



СОДЕРЖАНИЕ

Радиоэлектроника и телекоммуникации

Васюкова О. Н., Катушкин А. В., Копылов В. В., Лисенков А. В., Шашкин А. К. Определение местоположения РЛС на борту самолета разностно-дальномерным методом 3

Физика твердого тела и электроника

Богачев Ю. В., Драккин В. З., Князев М. Н., Кузьмина Н. Н., Черненко Ю. С. Исследования ЭПР и ДЭЯР катализаторов полимеризации изопрена. Применение метода ЭПР в промышленности синтетического каучука 9

Сидоров А. И., Цирухин А. А. Формирование и оптические свойства длиннопериодных волоконных решеток с полимерным покрытием 15

Завьялов А. В., Михальчевский А. О. Гидрофильные свойства оксинитрида титана 25

Информатика, управление и компьютерные технологии

АбуДавас М., Дмитриевич Г. Д., Новакова Н. Е. Особенности формирования архитектуры САПР на основе моделирования типовых компонентов 29

Крупенко Д. А. Методы формирования параметрических элементов в системе проектирования AutoCAD с использованием динамических блоков 33

Автоматизация и управление

Беспалов А. В., Кузнецов В. Е., Поляхов Н. Д., Чистяков Ю. С. Диагностика отказа систем на основе вычисления первого показателя Ляпунова 33

Электротехника

Федоров В. В. Поле однопроводной линии 47

Приборостроение и информационные технологии

Сиано С., Бартоли Л., Менкалья А., Салимбени Р., Джамелло М., Парфенов В. А. Исследование фототермических процессов при лазерной очистке каменных памятников (теоретическое рассмотрение) 45

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 08.04.09 г.

Формат 6084 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 12,0.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–150 экз.)

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

197376, Санкт-Петербург,

ул. Проф. Попова, 5

Тел.: (812) 346-45-23

Факс: (812) 346-28-56

Биотехнические системы в медицине и экологии

Аль-Муджагед И. И. Биомеханическое моделирование
мочевого пузыря с патологическим образованием
дивертикулом51

Гордейчук А. П., Попечителей Е. П. Нейросетевой алгоритм
обнаружения QRS-комплексов для индивидуальной аппаратуры
оценки состояния сердечно-сосудистой системы55

Современные технологии в образовании

Герасимов И. В., Первицкий А. Ю. Инновационная
магистерская программа "Управление информационными
системами и ресурсами"61

**Управление качеством, инновационный и антикризисный
менеджмент**

Жукова О. С., Михайлов М. Н. Факторинг: преимущества
и недостатки69

Звонцов А. В., Семенов В. П. Методологические аспекты
обеспечения конкурентоспособности отечественных компаний. 74

Гуманитарные науки

Кудрявцева М. Е. Автокоммуникация как жизнетворчество
в рассказе Х.-Л. Борхеса "Тайное чудо"81

История науки, образования и техники

Уваров В. А. Научные связи А. С. Попова в Европе.....87

Сведения об авторах93

Правила представления рукописей авторами97

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

Подписка производится в любом почтовом отделении России



УДК 621.396

О. Н. Васюкова, А. В. Катушкин,

В. В. Копылов, А. В. Лисенков, А. К. Шашкин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ РЛС НА БОРТУ САМОЛЕТА РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ

Рассматривается метод определения местоположения РЛС на борту самолета посредством одной ненаправленной антенны. Анализируются точности определения координат и основные факторы, определяющие погрешность измерения параметров.

Гиперболический метод определения координат, геометрический фактор, синхронизация шкал времени, методы определения координат

Исходные посылки. Определение местоположения РЛС на борту самолета разностно-дальномерным методом посредством одной ненаправленной антенны основано на изменении параметров принимаемого сигнала РЛС при движении относительно РЛС в интервалах измерения по линейной траектории с постоянной скоростью.

Рассмотрим основные параметры такого принципа определения местоположения.

В качестве иллюстрации метода примем скорость движения самолета равной $700 \text{ км/ч} = 0.192 \text{ км/с}$, частоту вращения антенны $12 \dots 25 \text{ об/мин}$ и ширину луча в горизонтальной плоскости $0.6 \dots 2.4^\circ$. При этом диапазон изменения длительности посылки пачки импульсов, принимаемых на борту самолета, $\tau_{\Pi} \in 8.3 \dots 33 \text{ мс}$. За это время самолет пролетает от 1.6 (при $\tau_{\Pi} = 8.3 \text{ мс}$) до 6.3 м (при $\tau_{\Pi} = 33 \text{ мс}$). Это расстояние определяет «базу» измерения [1]–[3]. При такой базе погрешность измерения будет слишком велика [1]–[5]. С целью увеличения базы интервал τ_a между соседними отсчетами сигнала РЛС следует значительно увеличить, примем его равным периоду вращения антенны – $2.4 \dots 5.0 \text{ с}$. В дальнейшем будем считать $\tau_a = 5.0 \text{ с}$.

Сделанное ранее предположение относительно интервала между соседними отсчетами сигнала РЛС можно считать допустимым при условии прогнозирования параметров РЛС на интервал паузы между соседними пачками импульсов. Возможность такого прогнозирования должна быть обеспечена знаниями характеристик нестабильностей опорного генератора РЛС [6].

С учетом изложенного структуру метода определения местоположения РЛС можно проиллюстрировать рис. 1, где координаты РЛС $(x, y) = (0, Y_0)$; X_1, X_2 – точки начала и окончания 1-го измерения; X_3, X_4 – точки начала и окончания второго измерения; I – интервал между соседними измерениями; $\Delta L_1, \Delta L_2$ – длительности 1-го и 2-го измерений; L_1, L_2, L_3, L_4 – расстояния от точек начала и конца измерений до РЛС; Δ – приращение дальности до РЛС в конце интервалов измерений.

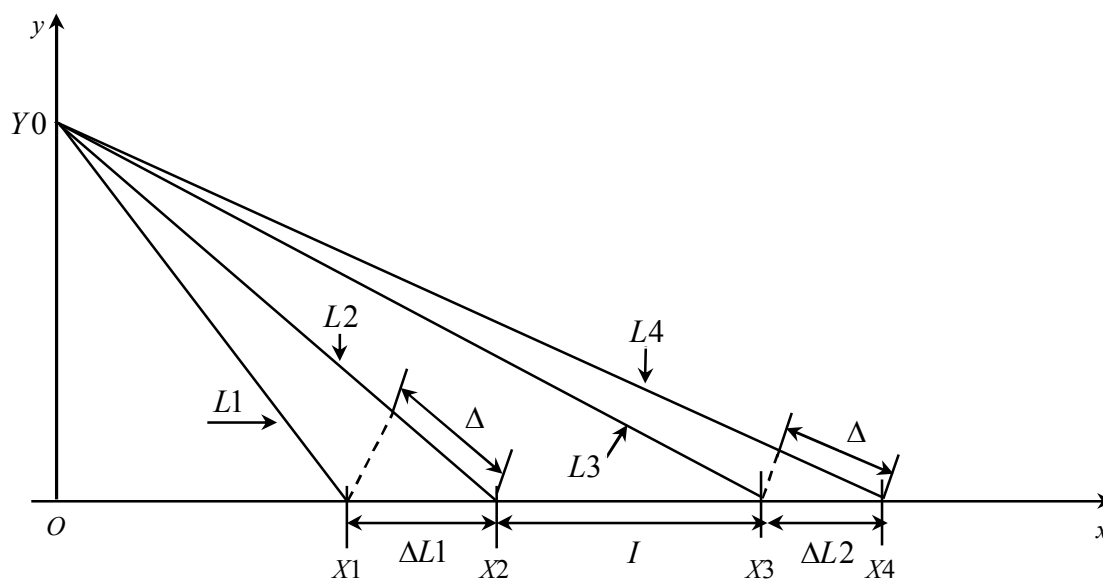


Рис. 1

Точки X_1, X_2 и X_3, X_4 – фокусы гипербол при первом и втором измерениях. С учетом изложенного параметры гиперболической функции иллюстрирует рис. 2, где представлены как сами функции, так и их асимптоты (F_1, F_2 – фокусы гиперболы; ΔL_1 – расстояние между фокусами; $2A$ – расстояние между вершинами гиперболы; штриховые линии – асимптоты гиперболы).

Модель на основе рис. 1 более подробно поясняется далее и иллюстрируется рис. 3–6.

Решение для случая двух гипербол. Рассмотрим решение системы двух гиперболических уравнений для исходных данных, приведенных ранее. Исходные данные для расчета следующие (все линейные размеры в километрах, время в секундах):

$$Y_0 = 50; OX_1 = 50; v = 0.194; \tau_a = 5.0; I = 10. \quad (1)$$

Рассчитаем основные параметры для первой гиперболы:

$$L_1 = \sqrt{Y_0^2 + OX_1^2}; \Delta = v\tau_a; L_2 = L_1 + \Delta; \Delta L_1 = \sqrt{L_2^2 - Y_0^2} - OX_1; OX_2 = \sqrt{L_2^2 - Y_0^2};$$

$$L_1 = 70.711; \Delta = 0.97; L_2 = 71.681; \Delta L_1 = 1.363; OX_2 = 51.363.$$

Параметры для второй гиперболы:

$$L_3 = \sqrt{Y_0^2 + (OX_2 + I)^2}; L_4 = L_3 + \Delta; OX_3 = OX_2 + I; \Delta L_2 = \sqrt{L_4^2 - Y_0^2} - OX_3;$$

$$L_3 = 79.154; L_4 = 80.124; OX_3 = 61.363; \Delta L_2 = 1.246.$$

Определим базовые параметры для первой гиперболы (рис. 2):

$$A = \frac{\Delta}{2}; C1 = \frac{\Delta L1}{2}; B1 = \sqrt{C1^2 - A^2}; H1 = OX1 + \frac{\Delta L1}{2};$$

$$A = 0.485; C1 = 0.681; B1 = 0.479; H1 = 50.681.$$

Уравнение первой гиперболы:

$$y1(x) = B1 \frac{\sqrt{(x-H1)^2 - A^2}}{A}. \quad (2)$$

Определим базовые параметры для второй гиперболы (рис. 2):

$$C2 = \frac{\Delta L2}{2}; B2 = \sqrt{C2^2 - A^2}; H2 = OX3 + \frac{\Delta L2}{2};$$

$$C2 = 0.623; B2 = 0.391; H2 = 61.986.$$

Уравнение второй гиперболы:

$$y2(x) = B2 \frac{\sqrt{(x-H2)^2 - A^2}}{A}. \quad (3)$$

Решение системы из уравнений (2), (3):

$$\begin{cases} y = B1 \frac{\sqrt{(x-H1)^2 - A^2}}{A} \\ y = B2 \frac{\sqrt{(x-H2)^2 - A^2}}{A} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0.462e-11, \\ y = 50. \end{cases}$$

Рис. 3 иллюстрирует вид гипербол для исходных данных (1), рис. 2 – формы гипербол вблизи фокусов, а рис. 3 – вид гипербол вблизи пересечения ветвей.

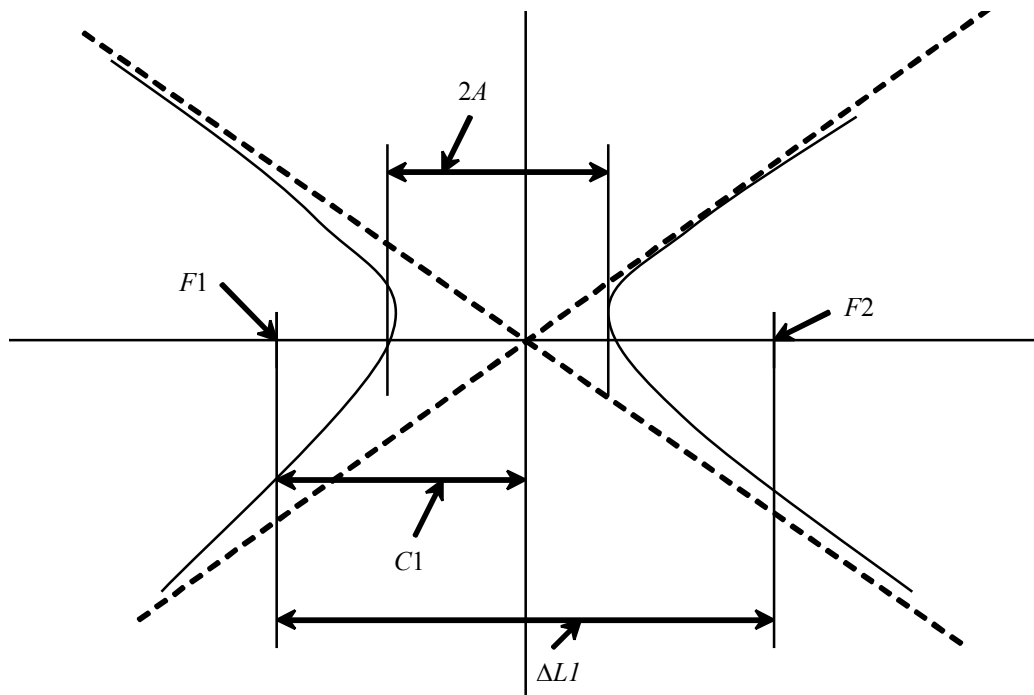


Рис. 2

Решение для аппроксимирующих функций. Решить задачу оценки местоположения РЛС можно посредством замены системы нелинейных (квадратических) уравнений на систему линейных уравнений, представляющих собой аппроксимацию гиперболических функций. Такая аппроксимация вполне уместна при дальностях от РЛС, более чем на порядок превышающих фокусное расстояние гипербол.

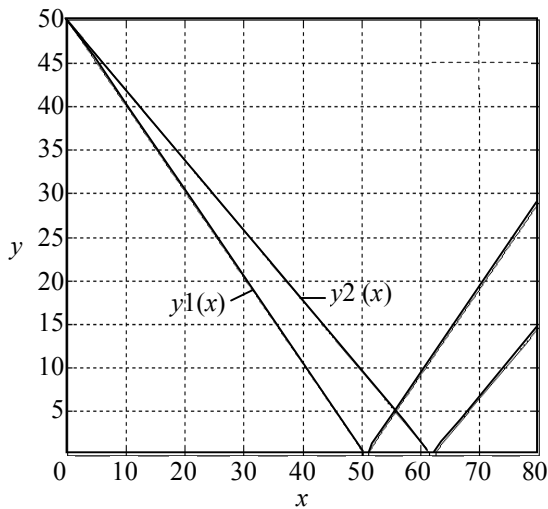


Рис. 3

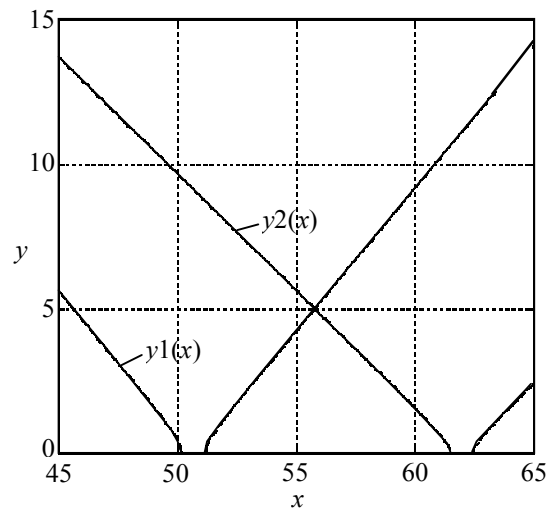


Рис. 4

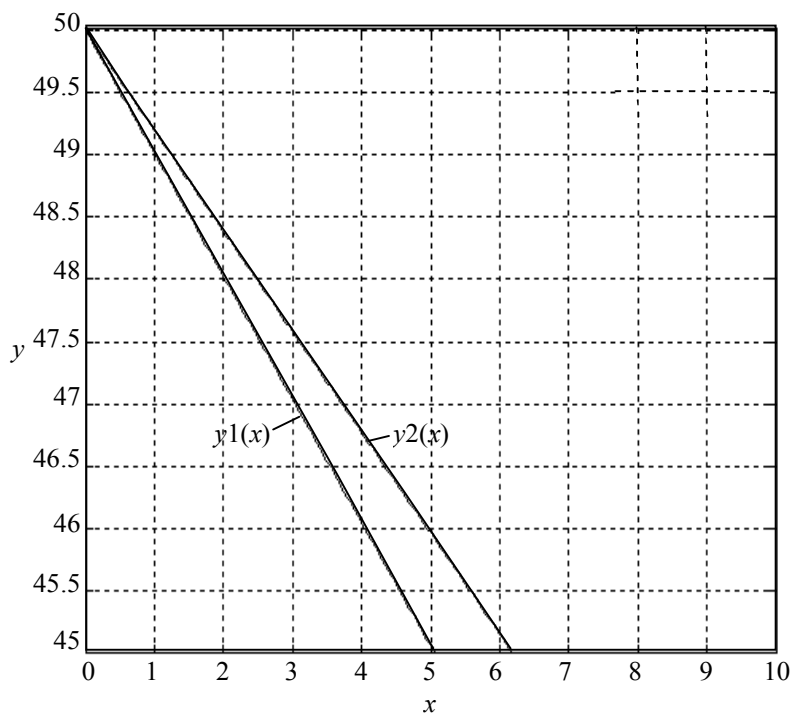


Рис. 5

Расчет на основе аппроксимирующих функций можно использовать для получения первоначального приближения при наличии последующего более точного расчета ошибки аппроксимации.

Решение для системы аппроксимирующих функций при исходных данных (1) следующее:

$$\begin{cases} y = B1 \frac{x - H1}{A} \\ y = B2 \frac{x - H2}{A} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0.422e-2, \\ y = 49.998. \end{cases}$$

Для $A2 = 0.5$; $B2 = 0.4$ получим $y2(x) = \frac{B2}{A2} \sqrt{(x-3)^2 - A2^2}$; $y21(x) = \left| \frac{B2(x-3)}{A2} \right|$.

Соответствующие графики приведены на рис. 6: а – пересечение двух гипербол $y1(x)$ и $y2(x)$; б – пересечения двух аппроксимирующих функций $y11(x)$ и $y21(x)$.

