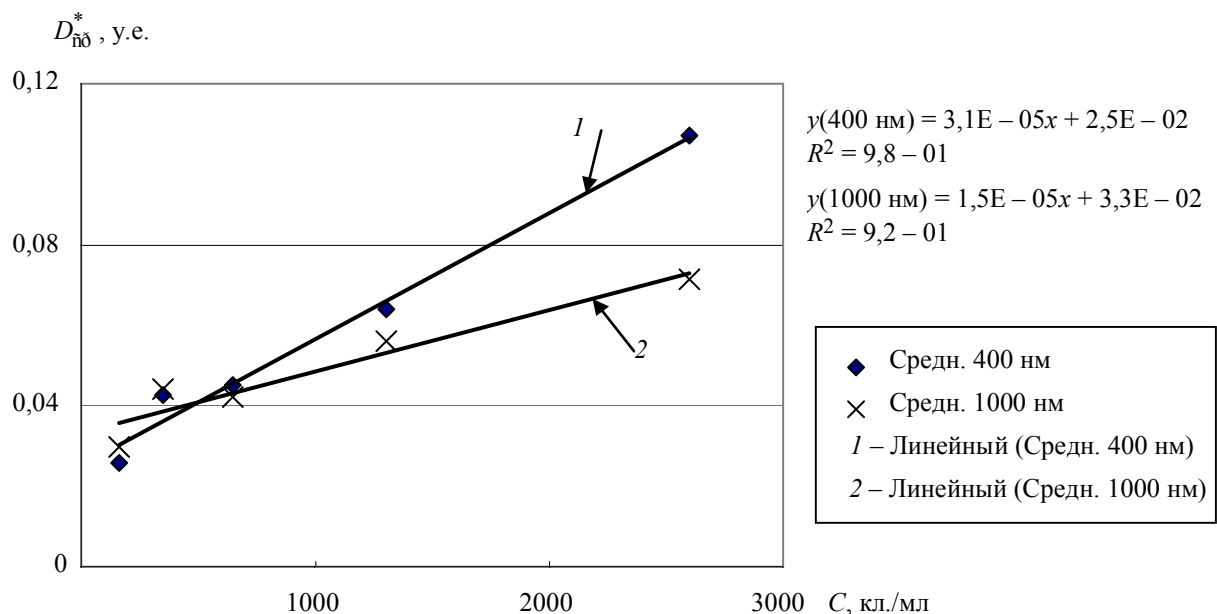


Рис. 3

В этом диапазоне наклон a калибровочной кривой снижается с 0,03 ед. до 0,015 на 1000 кл./мл, на длине волны 1100 нм поднимается до 0,021 ед. на 1000 кл./мл. Поэтому для измерений концентрации предпочтителен диапазон 400...600 нм. Коэффициент линейности калибровочной зависимости $R^2 > 0,9$ в диапазоне 400...700 нм, в диапазоне 800...1100 нм – более 0,92, все значения наклона статистически значимы ($p\text{-value} < 0,007$). При концентрациях ниже 650 кл./мл во всем диапазоне длин волн возникает нелинейность.

a , у. е./тыс. кл./мл

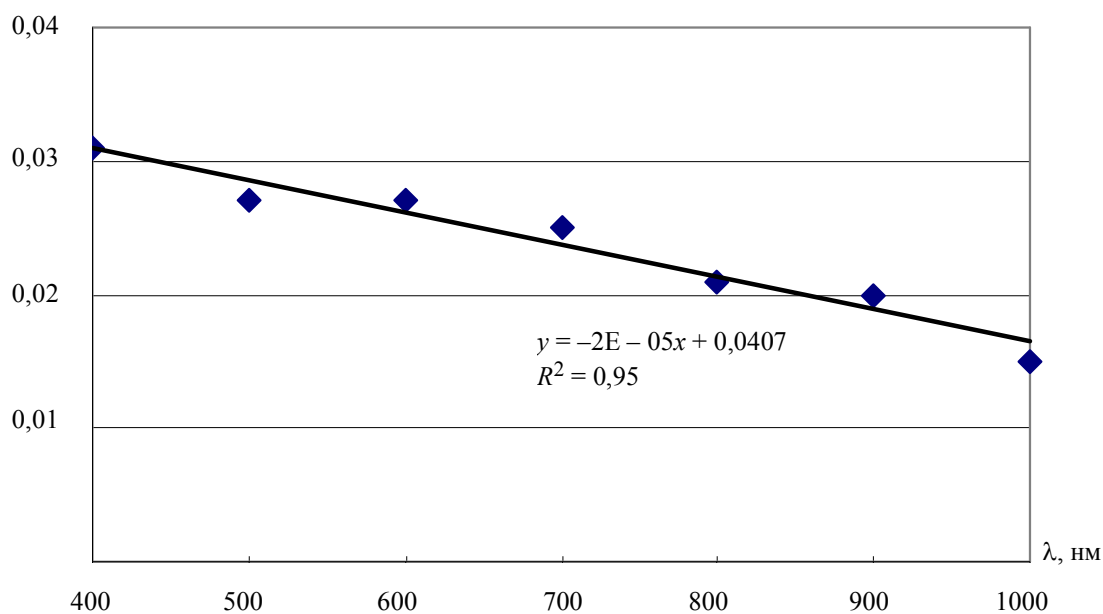
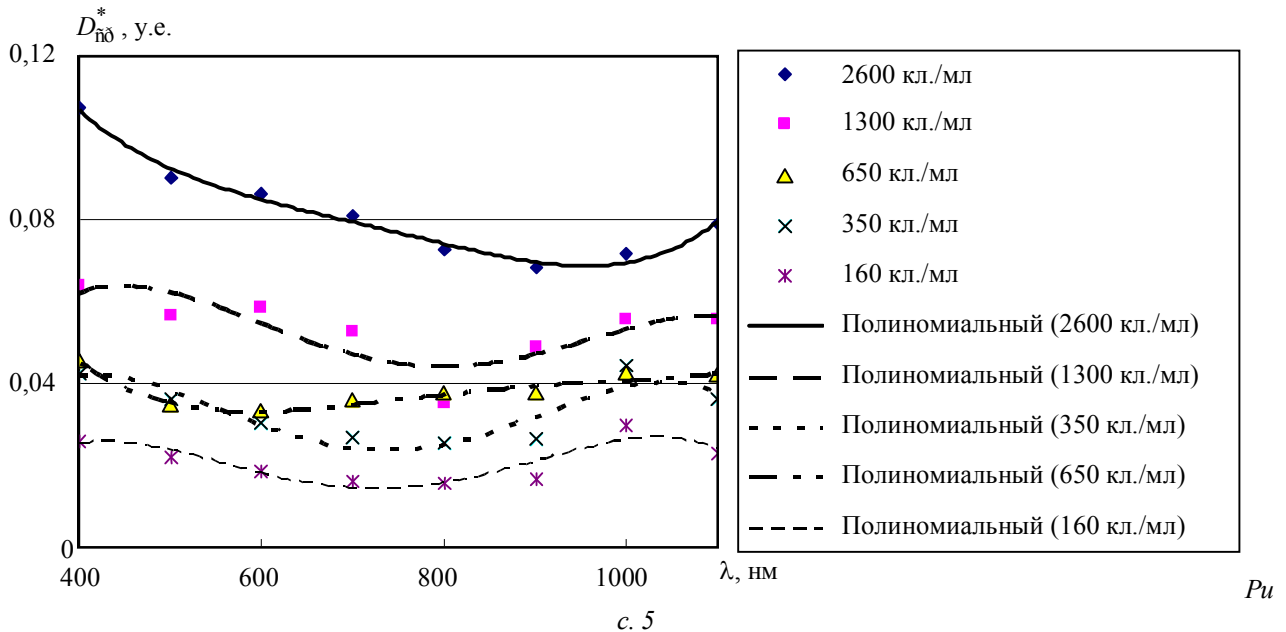


Рис. 4

Были исследованы изменения величины $D_{\text{нб}}^*$ при одинаковых концентрациях, но разных длинах волны (рис. 5). При изменении концентрации средняя оптическая плотность уменьшается, но характер спектральной зависимости меняется. При малых концентрациях спектральная зависимость приближается к спектру воды.



Для исследования случайных составляющих сигналов использовался программный пакет Statgraphics. Из сигналов выделялся линейный тренд и строилась автокорреляционная функция (АКФ, с шагом дискретизации 0,15 с. АКФ случайного процесса изменения кинетики D^* при длине волны излучения 400 нм и разных концентрациях инфузорий приведены на рис. 6–9.

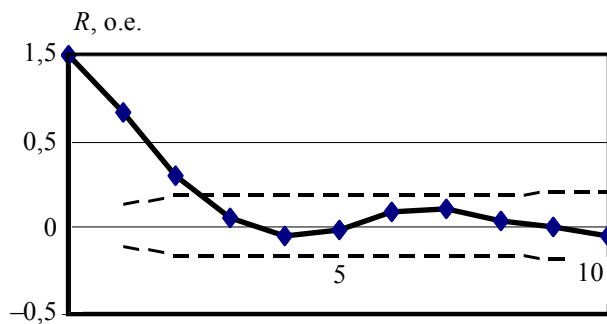


Рис. 6

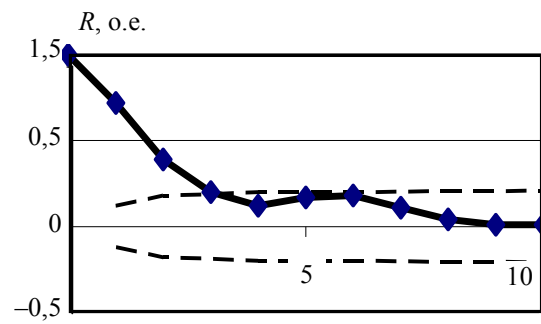


Рис. 7

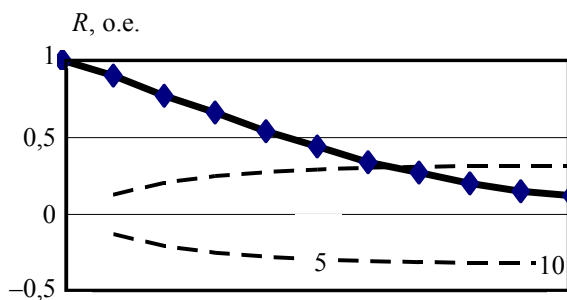


Рис. 8

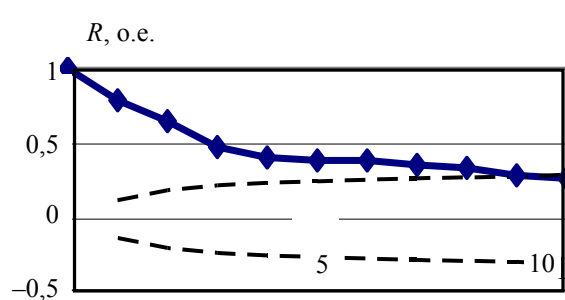


Рис. 9

На рис. 6 и 7 приведены АКФ случайных процессов при концентрациях 2600 и 1300 кл./мл соответственно, а на рис. 8 и 9 – при концентрациях 650 и 350 кл./мл. Пунктирной линией показаны границы статистически значимых значений АКФ на уровне 95 %.

АКФ показывает, что СП, обусловленные подвижностью инфузорий, являются квазидетерминированными, содержащими импульсы со случайными амплитудами.

АКФ СП сигналов от инфузорий спадает максимум за 1,5 с до статистически незначимых величин, что показывает эргодичность СП. При больших концентрациях спад АКФ происходит быстрее. Это можно объяснить тем, что множество независимо движущихся инфузорий создают суммарный сигнал, амплитуды флуктуаций которого слабо коррелированы между собой. При малых концентрациях инфузорий на АКФ могут оказывать влияние нелинейные тренды. Исследование формы сигналов требует сравнения АКФ большого количества реализаций и потому выходит за пределы статьи. Было выявлено, что свойство эргодичности и квазидетерминированности характерно для сигналов, полученных при разных длинах волн прошедшего излучения.

В ходе работы исследовалось, несут ли СП сигналов от инфузорий информацию о концентрации, для чего было рассчитано СКО СП при разных концентрациях инфузорий и была построена регрессионная зависимость по группе реализаций СП (ряды 1–3 на рис. 10). Коэффициент линейности зависимости составил $R^2 = 0,92 \dots 0,95$. Коэффициент наклона при различных реализациях менялся в диапазоне $(1,6-1,8)E-06$, что входит в доверительный 95%-ый интервал значений наклона, рассчитанных с помощью пакета анализа Excel.

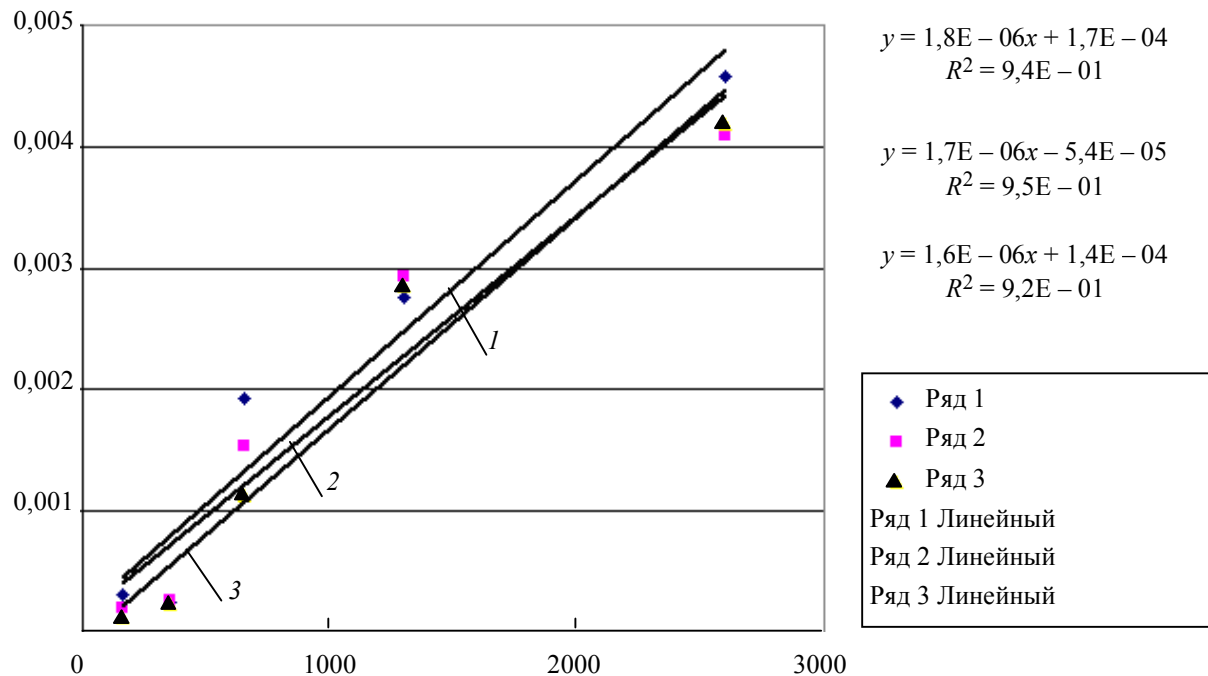


Рис. 10

Были рассчитаны средние значения СКО СП по трем реализациям: при концентрации 2600 кл./мл $СКО = 0,042 \pm 0,003$, при 1300 кл./мл – $СКО = 0,028 \pm 0,001$, при 650 кл./мл – $СКО = 0,0015 \pm 0,0004$, при 350 кл./мл – $СКО = 0,00025 \pm 0,00002$, при 160 кл./мл – $СКО = 0,00020 \pm 0,0001$. При больших концентрациях СКО СП меньше, чем при малых

концентрациях. Можно говорить о стационарности СП в широком смысле слова относительно СКО, полученных с помощью обработки сигнала спектрофотометра при концентрациях более 1000 кл./мл.

Расчет коэффициента корреляции между средними значениями величины D^* и его СКО после удаления линейного тренда (при длине волны 400 нм) показывает выраженную зависимость между этими величинами на уровне $r = 0,95$. Как и в случае построения калибровочных кривых по среднему значению D^* , нелинейность возникает при концентрациях 350 и 160 кл./мл. При больших концентрациях СКО составляет 4...5 % от значений D^* . Увеличение СКО СП при малых концентрациях инфузорий, возможно, обусловлено большей неравномерностью распределения клеток по высоте кюветы за счет всплытия в верхние слои жидкости.

На рис. 11 показана зависимость СКО СП от концентрации при длинах волн 400 и 1000 нм. При более коротких длинах волн СКО СП сигналов имеет больший наклон, чем при длинных волнах.

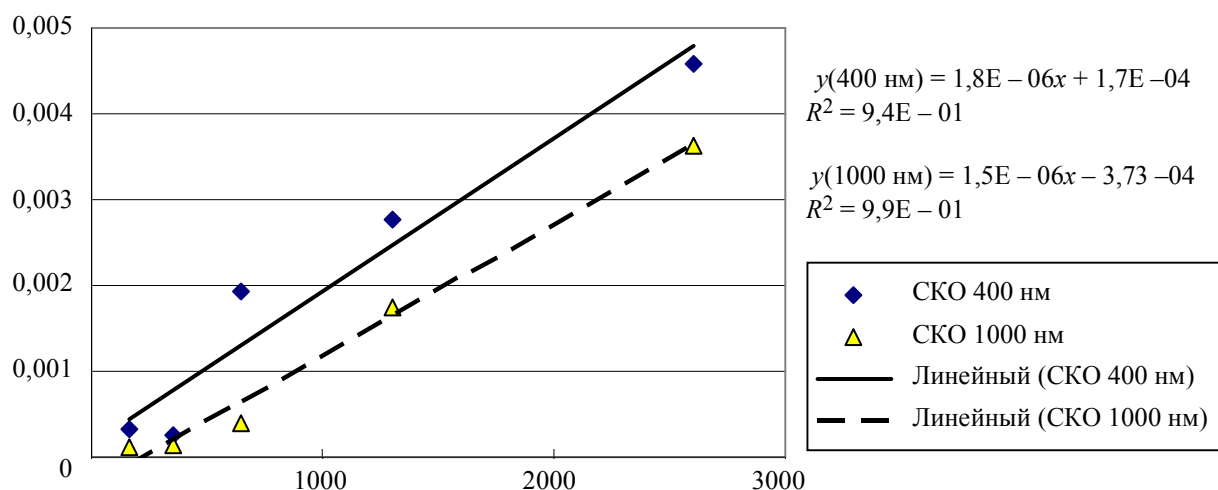


Рис. 11

По проделанной работе можно сделать следующие выводы: в статье описан метод измерения концентраций инфузории-туфельки с помощью спектрофотометра, выделены информативные показатели концентрации, составляющие сигнала от взвесей инфузорий, исследован случайный процесс, обусловленный движением популяции инфузорий, показано, что информацию о концентрации несет не только средняя величина сигнала, но и СКО СП этого сигнала.

Выявлены пределы обнаружения концентраций инфузорий с помощью спектрофотометра. При всех достоинствах метода он является в большей степени исследовательским и применим только к большим концентрациям тест-объектов (более 1000 кл./мл), тогда как специализированные приборы позволяют обнаруживать единичные клетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров И. С., Завгородний А. В. Проектирование аппаратуры для комплексного биотестирования среды / Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2006. Сер. «Биотехнические системы в медицине и экологии» Вып. 3. С. 78–84.
2. Захаров И. С., Ковалевская А. С., Казанцева А. Г. Модификация установки для контроля токсичности водных сред с использованием гальванотаксиса / Тр. науч.-практ. конф. «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий». СПб., 2005. С. 75–76.

I. S. Zakharov, A. G. Kazantzeva

THE STUDY OF INFUSORIA OPTICAL PROPERTIES

The possibility of using spectrophotometer for getting optical properties infusoria P. Caudatum galvanotaxis bioassay has observed. The first experiments confirming the possibility of using spectrophotometer for study of bioassay and it,s parameters has conducted.

Spectrophotometer, infusoria, experiment



УДК 378

М. Г. Пантелеев, М. Н. Вехорев, С. В. Лебедев

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ КОМПЕТЕНТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Предложен онтологический подход к разработке компетентностных моделей. Разработана базовая онтология компетентностного подхода, позволяющая эффективно организовать процесс разработки компетентностных моделей различными группами экспертов. Обсуждается структура информационного обеспечения для поддержки разработки компетентностных моделей.

Компетентностный подход, компетентностная модель, компетенция, онтологии, виды и задачи профессиональной деятельности, информационное обеспечение

В настоящее время в отечественной системе образования осуществляется переход на федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ФГОС ВПО), в основу которых положен компетентностный подход [1]. В соответствии с этим подходом ожидаемые результаты освоения образовательных программ должны специфицироваться в компетентностном формате, то есть в форме компетентностной модели выпускника. Компетентностная модель (КМ) представляет собой структурированную по группам совокупность компетенций. Под компетенцией понимается «способность применять знания, умения, опыт и личностные качества для успешной деятельности в определенной области» [2].

Различные аспекты компетентностного подхода на протяжении последних лет широко обсуждались в литературе [3], концептуальная разработка данной проблемы продолжается и в настоящее время. Вместе с тем, с вводом в действие нового макета ФГОС ВПО работа в этом направлении вступила в фазу активного практического внедрения. В ближайшее время широкой академической общественности предстоит масштабная работа по освоению и практическому использованию компетентностного подхода в процессе разработки и реализации образовательных программ, соответствующих ФГОС ВПО 3-го поколения.

Процесс разработки КМ характеризуется тем, что он:

- является сложным интеллектуально-емким видом экспертной деятельности, требующим привлечения широкого круга высококвалифицированных специалистов из различных предметных областей;

- предполагает активное привлечение представителей работодателей наряду с представителями академической общественности;

- учитывает то, что различные участники процесса разработки обладают собственной точкой зрения на предметную область и в разной степени подготовлены к практическому использованию компетентностного подхода;

- предполагает регулярное (и достаточно частое) обновление КМ вследствие высокой динамики обновления знаний и требований, предъявляемых к выпускникам рынком труда.

Анализ этих особенностей показывает, что по своей сути задача разработки КМ является задачей управления знаниями. Эффективное решение задач данного класса предполагает явную фиксацию единого концептуального взгляда на проблемную область для всех экспертов, вовлеченных в совместную деятельность.

В последние годы в задачах управления знаниями широко используются онтологии, представляющие собой формальные концептуальные модели предметных областей [4]. В ряде зарубежных публикаций рассмотрено применение онтологического подхода к задачам формирования КМ в рамках управления персоналом компаний [5].

Наличие формальных онтологий позволяет четко специфицировать бизнес-процессы в проблемной области, обеспечивает экспертам информационно-знаниевую поддержку и создает предпосылки для создания информационных сервисов, реализующих интеллектуальную обработку знаний на семантическом уровне.

В контексте поддержки внедрения компетентностного подхода в отечественную систему образования можно выделить три уровня задач управления знаниями при разработке КМ: общефедеральный, «отраслевой» и корпоративный.

На общефедеральном уровне осуществляется разработка структуры КМ в рамках макетов ФГОС ВПО.

К уровню, условно названному «отраслевым», относится разработка в рамках соответствующих УМО ФГОС ВПО по конкретным направлениям подготовки. На данном уровне осуществляется разработка КМ федерального уровня для выпускников определенного направления подготовки и профиля.

Корпоративный уровень соответствует разработке КМ в рамках конкретных образовательных программ, разрабатываемых и реализуемых вузами. Компетентностные модели данного уровня уточняют и развивают КМ, заданные в ФГОС ВПО.

В основу разрабатываемой онтологии компетентностного подхода положен концептуальный взгляд, зафиксированный в макете ФГОС ВПО. В процессе онтологического анализа были выделены следующие основные сущности:

- уровень высшего профессионального образования (ВПО);
- направление подготовки;
- компетентностная модель;
- группа компетенций;
- универсальные (общекультурные) компетенции;
- профессиональные компетенции;

- макет ФГОС ВПО;
- ФГОС ВПО;
- основная образовательная программа (ООП);
- примерная ООП (ПООП);
- область профессиональной деятельности;
- объекты профессиональной деятельности;
- виды профессиональной деятельности;
- задачи профессиональной деятельности.

Ядро построенной онтологии, с учетом выделенных между концептами отношений, представлено на рис. 1, где овалы представляют классы сущностей, а прямоугольники – экземпляры некоторых классов. Неименованные стрелки соответствуют отношению наследования, а именованные задают некоторые специфические отношения между классами сущностей.

Сущность «Документ» введена для привязки разрабатываемой модели к одному из уровней разработки КМ: уровень макета ФГОС, ФГОС, примерной ООП или ООП вуза. Предполагается, что каждый ФГОС ВПО разрабатывается на основе некоторого макета ФГОС ВПО, а ООП, в свою очередь, соответствует определенному ФГОС. Примерные ООП прилагаются к ФГОС. Связи между подклассами класса «Документ» позволяют организовать разработку КМ, соответствующей одному уровню, на основе моделей, созданных на «вышестоящих» уровнях.

Разработка общекультурных (универсальных) и профессиональных компетенций с точки зрения онтологического подхода имеет существенные особенности.

Общекультурные компетенции не привязаны к видам, задачам и объектам профессиональной деятельности и в этом смысле хуже поддаются структуризации. В предшествующих версиях макета ФГОС ВПО было принято выделение трех подгрупп универсальных компетенций: общенаучные (ОНК), инструментальные (ИК) и социально-личностные (СЛК). В последней редакции ФГОС ВПО такая структуризация отсутствует, однако разработчики онтологии на данном этапе посчитали целесообразной сохранить ее в качестве дополнительной помощи разработчикам КМ.

Профессиональные компетенции в макете ФГОС ВПО делятся на следующие подгруппы:

- общепрофессиональные компетенции;
- компетенции по видам профессиональной деятельности;
- профессионально-специализированные компетенции.