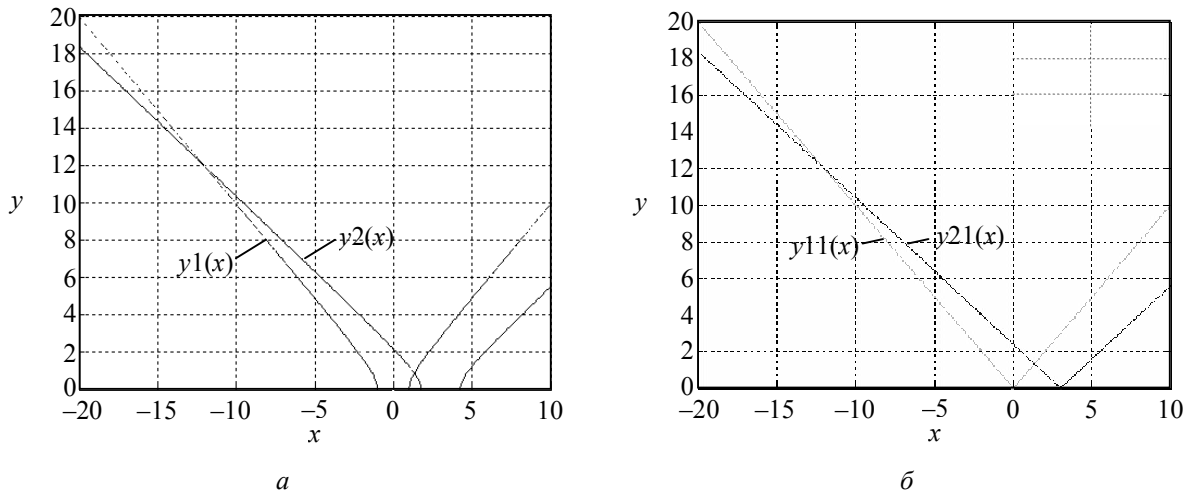


Рис. 6

Аналитические решения, соответствующие графикам на рис. 6, следующие:

для аппроксимирующих функций:
$$\begin{cases} y = \left| \frac{B1 \cdot x}{A1} \right| \\ y = \left| \frac{B2(x-3)}{A2} \right| \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = -12 \\ y = 12 \end{cases}.$$

Геометрический фактор используемого принципа определения местоположения РЛС. Весьма важной характеристикой точности определения местоположения является «геометрический фактор» [1]–[5], вызывающий рост погрешности определения местоположения по отношению к погрешности определения линии (линий) положения.

Далее приведен расчет геометрического фактора для частного случая, лежащего в основе всех предыдущих расчетов.

Исходные данные те же, что и ранее (см. (1)). Оценим геометрический фактор для аппроксимирующих кривых, так как они хорошо совпадают с гиперболами на удалении в несколько фокусных расстояний $F1 = \frac{B1}{A} = 0.987$; $F2 = \frac{B2}{A} = 0.807$. Ошибка линии

положения: Ξ , ошибка определения линии положения: $\Lambda = \frac{\Xi}{\sin\left(\frac{F1 - F2}{2}\right)} \Rightarrow$ для ошибки

линии положения, например, $\Xi = 0.05$ получим $\Lambda = 0.556$.

Из расчета следует, что геометрический фактор увеличивает ошибку определения местоположения по отношению к погрешности линии положения более, чем в 10 раз. Причем при дальнейшем движении по такой же траектории ошибка будет возрастать, так как угол пересечения гипербол будет уменьшаться.

Один из вариантов снижения ошибки определения местоположения – изменение траектории движения самолета между соседними парными измерениями на 90°.

Требования к точности синхронизации. Рассмотренный принцип измерения местоположения РЛС использует две шкалы синхронизации: одна шкала определяет режим излучения РЛС (периодичность следования зондирующих импульсов), вторая – шкала синхронизации бортовых измерений. Погрешностью второй шкалы можно пренебречь, если она сформирована, например, на основе сигналов GPS или других источников вторичного эталона времени (Чайка/Лоран или другие подобные).

В этом случае возникает задача прогнозирования шкалы синхронизации РЛС на борту самолета. При этом периодически принимаемый сигнал РЛС позволит периодически уточнять модель прогнозирования на следующий этап «неприема» сигналов РЛС.

Такой алгоритм прогнозирования может быть разработан, если известен тип опорного генератора РЛС, его долговременные и кратковременные характеристики (модель нестабильности этого генератора) [6].

Выводы:

1. Для повышения точности измерений интервал между соседними измерениями следует существенно увеличить. Расширять интервал измерений целесообразно на основе прогнозирования параметров излучения РЛС в паузах между интервалами приема сигналов РЛС.

2. Геометрический фактор системы является существенным источником дополнительной погрешности. Изменение траектории движения самолета – один из способов уменьшить эту погрешность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

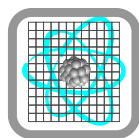
1. Бакулев П. А., Сосновский А. А. Радиолокационные и радионавигационные системы: Учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1994.
2. Сосулин Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. М.: Радио и связь, 1992.
3. Белавин О. В. Основы радионавигации. М.: Сов. радио, 1977.
4. Радионавигационные приборы / А. М. Байрашевский, В. И. Быков, Ю. И. Никитенко, В. А. Положинцев. М.: Транспорт, 1966.
5. Кинкулькин И. Е., Рубцов В. Д., Фабрик М. А. Фазовый метод определения координат. М.: Сов. радио, 1979.
6. Макшанов А. В., Смирнов А. В., Шашкин А. К. Робастные методы обработки сигналов в радиотехнических системах синхронизации. СПб.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991.

O. N. Vasiukova, A. V. Katushkin, V. V. Copilov, A. V. Lisenkov, A. K. Shashkin

Definition of Site Radar Station on Board the Plane Time-Difference Method

In clause is considered by a method of definition of site radar station on board the plane by means of one not directed aerial. Are analyzed accuracy of definition of coordinates and the major factors defining an error of measurement of parameters.

A hyperbolic method of definition of coordinates, the geometrical factor, synchronization of time scales, methods of definition of coordinates



УДК: 537.611.43

Ю. В. Богачев, В. З. Дранкин, М. Н. Князев,
Н. Н. Кузьмина, Ю. С. Черненко

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭПР И ДЭЯР КАТАЛИЗАТОРОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ИЗОПРЕНА. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭПР В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

Приведены результаты исследований каталитических систем Циглера–Натта методами ЭПР и ДЭЯР. Полученные данные позволили разработать и внедрить в промышленности синтетического каучука автоматизированную систему ЭПР-контроля и управления технологическим процессом производства катализаторов.

Электронный парамагнитный резонанс, каталитические системы Циглера–Натта, анализатор ЭПР

Наличие парамагнитных свойств у комплексов титана, образующихся в каталитических системах Циглера–Натта, используемых при полимеризации олефинов, привело к появлению значительного количества работ [1]–[3], посвященных исследованиям электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) данных систем. Анализ результатов этих работ показывает, что существуют различные подходы авторов как к интерпретации спектров ЭПР, так и объяснению механизмов формирования и природы активных центров родственных каталитических систем.

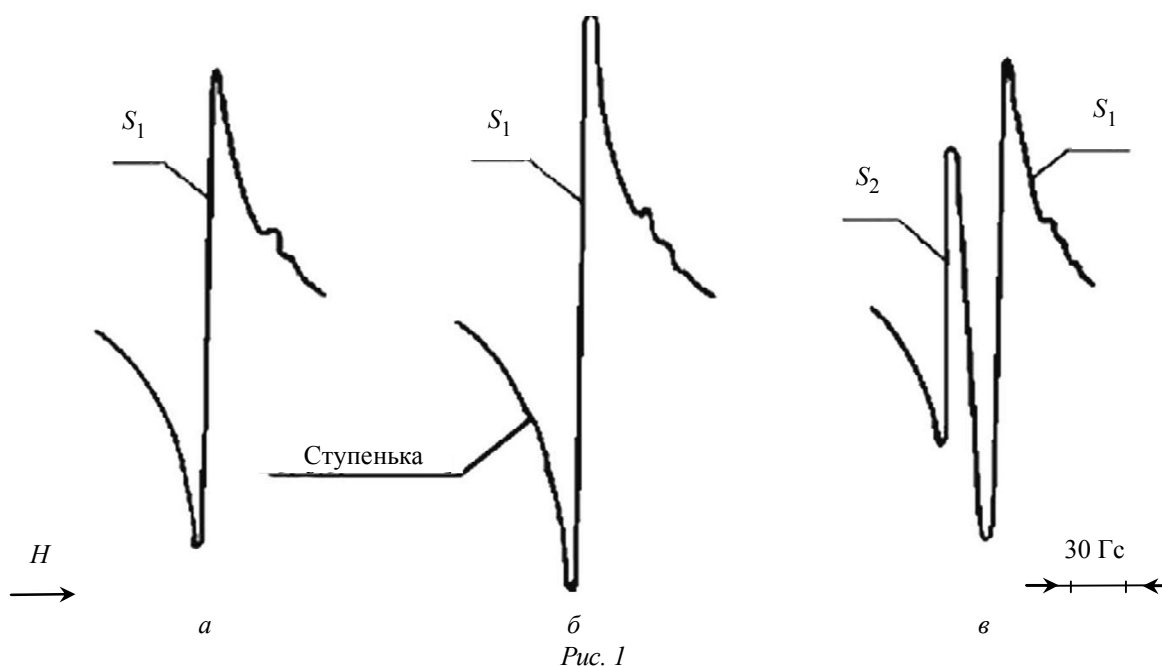
Авторами исследована методом ЭПР каталитическая система $\{TiCl_4 + Al(i-C_4H_9)_3\}$ в растворе толуола, используемая в промышленности при полимеризации изопрена. Исследования ЭПР проводились как в статическом, так и в динамическом режимах приготовления катализаторов при различных температурах, концентрациях и соотношениях компонентов, а также при добавке различных электронодонорных соединений.

Результаты исследований ЭПР показывают, что при взаимодействии $TiCl_4$ и $Al(i-C_4H_9)_3$ в растворе толуола при понижении температуры с $+20$ до -80 °С и соотношениях Al/Ti от 0,5 до 2,0 образуются парамагнитные комплексы Ti^{3+} , обуславливающие появление двух взаимно перекрывающихся сигналов ЭПР S_1 и S_2 ,

которые имеют гауссову форму линии с шириной $\Delta H_{pp} = 16$ Гс каждая и характеризуются значениями

g -фактора $g_1 = 1,924$ и $g_2 = 1,931$ соответственно (рис. 1).

Интенсивные одиночные линии S_1 и S_2 обусловлены изотопами трехвалентного титана ^{46}Ti , ^{48}Ti и ^{50}Ti , имеющими нулевой ядерный магнитный момент. Наблюдаемая на крыле линии сигнала S_1 сверхтонкая структура (СТС) линий обусловлена взаимодействием неспаренного электрона с ядрами изотопов ^{47}Ti (естественное содержание 7,75 %, спин ядра $I = 5/2$). Константа изотропной СТС $A = 20$ Гс.



Введение электронодонорного соединения в каталитическую систему приводит к сдвигу сигнала S_1 , g -фактор которого становится равным 1,916. Остальные параметры спектра ЭПР остаются неизменными.

Исследования ЭПР как двухкомпонентной, так и трехкомпонентной каталитических систем в динамическом режиме показывают, что интенсивность линий S_1 и S_2 , а также результирующая форма спектра ЭПР зависят от молярного соотношения компонентов Al/Ti , температуры, времени приготовления катализатора и наличия примесей.

По результатам исследований ЭПР для данных каталитических систем выявлены следующие закономерности динамики спектров ЭПР. Независимо от температуры приготовления катализатора, при соотношениях Al/Ti от 0,5 до 0,9, в спектре ЭПР присутствует только сигнал S_1 , интенсивность которого увеличивается при увеличении соотношения Al/Ti (рис. 1, а). Интенсивность сигнала S_1 достигает максимального значения при соотношениях $\text{Al/Ti} = 0,9 \dots 1,0$ и затем уменьшается при дальнейшем увеличении соотношения Al/Ti . Сигнал S_2 появляется при соотношениях $\text{Al/Ti} =$

0,9...1,0 сначала в виде «ступеньки» на крыле интенсивного сигнала S_1 (рис. 1, б), а затем разрешается все отчетливее и увеличивается по интенсивности при дальнейшем увеличении соотношения Al/Ti (рис. 1, в). Увеличение интенсивности сигнала S_2 пропорционально уменьшению интенсивности сигнала S_1 . Интенсивность сигнала S_2 достигает максимального значения при соотношении Al/Ti = 1,5...1,6, сигнал S_1 при этом незначителен.

Исследование динамики спектров ЭПР катализаторов при понижении температуры с +20 до -80 °С показывает увеличение интенсивности сигнала S_1 и изменение отношения интенсивностей сигналов S_1 и S_2 в диапазоне Al/Ti = 0,9...1,2.

При понижении температуры с +20 до -80 °С форма линий, g -факторы сигналов S_1 и S_2 для соотношений компонентов Al/Ti = 0,5...2,0 остаются неизменными, ширина линий ΔH_{pp} при этом незначительно увеличивается.

Эксперименты по измерению каталитической активности данных катализаторов показывают, что максимальная каталитическая активность достигается при соотношениях компонентов Al/Ti = 0,9...1,0. Взаимодействие катализатора (Al/Ti = 1,0) с мономером – изопреном при +20 °С приводит к исчезновению сигнала S_1 и появлению интенсивного сигнала S_3 с g -фактором, равным 1,948 и шириной линии $\Delta H_{pp} = 24$ Гс. Сигнал S_2 при этом не наблюдается, возможно, из-за перекрывания с интенсивным сигналом S_3 .

Исследования ЭПР катализаторов полимеризации изопренов, таким образом, показывают существование двух парамагнитных комплексов Ti^{3+} , обладающих различным лигандным окружением. Один из этих комплексов, обуславливающих сигнал ЭПР S_1 , является каталитически активным.

С целью выяснения структуры каталитически активного комплекса титана были проведены исследования ЭПР при $T = 105$ К и исследования двойного электронно-ядерного резонанса (ДЭЯР) трехкомпонентного катализатора с максимальной каталитической активностью (Al/Ti = 1,0) при $T = 77$ К.

Сигнал ЭПР S_1 такого катализатора при $T = 105$ К претерпевает резкие изменения и характеризуется ромбической симметрией g -тензора с параметрами: $g_{xx} = 1,889$; $g_{yy} = 1,911$; $g_{zz} = 1,948$. Подобная форма сигнала ЭПР обусловлена, видимо, тригональным искажением октаэдрического комплекса Ti^{3+} .

Исследования ДЭЯР активного комплекса Ti^{3+} (Al/Ti = 1,0), обладающего сигналом ЭПР S_1 , показывают, что спектр ДЭЯР, снятый при 77 К, состоит из двух сигналов, расположенных симметрично относительно частоты свободного протона ν_{H^1} , с константой суперсверхтонкого взаимодействия (ССТВ) $A_{zz}^H = 7,3$ МГц (рис. 2).

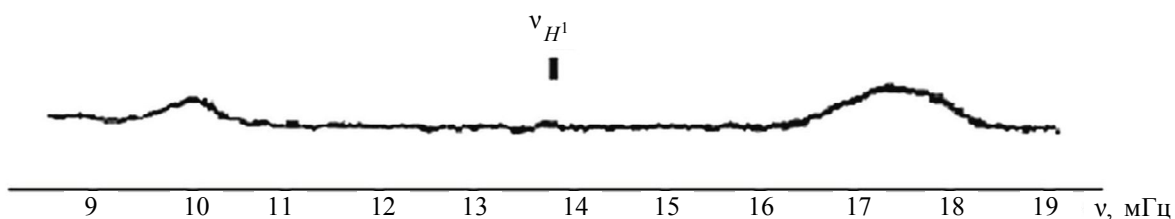


Рис. 2

Наблюдаемый спектр ДЭЯР обусловлен взаимодействием неспаренного электрона Ti^{3+} с ядерными магнитными моментами атомов водорода алкильной группы C_4H_9 , что свидетельствует о наличии в каталитически активном комплексе Ti^{3+} ковалентной связи Ti^{3+} -алкил (C_4H_9), которая объясняет и тригональное искажение октаэдрического комплекса Ti^{3+} .

Обнаруженная зависимость между изменениями интенсивности и формы результирующего спектра ЭПР и каталитической активностью металлоорганических катализаторов полимеризации изопрена была положена в основу разработки методики [4] и анализатора ЭПР [5], позволяющих осуществлять непрерывный экспресс-анализ катализатора полимеризации изопрена в процессе его производства и полностью автоматизировать управление этим процессом [6].

Функциональная схема анализатора ЭПР показана на рис. 3. Анализатор состоит из следующих блоков:

- постоянный магнит (М);
- микроволновый генератор (МГ);
- усилитель мощности ВЧ-модуляции магнитного поля (УМ);
- блок регистрации и управления (БР);
- блок питания (БП);
- ЭВМ (опционально).

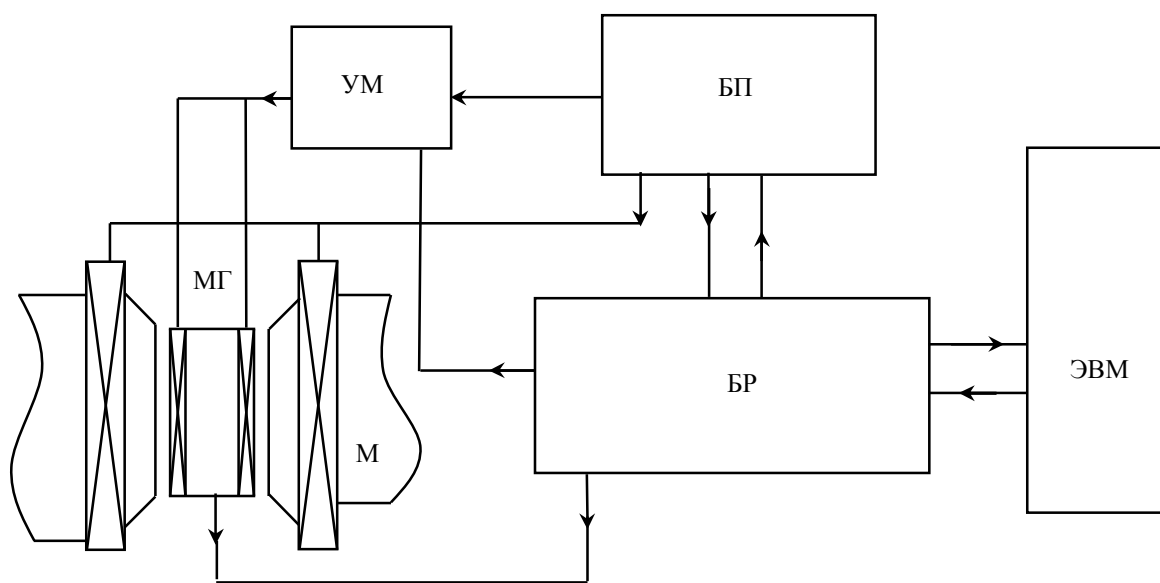


Рис. 3

Постоянный магнит создает поляризующее магнитное поле с индукцией ~ 3350 Гс. На полюсных наконечниках магнита закреплены катушки развертки магнитного поля, ток в которых изменяется управляемым стабилизатором тока, расположенным в блоке питания. Применение постоянного магнита в специализированном анализаторе ЭПР позволяет существенно снизить габариты и энергопотребление прибора и упростить его эксплуатацию.

В зазоре магнита размещается микроволновый генератор автодинного типа на диоде Ганна и катушки ВЧ-модуляции. Такой генератор в силу своей простоты обеспечивает исключительную стабильность и надежность функционирования прибора, что является чрезвычайно важным при использовании прибора для контроля и управления технологическими процессами непосредственно в производственных условиях.

Катушки модуляции подсоединены к выходу усилителя мощности. На вход усилителя мощности напряжение ВЧ-модуляции (100 кГц) подается от блока регистрации сигнала ЭПР.

Блок регистрации и управления создает напряжение ВЧ-модуляции для усилителя мощности, сигнал управления разверткой магнитного поля для блока питания, осуществляет усиление, детектирование и обработку сигнала ЭПР. Блок работает под управлением программируемого микроконтроллера, который, в свою очередь, обменивается данными и командами с персональной ЭВМ. Блок регистрации генерирует сигналы для автоматизированного управления технологическим процессом.

Блок питания анализатора вырабатывает стабилизированные напряжения для питания блока регистрации и управления, усилителя мощности и микроволнового генератора. В блоке питания также размещен управляемый стабилизатор тока для питания катушек развертки магнитного поля и стабилизатор напряжения питания диода Ганна.

Микроконтроллер обеспечивает управление всеми узлами прибора, первичную обработку спектра ЭПР и формирование команд и сигналов управления автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) в зависимости от настроек, запрограммированных изготовителем или пользователем, и обмен с персональным компьютером.

После включения прибора и запуска управляющего программного обеспечения на ЭВМ анализатор переходит в режим автоматической настройки и измерения параметров информативного сигнала. При этом на дисплее отображается текущий режим функционирования прибора и параметры регистрации: коэффициент усиления, постоянная времени и число накоплений спектра ЭПР. Программа подбирает оптимальный коэффициент усиления измерительного тракта и записывает сигнал ЭПР во всем диапазоне развертки магнитного поля. Затем осуществляется сглаживание спектра и поиск экстремумов сигнала. Результат обработки спектра каталитического комплекса используется для выработки сигналов и команд управления АСУТП.

Кроме автоматического режима возможно функционирование анализатора в режиме настройки. Этот режим позволяет осуществлять быструю развертку магнитного поля в узком диапазоне с одновременным отображением сигнала ЭПР, устанавливать диапазоны развертки магнитного поля, коэффициент усиления тракта регистрации, постоянную времени синхронного детектора и количество накоплений спектра ЭПР, запись спектра ЭПР в соответствии с установленными параметрами. Также этот режим позволяет выбрать и отобразить на экране интересующий участок спектра ЭПР. При перемещении

маркера по экрану дисплея отображается интенсивность сигнала ЭПР (в относительных единицах) и текущее значение индукции магнитного поля (в гауссах).

Программное обеспечение анализатора делает возможными сохранение и чтение ранее записанных спектров ЭПР, их обработку, подготовку и передачу в требуемом формате в ведущий компьютер АСУТП.

Таким образом, полученные результаты исследований ЭПР и ДЭЯР позволяют предположить, что каталитически активным комплексом в исследованных катализаторах полимеризации изопрена являются алкилированные октаэдрические комплексы Ti^{3+} с тригональным искажением симметрии, что находится в согласии с теоретическими моделями образования активных центров каталитических систем Циглера–Натта, предложенных Косси, Арлманом и Луи Родригесом [4].

Полученные при исследованиях ЭПР катализаторов полимеризации изопрена закономерности изменения параметров спектров ЭПР в зависимости от основных факторов технологического процесса приготовления катализаторов [5] позволили разработать и внедрить в промышленности синтетического каучука автоматизированную систему ЭПР-контроля и управления технологическим процессом производства катализаторов [6]–[7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чирков Н. М., Матковский П. Е., Дьячковский Ф. С. Полимеризация на комплексных металлорганических катализаторах. М.: Химия, 1976.
2. Adema E. H., Bartelink H. J. M., Smidt J. Electron Spin Resonance Studies on Ziegler Catalyst Systems // J. Res. trav. Chim. 1961. № 80 P. 173; 1962. № 81. P. 73, 225.
3. Ткас А. EPR research of Ti (III) complexes in Ziegler-Natta catalysts// Coll. Czech. Chem. Commun. 1968. № 33. P. 1629, 2004, 3001.
4. Стереорегулярные каучуки // Под ред. У. Солтмена. М.: Мир, 1981. Т. 1, 2.
5. Методика контроля активности катализатора Циглера–Натта для полимеризации изопрена в производственных условиях на базе компьютеризированного прибора ЭПР / Ю. В. Богачев, С. А. Будер, М. Н. Князев и др. // Перв. всерос. конф. по каучуку и резине: Тез. докл. М., 2002. С. 31–34.
6. Compact automated EPR spectrometer / A. M. Altmarm, Yu. V. Bogachev, V. Z. Drapkin et al. // EUROMAR Magnetic Resonance Conference Abstract Book. SPb., 2008. P. 227.
7. Пат. на полезную модель № 53778 от 10. 01. 2006 г. Спектрометр электронного парамагнитного резонанса / В. З. Драпкин, Д. П. Волнягин, М. Н. Князев, К. В. Герман. Оpubл. 27.05.2006. Бюл. № 15.

Yu. V. Bogachev, V. Z. Drapkin, M. N. Knyazev, N. N. Kuzmina, J. S. Chernenco

EPR AND ENDOR INVESTIGATIONS OF ISOPRENE POLIMERIZATION CATALYSTS. THE EPR APPLICATION IN SYNTHETIC RUBBER INDUSTRY

The results of EPR and ENDOR research of Ziegler-Natta catalysts are presented. Derived trends allowed to develop and introduce in the synthetic rubber industry the automated system of the EPR control for the technological process of the catalyst production.

Electron Paramagnetic Resonance (EPR), Ziegler-Natta catalysts, EPR analyzer

ФОРМИРОВАНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Представлены результаты исследования длиннопериодных решеток с полимерным покрытием. Показано, что самоорганизация растворов полимеров на оптическом волокне позволяет создавать периодические структуры с периодом 0.1...2 мм. Описана модификация метода создания ДПР с периодическим покрытием из неорганических материалов. Результаты численного моделирования ДПР показывают, что применение полимеров позволяет существенно увеличить чувствительность ДПР к внешним воздействиям.

Длиннопериодная волоконная решетка, полимерное покрытие

Длиннопериодные волоконные решетки (ДПР) представляют собой оптическое волокно, эффективный показатель преломления которого имеет периодическую модуляцию в продольном направлении [1], [2]. Период модуляции показателя преломления Λ у ДПР значительно превышает длину волны излучения λ и, как правило, лежит в пределах (100...1000) λ . Этим ДПР отличаются от брэгговских волоконных решеток, у которых период модуляции показателя преломления равен $\lambda/4$ или $3\lambda/4$. Как и брэгговские решетки, ДПР обладают спектрально-селективными оптическими свойствами, причем резонансные длины волн ДПР лежат в ближнем ИК-диапазоне ($\lambda = 0.8...2$ мкм) [3]. В настоящее время ДПР широко используются в двух областях техники – в лазерной технике, в качестве спектральных селекторов для волоконных лазеров; и в измерительной технике, в качестве чувствительных элементов волоконно-оптических датчиков и сенсоров [4]. Вторая область применения связана с тем, что спектральные и амплитудные характеристики ДПР весьма чувствительны к внешним физическим воздействиям (температура, давление, изгиб, изменение показателя преломления окружающей среды и др.). Модуляция эффективного показателя преломления ДПР достигается изменением показателя преломления материала волокна либо формированием периодической модуляции толщины волокна – созданием на его поверхности гофров. Существующие в настоящее время технологии изготовления ДПР сложны и заключаются в обработке волокон из специальных сортов фоточувствительных стекол ультрафиолетовым либо инфракрасным лазерным излучением, с последующей термической обработкой и, в ряде случаев, с химическим травлением [5], [6]. Поэтому стоимость ДПР весьма высока.

Работа была проведена авторами с целью разработки простых и дешевых методов создания гофрированных ДПР с использованием самоорганизации полимеров на поверхности оптического волокна и исследования оптических свойств таких ДПР методами численного моделирования.

Формирование периодических полимерных структур на поверхности оптических волокон. На данной стадии работы исследовались процессы формирования гофров на

оптических волокнах при самоорганизации растворов следующих органических полимерных материалов: полиуретан (ПУ), поливинилацетат (ПВА), нитроцеллюлоза (НЦ), полиметилметакрилат (ПММА), полистирол (ПС) и оптический эпоксидный компаунд (ЭК). В качестве растворителя использовался этилацетат либо смесь ацетона, этилацетата и толуола. Концентрация C полимера в растворе варьировалась от 5 до 30 %. В ряде случаев, для лучшей визуализации процессов, в раствор вводился органический краситель с концентрацией не более 1 %. Исследования проводились на оптических волокнах из кварцевого стекла, силикатного стекла и полиамида диаметром от 50 до 300 мкм и длиной 10...15 см.

Методика формирования гофров на поверхности волокон заключалась в следующем.

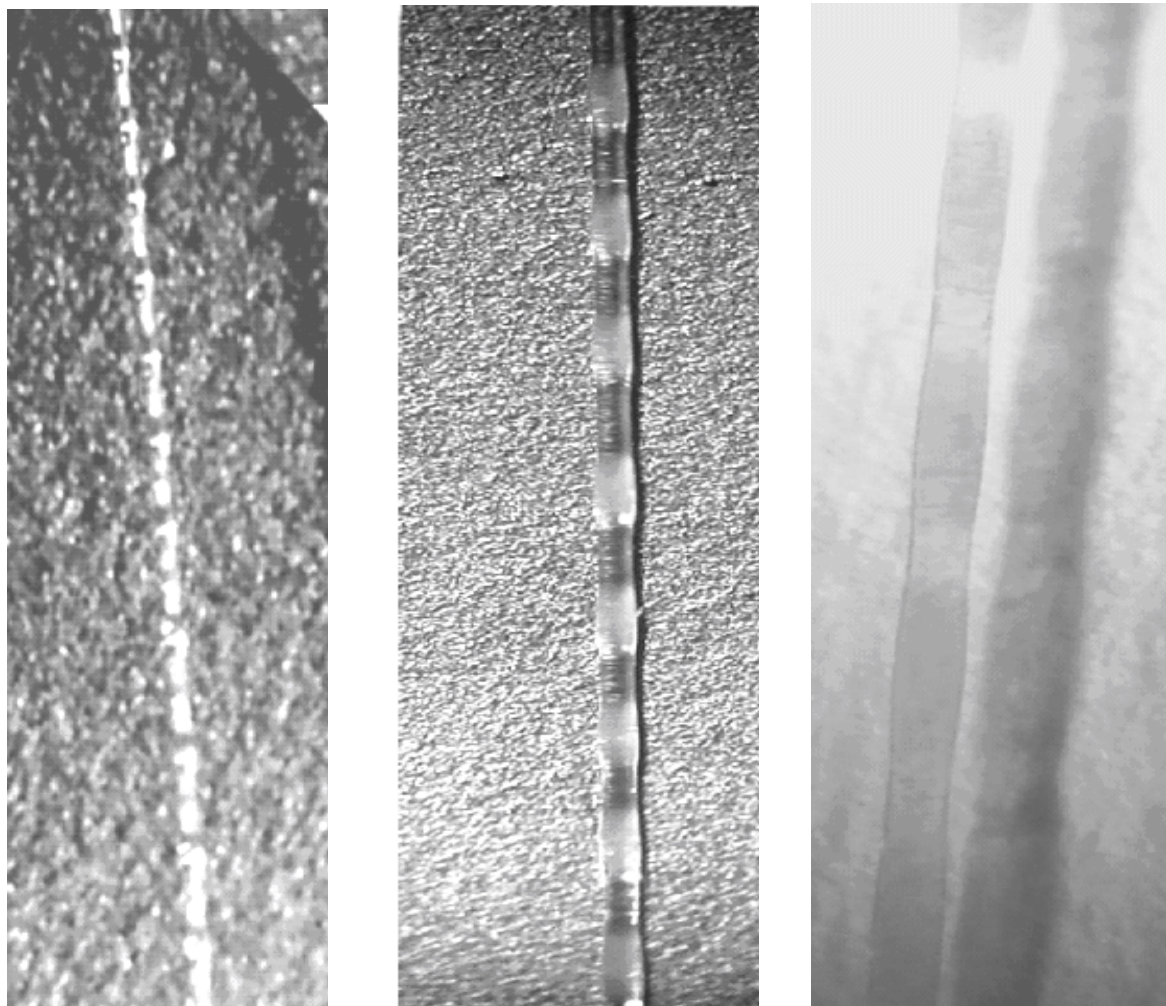
Волокно вертикально погружали в раствор полимера, после чего вертикально извлекали волокно из раствора со скоростью не менее 10 мм/с. После этого волокно высушивали на воздухе при комнатной температуре до полного удаления растворителя из полимера. При формировании гофрированного покрытия на основе ЭК после удаления полимера проводилась полимеризация ЭК.

Эксперименты показали, что при быстром извлечении волокна из раствора полимера равномерное распределение раствора вдоль волокна наблюдается только на начальной стадии извлечения. Затем стекающий по волокну раствор собирается в неподвижные капли, которые располагаются вдоль волокна с определенным периодом. По мере стекания раствора диаметр капель увеличивается за счет поступления нового материала. После испарения растворителя на волокне остаются периодически расположенные утолщения, формирующие гофр.

На рис. 1 представлены фотографии кварцевых волокон диаметром 50, 150 и 300 мкм с покрытием из НЦ. Из рисунка видно, что после удаления растворителя капли полимера образуют гофры, периодически расположенные вдоль волокна. При относительно низкой концентрации полимера гофры представляют собой вытянутые и усеченные с двух сторон эллипсоиды вращения. Высота гофров зависит от исходной концентрации полимера в растворе и увеличивается с ростом концентрации. Минимальная высота гофров составляет 2...5 мкм, максимальная достигает 50 мкм. Толщина слоя полимера в промежутках между гофраами также зависит от концентрации полимера и лежит в пределах 1...10 мкм. Период гофров увеличивается с увеличением диаметра d волокна и уменьшением концентрации C полимера в растворе (рис. 2). Минимальный период гофров получен с помощью данной методики для волокна диаметром 50 мкм и составляет 100 мкм. Материал волокна практически не оказывает влияния на период формируемых структур. Результаты, аналогичные приведенным на рис. 2, получены и для волокон из силикатного стекла и полиамида.

Формирование периодических структур при стекании раствора полимера по круглому волокну в основном связано с конкуренцией нескольких процессов: во-первых, вязкое течение раствора под действием силы тяжести; во-вторых, стремление раствора полимера принять форму с минимальной площадью поверхности под действием сил поверхностного натяжения; в-третьих, неравномерное распределение растворителя по толщине полимера при его высыхании. Это приводит к тому, что вязкость полимера вблизи поверхности капли выше, чем вязкость внутри капли. Уменьшение толщины слоя полимера в промежутках между каплями приводит к быстрому удалению растворителя из этого слоя. Его вязкость повышается, что препятствует поступлению нового материала внутрь капель и перемещению этих капель вдоль волокна. Указанные процессы приводят к формированию устойчивых капель раствора полимера. Уменьшение диаметра волокна облегчает условия формирования капель полимера

минимального диаметра с минимальной поверхностью. Поэтому уменьшение диаметра волокна приводит к уменьшению периода гофров. Увеличение вязкости полимера приводит к аналогичному эффекту, так как в этом случае замедляется скорость перемещения раствора полимера вдоль волокна и увеличивается сила поверхностного натяжения в каплях и в промежутках между ними.



a

б

в

Рис. 1

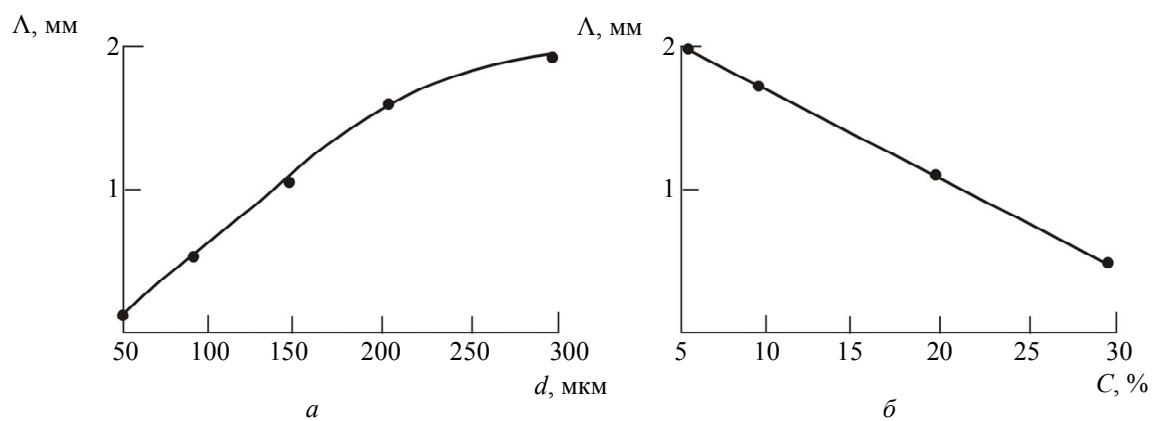


Рис. 2

Очевидно, что описанная методика позволяет создавать ДПР с полимерным покрытием. Ее основным достоинством является простота и дешевизна. Дополнительными преимуществами являются возможность варьирования показателя преломления гофров в широких пределах при использовании модифицированных полимеров или их смесей, а также высокая чувствительность показателя преломления полимера к внешним воздействиям (температура, давление, изгиб и т. д.). Это позволяет считать ДПР с полимерными покрытиями перспективными для использования в волоконных датчиках и сенсорах. В то же время, существенным недостатком полимеров является их низкая термическая стойкость и относительно высокие оптические потери.

Для создания ДПР с неорганическими гофрами, обладающими более широкими функциональными характеристиками, была использована модифицированная методика покрытия. В данном случае волокно погружалось в раствор полимера, содержащий суспензию неорганических наночастиц. Для создания нанопористых неорганических слоев на волокнах из кварцевого стекла использовались суспензии наночастиц TiO_2 (средний размер 100 нм) и SiO_2 (средний размер 50 нм) в растворе НЦ в этилацетате. Концентрация наночастиц в растворе составляла 1...5 %. После высушивания полимера производился отжиг волокна на воздухе при температуре 300 °С для термического разложения полимера и повторный отжиг на воздухе при температуре 700 °С для спекания наночастиц в нанопористый слой.