Особенностью общепрофессиональных компетенций является их привязка к видам, задачам и объектам профессиональной деятельности. Это позволяет более четко структурировать их и использовать в процессе разработки соответствующие онтологии. Онтологии областей, видов, задач и объектов профессиональной деятельности могут быть построены (и уже строятся) профессиональными сообществами и использоваться в качестве информационно-знаниевой поддержки процесса разработки КМ. Представленная на рис. 1 онтология выступает по отношению к ним как онтология верхнего уровня.

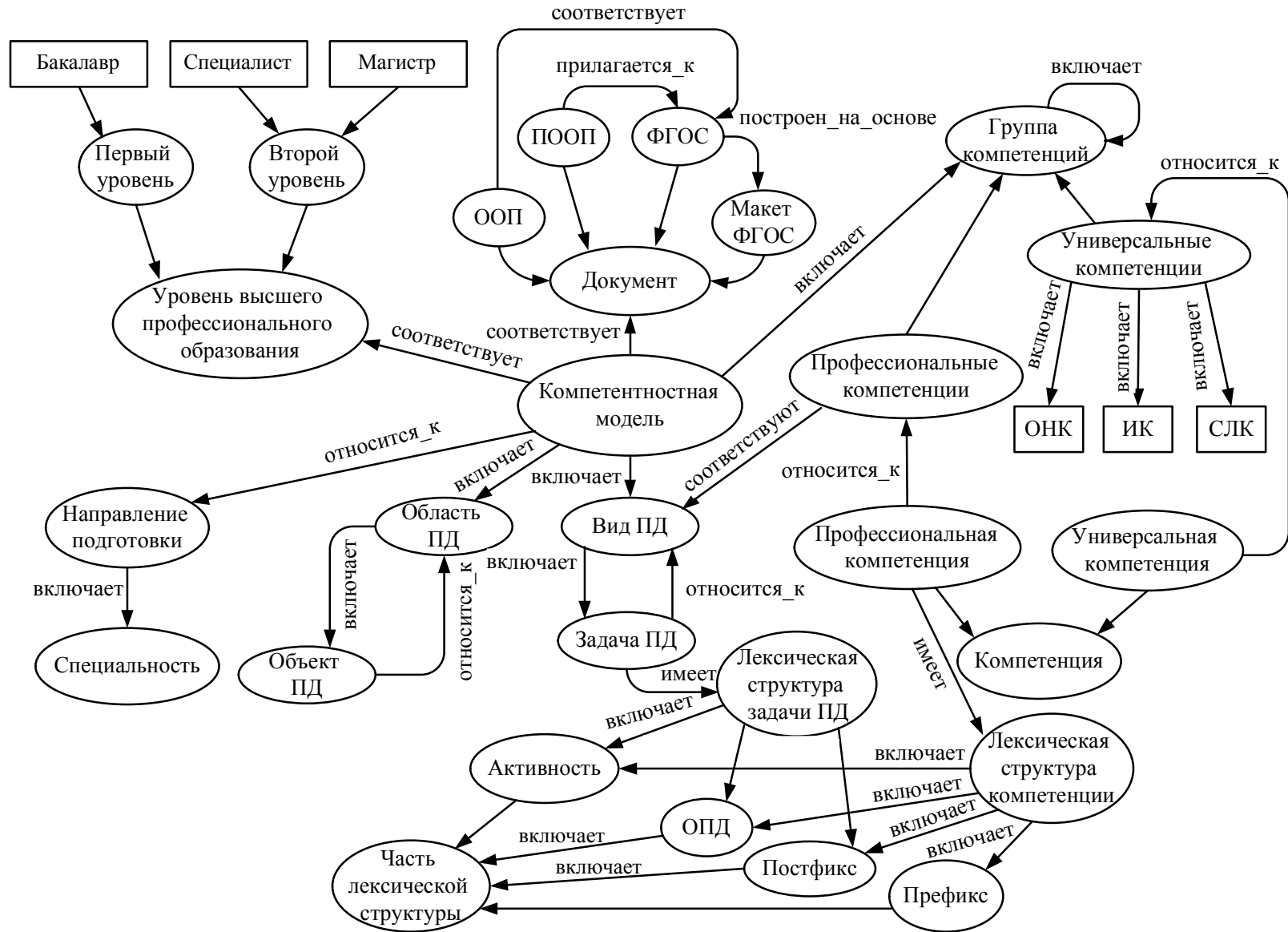


Рис. 1

В основу специфицирования задач профессиональной деятельности положен словарь типов задач. Этот словарь расширяет известную таксономию Б. Блума и содержит такие понятия как «анализ», «проектирование», «разработка», «обслуживание» и т. п.

В онтологии на рис. 1 элементам этого словаря соответствует класс «Активность». При этом имеется в виду, что задачи профессиональной деятельности и соответствующие им компетенции выражают некоторое действие, направленное на объект профессиональной деятельности. Привязка к задачам и объектам профессиональной деятельности позволяет ввести в рассмотрение лексическую структуру профессиональной компетенции, связанную с лексической структурой задач профессиональной деятельности. Класс «Постфикс» позволяет расширить формулировку компетенции, указав, например, с использованием какого инструментария должна осуществляться данная активность.

Использование онтологической модели представления знаний позволяет специфицировать ряд важных ограничений отношений между сущностями базовой онтологии. Так, совокупность возможных видов профессиональной деятельности ограничена выбранным направлением подготовки. Например, такие виды профессиональной деятельности, как проектно-конструкторская и проектно-технологическая, существуют в сфере техники и технологий, но не характерны для медицины и гуманитарных направлений подготовки.

Аналогично, накладываются ограничения на отношения уровня образования с задачами профессиональной деятельности и связанными с ними компетенциями. Например, компетенции, связанные с исследованием и разработкой новых концепций, моделей и т. п., характерны только для магистерского уровня, но не предполагаются у бакалавров.

Явная фиксация таких ограничений в онтологии позволит эффективно использовать ее в качестве компонента информационной среды, поддерживающей разработку компетентностных моделей. Состав и структура информационного обеспечения такой среды представлены на рис. 2.

В составе информационного обеспечения выделены три группы

- компоненты, поддерживающие организацию групповой работы экспертов;
- компоненты, обеспечивающие информационную поддержку собственно процесса проектирования КМ;
- базовая онтология (ядро КМ) и компоненты представления (хранения) результирующих документов (компетентностных моделей).

Важнейшей особенностью информационного обеспечения автоматизированной среды является поддержка эффективной работы групп экспертов в процессе проектирования КМ. Для ее реализации необходимы соответствующие компоненты информационного обеспечения. Такими компонентами являются онтология проекта и список пользователей. Под проектом понимается разработка одной компетентностной модели. В проекте, в общем случае, участвуют несколько групп экспертов, разрабатывающих различные группы компетенций.

Онтология проекта связывает в единое целое сущности, относящиеся к конкретному проекту:

- онтологии, создаваемые в рамках данного проекта;
- экспертов, участвующих в данном проекте;

- рабочие группы, выделенные в рамках данного проекта.



Рис. 2

Список пользователей предназначен для идентификации и авторизации пользователей автоматизированной среды. При этом один пользователь может участвовать в любом числе проектов.

Информационные компоненты этой группы в целом поддерживают традиционные для многопользовательских информационных сред функции:

- авторизованный доступ к АИС на основе регистрации (логин, пароль);
- поддержку сессионности доступа к ресурсу;
- хранение личных данных и настроек пользователя;

- возможности разбиения зарегистрированных пользователей на группы в соответствии с их ролями (при этом каждый эксперт может входить в несколько групп), включая выделение в каждой группе координатора.

Компоненты информационного обеспечения, непосредственно поддерживающие процесс проектирования КМ, имеют разный уровень формализации и включают:

- онтологии областей и объектов профессиональной деятельности;
- словарь видов профессиональной деятельности;
- словарь типов задач профессиональной деятельности;
- перечень направлений подготовки.

Словарь видов профессиональной деятельности строился путем объединения видов деятельности, взятых из различных ФГОС.

Компоненты представления результирующих документов обеспечивают хранение разработанных КМ в семантически размеченных форматах.

В качестве ядра компетентностных моделей выступает базовая онтология компетентностного подхода, являющаяся важнейшим системообразующим элементом информационного обеспечения процесса разработки КМ.

Разработанная базовая онтология и ряд пилотных онтологий видов, задач и объектов профессиональной деятельности в настоящее время реализованы с использованием инструментального средства Protégé. На последующих этапах планируется пополнение онтологий предметных областей с привлечением более широкого круга специалистов. В связи с этим актуальной становится задача разработки сценариев совместного редактирования онтологических баз знаний распределенными группами экспертов с поддержкой механизмов разрешения возникающих между ними противоречий и реализации таких механизмов в информационной среде.

Использование для хранения онтологий стандартизированных языков семантического Web (RDF и OWL) позволит реализовать автоматизированную обработку знаний на семантическом уровне.

Последовательная реализация онтологического подхода к разработке компетентностных моделей и его использование в рамках создаваемой автоматизированной информационной системы позволит, по мнению авторов, существенно повысить эффективность работы распределенных групп экспертов и качество результирующих компетентностных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байденко В. И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы): Метод. пособие. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. 114 с.
2. Байденко В. И. Выявление состава компетенций выпускников вузов как необходимый этап проектирования ГОС ВПО нового поколения: Метод. пособие. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. 72 с.
3. Проектирование основных образовательных программ, реализующих федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования: Метод. рекомендации для руководителей и актива учебно-методических объединений вузов / Первая ред. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов; Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, 2009. 80 с.

4. Davies J., Fensel D., Harmelen F. Towards the Semantic Web: Ontology-driven Knowledge Management. John Wiley & Sons, 2005. 328 p.

5. Paquette G. An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management// Educational Technology & Society. 2007. V. 10, № 3. P. 1–21.

M. G. Panteleyev, M. N. Vekhorev, S. V. Lebedev

ONTOLOGICAL APPROACH TO A COMPETENCE MODEL DEVELOPMENT

The ontological approach to a competence model development is proposed. A basic model of a competence approach enabling to organize an efficient process of the competence model development by diverse expert groups is designed. The structure of an information components for support of competence model design is discussed.

Competence approach, competence model, competence, ontologies, kinds and tasks of professional activity, dataware



УДК 1:53

О. А. Луговая

ФИЛОСОФИЯ И ФИЗИКА: ТИПОЛОГИЯ ПРОБЛЕМ

Рассматриваются основные открытия неклассической физики. Выделены ключевые вопросы и проблемы физики и философии, поставленные новыми открытиями. Представлены взгляды современных ученых В. Л. Гинзбурга и В. П. Бранского.

Пространство, время, детерминизм, причинность, хаос, порядок

Интерес к физике достаточно часто объясняется тем, что физика всегда занимала видное место в системе человеческих знаний – начиная с античности, когда само слово «физика» означало науку о природе вообще. На протяжении всей новой и новейшей истории физика была лидером научного прогресса. Ее концепции и методы служили образцами для других наук, т. е. она была как бы парадигмой естественно-научного познания в целом. «Естествознание, в целом и особенно физика, начиная с XVII века и вплоть до XX века, шли по пути выявления внутренней целостности, единства изучаемых объектов» [1, с. 9]. Физика находится в поиске единства – как единства своих фундаментальных теорий, так и единства в своих отношениях с другими естественными науками. Осмыслению проблемы единства способствует и разработка философских проблем физики. Однако эффективное решение философских проблем физики требует профессионального знания как содержания физики, ее истории, так и профессионального владения философским языком, умения философски мыслить. Философия физики сформирована в основном в XX в., предметом ее являются философские проблемы физики, иначе говоря, это проблемы, которые носят пограничный характер: их нельзя назвать чисто физическими или чисто философскими проблемами. «...Эти проблемы, в конечном счете, сводятся к исследованию *отношения* фундаментальных физических понятий (лежащих в основании фундаментальных физических теорий) к философским понятиям (“категориям” философии)» [2, с.10].

Современное представление об основных проблемах теоретической физики, с одной стороны, и проблемах философии физики, с другой стороны, сформировалось на основе двух основополагающих теорий физики начала XX в. Это *теория относительности* (специальная и общая) А. Эйнштейна и *квантовая теория*, создателями которой являются М. Планк, Н. Бор, В. Гейзенберг, Э. Шредингер, М. Борн, П. Дирак и др. Именно эти две

фундаментальные теории физики выступили естественно-научной предпосылкой проблем физики и философских проблем физики XX в. И обусловлены они развитием самой физики. «Теория относительности Эйнштейна зародилась из попыток усовершенствовать, исходя из экономии мысли, существовавшее в начале двадцатого века, обоснование физики» [3, с. 15]. Теория относительности А. Эйнштейна, главным образом специальная теория относительности, явилась завершением объединения электрических, магнитных и световых явлений, сильно продвинутого Максвеллом в 60–70-х г. XIX в. В 1905 г. Эйнштейн сформулировал *специальный принцип относительности* и *принцип постоянства скорости света*. Согласно первому принципу – специальному принципу относительности – в любых инерциальных системах отсчета все физические процессы протекают одинаково. Утверждение Галилея о том, что в инерциальных системах отсчета все *механические* явления протекают одинаково, Эйнштейн заменил утверждением об одинаковом протекании любых *физических* явлений (в том числе и электромагнитных, и оптических) во всех инерциальных системах. Согласно второму принципу – принципу постоянства скорости света – скорость не зависит от движения источника света или наблюдателя, одинакова во всех инерциальных системах отсчета и является предельной скоростью распространения какого-либо сигнала. Одновременное признание этих двух принципов означало, что необходимо найти такие преобразования, при которых при переходе от одной инерциальной системы к другой скорость света оставалась бы постоянной. Эйнштейн доказал, что этим требованиям удовлетворяют преобразования Лоренца. Из принципов, или постулатов, Эйнштейна вытекают выводы о том, что понятия *одновременности событий*, *длительности временного промежутка* и *длины отрезка* перестают носить абсолютный характер, становясь зависимыми от выбора системы отсчета, из которой ведется наблюдение, т. е. согласно специальной теории относительности перестает быть справедливым классический закон сложения скоростей, измеряемые длины отрезков изменяются, а в *законы преобразования их компонентов помимо пространственных переменных входит время*. И эти преобразования выражают тот факт, что *не существует независимых друг от друга всеобщих и абсолютных пространства и времени, что, наоборот, пространство и время относительно и тесно связаны между собой*. В связи с этим Г. Минковский предложил рассматривать трехмерное пространство и одномерное время как *единое четырехмерное пространство-время*, т. е. такое, где координатная ось, по которой откладывается время, равноправна с осями, по которым откладываются координаты x , y , z . Из специальной теории относительности следует вывод о связи массы тела со скоростью, что *с возрастанием скорости движения тела одновременно увеличивается и его масса*. Когда скорость тела приближается к скорости света, его масса становится бесконечно большой, что означает невозможность дальнейшего разгона. Со скоростью света могут двигаться только объекты, масса покоя которых равна нулю. Кроме этого, Эйнштейн установил зависимость между энергией тела и его массой, что *если тело обладает массой, то тем самым оно обладает и энергией*. Это открытие имело очень большое научное и практическое значение. В частности стали понятны многие явления, которые происходят с атомным ядром и элементарными частицами. Однако напомним, что специальный принцип относительности рассматривает *инерциальные* системы отсчета, где движение *равномерно*. В действительности же реальные тела двигаются не

только равномерно, но и с *ускорением*. Чтобы отразить этот факт в теории, Эйнштейн в 1916 г. сформулировал *общий* принцип относительности, положивший начало новым взглядам на пространство, время, гравитацию, – *общую теорию относительности*. В более общем виде первый принцип специальной теории относительности выглядит так: *законы физики инвариантны* (одинаковы) *в любых движущихся системах координат* (в том числе и не инерциальных, а движущихся с ускорением). *Второй постулат* общей теории относительности называется *принципом эквивалентности* и гласит, что *ускоренное движение физически эквивалентно покою в гравитационном поле*. Из принципа эквивалентности следует, что явления, которые обусловлены неинерциальной системой отсчета, могут наблюдаться в инерциальной системе в результате действия сил тяготения (гравитации). Эйнштейн обратил внимание на интересное свойство гравитации. С одной стороны, от нее нельзя заслониться никакими экранами, как, например, можно сделать в случае электромагнитного взаимодействия. С другой стороны, от нее легко избавиться, если соответствующим образом выбрать направление движения. Он провел мысленный эксперимент, впоследствии названный «лифт Эйнштейна», и при объяснении гравитации Эйнштейн отказался от концепции поля. Он выдвинул концепцию, согласно которой *гравитация* – это не поле, а *свойство пространства*. Согласно взглядам Эйнштейна, массивное тело не создает вокруг себя никакого поля, оно просто *искривляет* пространство вокруг себя. Степень кривизны пространства зависит от массы тела и степени удаленности от него, т. е. в *общей теории относительности геометрические свойства пространства оказываются зависимыми от массы*. Это значит, что реальное пространство может быть не плоским, а искривленным. Для описания искривленного пространства невозможно использовать плоскостную геометрию Евклида, необходимо воспользоваться геометрией кривых К. Римана. Теория относительности Эйнштейна утвердила неправомерность универсализации понятий и законов классической физики и оказалась одним из факторов, благоприятствовавших выдвижению и принятию гипотез, в основе которых лежали предпосылки, противоречащие классической физике. Об этом свидетельствует внутренняя логика развития проблемы излучения, выросшей в квантовую физику. В 1905 г. А. Эйнштейн использовал *идею квантов* М. Планка (выдвинул ее в 1900 г.) для объяснения фотоэффекта и высказал *гипотезу* о квантовом характере светового излучения. М. Планк сделал предположение, что обмен энергией между веществом и электромагнитным излучением происходит *дискретными* порциями или *квантами*. Согласно Эйнштейну, свет представляет собой поток частиц – фотонов, энергия которых зависит от частоты электромагнитного излучения. Соответственно, поле – это совокупность фотонов, которые возникают и исчезают при излучении и поглощении света. Концепция фотонов – это корпускулярная модель света, позволяющая хорошо объяснить явление фотоэффекта, но плохо применимая для объяснения интерференции и дифракции. Опыты по интерференции и дифракции указывают на волновую природу света. Возник вопрос о действительной природе света. На современном уровне развития науки принято говорить, что поскольку в зависимости от характера опыта проявляется то одна, то другая сторона явления, то обе они и составляют его сущность, т. е. *электромагнитное излучение* (например, видимый свет) *имеет как волновую, так и корпускулярную природу*. В свою очередь, Л. де Бройль высказал гипотезу,

что корпускулярно-волновые представления следует распространить на все микрочастицы. Его гипотеза была экспериментально подтверждена обнаружением интерференционного и дифракционного эффектов для тонкого пучка электронов, направленных на кристалл никеля. Не будем подробно останавливаться на этапах осмысления экспериментальных данных, их математической обработки, лишь укажем на то, что потребовалось более четверти века на развитие *гипотезы* Планка о существовании кванта действия и оформиться в *законы* квантовой теории. Кратко обозначим основные принципы квантовой механики. Таковыми являются принцип *неопределенности* В. Гейзенберга и принцип *дополнительности* Н. Бора. Согласно принципу неопределенности *невозможно одновременно точно определить местоположение частицы и ее импульс*. Чем точнее определяется местоположение, или координата, частицы, тем более неопределенным становится ее импульс. И наоборот, чем точнее определен импульс, тем более неопределенным остается ее местоположение. Соотношение неопределенности означает, что принципы и законы классической динамики Ньютона не могут использоваться для описания процессов с участием микрообъектов. По существу этот принцип означает отказ от *детерминированности* и признание принципиальной роли *случайности* в процессах с участием микрообъектов. Принцип неопределенности является частным случаем более общего по отношению к нему принципа *дополнительности*. Из принципа дополнительности следует, что *если в каком-либо эксперименте мы можем наблюдать одну сторону физического явления, то одновременно мы лишены возможности наблюдать дополнительную к первой сторону явления*. Дополнительными свойствами, которые проявляются только в разных опытах, проведенных при исключаяющих условиях, могут быть положение и импульс частицы, волновой и корпускулярный характер вещества или излучения. Важное значение в квантовой механике имеет *принцип суперпозиции*. Принцип суперпозиции (принцип наложения) – это допущение, согласно которому *результатирующий эффект представляет сумму эффектов, вызываемых каждым воздействующим явлением в отдельности*. Один из простейших тому примеров – правило параллелограмма, в соответствии с которым складываются две силы, действующие на тело. Для понимания вопроса о естественно-научном фундаменте современных проблем физики и философии физики, необходимо указать на теории, объясняющие тепловые явления, а именно некоторые вопросы термодинамики, особенно *термодинамики открытых систем*.

Фундаментальные физические теории начала XX в. возникли как один из возможных естественных ходов развития физики, породив ряд проблем как в физике, так и в философии. Какие проблемы выделяют на современном этапе?

Наиболее полно актуальные проблемы современной физики и астрофизики раскрыл современный физик, лауреат Нобелевской премии В. Л. Гинзбург. Обозначив проблемы еще в 70-х г. XX в., в июне 2002 г. на международной конференции «Темная материя, темная энергия и гравитационное линзирование» в своем докладе он вновь вернулся к осмыслению важных проблем современной физики и выделил 30 самых актуальных. Гинзбург утверждает о субъективности выбора этих проблем и возможных других взглядах на этот счет. При этом сама потребность выделить и свести воедино основные проблемы физики представляется актуальной. С момента открытий новых теорий Эйнштейна и Планка в физике накопился

большой объем информации, что влияет на темпы развития физики. Она разрослась, дифференцировалась и сложно представить современную физику как целое. Отсюда необходимость типологизировать основные вопросы.

Наиболее важными для человечества, по мнению Гинзбурга, представляются вопросы, связанные с управляемым ядерным синтезом с целью получения энергии, проблемы фундамента физики – физики элементарных частиц. Привлекают внимание и некоторые вопросы астрономии. Все вопросы выделены по блокам: макрофизика, микрофизика, мега- или астрофизика.

В блоке *макрофизических* проблем Гинзбург выделяет следующие: управляемый ядерный синтез; сверхпроводимость при высокой и комнатной температурах; металлический водород и другие экзотические субстанции (вещества); двумерные электронные жидкости (аномальный эффект Холла и некоторые другие эффекты); некоторые вопросы физики твердого тела (гетероструктуры в полупроводниках, квантовые ямы и точки, зарядовые и спиновые волны, мезоскопия и прочее); фазовые переходы второго рода и связанные с ними эффекты (охлаждение до сверхнизких температур; Бозе–Эйнштейновский конденсат в газах и др.); физика поверхности и кластеры; жидкие кристаллы, ферроэлектрики, ферротороики; фуллерены, нанотрубки; свойства вещества в сверхсильных магнитных полях; нелинейная физика: турбулентность, солитоны, хаос, странные аттракторы; сверхмощные лазеры, разеры и гразеры; сверхтяжелые элементы, экзотические ядра.

В *микрофизике* Гинзбург обращает внимание на следующие проблемы: спектр масс элементарных частиц, кварки и глюоны, квантовая хромодинамика, кварк-глюонная плазма; единая теория слабых и электромагнитных взаимодействий; стандартная модель, великое объединение, суперобъединение, распад протона, масса нейтрино, магнитные монополи; фундаментальная длина, взаимодействие частиц при высоких и сверхвысоких энергиях, коллайдеры; несохранение CP-инвариантности; нелинейные явления в вакууме и в сверхсильных электромагнитных полях, фазовые переходы в вакууме; струны, М-теория.

К проблемам *астрофизики* отнесены следующие: экспериментальная проверка общей теории относительности; гравитационные волны, их детектирование; космологическая проблема, инфляция, Λ-член и квинтэссенция, связь между космологией и физикой высоких энергий; нейтронные звезды и пульсары, сверхновые звезды; черные дыры, космические струны; квазары и ядра галактик, образование галактик; проблема темной материи (скрытой массы) и ее детектирования; происхождение космических лучей со сверхвысокой энергией; гамма-всплески, гиперновые; нейтринная физика и астрономия, нейтринные осцилляции.

Рассмотрение этих проблем требует и своего осмысления как физиками, так и философами. Современный философ В. П. Бранский предлагает свой взгляд на проблемы неклассической физики и роли открытий физики XX в. Для этого необходимо обратиться к работе В. П. Бранского «Философия физики XX века», так как именно в этой работе наиболее полно проведен анализ философских проблем физики XX в., вызванных к жизни открытиями А. Эйнштейна и М. Планка, актуальных и в начале XXI в.

В. П. Бранский предлагает рассмотреть проблемы современной (конец XX в.) физики по двум философским основаниям: онтологическому и гносеологическому, что представляется достаточно логичным.

Онтологические проблемы физики у В. П. Бранского разделены на три больших блока, по принятым в науке структурным уровням организации материи: мегамир, макромир, микромир. Соответствующим образом Бранский выделил проблемы физики мегамира, макромира и микромира. В каждом блоке показана центральная проблема, которая является ключевой (объединяющей, интегрирующей) для данного блока, и выделены философские понятия, на которых делается акцент.

Так, в блоке проблем *физики мегамира* ключевой, по Бранскому, является *проблема сингулярности*. К постановке и выделению данной проблемы приводит методологический анализ теории относительности. А из философских понятий как ключевые обозначены *пространство* и *время*, их взаимоотношение.

К проблемам *физики микромира* приводит методологический анализ квантовой механики. Как наиболее значимая выделена *проблема дополнительности*, соответственно, категории *детерминизма* и *причинности*.

Методологический анализ термодинамики открытых систем позволяет сформулировать интегрирующую проблему *физики макромира*. Это проблема *самоорганизации* и категории *хаос* и *порядок*.