В процессе спекания из слоя на волокне удаляются остатки продуктов разложения полимера и формируются гофры из неорганического материала с нанопористой структурой. На рис. 3 показано волокно из кварцевого стекла диаметром 130 мкм на разных стадиях формирования гофров на основе нанопористого TiO_2 . Из рисунка видно, что после стадии термического разложения и окисления полимера гофры, исходно прозрачные (рис. 3, а), еще содержат большое количество продуктов разложения (рис. 3, б). Однако после прогрева при температуре 700 °С покрытие становится полностью прозрачным и состоит только из нанопористого TiO_2 (рис. 3, в). Толщина гофров не превышает 5 мкм и определяется концентрацией наночастиц в растворе. При использовании наночастиц из материала с относительно низкой температурой плавления на последней стадии процесса может быть проведено не спекание, а сплавление наночастиц с образованием гофров из сплошного материала. Очевидно, что данная методика позволяет существенно расширить функциональные возможности гофрированных покрытий путем использования наночастиц из материала с требуемым показателем преломления, а также использования смесей наночастиц из разных материалов. Можно ожидать, что ДПР с гофрами из нанопористых материалов будут перспективны для волоконных сенсоров газов и жидкостей.

Математическое моделирование оптических свойств ДПР с полимерным покрытием. Существует два метода описания спектров пропускания ДПР. Оба метода основаны на теории связанных мод. Метод, рассмотренный в работе [7], обладает некоторой неточностью описания волновых процессов в волноводе. Поэтому в работах [8], [9] был предложен новый метод описания распространения электромагнитной волны ДПР. Главное отличие между двумя подходами заключается в том, что в работе [7] поверхность раздела «сердечник – оболочка» игнорируется при расчёте эффективного показателя преломления оболочки. В работах [8], [9] поверхность раздела «сердечник – оболочка» учитывается. Поэтому авторы настоящей статьи использовали методику расчета,

приведённую в работах [8], [9], так как она обладает наибольшей достоверностью описания волновых процессов в ДПР.

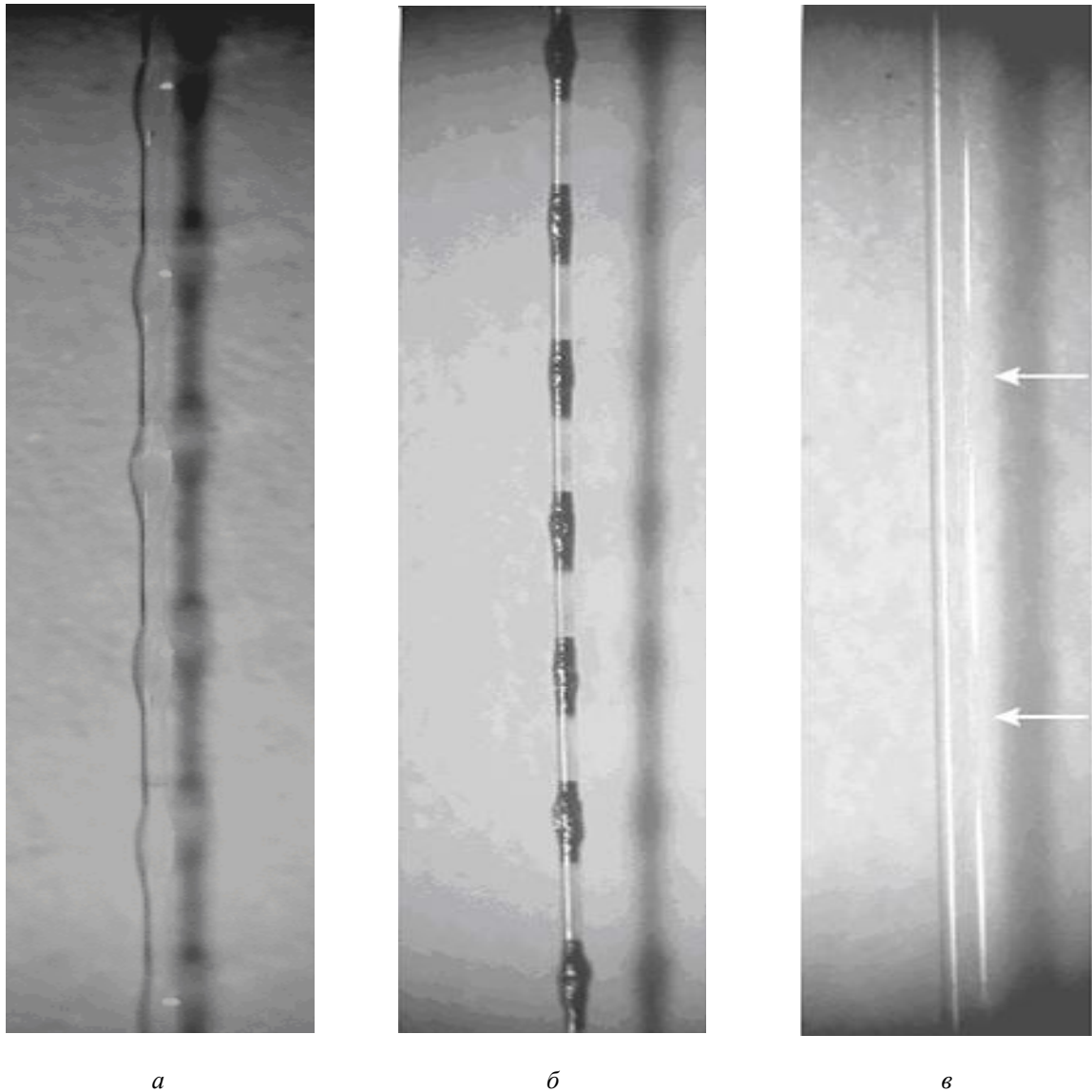


Рис. 3

При нахождении эффективного показателя преломления сердечника предполагается, что волновод состоит из двух concentric cylinders со ступенчатым профилем показателя преломления (рис. 4, а). Вводится допущение, что сердечник волокна однородный и окружён бесконечной и однородной оболочкой, показатель преломления которой меньше чем показатель преломления сердечника [10]. Показатель преломления ДПР в продольном направлении описывается выражением

$$n(z) = n_1 \left\{ 1 + \frac{\Delta}{2} \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} z\right) \right] \right\}.$$

На рис. 4, б представлена геометрия ДПР.

Численное моделирование проводилось для следующих параметров ДПР: период решётки $\Lambda = 411$ мкм, $\Delta = n_{ef1} - n_{ef2}$, $a = 2.625$ мкм, $b = 62.5$ мкм, $n_{co} = 1.5$, $n_{cl} = 1.495$, $n_{ext} = 1$.

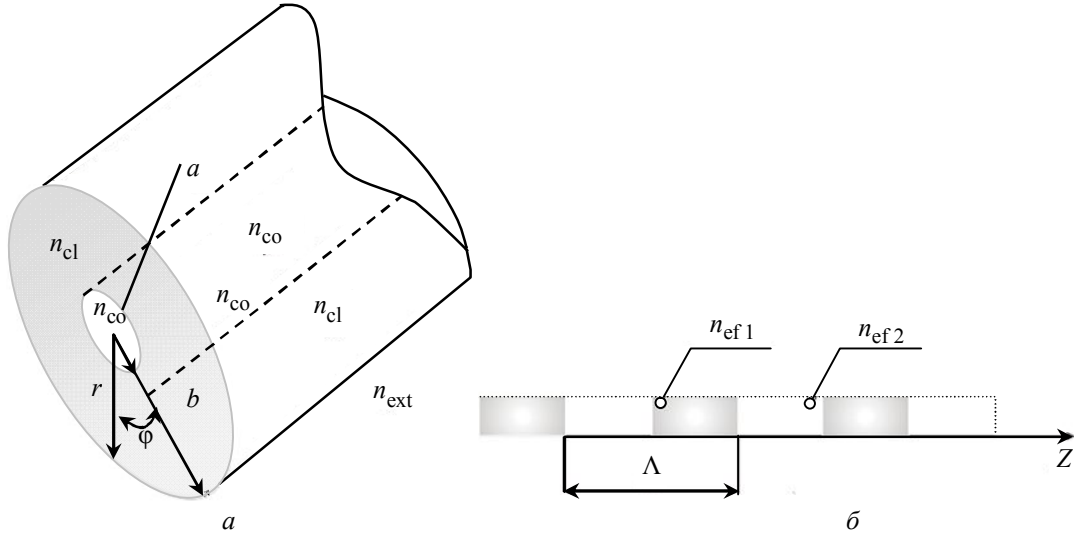


Рис. 4

Так как моды, вышедшие за пределы сердечника, экспоненциально затухают, можно использовать LP -аппроксимацию [9]. Тогда характеристическое уравнение для LP_{0m} мод может быть представлено в следующей форме [4]:

$$u_{co} \left(\frac{J_1(u_{co})}{J_0(u_{co})} \right) = w_{co} \left(\frac{K_1(w_{co})}{K_0(w_{co})} \right), \quad (1)$$

где J_0 и J_1 – функции Бесселя первого рода, нулевого и первого порядков соответственно; K – модифицированная функция Бесселя второго рода; u_{co} и w_{co} могут быть записаны как [7]

$$u_{co} = v\sqrt{1-b}, \quad w_{co} = v\sqrt{b},$$

где $v = \left(\frac{2\pi a}{\lambda} \right) \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$ – нормированная частота; $b = 1 - (u_{co}^2/v^2) \approx \left(n_{ef,co}^2 - n_{cl}^2 / (n_{co}^2 - n_{cl}^2) \right)$ – нормированный эффективный показатель преломления.

Из характеристического уравнения (1) определяется постоянная распространения моды сердечника β_{co} и эффективный показатель преломления сердечника $n_{ef,co}$ [7]:

$$\beta_{co} = \sqrt{(kn_{co})^2 - \left(\frac{u_{co}}{a_{co}} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{\lambda} n_{co} \right)^2 - \left(\frac{u_{co}}{a_{co}} \right)^2},$$

$$n_{ef,co} = \frac{\beta_{co}}{k} = \frac{\beta_{co}\lambda}{2\pi}.$$

Эффективный показатель преломления сердечника должен удовлетворять следующему условию: $n_{cl} \leq n_{ef,co} \leq n_{co}$.

Эффективный показатель преломления оболочки должен удовлетворять следующему условию $n_{cl} \leq n_{ef,cl} \leq n_{ext}$. Характеристическое уравнение для нахождения эффективного показателя преломления оболочки приведено в [8].

Поперечные распределения интенсивности $I(r)$ для электромагнитных мод LP_{lm} в декартовой системе координат имеют вид [11]

$$I_{LP}(l, m) = \begin{cases} I_0 \left[J_l \left(\frac{u_{cl}^{(m)} r}{a_{co}} \right) \right]^2 \sin^2(l\varphi); & 0 \leq r \leq a_{co}; \\ I_0 \left[\frac{J_l(u_{cl}^{(m)})}{K_l(w_{cl}^{(m)})} \right]^2 \left[K_l \left(\frac{w_{cl}^{(m)} r}{a_{co}} \right) \right]^2 \sin^2(l\varphi); & a_{co} \leq r \leq a_{cl}, \end{cases}$$

где l и m – азимутальный и радиальный порядок; φ – начальная фаза.

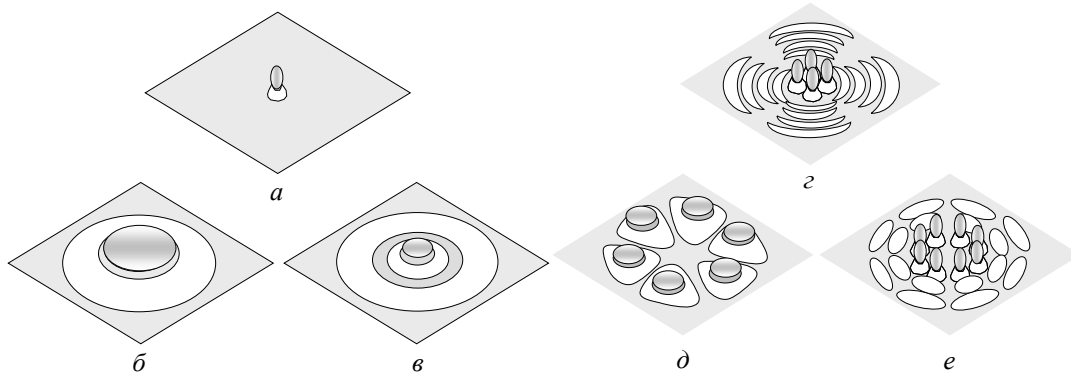


Рис. 5

На рис. 5, *a–в* представлены расчётные профили моды сердечника (LP_{01}) и мод оболочки (LP_{01}, LP_{02}). На рис. 5, *г–е* представлены моды, не обладающие центральным пиком $LP_{lm}, l > 0$.

Из рисунка видно, что мода сердечника, распространяющаяся в волоконной сердцевине, имеет центральный пик (рис. 5, *a*). Взаимодействие мод $LP_{lm}, l > 0$ с модой сердечника LP_{01} будет слабым, т. е. коэффициент связи κ_m будет близок к нулю. Для того чтобы получить высокий коэффициент связи κ_m необходимо, чтобы максимум распределения мод оболочки находился в зоне сердечника (рис. 5, *б, в*).

Для численного моделирования ДПР была использована теория связанных мод, позволяющая получить спектры пропускания и отражения ДПР, резонансную длину волны, общую для двух встречно распространяющихся связанных мод в волноводе. При моделировании использовались уравнения связанных мод следующего вида [9], [12]:

$$\begin{cases} \frac{dA_\mu(z)}{dz} = j \sum_\nu A_\nu (K_{\nu\mu}^t + K_{\nu\mu}^z) e^{j(\beta_\nu - \beta_\mu)z} + j \sum_\nu B_\nu (K_{\nu\mu}^t - K_{\nu\mu}^z) e^{-j(\beta_\nu + \beta_\mu)z}; \\ \frac{dB_\mu(z)}{dz} = -j \sum_\nu A_\nu (K_{\nu\mu}^t - K_{\nu\mu}^z) e^{j(\beta_\nu - \beta_\mu)z} - j \sum_\nu B_\nu (K_{\nu\mu}^t + K_{\nu\mu}^z) e^{-j(\beta_\nu + \beta_\mu)z}, \end{cases} \quad (2)$$

где A_z и B_z – амплитуды распространяющихся мод вперед и назад соответственно; $K_{\nu\mu}^t$ и $K_{\nu\mu}^z$ – продольный и поперечный коэффициенты связи между двумя модами с азимутальными порядками ν и μ ; β_ν и β_μ – постоянные распространения мод с азимутальными порядками ν и μ . Используя уравнения (2), можно вычислить коэффициент пропускания ДПР:

$$T = \frac{|A_\nu(z)|^2}{|A_\nu(0)|^2}.$$

При численном моделировании ДПР делался акцент на их применении в качестве чувствительных элементов сенсоров и датчиков. При воздействии внешнего возмущения на ДПР происходит изменение эффективных показателей преломления сердечника и оболочки. Это влияет на постоянную распространения моды. В результате происходит изменение коэффициента пропускания ДПР и ее резонансной длины волны. Полимеры имеют высокие температурный коэффициент показателя преломления (ТКП) и температурный коэффициент линейного расширения (ТКР). Так, ПММА имеет ТКП, равный $10 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, ПС – $14 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. ТКР у ПММА и ПС лежат в интервале $(60 \dots 90) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Для сравнения, оптическое стекло К8 имеет ТКП, равный $0.2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, и ТКР, равный $7.6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Отсюда видно, что применение ДПР на основе полимеров в качестве чувствительных элементов датчиков температуры может иметь преимущества перед ДПР на основе стекол. При численном моделировании использовались значения изменения Δ ($\Delta = n_{\text{ef}1} - n_{\text{ef}2}$) и $n_{\text{ef}1}$ характерные для ТКП ПММА.

На рис. 6, а представлены расчетные спектральные зависимости коэффициентов пропускания ДПР при разных Δ для фиксированной длины ДПР ($L = 20$ мм). Из рисунка видно, что при увеличении Δ коэффициент пропускания ДПР на резонансной длине волны уменьшается. При малом изменении Δ ($\delta\Delta = 4 \cdot 10^{-4}$) происходит значительное изменение коэффициента пропускания ДПР: $\delta T = -2.38$ дБ. На рис. 6, б показаны расчетные спектральные зависимости коэффициентов пропускания ДПР при различных эффективных показателях преломления $n_{\text{ef}1}$. В этом случае при изменении $n_{\text{ef}1}$ происходит незначительное изменение коэффициента пропускания на резонансной длине волны, но сама резонансная длина волны смещается по спектру. Отсюда можно сделать вывод о двух возможных подходах создания чувствительных элементов на основе ДПР с полимерным покрытием. Первый подход – создание ДПР, у которых при внешнем воздействии происходит изменение Δ . В этом случае информацию о внешнем воздействии несет изменение коэффициента пропускания ДПР на фиксированной длине волны, соответствующей резонансу. Вторым подходом – создание ДПР, у которых при внешнем воздействии изменяется $n_{\text{ef}1}$. В данном случае информация содержится в спектральном сдвиге резонансной длины волны. В то же время, информация может быть извлечена из изменения коэффициента пропускания для фиксированной длины волны, расположенной вблизи резонанса.