Однако правомерно указать, что В. П. Бранский утверждает, что каждая из проблем, выделяемых им в физике мегамира, микромира, макромира, содержит в себе целый спектр разнообразных *онтологических проблем*, например: а) природа физической реальности; ее элементов и структуры (хаоса и порядка); б) устойчивости (покоя и равновесия) и изменчивости (движения и развития); в) пространства и времени; г) детерминизма (динамические и вероятностные закономерности), причинности и взаимодействия (внутреннего и внешнего) и др. Другое дело, что те проблемы, о которых речь шла ранее, В. П. Бранский выделяет как центральные в своей группе.

Что касается *гносеологических* проблем современной физики – они разделены на три большие группы: *природа физической теории, закономерности формирования физической теории, взаимоотношение физики и философии*. Причем, в каждом комплексе тоже выделяются глобальные проблемы, на которых делается акцент.

Так, в первом блоке – природа физической теории – это проблема взаимоотношения эмпирического и умозрительного знания.

Во втором – это блок *закономерности формирования физической теории*, как ключевая выделена проблема *основных стадий* в формировании теории.

И, соответственно, в третьем блоке – взаимоотношение физики и философии, как основополагающая выделена проблема эвристической роли философии в формировании новой теории.

В данном случае тоже, глобальные *гносеологические* проблемы соотносятся с локальными проблемами, например, с такими, как *теория и модель, теория и язык, теория и эксперимент*.

Таким образом, наиболее актуальными проблемами современной философии физики являются: проблема сингулярности (пространство и время); проблема дополнительности (детерминизм и причинность); проблема самоорганизации (хаос и порядок); проблема взаимоотношения эмпирического и умозрительного знания; проблема основных стадий в формировании теорий; проблема эвристической роли философии в формировании новой теории.

Именно к этим проблемам в философии физики привели открытия в физике начала XX в.

Некоторые из указанных проблем были обозначены сразу философами 20–30-х гг., например, проблема взаимоотношения философии и физики, или вопрос о качественном многообразии материи и форм ее движения, принцип причинности, вопрос об объективной реальности пространства и времени как основных форм существования материи и др. Некоторые же потребовали «временного интервала» для современной постановки.

Поэтому представляется актуальным исследование специфики философских идей, проблем, дискуссий философии физики и теоретической физики. С целью постановки новых задач в исследовании отечественной философии естествознания и философии науки.

Диалог физиков и философов не только способствует процессу конкретизации и углублению содержания традиционных философских принципов, категорий и законов, но может дать новые эвристические возможности как философам, так и физикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методология исследования сложных развивающихся систем / Под ред. проф. Б. В. Ахлибининского. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003.
2. Бранский В. П. Философия физики XX века. Итоги и перспективы. СПб.: Политехника, 2002.
3. Гершанский В. Ф. Философские основания теоретической физики / БГТУ. СПб., 2002.

O. A. Lugovaya

PHILOSOPHY AND PHYSICS: TYPOLOGY OF PROBLEMS

The basic discoveries of non-classic physics are considered. In particular, vies of V. L. Ginzburg and V. P. Branskiy – modern scientists in physics and philosophy are presented.

Space, time, determinism, causality, chaos, order

УДК 81'272

О. А. Преображенская

ЯЗЫКОВАЯ ПОЛИТИКА СОВРЕМЕННОЙ ФИНЛЯНДИИ

Рассматривается положительный пример языкового регулирования в многоязычной Финляндии.

Межэтнические конфликты, языковое регулирование, многоязычие, государственные языки, языки меньшинств

Современный многополярный мир, несмотря на объективное существование международного языка общения, многоязычен. Значение последнего обстоятельства в политической и экономической жизни общества весьма существенно. Так, после распада Советского Союза именно языковые проблемы в бывших союзных республиках часто служат своего рода катализатором межэтнических конфликтов, протекающих в более или менее острых формах. Сепаратизм по языковому принципу культивируется, например, в странах Прибалтики, где отсутствие сертификата о сдаче экзамена по единственному государственному языку ведет к «неполноценности» гражданина (чаще всего русского по национальности). Языковое регулирование в Прибалтике, несмотря на то, что приблизительно треть населения позиционирует себя носителями русского языка, имеет крайне радикальный, унитаристский характер.

Ярким примером конкретного проявления последнего явились принятые в Эстонии в начале февраля 2007 г. поправки и дополнения к закону «О языке». Согласно новой редакции значительно расширены полномочия наблюдающей за исполнением закона языковой инспекции – самостоятельного органа государственного надзора. Ее представители могут отныне не только проверять уровень владения государственным эстонским языком в учреждениях и на предприятиях, но и объявлять недействительными удостоверения о сдаче экзамена на знание эстонского языка, а также налагать денежные штрафы в размере до €650. В настоящее время действуют три сертификата по эстонскому языку, причем каждый уровень констатирует различную степень владения языком и предусматривает соответствующие возможности занятия гражданином страны различных должностей¹.

Практическим подтверждением деятельности языковой инспекции явилась акция в шахтерском городе Силламяэ, где прекратил работу профессиональный колледж подготовки шахтерских кадров, поскольку его преподаватели в должной мере не подтвердили знания эстонского языка. Следует отметить, что практически все работающие на шахте – носители русского языка, так же как и коллектив преподавателей учебного заведения².

Существенным негативным обстоятельством, характерным для всех областей знания, особенно в технике и точных науках, является отсутствие сформировавшейся научной терминологии как на эстонском, так и на латышском, украинском и других языках постсоветского пространства.

Конкретные примеры радикальной языковой политики, служащей государственным инструментом несогласных с дискриминационным ущемлением прав, многочисленны и в настоящее время тенденции их уменьшения не наблюдаются.

Около десяти стран Запада официально являются многоязычными и имеют значительный опыт языкового регулирования, однако и они переживают кризисы, связанные с языковыми ситуациями. Недавние события в Бельгии, где носители фламандского языка активно выступили против доминирования французского, а также постоянные сепаратистские тенденции в канадском Квебеке являются тому подтверждением.

Несомненным позитивным примером языковой политики является двуязычная Финляндия, недавно ставшая членом Европейского Сообщества и тем самым потенциально обогатившая свою языковую палитру.

Языковой политикой называют государственную политику по развитию языков народов, населяющих территорию данного государства. Проводимая в языковой среде, она может способствовать регулированию межэтнических отношений или их обострению. Языковая политика формируется как реакция государства на ту или иную возникшую языковую проблему, поэтому последние факторы можно назвать источником языковой политики [1].

Языковая политика составляет важнейший компонент национальной политики в многонациональных государствах и благодаря этому становится системообразующим фактором, определяющим конституирование государства, а следовательно, и

¹ Государственный экзаменационно-квалификационный центр Эстонии [Электронный ресурс]: www.ekk.edu.ee/.

² Website of European Commission against Racism and Intolerance [Электронный ресурс]: <http://www.coe/t/e/human-rights/ecri/>

государственной власти. Отсюда обратное воздействие языковой политики на государство [2].

Субъектом языковой политики является прежде всего государственная власть в форме языкового законодательства, а также комитеты, министерства, департаменты по делам межэтнических отношений, языковые учреждения, общественные организации, влиятельные деятели национальной культуры, руководство книгоизданием и средствами массовой информации, научные учреждения.

В качестве объекта политики выступает конкретный язык или группа языков, языковая или коммуникативная ситуация.

Языковая политика подразумевает несколько этапов ее формирования: выработка концепции по национальному вопросу; юридическая регламентация отношений языков (определение статуса и функции языков законом), административное регулирование взаимоотношений языков, финансовое обеспечение языковой политики.

В зависимости от того, какими средствами и мерами проводится языковая политика, она бывает радикальной или либеральной. Выделяют два типа стратегии взаимодействия этносов и языков: унитаризм и сегрегацию.

Унитаризм – это игнорирование этнических различий и решение национальных проблем посредством ассимиляции. Языковая ассимиляция в данном случае подразумевает подавление языка меньшей языковой группы представителями большей языковой группы.

Сегрегация – это исключение и максимальное уменьшение соприкосновения расово-этнических групп населения: проживание в отдельных зонах, вплоть до резерваций.

Культурный плюрализм подразумевает поддержку языков всех языковых групп. Он может быть умеренным или либеральным, при этом власти проявляют толерантность по отношению к языковым меньшинствам.

Успех языковой политики Финляндии обязан прежде всего конструктивному сочетанию культурного плюрализма, а также территориальному разделению и автономизации.

С понятием «языковая политика» неразрывно связано представление о языковой ситуации. Последний термин применяется обычно к большим языковым сообществам – странам, регионам, республикам. Языковая ситуация (ЯС) – это характеристика социально-коммуникативной системы в определенный период ее функционирования [3, с. 26]. Л. Б. Никольский рассматривает данное понятие как совокупность языков, подязыков и функциональных стилей, обслуживающих общение в административно-территориальном объединении и в этнической общности [4, с. 79–80].

Языковая ситуация – многоаспектное явление, характеризующееся следующими иерархически не соподчиненными параметрами:

- количество языков, составляющих языковую ситуацию;
- количество этнических языков, составляющих языковую ситуацию;
- процент населения, говорящего на каждом из языков (относительная демографическая мощь языков);
- количество коммуникативных функций, выполняемых каждым языком в отношении к общему числу подобных функций (относительная коммуникативная мощь языковых образований);

– юридический статус языков (характер государственной регламентации их взаимоотношений);

– степень генетической близости языков;

– этнические корни языка, престижного в данной ЯС;

– оценки социумом престижа сосуществующих языков [1, с. 107].

Языковая ситуация в современной Финляндии характеризуется наличием двух государственных языков, а также существованием на территории страны меньшинств с собственными этническими языками.

Государственные языки Суоми – финский и шведский, что впервые зафиксировано законом, принятым в 1922 г. [5]. По переписи 2007 г. население Финляндии составляет 5,3 млн человек, и большинство (92 %) родным языком считает финский. На шведском языке говорит 5,9 %, на русском – 0,9 %, на эстонском – 0,4 %, на других языках – 0,8 %. На финском языке в мире говорит около шести миллионов человек – пять из них проживает в Финляндии, один миллион – в Швеции, России, Норвегии, Северной Америке и Австралии¹.

Финский язык принадлежит к финно-угорской группе, которая является частью уральского семейства языков. Довольно близки к финскому эстонский и венгерский языки.

Предполагается, что первые племена, пришедшие на территорию будущей Финляндии, говорили на финско-саамском языке, который затем разделился на предшественников современных языков – финского и саамского. В глубине страны сформировался саамский язык, а на побережье развивался финский, испытывая влияние скандинавских и славянских переселенцев, а также германских и балтийских торговцев.

Долгое время финский язык существовал в виде устных диалектов – все документы составлялись на шведском языке. Лишь в XVI в. появилась финская письменность. Первыми книгами на финском языке стали вышедшая в 1543 г. «Азбука» Микаэля Агриколы и переведенные им на финский язык «Молитвенник» и «Новый завет». Финский язык изучался населением под присмотром церкви, лишь грамотные финны допускались к причастию и получали разрешение вступать в брак [5].

Языковые контакты, обусловленные географическим положением страны и политической ситуацией, оказывали влияние на формирование языка Суоми. По сравнению с другими европейскими языками заимствований в нем сравнительно мало (15 %) и идентифицируются они достаточно сложно вследствие специфической фонетической адаптации. Кроме фонетической «нераспознаваемости» важной причиной сложности идентификации заимствований является склонность финского языка к калькированию – образованию новых слов, значений слов или фразеологизмов путем буквального перевода соответствующей языковой единицы.

В современном финском языке существует значительный пласт слов, пришедших из шведского в различные эпохи. Так, во времена крестовых походов появились лексемы *herra* – господин, *kirkko* – церковь, *katu* – улица, *paratiisi* – рай, *piispa* – епископ. В. Ниссиля предполагает, что в акватории Финского залива (от Выборга до Терийоки) шведскими мореходами были даны названия различным природным объектам. В дальнейшем лексемы ассимилировались в соответствии с системой финского языка: *helli* – каменная гряда, плита;

¹ Koivukangas Olavi. A Land of Emigrants//Virtual Finland.-Turku, 01.03.2007. 65. Statistics Finland [Электронный ресурс]: [http:// tilastokeskus.fi/inde\[-en/html](http://tilastokeskus.fi/inde[-en/html).

holmi – остров, островок². Древнескандинавским является топоним Viipurii (от швед. Viborg, где vi – святой, borg – древняя крепость)[6].

Во время шведского владычества (до 1809 г.) официальным языком на территории нынешней Финляндии был шведский. В 1863 г. по указу Александра II финский язык стал вторым государственным. Именно в этот период заимствуется (в основном из шведского) значительный блок лексики, необходимой для делопроизводства в важнейших сферах: законодательной, юридической, научной и т. д., поскольку финский язык не имел необходимых для этих целей номинаций. Примером подобных заимствований могут служить следующие лексемы: systeemi – система, symptomi – симптом, adressi – адрес, agentii – агент, reseption – регистратура, maistraatti – магистрат, fakki – профессия и т. п. [6].

Славянский пласт заимствований в современном финском языке также значителен, но их идентификация, как это уже было отмечено, сложна вследствие глубоких различий фонетического строя контактирующих языков. В финском языке выше частотность глухих согласных (они заменяют при заимствовании звонкие), язык «избегает» совокупности согласных в начале слова и т. д., а также, в отличие от русского, имеет фиксированное ударение на первом слоге. К древнейшим славянским заимствованиям относятся: lotija – ладья, majakka – маяк, raja – край, risti – крест, sirppi – серп, veraja – ворота. Славянские названия, отражающие природные особенности местности, также обогатили финский язык еще в древности: kirkka – горка, purko – бугор, polentka – поле, poljana – поляна, peska – песок, rosliva – разлив и т. д. В словаре языка Суоми существуют также номинации, обозначающие места поселений и пребывания людей: lopotti – слобода, korotiisa – городище, possada – посад, rintka – рынок. Древний топоним – название города Турку – также восходит к русскому «торг». Неузнаваемы для русских при фиксированном ударении на первом слоге заимствования tuska – тоска, tarina – история (от «старина»)¹. Приведенные примеры подобраны С. Ю. Гавриловой, выполнившей дипломную работу под руководством автора статьи.

Во второй половине XX в. во всем мире возрастает влияние английского языка, он становится языком международного общения. До вступления в Европейский Союз финский язык в меньшей мере, чем другие европейские языки, следует этой тенденции, в настоящее время игнорировать ее невозможно: во всех школах изучают английский язык, в крупных городах можно увидеть надписи на английском языке.

Особый интерес представляют в финском языке интернационализмы. Интернационализация лексики представляет собой универсальный феномен, который можно наблюдать практически во всех современных европейских языках, основная причина этого явления – политические и социальные причины. Однако финский язык отличается незначительным количеством интернациональной лексики или ее высокочастотными финскими синонимами – переводными эквивалентами, например: tietokone – компьютер, puhelin – телефон, yliopisto – университет, puolue – партия². Причиной подобного явления лингвисты считают позднее формирование письменного государственного литературного финского языка (с 1863 г.), когда основной

² Словарь заимствований финского языка [Электронный ресурс]: <http://www.finessi.com/index.php?interface=ru01>.

¹ Словарь заимствований финского языка [Электронный ресурс]: <http://www.finessi.com/index.php?interface=ru01>.

² Там же.

тенденцией было его сближение с уже существовавшим в устной форме. Как следствие – появление семантических калек, стремление сделать мотивировку слова понятной наивному носителю языка.

Второй государственный язык Финляндии – шведский относится к восточной подгруппе скандинавской группы языков, на котором говорят в Швеции, части Финляндии и на автономных Аландских островах, где он имеет официальный статус, как и в Европейском Союзе. Он является родным приблизительно для 10 млн человек – это самый распространенный язык Скандинавии. Стандартный шведский («державный» или «высокий») окончательно сформировался к началу XX в. из говоров Стокгольма.

Как самостоятельное государство Финляндия появилась на политической карте мира 6 декабря 1917 г. Среди множества других сложных задач, требующих решения, была и языковая проблема. Опыт Суоми достоин того, чтобы его изучать, поскольку там достигнуто равновесное сосуществование финского и шведского языков, обеспечены права как большинства, так и меньшинства населения страны. Нельзя забывать о том, что в современной Финляндии живут не только финны и шведы, поэтому в настоящее время она многоязычна, особенно после вступления в Европейский Союз.

Исторически сложилось так, что в течение столетий государственным языком в стране был шведский – язык меньшинства. В XIX в. Великое княжество финляндское становится частью России. Как уже было отмечено, финский и шведский языки (а в дальнейшем русский) относятся к разным языковым группам, что усложняет языковую ситуацию. Тем более существенным является факт сохранения финского языка при вхождении в состав других государств – Швеции и России.

Первая Конституция независимой Финляндии (1919) установила, что финский и шведский являются равноправными государственными языками, что было подтверждено законом о языке 1922 г. Последняя Конституция (1999) вновь декларировала официальное двуязычие, и в 2004 г. вступил в силу закон о языке, где подробно излагаются обязанности органов местного самоуправления в зависимости от языкового состава местного населения с целью обеспечения равных культурных и социальных требований¹.

Следует отметить, что практически во всех многоязычных странах возникают более или менее острые дискуссии о доминировании того или иного языка. Не избежала этого и Финляндия, где в 20-х и 30-х гг. XX в. популярным было так называемое Истинно финское движение, которое ратовало за отмену статуса шведского языка как государственного. В современной Суоми подобные лозунги не выдвигаются, но активная дискуссия об обязательном экзамене по второму национальному языку привела к решению сделать экзамен добровольным, оставив преподавание второго национального языка обязательным предметом учебной программы. Характерно, что семь десятых говорящих на финском в Суоми считают шведский язык неотъемлемой частью современного финского общества, а 73 % огорчились бы исчезновению шведского языка и культуры [7].

Закон о языке гарантирует каждому гражданину права на свой язык и культуру, а именно право пользоваться собственным языком в государственных органах и в суде. Власть

¹ Основной Закон Финляндии (Конституция). Редакция от 12.02.1999. Неофициальный перевод на русский язык//Гарант-Сервис [Электронный ресурс]: <http://constitution.garant.ru/DOC-386909/htm#sub-para-N-10000>.

должна удовлетворять культурные и общественные потребности финско- и шведскоговорящих на основе одинаковых принципов².

В работе парламента используется финский или шведский язык. Все документы, передаваемые правительством или иным государственным органом парламенту, представлены на двух языках, так же как и документы парламента. Депутаты имеют право выступать как на финском, так и на шведском. В парламентских выборах представлена Шведская народная партия, набравшая в марте 2007 г. 4,6 % голосов, заняв 9 мест¹.

В знаменательных выступлениях (Новый год, открытие заседания парламента) Президент обращается к стране на двух языках.

Шведский язык является единственным официальным языком автономной провинции Финляндии – Аландских островов, где для 95 % населения (26 тыс. человек) он является родным. В армии имеется одно войсковое соединение, которое использует шведский язык (строевые команды отдаются на финском). Шведский язык имеет официальный статус в Европейском Союзе. Заметим, что самая знаменитая писательница Финляндии Туве Янссон, автор «Мумми-Тролля», писала по-шведски. Научно-исследовательский центр языков Финляндии в качестве главного направления своей деятельности имеет поддержку шведского языка и его взаимодействие с современным языком Швеции.

В стране существует 4702 финноязычных учебных заведения, 432 шведоязычных, 46 двуязычных. В двух вузах из двадцати одного преподавание ведется на шведском. Университет Хельсинки является двуязычным, но выбор дисциплин на финском языке богаче².

В средней школе преподают один иностранный язык (сейчас обычно английский) и другой национальный, причем все школьники Финляндии обязаны изучать второй национальный язык. В гимназиях выбор шире – можно изучать немецкий, французский или русский.

Надписи, инструкции, различная информация в стране двуязычны. Это географические названия (Helsinki – фин., Helsingfors – швед.); наименования улиц площадей, остановок (Ylioppilasaukio – фин.; Studentplatsen – швед.); вывески (Kirjakauppa – фин., Bokhandel – швед.); объявления (Kaupunkipyorailin – фин., Regler for Stadscyklning – швед.); расписание работы транспорта, правила общественного поведения, культурные объекты, проспекты, рекламная информация. В больших городах Хельсинки, Турку, Тампере иногда появляются дублирующие надписи на английском языке, а поблизости от российской границы – на русском.

Языковая палитра языков в Финляндии не ограничивается двумя национальными языками. В Суоми широко представлены языки меньшинств.

Саамы – самые древние жители страны, равно как и другие этнические группы населения, вправе сохранять и развивать собственные языки и культуру. На территории Финляндии действуют законы о саамском языке (1991) и о Саамском парламенте (1995). Введена официальная этническая идентификация саама, основанная в первую очередь на языковых критериях: сааом является лицо, осознающее себя таковым и которое само или, по

² Там же.

¹ Statistics Finland [Электронный ресурс]: [http:// tilastokeskus.fi/inde\[-en/html](http://tilastokeskus.fi/inde[-en/html)

² Там же.

крайней мере, один из родителей которого считает родным саамский язык. Согласно ЦСБ Финляндии в 1998 г. саамами считали себя 1716 лиц, по сведениям Саамского парламента – 2500. В 1999 г. в Конституцию Финляндии были внесены изменения с целью предоставления саамам гарантий прав, обеспечивающих им автономию, касающуюся языка и культуры. Саам имеет право применять родной язык в судах и государственных и муниципальных органах Саамской территории. Решения парламента страны, декреты и постановления правительства, касающиеся саамских проблем, должны переводиться на саамский язык. Саамские дети, живущие на Саамской территории, вправе получать основную часть образования в первых – девярых классах на родном языке. Преподавание на саамском разрешено также в гимназиях и профессионально-технических училищах. Саамское радио после принятия закона работает как отдельное региональное подразделение. В связи с тем, что в Норвегии проживает значительная группа этнических саамов, организуются совместные радиопередачи и телемосты.

Своеобразно положение русского языка в Финляндии. К началу 1990-х г. количество русских эмигрантов резко возросло. Общее число активно пользующихся русским языком в Финляндии составляет около 1 % населения¹. Однако эта цифра занижена из-за того, что определить точное количество говорящих по-русски (финно-россов) не представляется возможным. Дело в том, что большинство приехавших по ингерманландским корням официально оформлены как финны, даже если владеют только русским языком. Представители бывших союзных республик, проживающие в настоящее время в Финляндии, нигде не числятся русскоговорящими, хотя ежедневно пользуются им в быту.

Русский язык в Финляндии имеет несколько статусов. Во-первых, это иностранный язык, и его может изучать практически каждый житель Суоми – от детского сада до кружков для пенсионеров, от бизнес-языка до древнерусской литературы. Девять университетских кафедр страны дают высшее образование по русистике. Во-вторых, русский язык может быть традиционным для русских и их потомков с Карельского перешейка. В-третьих, русский язык – родной для эмигрантов и их потомков. В-четвертых, русский язык выступает в качестве доминирующего у ингерманландцев и финнов-репатриантов, недостаточно владеющих финским языком и которых принимают в Финляндии с 1991 г.

Финские цыгане впервые пришли в Королевство Швеция на территорию будущей Финляндии в XVI в., и, несмотря на репрессивное законодательство, остались в Швеции. Финляндская Свободная цыганская миссия была основана в 1964 г. и занималась религиозной деятельностью. В 1967 г. на светской основе функционирует Финляндское цыганское общество, которое содействует образованию, сохранению языка и культуры цыган. В 1992 г. было создано Подразделение по развитию образования и культуры цыган при Главном управлении просвещения Финляндии для содействия языку и культуре цыган. С 1996 г. отдел научных исследований Научно-исследовательского центра языков Финляндии должен оказывать консультационные и справочные услуги на цыганском с помощью специалистов по цыганскому языку. С начала 1999 г. закон обязывает телевещательную компанию Финляндии оказывать услуги на цыганском языке; центральное радиовещание Суоми раз в неделю передает новости на цыганском языке. Поправка 1999 г. в Конституцию гарантирует цыганам право поддержания языков и культур. Уголовный кодекс

¹ Statistics Finland [Электронный ресурс]: [http:// tilastokeskus.fi/inde\[-en/html](http://tilastokeskus.fi/inde[-en/html)

Финляндии криминализирует подстрекательство к расовой ненависти и расовой дискриминации, но цыгане продолжают испытывать трудности в трудоустройстве. Возможно, последнее обстоятельство вызвано их нежеланием отказываться от некоторых бытовых привычек, в том числе национальной одежды, что с удивлением отмечают иностранные туристы на улицах финских городов, принимая таких прохожих за участников фольклорных ансамблей. В числе депутатов парламента Суоми нет цыган, но они избраны в некоторые муниципальные советы. Финляндские цыгане активно участвуют не только в работе Международного цыганского союза, но и Совета Европы и ОБСЕ.

Ратифицируя Европейскую хартию о региональных языках и языках меньшинств от 9 ноября 1994 г., Финляндия декларировала, что считает цыганскую общину национальным меньшинством, предусмотренным Европейской рамочной конвенцией по защите национальных меньшинств [5].

Число евреев, зарегистрированных в двух еврейских общинах и проживающих в Финляндии, насчитывало 1350 человек¹ (1999). Нынешняя школа, общая для мальчиков и девочек, основана в 1918 г.; преподавание ведется на идиш. Евреи, как и русскоязычные, представлены в Совецательной комиссии по этническим отношениям.

Финляндские татары в количестве 900 человек составляют гомогенное религиозное, культурное и языковое меньшинство². Татар-иммигрантов принимают в национальную общину при условии владения тюрко-татарским языком. Так же как и русскоязычные, и евреи, татары представлены в Совецательной комиссии по этническим отношениям. Татары интегрировались в финское общество, но сохраняют язык и национальные традиции.