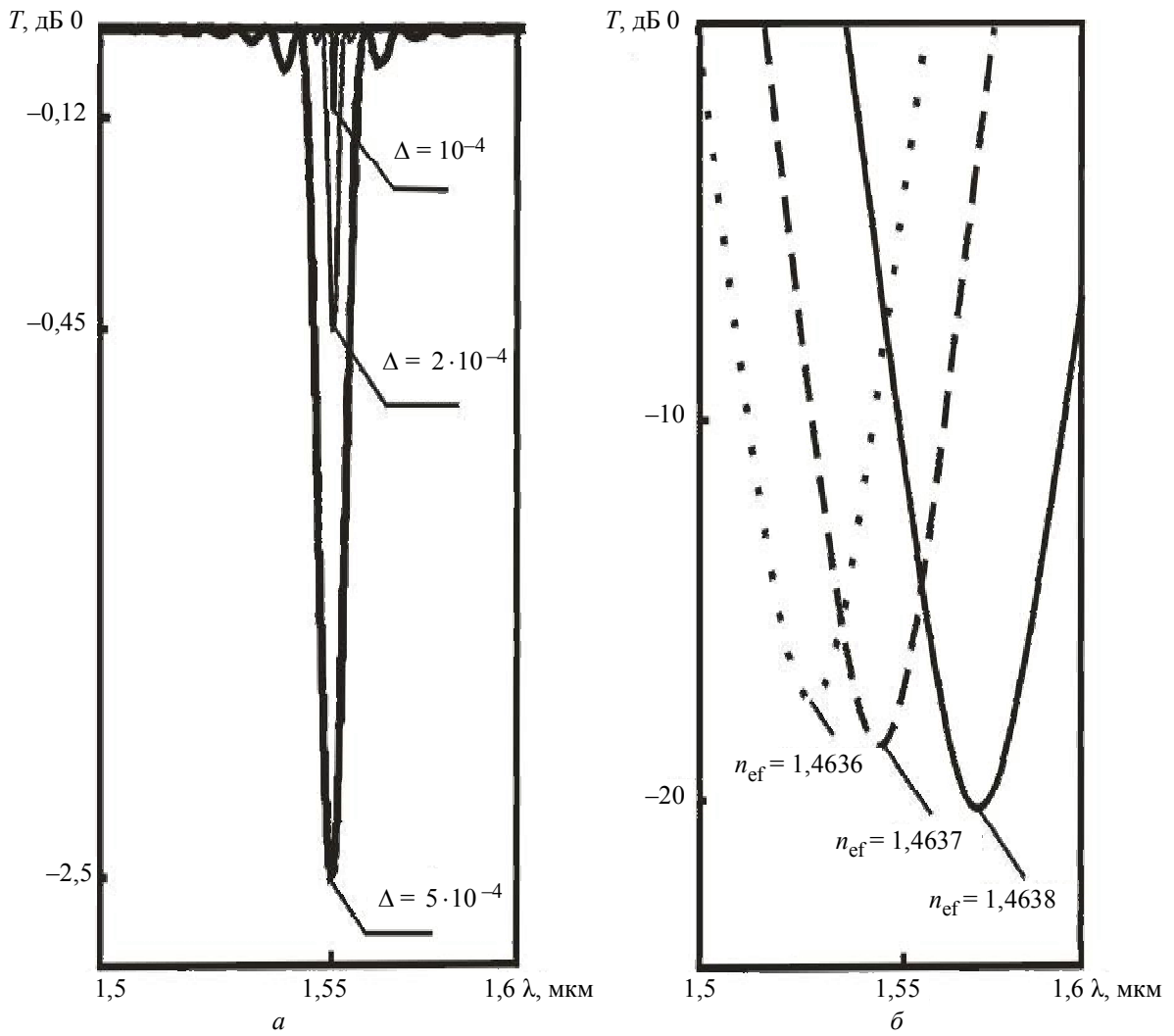


Рис. 6

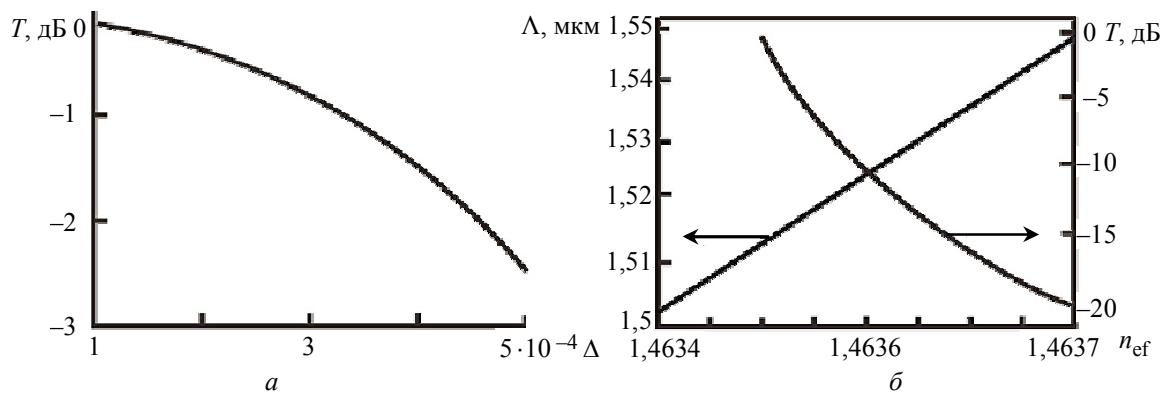


Рис. 7

Эффективность каждого из подходов для создания чувствительных волоконных датчиков иллюстрирует рис. 7. Из зависимости, приведенной на рис. 7, а, видно, что в случае модуляции Δ изменение Δ на $4 \cdot 10^{-4}$ приводит к изменению коэффициента пропускания ДПР на $-2,38$ дБ.

На рис. 7, б представлены: зависимость резонансной длины волны от эффективного показателя преломления $n_{\text{ef}1}$, зависимость коэффициента пропускания ДПР от эффективного показателя преломления $n_{\text{ef}1}$.

При модуляции $n_{\text{ef}1}$, его незначительное изменение $(\delta n_{\text{ef}1} = 1 \cdot 10)^{-4}$ приводит к сильному изменению коэффициента пропускания ДПР ($\delta T = -10$ дБ). Такое же изменение $n_{\text{ef}1}$ приводит к спектральному сдвигу резонанса на 0,025 мкм. Таким образом, второй подход к созданию чувствительных элементов на основе ДПР с полимерным покрытием (использование модуляции $n_{\text{ef}1}$) является более эффективным и позволяет проводить измерения, как для фиксированной длины волны, так и путем определения спектрального сдвига резонанса.

Представленные результаты показывают, что эффекты самоорганизации растворов полимеров на поверхности оптических волокон приводят к образованию продольных и поперечных периодических структур в виде гофров. Период продольных структур определяется концентрацией раствора и диаметром волокна и может варьироваться от 100 мкм до 2 мм. Предложенные методы формирования периодических структур позволяют создавать гофрированные покрытия из органических полимеров, а также в виде нанопористых и сплошных слоев из неорганических материалов. Численное моделирование показало, что ДПР с полимерным покрытием позволяют повысить чувствительность волоконных датчиков и сенсоров. Полученные результаты могут быть использованы при создании ДПР для волоконных датчиков и сенсоров, а также в устройствах интегральной оптики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. James S. W., Tatam R. P. Optical fibre long-period grating sensors: characteristics and application // Measur. Sci. and Technol. 2003. Vol. 14. P. 49.
2. Patric H. J., Kersey A. D., Bucholtz F. Analysis of the Response of Long Period Fiber Gratings to External Index of Refraction // J. of Lightwave Technol. 1998. Vol. 16. P. 1606.
3. Long-period fiber gratings as band-rejection filters / A. M. Vengsarkar, P. J. Lemaire, J. B. Judkins et al. // J. of Lightwave Technol. 1996. Vol. 14. P. 58.
4. Chen L. R. Influence of grating group delay ripple on the reduction of dispersion induced intensity noise in subcarrier multiplexed systems // Opt. Comm. 2001. Vol. 187. P. 125.
5. Fujimaki M., Ohki Y. Fabrication of long-period optical fiber gratings by use of ion implantation // Opt. Lett. 2000. Vol. 25. P. 88.
6. Long-period fiber grating fabrication with focused CO laser pulses / D. D. Davis, T. K. Gaylord, E. N. Glytsis et al. // Electron. Lett. 1998. Vol. 34. P. 302.
7. Long-period fiber gratings as band-rejection filters / A. N. Vengsarkar, P. J. Lemaire, J. B. Judkins et al. // J. of Lightwave Technology. 1996. Vol. 14(1). P. 58–65.
8. Erdogan T. Cladding-mode resonances in short- and long-period fiber grating filters // J. of the Optical Society of America A. 1997. Vol. 14(8). P. 1760–1773; Erdogan T. Cladding-mode resonances in short- and long-period fiber grating filters: errata // J. of the Optical Society of America A. 2000. Vol. 17(11). P. 2113.
9. Erdogan T. Fiber grating spectra // J. of Lightwave Technology. 1997. Vol. 15(8). P. 1277–1294.
10. Adams M. J. An introduction to optical waveguides Chichester: John Wiley & Sons, 1981.
11. Buck J. A. Fundamentals of optical fibres. New York: John Wiley & Sons, 1995.
12. Kogelnik H. Theory of optical waveguides. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

A. I. Sidorov, A. A. Tsiurukhin

FORMATION AND OPTICAL PROPERTIES OF THE LONG-PERIOD FIBER GRATING WITH THE POLYMERIC COVERING

Results of research long-period grating (LPG) with a polymeric covering are presented. It is shown that self-organizing of solutions of polymers on an optical fiber allows creating periodic structures with the period 0.1 ... 2 mm. Modification of a method for creation LPG with a periodic covering from inorganic materials is presented. Results of numerical modeling LPG show, that application of polymers allows to increase essentially sensitivity LPG to external affecting.

long-period grating, polymeric covering

ГИДРОФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИНИТРИДА ТИТАНА

Исследованы гидрофильные свойства аморфных пленок оксинитрида титана, осажденных на кварцевое стекло методом реактивного магнетронного распыления. Пленка оксинитрида титана проявляет лучшие гидрофильные свойства, чем пленка оксида титана, что связано со смещением края фундаментального поглощения в длинноволновую область. На пленке оксинитрида наблюдается противотуманный эффект.

Оксинитрид титана, пленка, гидрофильность

Управление фотокаталитическими и гидрофильными свойствами материалов (стекло, керамика, металл) осуществляют осаждением на их поверхность пленочных покрытий. Высокая гидрофильность материалов обеспечивает самоочистку поверхности и противотуманный эффект. Одним из наиболее перспективных материалов для использования в данной области является диоксид титана TiO_2 , который проявляет супергидрофильные и фотокаталитические свойства под действием ультрафиолетового излучения (УФИ).

Для повышения фотокаталитической активности и гидрофильности покрытий используются различные способы: формирование нанокристаллической фазы со структурой анатаза в аморфной матрице пленки, легирование пленки TiO_2 и формирование многослойных пленочных структур. В пленке TiO_2 могут быть созданы не только другие оксидные фазы за счет введения в нее металлических примесей, но и фазы других соединений металла и реактивного газа, в частности фазы TiN .

Данная статья посвящена исследованию гидрофильности аморфных оксинитридных ($TiON$) пленок, осажденных на кварцевом стекле методом реактивного магнетронного распыления. В качестве источника УФИ использовалась ртутная лампа ДРБ-8.

На рис. 1 представлена характерная зависимость изменения контактного угла смачивания воды на поверхности пленок TiO_2 и $TiON$ в зависимости от времени облучения УФИ. В данном эксперименте исследовались пленки, не подвергавшиеся какой-либо обработке, сразу после их осаждения. Кривые для образцов с пленками оксида и оксинитрида титана практически идентичны, поскольку поверхность пленок абсолютно чистая и на ней отсутствуют какие-либо органические соединения.

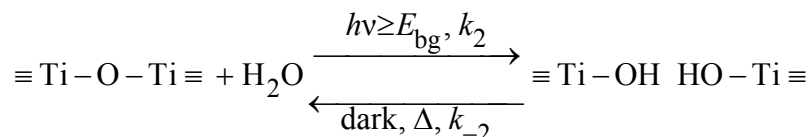
Результаты второго эксперимента после обработки пленок ацетоном приведены на рис. 2. Из рисунка видно, что, во-первых, для пленок TiO_2 и $TiON$ наблюдается различие в контактных углах. Во-вторых, на обеих кривых присутствуют два участка:

- сразу после начала облучения УФИ (в течение 20 мин);
- спустя час после начала засветки.

Они разделены третьим участком, соответствующим временному интервалу порядка 30 мин, когда контактный угол практически не изменяется.

Восстановление значения контактного угла смачивания до начального значения у обеих пленок происходит в течение 24 ч.

В настоящее время механизм формирования гидрофильного состояния остается до конца не выясненным. Часть авторов связывает повышение гидрофильности с фотокаталитическим разложением гидрофобного органического слоя, адсорбированного на поверхности пленки [1]. Другие в качестве модели уменьшения контактного угла смачивания рассматривают восстановление под воздействием УФ ионов Ti^{4+} до состояния Ti^{3+} с образованием на поверхности пленки кислородных вакансий [2]–[4]. Эти вакансии заполняют гидроксильные радикалы, что и приводит к растеканию капли воды по поверхности. Полностью процесс описывают следующим уравнением [2]:



где k_2 и k_{-2} – константы скорости гидрофильного преобразования для прямого и обратного протекания процесса.

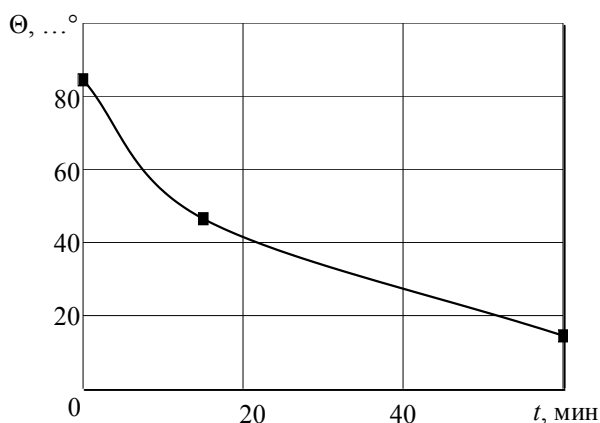


Рис. 1

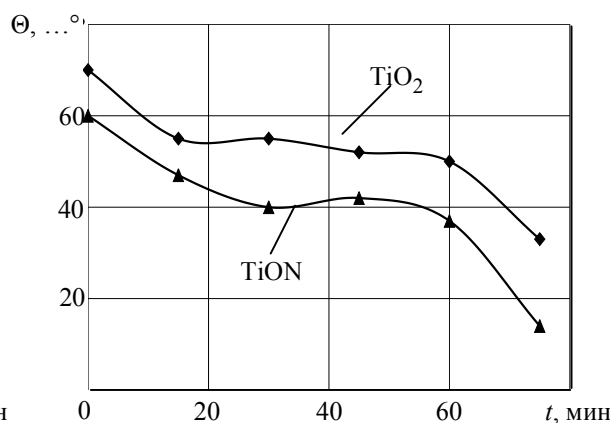


Рис. 2

Сравнивая фотокаталитические и гидрофильные свойства пленок TiO_2 , можно наблюдать различие в скорости разложения органических соединений и в скорости изменения контактного угла смачивания. Например, в работе [3] полное разложение метилена голубого наблюдается через 2 ч, а контактный угол становится равен 0° через 1 ч. Аналогичные результаты приводятся в работе [4].

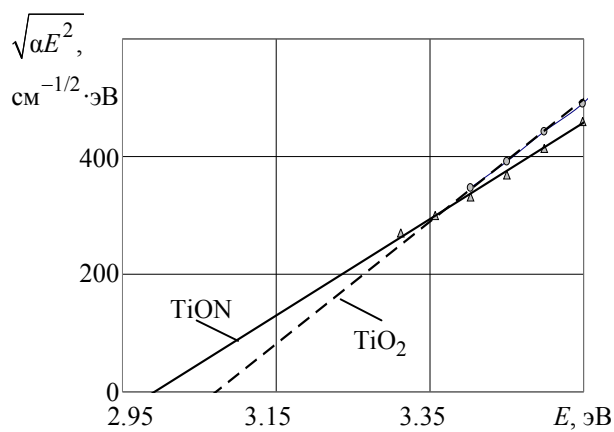


Рис. 3

Полученные авторами статьи результаты позволяют объединить обе модели и представить процесс повышения гидрофильности пленок $TiON$ следующим образом. Обработка пленок ацетоном приводит к тому, что на поверхности формируется тонкий гидрофобный органический слой. После начала УФ-облучения происходит изменение свойств поверхности, с образованием кислородных вакансий. Это объясняет изменение контактного угла в течение первого получаса. Затем адсорбированный на поверхности гидрофобный слой препятствует дальнейшему

растеканию капли. Только после разложения этого слоя наблюдается дальнейшее уменьшение контактного угла смачивания.

Повышение гидрофильных свойств пленок TiO_2 после легирования атомами азота связано со смещением края фундаментального поглощения в видимую область. Это иллюстрирует рис. 3. На рисунке точками показаны экспериментальные зависимости коэффициента поглощения от энергии фотонов для разных пленок, полученные по спектрам пропускания. Сплошные линии аппроксимируют результаты эксперимента. Интерполяция прямых до пересечения с осью абсцисс дает ширину энергетической щели E_g , которая для пленки TiO_2 равна 3.07 эВ, а для пленки TiON – 2.99 эВ. Такое смещение увеличивает генерацию свободных носителей заряда и в дальнейшем приводит к улучшению фотокаталитических свойств, ускоряя разложение гидрофобного органического слоя на поверхности пленки.

Еще более наглядное различие гидрофильных свойств пленок TiO_2 и TiON демонстрирует эксперимент по конденсации воды на их поверхности. После облучения УФИ в течение 2 ч пленки, половина которых была закрыта от облучения, помещались над паром. На рис. 4 показана фотография пленки оксинитрида титана с осажденным на ней конденсатом. На облученной половине пленки конденсат формируется в виде больших капель, в то же время на половине, не подвергавшейся облучению, конденсат представляет множество мелких капель.

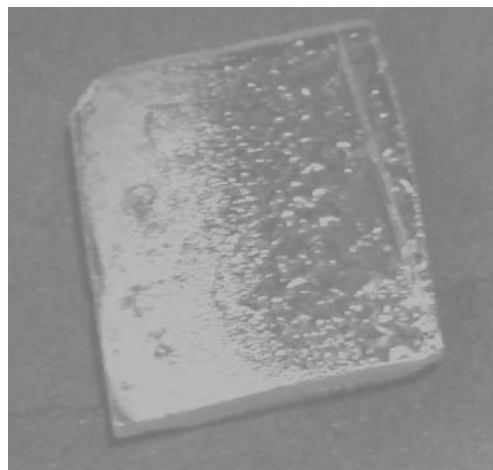


Рис. 4

На поверхности пленки TiO_2 такого эффекта не наблюдалось, что подтверждает лучшие гидрофильные свойства пленки TiON .

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что наличие на поверхности пленки органического соединения изменяет кинетику уменьшения контактного угла смачивания. Механизм формирования гидрофильного состояния в этом случае объединяет разложение гидрофобного слоя и образование кислородных вакансий на поверхности пленки.

Аморфные пленки оксинитрида титана осажденные методом реактивного магнетронного распыления по сравнению с пленками TiO_2 проявляют лучшие гидрофильные свойства. Такое улучшение гидрофильных свойств связано со смещением края фундаментального поглощения пленки TiON в видимый диапазон излучения. Повышение гидрофильности порождает противотуманный эффект.

Исследования проводятся при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 07-03-00543-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ultraviolet Light-Induced Hydrophilicity Effect on TiO_2 (110) (1x1). Dominant Role of the Photooxidation of Adsorbed Hydrocarbons Causing Wetting by Water Droplets / T. Zubkov, D. Stahl, T. L. Thompson et al. // J. Phys. Chem. B. 2005. Vol. 109. P. 15454–15462.