Таким образом, Финляндия является ярким примером многокомпонентной языковой ситуации. Демографически она неравновесна, поскольку процентное отношение населения, говорящего на каждом из языков, значительно отличается. На территории Суоми представлено, кроме двух национальных языков, большое количество языков меньшинств, генетически неродственных. Престиж последних безусловно ниже финского и шведского, однако их статус поддерживается на государственном уровне. Что касается коммуникативных функций, выполняемых национальными языками, ситуация может оцениваться как несбалансированная – при равном юридическом статусе с финским, шведский язык применяется ограниченно.

Закон о языке, принятый в 2004 г., предусматривает официальное двуязычие в районах, где процент меньшинства выше 6%. Новый закон о языке касается в основном национальных языков Финляндии. В тексте закона также даны ссылки, касающиеся других языков граждан Суоми. Право использования других языков регулируется законами о судопроизводстве, административном руководстве, о порядке применения административных норм, законами об образовании, здравоохранении и социальном обеспечении.

Официальные органы обязаны обеспечить устный и письменный перевод и оплатить его, что указано в законах об административном производстве и законе о порядке управления.

¹ Statistics Finland [Электронный ресурс]: [http:// tilastokeskus.fi/inde\[-en/html](http://tilastokeskus.fi/inde[-en/html)

² Там же.

На основании правительственной программы об иммиграции и беженцах, постоянно проживающим в Финляндии иммигрантам гарантируются равные возможности использования услуг государственных и муниципальных органов с обеспечением устного и письменного перевода. Различным официальным органам, координируемым Министерством труда, предписано выпускать информационный материал для иммигрантов на их родном языке.

В Финляндии работает семь региональных переводческих центров – в Хельсинки, Тампере, Лахти, Турку, Ювяскюля, Ванта и Оулу. Министерство труда имеет договор с Ассоциацией переводчиков не только для устного и письменного перевода, но и для обучения.

Книги занимают большое место в культурной жизни страны. На финском языке изданий гораздо больше, чем на шведском, но в магазинах и библиотеках можно найти множество книг из Швеции, что обеспечивает богатый выбор литературы на шведском языке.

Многоязычие общества предполагает его полиэтничность, поэтому часто языковую политику называют национально-языковой. В конечном итоге она имеет отношение к таким ключевым проблемам, как права и свобода личности, права этнических меньшинств, проблемы равенства всех граждан государства. Благополучие современной Финляндии, которая влилась в Европейский Союз и которую, как и другие страны, затронул процесс глобализации, обязано не только успешной экономической и международной политике, но и гармоничной языковой политике, помогающей избегать межэтнических конфликтов внутри страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мечковская Н. Б. Социальная лингвистика. М., 2000.
2. Алпатов В. М. 150 языков и политика 1917–2000. М., 2000.
3. Крысин Л. П., Беликов В. И. Социоллингвистика. М., 2001.
4. Никольский Л. Б. Синхронная лингвистика. М., 1976.
5. Расила В. История Финляндии. Петрозаводск, 2006.
6. Nissila V. Suomen Karjalan nimisto. Joensuu, 1975.
7. Языковая политика – фактор стабильности в стране//Ежедневная Всеукраинская газета «День». 03.12.2004. № 221.

Olga A. Preobrazhenskaya

LINGUISTIC POLICY IN MODERN FINLAND

The positive example of linguistic regulation in multilingual Finland is considered.

Conflicts on ethnic basis, linguistic regulation, multilingual population, state languages, languages of minorities



УДК 621(091)

С. В. Иванов

К 100-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШАХМАТНОГО КРУЖКА В СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Рассказывается об истории, творческой и научной деятельности шахматного кружка в СПбГЭТУ «ЛЭТИ», об использовании современных информационных технологий в применении к шахматной игре.

Е. М. Тарасов, Б. С. Беловидов, А. С. Переслегин, А. С. Попов, Ф. Я. Капустин, М. М. Ботвинник, П. И. Лукирский, Н. В. Крогиус

Директор Электротехнического института проф. П. Д. Войнаровский 18 янв. 1910 г.¹ своим приказом утвердил уже действующий шахматный кружок (журнал совета № 1), который существует по настоящее время [1]. В честь знаменательной даты 100-летия организации шахматного кружка в музее истории СПбГЭТУ «ЛЭТИ» был сделан выставочный стенд, рассказывающий о научно-исторической деятельности кружка (рис. 1).

В журнале за 1909 г. написано, что «...академическую шахматную хронику Петербурга можно дополнить еще сведениями о шахматах в Петербургском электротехническом институте, где со 2 октября 1909 г. основан официальный шахматный кружок, председателем избран Е. Тарасов, секретарем Б. Беловидов и казначеем А. Переслегин. Играют в столовой института. В ближайшем будущем будут организованы ряд турниров и матчей. Играющих в шахматы из общего числа 600 студентов института – довольно много; между ними маэстро С. Н. фон Фрейман, Платц и др.». В журнале «Затишье» (1910 г.), выпускаемом группой электриков, пишется, что устав кружка, выработанный в прошлом году, утвержден Советом института 18 января 1910 г. В



Рис. 1

¹ Точные даты до 1918 г. указаны по старому стилю – прим. ред.

кружке на тот момент было 50 человек. Вступительный взнос с человека составлял 50 коп., а семестровый взнос (2 раза в год) – 25 коп. Благодаря этому журналу до нас дошла запись одной из партий, игравшихся в Электротехническом институте (ЭТИ) 2 февраля 1910 г. Эта партия проводилась в столовой института. Белыми играли: Платц, Романовский, Романовский (один из них – ученик реального училища, участник прошлогоднего Всероссийского Шахматного турнира в Петербурге, другой – его брат, студент Петербургского университета, Платц – студент ЭТИ). Черными играли студенты ЭТИ: Фрейман, Дончиков и Тарасов. Барон С. Н. Фрейман не раз становился призером первенства вузов; его однофамилец И. Г. Фрейман, не раз участвовавший в первенстве ЭТИ, также член шахматного кружка, в будущем стал доктором технических наук, заведующим кафедрой радиотехники. Привожу запись этой партии, так и оставшейся незавершенной: Белые; Черные: 1. e4 e6; 2. d4 d5; 3. Kc3 Kf6; 4. Cg5 Ce7; 5. e5 Kd7; 6. C:e7 Ф:e7; 7. Kb5 Kb6; 8. c3 a6; 9. Ka3 f6; 10. e:f6 g:f6; 11. Ф:f7 Kр:f7; 12. f4 c5; 13. Kf3 Kc6; 14. g3 Cd7; 15. Ch3 Ka4; 16. 0-0 b5; 17. Л:c5 b4; 18. Kb1 Ka4:c5; 19. f5 Ld8; 20. Le1 Le8; 21. f:e6 C:e6;...

Соревнования по шахматам в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» начали проводить раньше официальной даты основания кружка. Факт первой информации о дошедших до нас соревнованиях по шахматам в Электротехническом институте датируется 1900 г. «... Турнир на равных студентов Электротехнического института происходил при участии 12 игроков. Первый приз получил Королев (выиграл 9 партий, проиграл 1 и 1 ничья). Следующие были: Фрейман – 8,5 партий, Тарасов – 8, Дурново и Гринвальд по 7, Переслегин и Рязский – по 5,5, Вацлик – 5 и т. д...».

Директор Электротехнического института А. С. Попов, увлекаясь этой игрой, смастерил шахматный столик, который находится сейчас в музее. Профессор, наверное, хорошо играл в шахматы. Часто его соперником был Капустин, племянник известного русского химика Д. И. Менделеева. Из воспоминаний сына А. С. Попова А. А. Попова (А. А. Попов (1887–1942) учился в ЭТИ в 1907–1914 гг.; архитектор по образованию) известно, что А. С. Попов преподавал в Минном офицерском классе в 1883–1901 гг. Ф. Я. Капустин там же преподавал общий курс физики в 1883–1889 гг. Затем Ф. Я. Капустин преподавал в Томском университете с 1889–1909 гг. По словам его правнучки Надежды Юрьевны Болтовой (1946–2002) именно Ф. Я. Капустин играл в шахматы с А. С. Поповым в Кронштадте. На странице 3 архивного материала, любезно предоставленного музеем А. С. Попова в СПбГЭТУ «ЛЭТИ», написано: «...В зимнюю пору, в первые годы жизни в Кронштадте, любил играть в шахматы со своими сослуживцами по минному классу. Впоследствии в шахматы играл редко» [4].

12 апр. 1910 г. прошла встреча студенчества с Шахматным собранием на 30 досках (10 студентов Университета, 7 студентов Технологического института, 3 студента Горного института, 2 студента ЭТИ, 1 студент Института путей сообщения). Общий счет встречи 17:13 в пользу студенчества. За студенчество на первых трех досках играли барон фон Фрейман (Электротехнический институт) +1, Левенфиш (Технологический институт) +1, Смородский (Университет) 0,5. За Шахматное собрание – Левин 0, Е. Зн. Боровский 0, Малютин 0,5. В «Шахматном журнале» было написано: «...Победа юношества над заслуженным и опытным Петербургским шахматным собранием. Д-р А. Вайнштейн из шахматного собрания очень поздно сообщил о невозможности участия. Правда, следует отметить, что барон фон Фрейман состоит одновременно студентом (Электротехнический институт) и членом Петербургского шахматного собрания. Итак, сила студентов оказалась качественно, а также



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

В будущем появились ученые, игравшие в шахматы и имевшие отношение к нашему университету: д-р техн. наук М. М. Ботвинник, д-р техн. наук А. В. Фремке, канд. техн. наук Е. Г. Бишард, канд. техн. наук А. М. Спиваковский, канд. техн. наук Р. А. Сакаев, канд. биол. наук Б. И. Фейгельман... М. М. Ботвинник после окончания политехнического института в 1932 г. был направлен по распределению в лабораторию высокого напряжения А. А. Смурова в ЛЭТИ. Сохранилась историческая фотография коллектива этой лаборатории, где М. М. Ботвинник сидит в первом ряду в центре (рис. 3). На фотографии (рис. 4) изображен сеанс одновременной игры в шахматы среди сотрудников и студентов ЛЭТИ (фотография около 1930-го г.). В 60-е гг. проходили встречи команд СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и МГУ.

Начиная с 1960-х гг. почти каждый год проходит командное первенство среди высших учебных заведений Санкт-Петербурга. Наша команда постоянно участвует в нем. На рис. 5 представлена встреча команд СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и СПбГУ (женская доска).

На рис. 6 изображено награждение нашей команды осенью 2008 г. за 2-е место в первенстве Петроградского района среди университетов. В разные времена начиная с 80-х гг. чемпионами ЛЭТИ становились: МГ М. Новик, ММ А. Петелин, МГ Е. Соложенкин, КМС С. Паньгин – 1997 г., КМС Ю. Козин, КМС С. Иванов – 2004 г., КМС Н. Петровичев, КМС П. Коротченко, КМС А. Коротченко – 2007 г., КМС Г. Вольфсон – 2008 г. Постоянно проводятся дружеские встречи команды сотрудников и студентов (рис. 7).

Сотрудник СПбГЭТУ «ЛЭТИ», патентный поверенный РФ № 260, канд. биол. наук Б. И. Фейгельман каждое лето играет в международных турнирах. На фото (рис. 8) Б. И. Фейгельман в Испании. Надо отметить, что он является соавтором изобретения «Автоматизированная система управления игрой в шахматы» [11].

Предметы в нашем университете относятся в основном к категории точных наук, например физика и математика. Эти дисциплины требуют прежде всего логического мышления – качества, которое развивается в том числе и игрой в шахматы. Мы не беремся утверждать, что именно благодаря умению логически мыслить А. С. Попов сделал свое открытие, но оно вполне могло

способствовать этому [12]. Не все умеют применять построение шахматной игры в учебе и науке, поскольку это действительно очень сложно. Их можно использовать в программировании, так как само составление программы похоже на процесс шахматной игры. Алгоритм – это последовательность действий. Комбинация – последовательность действий (ходов), с помощью которых мы можем добиться преимущества или упростить игру (или математические вычисления). Оператор – отображение одного множества на другое, каждое из которых наделено некоторой структурой (алгебраическими операциями, топологией, отношением порядка). Основными известными научными произведениями, которые имеют отношение к шахматам, являются: «Шахматы в жизни ученых» под ред. С. Я. Гродзенского, «Трактат о приложении математического анализа к шахматной игре» А. А. Маркова; К. А. Яниш; «Основания математической теории вероятности» В. Я. Буняковского; «Решение одного шахматного вопроса помощью числовых функций» Н. В. Бугаева; «Программирование шахматной игры» Адельсона-Вельского Г. М., Арлазарова В. Л.; «Введение в комбинаторный анализ» Дж. Риордана; «Теория игр и статистических решений» Д. Блэкуэлла, М. А. Гиршика, «Алгоритмы игры в шахматы» М. М. Ботвинника, «Математика на шахматной доске» Е. Я. Гик, «Комбинаторные задачи на шахматной доске» Л. Я. Окунева. Авторы их, как правило, не очень сильные шахматисты, поскольку в настоящее время в связи с усложнением теоретических основ науки очень непросто совмещать учебу и научные исследования с серьезной игрой в шахматы. Сейчас добиваются приличных спортивных результатов в шахматах люди, занимающиеся программированием, педагогикой, психологией или экономикой.