2. Light-induced amphiphilic surfaces / R. Wang, K. Hashimoto, A. Fujishima et al. // Nature. 1997. Vol. 388. P. 431–432.
3. Photoinduced surface reactions on TiO₂ and SrTiO₃ films: photocatalytic oxidation and photoinduced hydrophilicity / M. Miyauchi, A. Nakajima, A. Fujishima et al. // Chem. Mater. 2000. Vol. 12. P. 3–5.
4. Photocatalysis and photoinduced hydrophilicity of various metal oxide Thin Films / M. Miyauchi, A. Nakajima, T. Watanabe et al. // Chem. Mater. 2002. Vol. 14. P. 2812–2816.

A. V. Zavyalov, A. O. Mihalchevsky

HYDROPHILICITY OF TITANIUM DIOXIDE FILMS

Hydrophilic properties of the amorphous titanium oxinitride films, deposited on the quartz glass using reactive magnetron sputtering, were investigated. Titanium oxinitride film shows better hydrophilic properties, what can be associated with shifting of bandgap absorption in to longwave area. Antifogging effect is observed in the oxinitride film.

Titanium oxinitride, film, hydrophilicity



УДК 37.014.1

М. АбуДавас, Г. Д. Дмитриевич, Н. Е. Новакова

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ САПР НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТИПОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Рассмотрены проблемы создания и реконфигурации архитектур САПР и проанализированы способы их решения. Представлен метод формирования архитектуры САПР.

САПР, модель, архитектура САПР, процесс проектирования, ресурсы САПР

Постоянное усложнение проектируемых объектов и возрастающие требования к срокам их внедрения в производство выдвигают задачу совершенствования как средств автоматизации проектирования, так и организации процесса автоматизированного проектирования. Особое значение для организации процесса автоматизированного проектирования имеют вопросы комплексирования средств автоматизации проектирования в единую систему. Ключевым вопросом для решения задачи организации процесса проектирования является разработка методов и инструментальных средств формирования архитектуры САПР.

Для формирования архитектуры САПР используются эмпирические и формализованные методы и соответствующие средства, основу которых составляют базы знаний, экспертные оценки, аналитические и имитационные модели, протоколирование и тестирование технических средств. Эти модели различаются трудоемкостью и затратами средств на моделирование, программирование и эксперименты для определения оценочных характеристик, а также достоверностью и надежностью результатов [1], [2].

Общей чертой большинства указанных методов является их эвристический характер, что связано с нерешенными проблемами синтеза структур сложных систем, и, как следствие, большая доля субъективизма в принимаемых системных решениях.

Главной целью предложенного в [2] метода является привнесение теоретического обоснования благодаря разработанной обобщенной модели процесса автоматизированного проектирования и системы формальных правил. Эти правила обеспечивают преобразование системной модели в рабочие имитационные модели, что вносит большую степень объективности в условия предпочтения для принятия решения о создаваемой архитектуре САПР.

Для исследования сложных систем, в том числе и САПР, широко применяется моделирование. Модель строится на основе эмпирических или предположительных данных,

фактов, которые не являются ни законами, ни закономерностями, а статистическими формами реальных или воображаемых событий. В ряде случаев модель позволяет выявить новые закономерности, которые не усматривались при анализе известных закономерностей и исходных данных в силу их сложности, громоздкости, несогласованности или противоречивости.

Работы, относящиеся к начальным стадиям технического предложения и эскизного проектирования, предусматривают анализ процесса автоматизированного проектирования, выявление возможных вариантов структуры САПР на уровне подсистем (для подсистем на уровне компонентов), выбор рациональных вариантов структуры и технико-экономическое обоснование проекта САПР.

Пусть система S обладает конечным множеством системных свойств: $Q = \{Q_i\}$, $i = \overline{1, n}$, имеющих для общности числовую меру. Пусть возможно (допустимо) m способов декомпозиции системы S . При k -м ($k \in m$) способе декомпозиции $S_k = \{R_l\}$, $l = \overline{1, L_k}$, где L_k – число подсистем в S k -го способа декомпозиции, каждая подсистема (компонент, ресурс) САПР R_l характеризуется конечным множеством свойств $Q = \{Q_{lk}\}$, $k = \overline{1, K}$, каждое из которых имеет индивидуальную числовую меру.

Множество свойств всех ресурсов R при k -й декомпозиции $Q_k = \{Q_l\}$, $l = \overline{1, L_k}$. Взаимодействуя между собой ресурсы порождают множество системных процессов (проектных задач) $P_k = \{P_{kj}\}$, $j = \overline{1, J}$, $P_{kj}(t) = \Phi_{kj}(Q_k, t)$. Тогда каждое системное свойство Q_i есть некоторый функционал v_i от протекающих в системе процессов $Q_i = v_{ki}(P_k(t), \tau)$.

Задача оптимальной организации САПР заключается в выборе, организации и распределении ресурсов $r \in R_k$ между проектными задачами P_k согласно заданной декомпозиционной схеме k таким образом, чтобы обеспечить экстремальные значения системных свойств $\text{extr } Q_k(S)$. Требуется найти такие операционные характеристики загрузки компонентов САПР $P_{kj}(t)$, которые минимизируют время и стоимость проектирования, обеспечивая требуемые качественные характеристики проектируемых объектов. Компоненты (ресурсы) САПР и их функциональные характеристики и свойства, а также отношения между ними являются управляемыми варьируемыми параметрами данной оптимизационной задачи. Производственные программы проектных организаций подразделений, характеристики проектируемых с помощью САПР изделий (главным образом их сложность) и технологические требования производства являются ограничениями задачи оптимизации.

В отличие от известных подходов к построению архитектур САПР предлагаемый метод [3], [4] основывается на унифицированной процедурной системе операционных компонентов, которые отражают специфику конкретных применений САПР и позволяют повысить достоверность и обоснованность выбора архитектуры системы. Системные модели процесса составляют структурную основу начального описания до тех пор, пока не исследованы многие функционально-технические характеристики САПР,

следовательно, конструктивные модели компонентов САПР закономерно вырастают из более общей системной модели, а процесс ее получения сводится к конкретизации операторов системной модели. Это существенно облегчает задачу конкретного формирования оптимизационной задачи и сокращает пространство поиска решений и соответствующих реализаций.

При различных организационных формах задача построения САПР сохраняется, и ее решение распадается на ряд взаимосвязанных этапов и задач.

Первый этап построения САПР – предварительное проектирование системы, главной целью которого является определение необходимости изменений в существующей на предприятии технологии проектирования и выявление целей создания и модификации САПР. Здесь решаются следующие задачи:

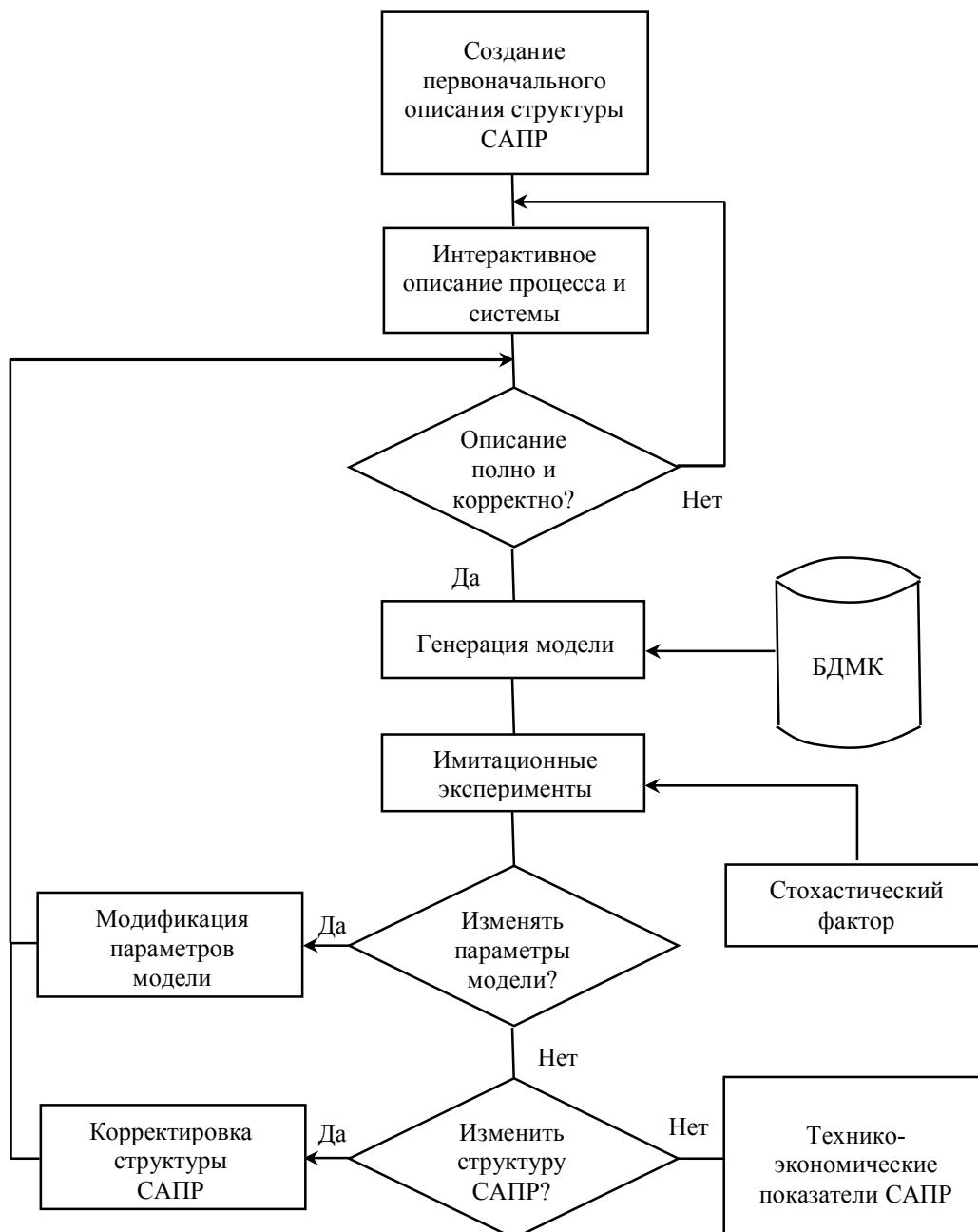
- выявление недостатков и «узких» мест в существующей технологии проектирования;
- формулировка целей перехода к новой технологии проектирования;
- генерация и описание в вербальной или символьной форме практически достижимых вариантов архитектуры;
- предварительный отбор вариантов архитектуры и формирование множества наиболее перспективных вариантов для последующего детального анализа каждого варианта;
- документирование выводов и рекомендаций, полученных по результатам исследований, подготовка технико-экономического обоснования внедрения новых средств автоматизированного проектирования.

Далее проводится системная оценка и сравнение вариантов архитектуры, сформированных на первом этапе построения САПР. Здесь решаются следующие задачи:

- построение детальных ресурсно-процедурных функциональных моделей анализируемых вариантов архитектуры;
- построение эмпирических зависимостей времени выполнения проектных процедур от сложности объекта проектирования и характеристик используемых ресурсов;
- оформление полученных эмпирических зависимостей в форме имитационных моделей проектных процедур;
- сборка моделей проектных процедур в модели процесса;
- проведение имитационных экспериментов на моделях с целью получения оценок технико-экономических параметров и операционных характеристик САПР;
- технико-экономический анализ полученной информации и выбор оптимального варианта архитектуры для реализации.

Следующий этап связан с реализацией аппаратно-программного комплекса и информационно-лингвистической среды, который также сопровождается имитационными экспериментами на моделях процесса (рисунок). Эти эксперименты проводятся по мере уточнения моделей для выбора возникающих при разработке компонентов САПР альтернатив.

Документация, созданная на первых двух этапах построения САПР, используется для тестирования и эксплуатации системы. В ходе эксплуатации системы имитационные модели используются для определения наиболее эффективных стратегий применения ее средств и возможных «узких» мест. Этот этап, завершающий цикл создания системы, может оказаться первым при необходимости дальнейшего совершенствования и модификации системы.



Таким образом, метод формирования архитектуры САПР основан на процедуре, включающей в себя следующие основные шаги:

- описание среды автоматизированного проектирования, т. е. процесса, системы и класса объектов проектирования;
- автоматическое преобразование (трансляцию) этого описания в макро модель процесса автоматизированного проектирования;
- статистический анализ этой дискретно-событийной модели;
- оценку свойств полученных результатов и выбор предпочтительных вариантов.

Для формирования архитектуры САПР разработана система моделирования процессов автоматизированного проектирования [5]. Созданная в рамках этой системы подсистема реконфигурации САПР может быть полезна разработчикам САПР на различных этапах жизненного цикла системы проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов В. И., Стрельников Ю. Н. Экспертные САПР радиоэлектронной аппаратуры // Радиоэлектроника. 1987. Т.30, № 6. С. 13–23.
2. Стрельников Ю. Н. Базовые функции и модели представления знаний в экспертных САПР // Автоматизированное проектирование в радиоэлектронике и приборостроении: Межвуз. сб. науч. тр. / СПбГЭТУ. СПб., 1995. С. 60–66.
3. Горячев А. В., Новакова Н. Е. Обобщенная структурно-функциональная модель процесса автоматизированного проектирования // Автоматизированное проектирование в радиоэлектронике и приборостроении: Межвуз. сб. науч. тр. / СПбГЭТУ. СПб., 1995. С. 17–26.
4. Новакова Н. Е. Разработка эскизного проекта многопользовательской конструкторской САПР: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004.
5. Новакова Н. Е., М. Абу Давас. Информационное обеспечение системы поддержки проектных решений // Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям, СПб., 27–29 июня 2006. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. Т.2. С. 95–98.

M. AbuDavas, G. D. Dmitrevich, N. E. Novakova

THE FEATURES OF CAD SYSTEM ARCHITECTURE CREATION ON BASE OF SIMULATION OF STANDART COMPONENTS

The problems of creation and reconfiguration of CAD system architecture are considered. The solutions methods are analysed. Creation method of computer-aided design architecture is offered.

Computer-aided design system, model, CAD system architecture, design process, creation method

УДК 37.014.1

Д. А. Крупенко

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ

Рассматривается метод адаптации системы автоматизированного проектирования AutoCAD для обеспечения возможности ее работы на конкретном производстве с учетом стандартов и особенностей оформления конструкторской документации, а также создания параметрических деталей некоторых стандартизованных узлов

Конструкторская документация, AutoCAD, динамические блоки, LISP-программа

При создании чертежей различных деталей, узлов, конструкций, а также для оформления конструкторской документации конструкторам часто приходится использовать однотипные элементы. Например, во многих архитектурных чертежах двери разных размеров вставляются под разными углами, причем некоторые из них открываются влево, а некоторые – вправо; в машиностроении – это обозначения шероховатости обрабатываемой поверхности, обозначения сварных, клееных, паяных швов, а также элементы стандартного крепежа и стандартных деталей, отличающихся только размерами. При использовании в чертежах большого количества подобных однотипных элементов конструктору, работающему в системе проектирования AutoCAD, необходимо каждый раз создавать эти объекты.

Работу конструкторов можно значительно упростить, создав динамические блоки. Динамический блок содержит инструкции, определяющие типы и количество вариантов блока. Чтобы блок был динамическим, он должен содержать минимум один параметр.

Каждый параметр обычно имеет ассоциированное с ним действие (action). Параметры определяют специальные свойства динамического блока, такие, как расположение, расстояния, углы. В параметрах могут быть заданы ограничения их значений. Действие определяет способ использования ассоциированного с ним параметра [1].

Каждый динамический блок, используемый для конкретной цели, должен характеризоваться определенными параметрами, и разработчики должны четко их задавать. Гибкость динамического блока обеспечивается сочетанием его параметров и действий. В таблице приведены основные параметры при создании динамических блоков [2].

Параметр	Доступные действия	Описание
Point (Точечный)	Move (Перемещение), Stretch (Растягивание)	Перемещение или растягивание от заданной точки
Linear (Линейный)	Move, Scale (Масштабирование), Stretch, Array (Массив)	Перемещение, масштабирование, растягивание или создание массива вдоль отрезка между двумя точками
Polar (Угловой)	Move, Scale, Stretch, Polar Stretch (Полярное растягивание), Array	Перемещение, масштабирование, растягивание, полярное растягивание или создание массива вдоль отрезка между двумя точками с заданным углом
XY (Координатный)	Move, Scale, Stretch, Array	Перемещение, масштабирование, растягивание или создание массива на расстоянии, заданном координатами X и Y
Rotation (Поворот)	Rotate (Повернуть)	Поворот на заданный угол
Flip (Перестановка)	Flip	Зеркальное отражение
Alignment (Выравнивание)	Нет	Выравнивание всего блока по другим объектам; выровнять блок можно по перпендикуляру или по касательной к другому объекту
Visibility (Видимость)	Нет	Управление видимостью компонентов блока
Lookup (Подстановка)	Lookup	Выбор пользовательского свойства из списка или таблицы, которые можно определить
Base point (Базовая точка)	Нет	Определение базовой точки динамического блока

Если накоплено большое количество динамических блоков, соответствующих чертежным фрагментам, деталям, узлам, то их можно считать графической базой данных. Программы на AutoLISP в сочетании с пользовательскими меню могут организовывать просмотр, поиск, подключение к объектам их частей и т. п. Тогда работа конструктора в системе AutoCAD будет сводиться к поиску нужных объектов (сборочных единиц, деталей) или частей чертежа, обращению к соответствующим LISP-программам и ответам на вопросы этих программ о параметрах того или иного узла или стандартного обозначения.

В любой области проектирования, будь то машиностроение, радиоэлектроника, строительство и т. д., при конструировании появляется необходимость установки элементов крепежа, например винтов, отличающихся типом шлица, диаметром, длиной резьбы. Все эти параметры устанавливаются ГОСТом, и конструктор должен соблюдать их. При проектировании в AutoCAD создание и параметризация крепежных элементов могут быть осуществлены следующим образом. Пользователь выбирает необходимый элемент крепежа,

например винт, нажатием на кнопку, содержащую макрос на выполнение LISP-приложения; вставляет элемент «винт» в текущий чертеж и затем, используя параметрические свойства элемента, задает необходимый диаметр и длину резьбы. В ходе выполнения работы по созданию системы проектирования на базе AutoCAD было разработано приложение, которое отрисовывает в поле чертежа изображение крепежа по ГОСТу. На рис. 1 показан пример работы этого приложения при выборе винта, соответствующего ГОСТ 1491–72.

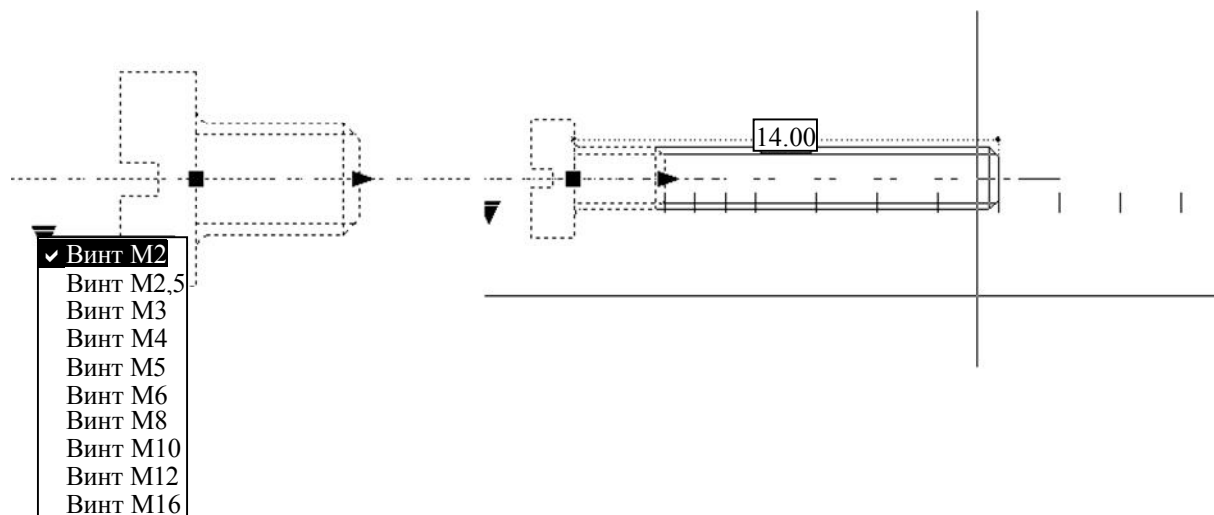


Рис. 1

При выборе нужного диаметра резьбы появляется «ручка», с помощью которой задается длина винта, причем в соответствии с ГОСТом для каждого диаметра длина может дискретно задаваться в определенном интервале. На экране эти интервалы будут представлены в виде вертикальных отрезков и всплывающего окна с подсказкой, соответствующей формируемой длине.

На предприятии, занимающемся разработкой радиоаппаратуры, разработчикам микрополосковых плат в системе проектирования AutoCAD приходится каждый раз либо заново отрисовывать радиоэлементы, либо переносить их из других файлов чертежей, или, если есть некая база данных, содержащая изображения компонентов, брать их оттуда. Предлагается решить эту проблему следующим образом. Проектировщик нажимает на кнопку с нужным ему компонентом, например микросхемой. При этом на экране появляется изображение микросхемы, выполненной в виде динамического блока, рядом с изображением компонента находится специальная ручка, при нажатии на которую предлагается выбор типа микросхемы.

На рис. 2 показан пример выполнения приложения, написанного в рамках работы по созданию системы автоматизированного проектирования на базе AutoCAD. Результатом является изображение корпусов микросхем фирмы «Hittite». После того как нужный тип будет выбран, изображение на экране изменится на требуемое.

Таким образом, задача разработчика системы автоматизированного проектирования на базе AutoCAD

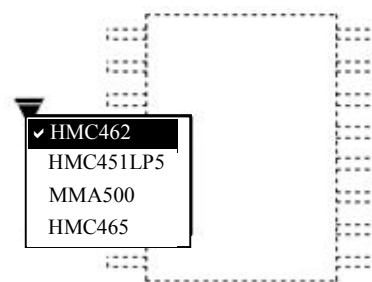


Рис. 2

сводится к созданию этих LISP-программ, пользовательских меню и созданию графической базы данных, содержащей динамические блоки, необходимые для работы в той или иной области проектирования. При необходимости использовать систему проектирования в другой области следует только заменить графическую базу данных и разработать новое пользовательское меню.

СПИСОК ЛИТЕАТУРЫ

1. Зуев С. А., Полещук Н. Н. САПР на базе AutoCAD – как это делается. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2004.
2. Полещук Н. Н. AutoCAD: разработка приложений, настройка и адаптация. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006.

D. A. Krupenko

SYSTEM OF THE AUTOMATED DESIGNING ON THE BASIS OF AUTOCAD

In article the offered method of adapting of system of computer-aided design AutoCAD for a possibility of its operation on concrete production taking into account standards and features of design of the designer documentation, and also creation of parametrical details of some standardised knots is considered

The Designer documentation, AutoCAD, dynamic blocks, the LISP-program



УДК 681.5.01:658.5

А. В. Беспалов, В. Е. Кузнецов, Н. Д. Поляхов,
Ю. С. Чистяков

ДИАГНОСТИКА ОТКАЗА СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЕРВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЛЯПУНОВА

Разработан метод оценки первого показателя Ляпунова для нехаотических систем по временным рядам. Проведено исследование их адекватности на тестовых системах, а также возможности отказа на примере системы управления линейным электродвигателем с позиции разработанного диагностического алгоритма.

Нелинейные системы, нестационарные системы, показатель Ляпунова, осциллятор Ван-дер-Поля

Очень удачной количественной мерой неустойчивости траекторий являются характеристические показатели Ляпунова [1]–[3]. Это одна из важнейших характеристик аттрактора, позволяющая оценить его фрактальную размерность, энтропию динамической системы и характерное время предсказуемости поведения системы.

Эти величины были предложены А. М. Ляпуновым в ходе его исследований по теории устойчивости для описания свойств линейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. В теории Ляпунова они характеризовали устойчивость положения равновесия для одной траектории. Следующим важным шагом, показавшим большую важность и более широкую применимость показателей Ляпунова, стало доказательство В. И. Оселедцем в 1960-е гг. мультипликативной эргодической теоремы, согласно которой для нелинейных систем набор показателей характеризует не отдельную траекторию, а весь аттрактор.

Важнейшим среди показателей является наибольший, так называемый первый показатель Ляпунова. Он имеет смысл вещественной части корня характеристического полинома линеаризованной системы, находящегося ближе всего к мнимой оси. Следовательно, он также является показателем наиболее влияющей на динамику системы экспоненты и наилучшим образом характеризует устойчивость траекторий. Наличие в спектре хотя бы одного положительного показателя означает неустойчивость фазовой траектории.

Вычисление показателей в реальном времени для системы может дать ценную информацию о критическом изменении управляющего параметра и стремлении ее к неустойчивости и хаосу. А. Вольфом [1], Дж. Экманном [2], М. Розенштейном [3] и

другими авторами [4], [5] было предложено несколько методов оценки первого показателя по временным рядам, порожденным динамикой сложных систем. В данной работе предложен метод расчета первого показателя для нехаотических систем с одним состоянием равновесия, позволяющий снизить расчетные затраты без потери точности [5].

Логарифмический алгоритм. Имея в качестве объекта исследования временной ряд, порожденный динамикой реальной системы, можно, учитывая природу первого показателя, сделать следующее. Разделив ряд на части с некоторым шагом разбиения τ , сопоставить динамике каждой из этих частей экспоненту вида $Ce^{\lambda_i t}$, где λ_i – наиболее точно описывающий динамику на i -м шаге расчета показатель. Далее находить λ_1 как среднее значение таких показателей по всем шагам расчета.

Считаем систему устойчивой с одним устойчивым состоянием равновесия, к которому система стремится асимптотически. В противном случае для успешной оценки показателя пришлось бы сопоставлять динамике системы модель вида $f(t) + Ce^{\lambda_1 t}$, где $f(t)$ – функция, характеризующая состояние системы после окончания переходных процессов; $Ce^{\lambda_1 t}$ – составляющая, характеризующая динамику переходных процессов.

Наиболее простым методом вычисления λ_1 , реализующим описанный подход, является представление ряда в логарифмическом виде. Во временном ряду, являющемся численным решением некоторого дифференциального уравнения с постоянным шагом времени Δt ,

$$x(t) = (x(t_0), x(t_0 + \Delta t), x(t_0 + 2\Delta t), \dots, x(t_0 + (N-1)\Delta t)) \quad (1)$$

каждый член ряда представляем в виде $x(t_\infty) + Ce^{\lambda(t_0 + N\Delta t)}(t_0 + N\Delta t)$. После этого переносом в ноль отбрасываем $x(t_\infty)$ и множитель C , так как далее будут производиться логарифмирование и дифференцирование и эти значения исчезнут. Вычислив логарифм от каждого элемента ряда, получаем следующий модифицированный ряд:

$$F(t) = (\lambda(t_0)t_0, \lambda(t_0 + \Delta t)(t_0 + \Delta t), \dots, \lambda(t_0 + N\Delta t)(t_0 + N\Delta t)). \quad (2)$$

Делая предположение, что все λ в ряду $F(t)$ (2) равны первому показателю λ_1 для всех точек ряда, мы можем сделать вывод, что $F(t)$ описывает прямую, производная которой равна λ_1 . Следовательно, требуется только посчитать среднее значение производной для каждой точки из ряда $F(t)$. Полученный результат будет характеризовать экспоненциальное стремление системы к точке равновесия.

На практике метод сталкивается с двумя трудностями:

- логарифмируя отрицательные числа, получаем значения, малоприспособные для дальнейшего расчета;

• в случае сложной динамики и даже для простых колебаний усреднение производной по всем значениям ряда не даст нужного результата.

Предлагается следующий метод решения этих трудностей.

Для ряда (1) производится реконструкция (методом запаздывания или методом производной) траектории в R -мерном фазовом пространстве.

Известно значение, к которому стремится траектория $\mathbf{x}(t_\infty)$ (в данном случае – некоторый R -мерный вектор). Находится расхождение начального вектора состояния $\mathbf{x}(t_0)$ и вектора установившегося значения $\Delta x_0 = \|\mathbf{x}(t_\infty) - \mathbf{x}(t_0)\|$. Для упрощения последующих вычислений траектория сдвигается в реконструированном фазовом пространстве так, чтобы $\mathbf{x}(t_\infty) = 0$. Далее, $x_{ij}(t)$ – элементы матрицы X , состоящей из оригинального и реконструированных временных рядов, преобразуются таким образом:

$$x_{ij}(t) = \ln(|x_{ij}(t)| + \varepsilon), \quad j = \overline{1, R} \quad i = \overline{1, N}.$$

Модуль используется, чтобы исключить влияние знака на значение логарифма; ε – сколь угодно малое положительное значение – вводится, чтобы не получить неопределенности в точках $x_{ij}(t) = 0$. Относительное рассогласование с состоянием равновесия остается таким же, хотя и меняется знак производной. После этого из матрицы X рассчитывается среднее суммарное отображение S по всем сдвинутым относительно друг друга во времени реконструированным рядам

$$s_i(t) = \frac{1}{R} \sum_{j=1}^R x_j, \quad i = \overline{1, N}.$$

Это делается для исключения периодических составляющих из решения и выделения первого показателя.

На рис. 1 показаны реконструкция колебательной системы после логарифмирования (а) и S -отображение для той же системы (б). Как видно из рисунка, выбросы рядов к минус бесконечности в точках, где изучаемая колебательная реакция проходит через ноль, для S -отображения имеют значительно меньшие значения, чем у логарифмического ряда ($10^{-2,2}$ против 10^{-6}), что может существенно влиять на точность расчета первого показателя. Требование гашения колебаний в S -отображении накладывает определенные условия на размерность и шаг реконструкции.

Далее, после возможной, но необязательной дополнительной фильтрации s , можно посчитать первый показатель по формуле

$$\lambda_1 = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-1-k} \frac{s(t_0 + (i+k)\Delta t) - s(t_0 + i\Delta t)}{\Delta t},$$

где $k < N$.

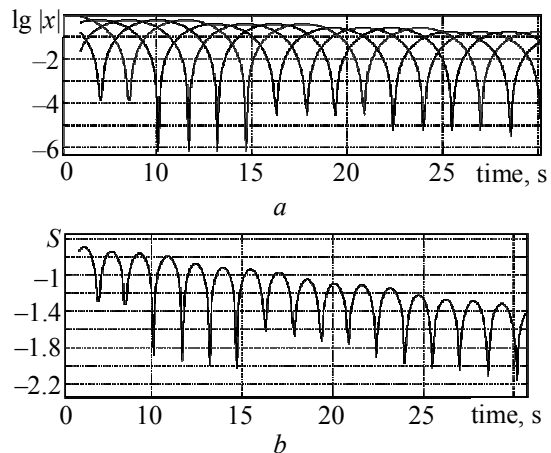


Рис. 1

Результаты исследования на тестовых системах. Исследование алгоритма проводилось на 3 тестовых моделях с известными параметрами и показателями:

- 1) апериодическое звено первого порядка,
- 2) типовая модель двигателя второго порядка с обратными связями по скорости и положению,
- 3) осциллятор Ван-дер-Поля со встроенной «нестандартной» нестационарностью с экспоненциальным затуханием.

На вход первых двух моделей подавалось единичное ступенчатое воздействие. Осциллятор использовался в автономном режиме.

Выборочные результаты оценки λ_1 тестовых систем представлены в таблице. Шаг расчета $\Delta t = 0.1$ с, R – размерность реконструкции, выбиралась равной 5, шаг реконструкции – 1 с, константа $k = N/3$.

Количество точек ряда	Модель 1	Модель 2	Модель 3
Теоретическое значение	-0.2	-0.088	-0.05
$N = 100$	-0.196	-0.083	-0.0512
$N = 200$	-0.199	-0.085	-0.0498
$N = 300$	-0.2	-0.088	-0.04998

Как видно из таблицы, метод показывает высокую точность как для сравнительно малого, так и для большого количества точек расчета параметров.

Определяющими параметрами алгоритма, существенно влияющими на точность оценки, являются: N – количество точек временного ряда, R – размерность реконструкции, k – константа, определяющая сдвиг, для которого рассчитываются компоненты показателя, а также соотношения шага временного ряда Δt и количества точек N . На основании проведенных исследований можно дать следующие рекомендации:

- соотношение временного шага Δt и количества взятых точек N для расчета показателя должно быть таким, чтобы наиболее точно отражались характерные процессы в системе;

- зачастую, для получения качественной оценки показателя лучше взять шаг, больший Δt , но меньше точек ряда, если расчетные мощности не позволяют выполнять расчеты для больших массивов данных.

- выбор масштаба времени, неадекватного происходящему процессу, приведет к недооценке показателя;

- выбор маленькой размерности реконструкции может приводить к появлению «ложных соседей», а так же к неправильному определению достижения состояния равновесия, что серьезно ухудшит точность;

- параметр k по времени должен быть кратен нечетным четвертям периода периодического процесса для достижения максимальной точности; в этом случае результат получается наиболее точным.

Также было проведено исследование «динамических» свойств метода. Для этого в систему Ван-дер-Поля был введен фактор, моделирующий нестационарность в системе и заставляющий первый показатель меняться во времени. Система была приведена к такому виду:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = x_2(1-x_1^2) - x_1; \\ y = x_1 e^{-(0.05-0.012t)t}. \end{cases}$$

Результаты оценки λ_1 для различных значений времени в такой системе для шага расчета $\Delta t = 0.1$ с, $R = 5$, $N = 300$, $k = N/3$ и шага реконструкции 1 с приведены на рис. 2.

Пунктирной линией на рисунке изображено теоретическое значение показателя, сплошной линией – показателя, полученного логарифмическим методом. Как можно видеть на графике, расчет показателей начинается не сразу. Это происходит вследствие того, что для ряда длиной менее произведения шага на размерность реконструкции адекватно вычислить показатель невозможно. Непосредственно расчет может начаться только в момент времени $T_1 = T_d(R-1) + k$, где T_d – шаг реконструкции. Причем, в

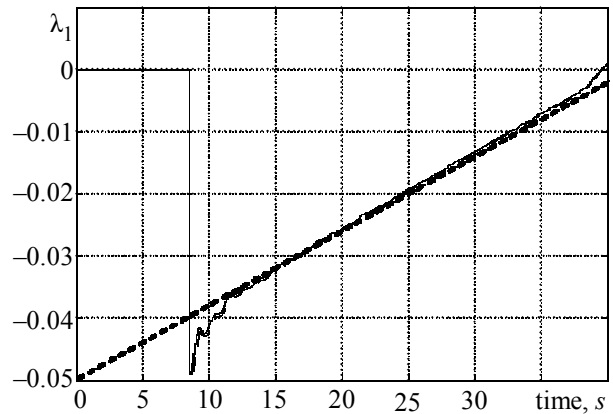


Рис. 2

силу того, что первый показатель с точки зрения ряда является усредненной характеристикой, требуется значительная выборка для получения приемлемых значений. Время, через которое достигаются значения, удовлетворяющие требованиям точности, примерно составляет $T_a = T_d(R-1) + 4k$. Результатом такой зависимости является существование «переходного процесса» при расчете показателя, который может занимать промежуток времени, оцениваемый с помощью этой эмпирической формулы.

Моделирование отказа системы управления линейным электродвигателем. Рассмотрим линейный электродвигатель (ЛЭД) типа DDV. Он может применяться, например, для линейного перемещения золотника электрогидравлического усилителя с непосредственным управлением золотником [6]. Тяговая характеристика ЛЭД линейна лишь в «малом» и в среднем положениях якоря. Как правило, линейный участок составляет 20–30 % от полного хода якоря, на остальном ходе тяговая характеристика нелинейная; при этом увеличение крутизны на нелинейном участке характеристики ЛЭД может быть 3-кратным и более. Данный факт определяет основные технологические проблемы при использовании ЛЭД в сложных системах типа электрогидравлического усилителя. При большей амплитуде система неустойчива. Этот эффект называют эффектом прилипания якоря к полюсным наконечникам ЛЭД. Явление прилипания золотника крайне вредно для систем управления электрогидравлического усилителя. Как правило, в нем указанная нелинейность ЛЭД приводит к жесткому возбуждению и автоколебаниям золотника от упора до упора и, как следствие, к разрушению конструкции. Необходимо обеспечивать очень большие запасы устойчивости проектируемой системы управления, а это неизбежно приводит к ухудшению динамических показателей.

Типовой ЛЭД может быть задан уравнениями

$$\begin{cases} T_1 \frac{dI}{dt} = -I + e, \\ T_2^2 \frac{d^2 X}{dt^2} + 2T_2 \xi \frac{dX}{dt} + X = f(I), \end{cases} \quad (3)$$

где I – ток в управляющей обмотке ЛЭД; T_1 – электромагнитная постоянная времени; T_2 – электромеханическая постоянная времени; ξ – декремент затухания; e – закон управления; $f(I)$ – функция, описывающая тяговую характеристику ЛЭД.