Рис. 7



Рис. 8

Поддерживать хороший уровень мастерства могут себе позволить только студенты и аспиранты по специальности спортивной психологии в СПбГУ, например международный гроссмейстер, доктор психологических наук Н. В. Крогиус. В своей диссертации он писал, что шахматная игра представляет конфликт двух человек. Это проявляется в стремлении к победе одного человека над другим. Конфликты также могут проявляться в некоторых нестандартных ситуациях. В момент блица сталкивание рук, отдельные эмоциональные слова как участников, так и зрителей с судьями, отношение судьи во время игры, пережатие часов, падение фигур во время игры и т. д. могут серьезно повлиять на результат игры. Сейчас начал зарождаться новый способ игры через Интернет, здесь надо обладать хорошими навыками работы с компьютером, зато столкновение рук, пережатие часов, слова соперника во время игры уже не помешают.

Среди примеров нового направления в шахматной игре – встречи сборной Санкт-Петербурга со сборной Парижа в честь 300-летия Санкт-Петербурга и первенство России по шахматам в Интернете среди вузов. Это мероприятие проводилось на основании приказов

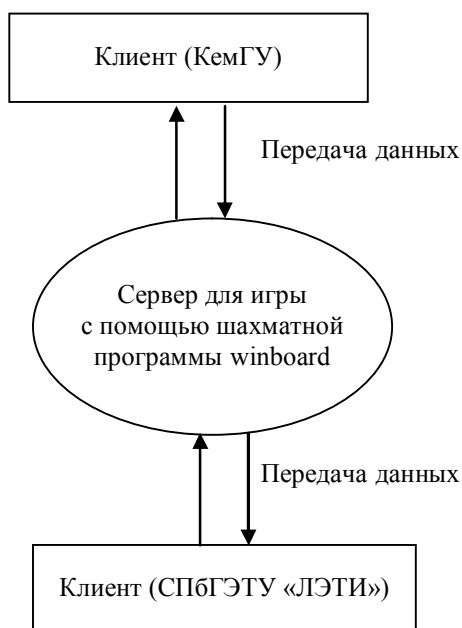


Рис. 9

Минобразования России от 04.04.2002 г. № 1220 и от 01.09.2003 г. № 3436. В приказах говорится о шахматном турнире в режиме on-line среди вузов России в целях практического распространения достижений информационных и телекоммуникационных технологий, содействия развитию интеллектуального мышления. Об этих соревнованиях упоминается в тезисах международной конференции «Особенности использования экрана монитора в системе виртуальной реальности для игры в шахматы» [12], где подробно описываются технические разработки в этой области науки. Сама игра на большом расстоянии осуществляется по схеме, изображенной на рис. 9. Создана страничка на сайте СПбГЭТУ «ЛЭТИ» www.eltech.ru с основной статьей «Статистические исследования первенства вузов по шахматам», а также

сайт с рефератами студентов www.chess-etu.narod.ru. Наш университет постоянно участвует в соревнованиях по Интернету. Эти соревнования требуют хорошей технической базы, а также знания участниками информационных и телекоммуникационных технологий. Большую помощь в этом оказали канд. техн. наук Ю. С. Татаринев, канд. техн. наук Е. К. Александров и канд. техн. наук Ю. Т. Лячек. В будущем возможно проведение матчей по примеру встречи Санкт-Петербург–Париж (300-летие города) с университетами Оксфорда, Кэмбриджа, Нью-Йорка, Парижа или Мичигана... Пока играют пробные партии и осуществляется настройка технических характеристик.

Хотел бы поблагодарить за помощь в сборе материала для статьи проф. каф. МИТ И. Г. Мироненко, директора музея А. С. Попова канд. техн. наук Л. И. Золотинкину, заведующую экспозицией музея А. С. Попова Е. В. Красникову, директора музея истории СПбГЭТУ «ЛЭТИ» Л. Н. Николаеву, а также А. С. Васильева, проф. каф. ЭТПТ, за представленные фотографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Затишье / под ред. В. С. Баскова. Санкт-Петербург. 1908–1913 г.
2. Грызловский С. Шахматы: игра и философия // Электрик. 2001 № 7, июнь. С. 4.
3. Двадцатипятилетие электротехнического института императора Александра III. СПб., 1914.
4. Иванов С. В. Из шахматной жизни Аптекарского острова и Санкт-Петербурга // Аптекарский остров: Альманах. 2002. № 1. С. 98–101.
5. Иванов С. В. Особенности использования экрана монитора в системе виртуальной реальности для игры в шахматы // Мат. 3-й межд. конф. «Телевидение: передача и обработка изображений». СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. С. 87–88.
6. Иванов С., Тимофеев И. ...Что ни ход, то откровение // Электрик. 2001. № 4, Март. С. 4.
7. Фонд музея профессора Попова А. С. 2.5.3. № 12741.
8. Шахматное обозрение. М.: Типо-литогр. т-во И. Н. Кушнерев и К^о. Редактор-издатель П. Л. Бобров, 1909. № 88–89. С. 370.

9. Шахматное обозрение. М.: Типо-литогр. т-во И. Н. Кушнерев и К^о. Редактор издатель П. Л. Бобров, 1909. № 93–95. С.112.

10. Шахматный журнал. СПб.: Т-во художественной печати. Редактор/издатель А. К. Макаров. 1900. № 8, авг. С. 246.

11. Шахматный листок. Орган Петроградского шахматного собрания. 1923. 15 ноября № 41-42. С. 156.

12. Шахматный листок. Орган Петроградского шахматного собрания. 1924. № 1 С. 5.

13. Шахматы в жизни ученых. Книга под ред. С. Я. Гродзенского, А. А. Маркова. М.: Наука. 1983.

S. V. Ivanov

TO 100 YEARS OF CREATION AND SCIENTIFIC ACTIVITY OF THE DEPARTMENT CHESS IN SPbSETU «LETI»

Devoted to the history creative ad scientific activity of the SPbSETU"LETI" chess-club, to a problem of application of information technologies to chess play.

E. M. Tarasov, B. S. Belovidov, A. S. Pereslegin, A. S. Popov, F. J. Kapustin, M. M. Botvinnik, P. I. Lukirsky, N. V. Krogius

Сведения об авторах

Алексеева Лариса Генчевна

Ст. преп. кафедры ИТПУ Муромского института Владимирского государственного университета.

Тел.: (49234) 7-71-21. E-mail: cim304@mail.ru.

Бугаенко Олег Витальевич

Начальник отдела 18 ЦНИИ МО РФ, канд. техн. наук.

E-mail: ovb@yandex.ru.

Вехорев Михаил Николаевич

Магистрант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: stativv@rambler.ru.

Гуревич Макс Семенович

Главный специалист ОАО «ЛОМО» (Санкт-Петербург).

Тел.: (812) 292-56-20. E-mail: gurevichms@airnet.ru.

Дедык Антонина Ивановна

Доцент кафедры физики СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: +7 (921) 744-54-82. E-mail: dedyk_ai@mail.ru.

Захаров Игорь Сергеевич

Доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-90-71. E-mail: Sergeich188@gmail.com.

Иванов Сергей Владимирович

Преподаватель кафедры физического воспитания и спорта СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 579-61-73. E-mail: yivanov1@rambler.ru.

Казанцева Анна Геннадьевна

Аспирант кафедры инженерной защиты окружающей среды СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-90-71. E-mail: kazanutik@mail.ru.

Каменская Екатерина Ивановна

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 958-30-00. E-mail: kamenskaya_k@mail.ru.

Коновалов Роман Сергеевич

Ассистент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ, аспирант.

Тел.: (812) 234-37-26. E-mail: RSKonovалov@rambler.ru.

Кухарев Георгий Александрович

Профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7 (911) 118-24-44. E-mail: kuga41@mail.ru.

Лавренко Борис Евгеньевич

Аспирант кафедры теоретических основ радиотехники СПбГЭТУ.

E-mail: Lavrenkoboris@mail.ru.

Лебедев Сергей Вячеславович

Магистрант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: stativv@rambler.ru.

Луговая Ольга Анатольевна

Доцент кафедры философии СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 364-09-40. E-mail: oa1ugovaya@rambler.ru.

Малышев Виктор Николаевич

Декан ФРТ СПбГЭТУ, профессор.

E-mail: vm@eltech.ru.

Павлова Юлия Валерьевна

Инженер кафедры физики СПбГЭТУ, канд. техн. наук

Тел.: +7 (904) 551-59-08. E-mail: yuliapavlova@yandex.ru.

Пантелеев Михаил Георгиевич

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: MGPanteleev@mail.eltech.ru.

Преображенская Ольга Алексеевна

Зам. зав. кафедрой иностранных языков СПбГЭТУ, канд. филол. наук, доцент.

Тел.: (812) 346-45-47, +7 (921) 319-49-25.

Ростокин Илья Николаевич

Доцент кафедры САПР ЭС Муромского института Владимирского государственного университета.

Тел.: (49234) 7-71-21. E-mail: arostokina@yandex.ru.

Семикин Дмитрий Александрович

Ассистент, аспирант кафедры физики СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (950) 024-71-52, dmitry.semikin@gmail.com.

Сидоров Михаил Владимирович

Ассистент кафедры ТиПМ ИрГУПС, аспирант кафедры ТРТСиМ ИрГУПС, и. о. метролога ДЦНК ВСЖД филиал ОАО «РЖД».

Тел.: (3952) 63-38-65. E-mail: Sidorov_michail@mail.ru.

Тревгода Михаил Александрович

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-36-75. E-mail: mikhail.trevgoda@gmail.com.

Шавров Андрей Викторович

Аспирант кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 191-28-84.

Правила представления рукописей авторами

В редакционный совет журнала «Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ"» необходимо представить:

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
 - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
 - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Сведения об авторах должны содержать:

1. Фамилию, имя, отчество (полностью) автора.
2. Основное место работы.
3. Должность.
4. Ученую степень, ученое звание.
5. Контактный телефон, адрес электронной почты.

Все сведения печатаются в строку (без пунктов) на русском и английском языках.

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

- текстовый редактор Microsoft Word версии не ниже 97;
- формат бумаги А4;
- параметры страницы: поля – верхнее 3 см, левое и нижнее 2.5 см, правое 2 см, верхний колонтитул 2 см, нижний колонтитул 2 см;
- основной текст статьи: шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по ширине; первая строка с абзацным отступом 1 см; межстрочный интервал «Множитель 1.2».

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Arial» 12 pt, интервалы: «перед» 18 pt, «после» 6 pt; межстрочный интервал «Множитель 1.2»); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Arial» 14 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ слева 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Arial» 18 pt; выравнивание по левому краю; отступ слева 0.5 см, автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него – 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Аннотация содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.7 см; интервалы перед абзацем и после него 12 pt, межстрочный интервал одинарный).

Ключевые слова состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 0 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок* «Список литературы» (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 12 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»);

➤ *библиографическое описание источника* с порядковым номером ссылки на него по тексту, начиная с первого, выполненное по ГОСТ 7.3–2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004 / Госкомстандарт. М., 2004 (отдельным абзацем; шрифт «Times New Roman» 10 pt; первая строка с абзацным отступом 0.7 см; выравнивание по ширине; межстрочный интервал одинарный).

Библиографический список не должен превышать 10 (для обзорных заказных статей – 20) наименований: приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные и нетиражированные работы не допускаются).

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 9 pt, «символ» 18 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив.

На каждый рисунок и таблицу в тексте статьи необходимо дать ссылку. Каждый рисунок и таблица должны быть пронумерованы (напр.: Рис. 1, Табл. 3).

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом.

Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Word или другими программами в черно-белом виде. Цветные рисунки не допускаются. Рисунки не редактируются. Основные линии на рисунках (границы блоков и соединительные линии на схемах, линии графиков) имеют толщину 1.25 pt, вспомогательные (линии-выноски, оси, размерные линии) – 0.75 pt.

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 11 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и обозначения на

рисунке даются шрифтом размером 10 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок, буквенные обозначения фрагментов и номер рисунка даются курсивом.

При невозможности представить электронные версии рисунков следует представить только твердые копии, обеспечивающие качественное воспроизведение рисунков после их сканирования (графики – черной тушью на белой бумаге, фотографии – на матовой бумаге размером не менее 9 × 12 см, не более 21 × 30 см).

Перечень основных тематических направлений журнала:

- Радиоэлектроника и телекоммуникации.
- Физика твердого тела и электроника.
- Информатика, управление и компьютерные технологии.
- Автоматизация и управление.
- Электротехника.
- Приборостроение и информационные технологии.
- Биотехнические системы в медицине и экологии.
- Управление качеством, инновационный и антикризисный менеджмент.
- Гуманитарные науки.
- История науки, образования и техники.
- Современные технологии в образовании.

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

Технические вопросы можно выяснить по адресу: Izvestiya-leti@yandex.ru