Для объекта (3) был синтезирован закон управления, обеспечивающий одинаковый динамический отклик на всем участке нелинейной тяговой характеристики ЛЭД. С этой целью в конструкцию ЛЭД была введена другая, менее инерционная управляющая обмотка и организована дополнительная токовая обратная связь по тяговому усилию. Выбранный закон управления имеет вид

$$e = -\beta Z + D \delta, \quad (4)$$

где Z – возмущение по тяговому усилию (отклонение от линейной функции); $\delta = \int (U - X) dt + (U - X)$ – пропорционально-интегральный закон; U – входное воздействие; X – положение ротора; β , D – выбираемые константы. С использованием разложения в ряд Тейлора оператор $f(I)$ может быть представлен в следующем виде:

$$f(I) = I_1 + (I I_N - I_1) = I_1 + Z, \quad (5)$$

где I_1, I_2 – входные токи обмоток, $I = I_1 + I_2$ – суммарный ток обмоток, $I_N = (1 + \alpha |I|)$. Структурная схема системы управления ЛЭД с двумя обмотками представлена на рис. 3.

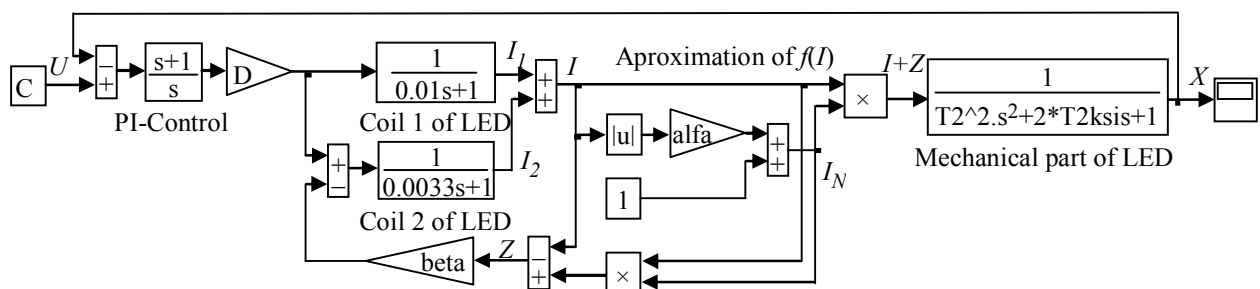


Рис. 3

Для такой системы проводилось моделирование постепенного во времени, а также неполного скачкообразного отказа обратной связи по усилию. В первом случае вводилась параметрическая зависимость от времени вида $\beta = e^{-20t}$ и таким образом воспроизводилось постепенное ослабление сигнала обратной связи. На рис. 4 представлены результаты моделирования такой системы в виде переходных процессов: по положению ротора (a); по

параметру λ_1 (б); пунктир – исходная система, сплошная линия – система с отказами в обратной связи.

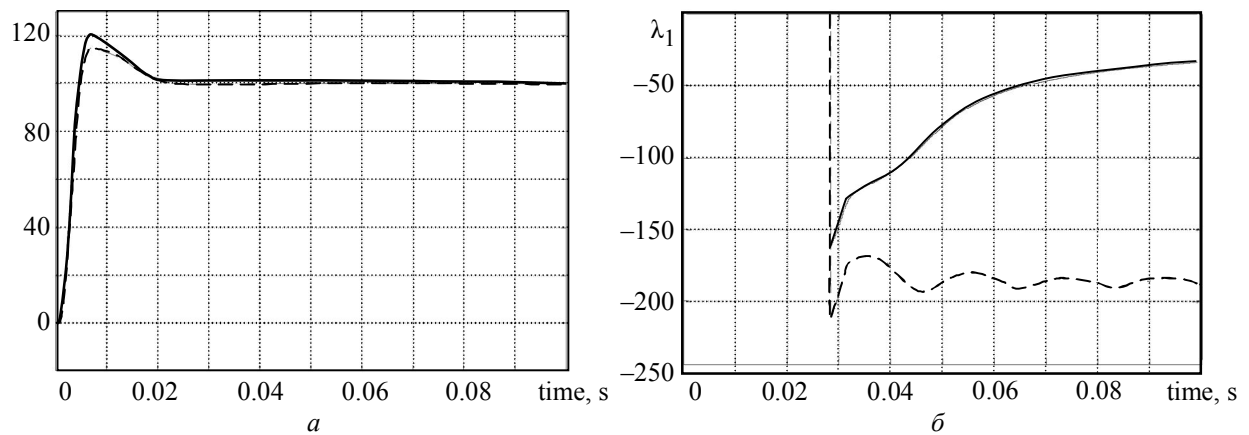


Рис. 4

Как видно из рисунка, переходные процессы практически не отличаются друг от друга, в то же время по переходному процессу по λ_1 видно, что степень устойчивости системы сильно упала.

Во втором случае исследовался неполный скачкообразный отказ обратной связи по усилию. В момент времени 0.075 после окончания переходных процессов в исходной системе значение β менялось со значения 1 на 0.3, (рис. 5, сверху). Алгоритм настроен на перерасчет значения показателя каждый раз, когда система выходит из состояния равновесия.

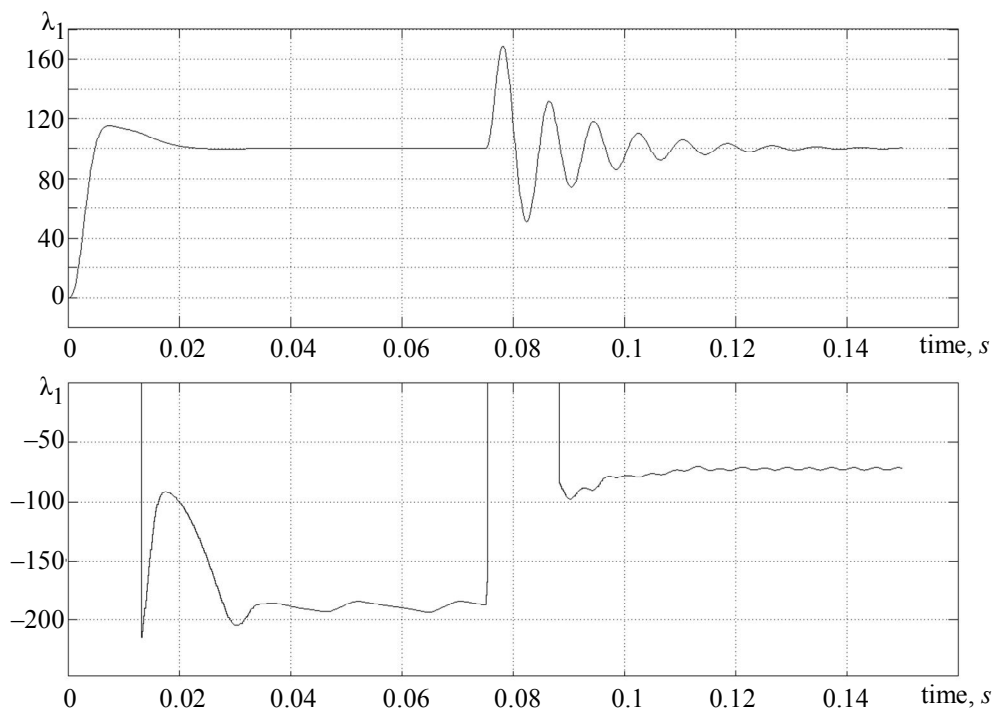


Рис. 5

Как видно из нижнего рисунка, после перерасчета показатель установился в новое значение, характеризующее соответственное ухудшение степени устойчивости системы.

Метод показал свою состоятельность как на простых системах, так и на системах со сложной динамикой. Ошибка оценки показателя Ляпунова даже при его расчете у сложных моделей при адекватном выборе параметров составила менее 10 % от теоретического значения. Были исследованы динамические свойства расчета показателей и получены удовлетворительные по точности результаты при оценке изменяющегося со временем первого показателя.

При исследовании системы с линейным электродвигателем моделированием рассмотрена ситуация постепенного, а так же неполного скачкообразного отказа дополнительной обратной связи по тяговому усилию. Алгоритм наглядно проявил свою полезность для оценки состояния системы, когда стандартные методы оценки состояния не давали возможность оценить степень отказа систем.

В будущем предполагается создание и внедрение встраиваемого модуля, анализирующего данные с датчиков реальных технических систем, что может значительно повысить отказоустойчивость систем. Дополнительным достоинством является то, что алгоритм не использует ресурсы системы управления или шины данных, по которой передаются сигналы управления, и может существовать в виде автономного модуля, имеющего связи только с датчиками. Модуль также может служить для составления долгосрочного прогноза износа системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Determining Lyapunov exponents from a time series / A. Wolf, J. B. Swift, H. L. Swinney, J. A. Vastano. Physica D16. 1985. P. 285.
2. Lyapunov exponents from time series / J.-P. Eckmann, S. O. Kamphost, D. Ruelle, S. Cilibreto // Phys. Rev. 1986. Vol. 36. P. 4971–4979.
3. Rosenstein M. T., Collins J. J., De Luca. C. J. A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets Source// Physica D. 1993. Vol. 65, Issue 1-2. PP. 117–134.
4. Оценка устойчивости нелинейных систем на основе вычисления старшего ляпуновского показателя/ А. В. Беспалов, О. В. Вашкевич, В. Е. Кузнецов и др. // Мат. Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2007), 25–27 июня, 2007 г. СПб., 2007. Т. 1. С. 107–112.
5. Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды: Синергетика: от прошлого к будущему М.: КомКнига. 2006.
6. Адаптивная система управления гидроприводом/ Борцов Ю. А., Поляхов Н. Д., Кузнецов В. Е. и др. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 11. С. 12–15.

A. V. Bepalov, V. E. Kuznetsov, N. D. Polyakhov, Yu. S. Chistyakov

FAILURE DIAGNOSTICS OF SYSTEMS ON THE BASIS OF CALCULATION OF THE FIRST LYAPUNOV INDEX

The method of an estimation of the first Lyapunov index is developed for not chaotic systems on time series. It is carried out research of their adequacy on test systems and an opportunity of failurel on an example of a control system with the linear electric motor from a position of the developed diagnostic algorithm.

Nonlinear systems, non-stationary systems, Lyapunov's index, Van-der-Pol oscillator



УДК 681.7.069.223:621.791.72:903.32

*С. Сиано, Л. Бартоли, А. Менкалья, Р. Салимбени,
М. Джамелло, В. А. Парфенов*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКЕ КАМЕННЫХ ПАМЯТНИКОВ (ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ РАССМОТРЕНИЕ)

Представлены результаты исследований фототермических процессов лазерной абляции при обработке каменных поверхностей излучением Nd:YAG-лазеров на длине волны 1064 нм с различной длительностью импульса. Рассмотрены вопросы математического моделирования фототермических процессов, приведен анализ полученных результатов.

Лазерная очистка, реставрация произведений искусства, Nd:YAG-лазер, лазерная абляция

В теоретических работах, посвященных рассмотрению процессов лазерной абляции, для оценки степени абляции и построения графика ее зависимости от плотности энергии лазерного излучения обычно используют так называемую модель «выдувания» [1]. Эта модель основывается на предположении о том, что удаление материала с поверхности облучаемого лазером материала происходит мгновенно в тот момент времени, когда теплота лазерного излучения сможет превысить некоторый критический уровень плотности энергии для испаряемого объема вещества ϵ_{cr} . Исходя из таких модельных представлений, можно оценить степень лазерной абляции облучаемого материала z_{abl} и пороговую плотность энергии лазерного излучения F_{th} , при которой начинается процесс абляции:

$$z_{abl} = \delta \ln \left(\frac{F_0}{\delta \epsilon_{cr}} \right), \quad (1)$$

$$F_{th} = \delta \epsilon_{cr}, \quad (2)$$

где δ – глубина проникновения лазерного излучения в вещество. Условие $z_{abl} = \delta$ позволяет определить значение плотности энергии насыщения $F_s = e F_{th} \cong 3F_{th}$, которое может рассматриваться как предельное для этого параметра, т. е. его не следует превышать при лазерной обработке.

Формулы (1) и (2) обычно получаются в предположении об ограниченности теплового воздействия (что эквивалентно облучению вещества лазерными импульсами малой длительности), что будет пояснено в дальнейшем. Важно, однако, заметить, что в данном приближении значение F_{th} не зависит от длительности лазерного импульса. И, наоборот, для длинных импульсов ($\tau > \tau_{th}$) предел температуропроводности определяется следующим выражением:

$$T_{max} = T_0 + \Delta T(0, \tau) = T_0 + \frac{2F_c}{K} \sqrt{\frac{D}{\pi\tau}} = T_c \Rightarrow F_{th} = \frac{\Delta T_c K}{2} \sqrt{\frac{\pi\tau}{D}}. \quad (3)$$

Данная формула описывает зависимость порогового значения (при котором начинается процесс абляции) плотности энергии лазерного излучения F_{th} от длительности лазерного импульса. Как видно из (3), данная величина прямо пропорциональна $\tau^{1/2}$. Таким образом, если, например, F_{th} – это порог абляции при длительности импульса 50 мкс, то при длительности импульса 500 мкс пороговое значение плотности энергии излучения составит $3,16F_{th}$. Наблюдаемое в экспериментах по очистке камня значительное уменьшение эффективности процесса абляции при работе с лазерами, имеющими большую длительность импульса излучения, подтверждает, что использование длинных импульсов на практике нецелесообразно.

В статье, опубликованной в предыдущем номере журнала, была представлена зависимость степени абляции облучаемого лазером материала от длительности импульса лазерного излучения, которая была получена для набора эталонных образцов при работе с LQS-лазером. Общий характер поведения данной кривой вполне типичен для процесса фототермической абляции, которая характеризуется пороговым значением плотности энергии излучения F_{th} в линейной области и значением F_s в области насыщения. Заметим, что F_{th} представляет собой то минимальное значение плотности энергии, при достижении которого инициируется процесс абляции.

Прежде чем перейти к обсуждению результатов, полученных в ходе экспериментов и описанных в предыдущей статье, полезно рассмотреть вопросы, связанные с процессом поглощения лазерного излучения в неоднородной матрице гипса, в которую внедрены частицы углерода. Для этого необходимо вспомнить о том, что в экспериментах, с одной стороны, присутствовала гипсовая корка, образовавшаяся в результате сульфатизации поверхности мрамора в условиях атмосферного воздействия (это наблюдалось при лазерной обработке фрагментов памятников), а с другой – искусственная композиция гипса и углерода (в случае специально приготовленных эталонных образцов из наборов *A* и *B* (см. предыдущую статью)). В обоих случаях излучение лазера преимущественно рассеивалось частицами гипса, но некоторая его часть поглощалась частицами углерода. Гипсовые каналы между соседними частицами углерода могут обеспечивать большую или меньшую степень передачи тепловой

энергии в глубину облучаемого материала в зависимости от соотношения между размером этих частиц и расстоянием между ними. Заметим, что эти параметры обычно сильно варьируются для различных корок и зависят от характера внешних атмосферных воздействий для каждой конкретной местности, включая степень «смачивания» поверхности камня атмосферными осадками и продолжительность ее облучения солнечным светом.

С учетом изложенного для описания процесса поглощения лазерного излучения корковыми образованиями на поверхности реальных каменных памятников можно ввести в рассмотрение понятия коэффициента поглощения и коэффициента рассеяния. Тогда в случае материала, характеризующегося значительным поглощением, глубина проникновения лазерного излучения будет определяться соотношением $\delta = 1/\mu_a$, где μ_a – коэффициент поглощения. И, наоборот, в тех случаях, когда процесс рассеяния превалирует над процессом поглощения, длину диффузии света можно приблизительно описать при помощи следующего выражения:

$$\delta = \{3\mu_a\mu_s(1-g) + \mu_a\}^{-\frac{1}{2}},$$

где μ_s – коэффициент рассеяния, g – параметр анизотропии, зависящий от фазы функции рассеяния. Все эти параметры относятся к числу основных характеристик материала и зависят от его состава и микроструктуры, равно как и от длины волны лазерного излучения λ .

Глубина проникновения света в материал δ позволяет оценить облучаемый объем материала (т.е. объем материала, в котором происходит поглощение света) с помощью формулы: $V = d\delta$, где d – диаметр лазерного пучка. Для видимого и ближнего ИК-диапазонов спектра типичные значения δ могут составлять от нескольких нанометров (для металлов) до $\sim 10 \dots 100$ мкм (в случае абсолютно однородной черной гипсовой корки или коричневой патины на поверхности камня) или даже нескольких миллиметров (в случае кальцита или гипса). Для математического моделирования процессов распространения тепла, индуцируемого в однородных материалах, можно использовать уравнение температуропроводности [2] в предположении о постоянстве оптических и тепловых параметров. Такое допущение корректно во всех случаях, когда максимальная температура ниже, чем те ее значения, при которых могут происходить необратимые явления (например, обесцвечивание, обугливание, испарение и т.д.). Рассмотрим однородный лазерный пучок с интенсивностью излучения $I(t)$, падающий на поверхность полубесконечного теплопроводящего материала с поверхностным фототепловым преобразованием поглощенной энергии ($\delta = 0$). Одномерное решение уравнения температуропроводности позволяет определить повышение температуры ΔT , вызванное воздействием лазерного излучения с интенсивностью $I_a(t) = (1 - R) I_0(t)$:

$$\Delta T(t, z) = \frac{\sqrt{D}}{K\sqrt{\pi}} \int_0^t I_a(t-t') \frac{e^{-\frac{z^2}{4Dt'}}}{\sqrt{t'}} dt', \quad (4)$$

где K и D – температуропроводность и термодиффузия материала соответственно; $D = K/\rho C_p$ (ρ и C_p – плотность и удельная теплоемкость материала).

Помимо параметров самого материала использование формулы (4) требует знания формы временного распределения лазерного импульса. В первом приближении оно может рассматриваться как гауссовское (при наносекундных длительностях импульса) или как близкое к прямоугольной форме (при больших, например микросекундных, длительностях

импульса). В последнем случае выражение для изменения поверхностной температуры может быть описано с помощью следующей хорошо известной в теории взаимодействия лазерного излучения с веществом формулы:

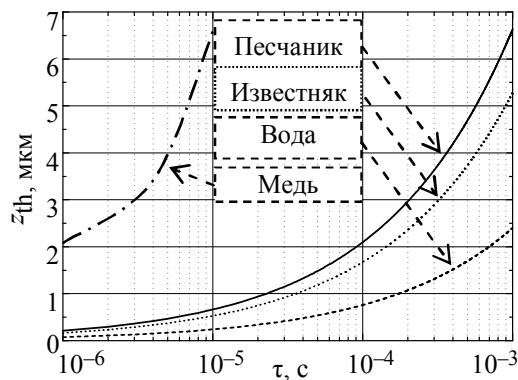
$$\Delta T_{\text{surf}} = 2 \frac{F_a}{K} \left(\frac{D}{\pi \tau} \right),$$

где τ – длительность лазерного импульса (по уровню FWHM). В общем случае это уравнение показывает, что температура поверхности увеличивается при уменьшении длительности импульса.

Распространение тепла в материале обычно описывают при помощи параметра, называемого длиной термодиффузии:

$$z_{\text{th}} = 2\sqrt{D\tau}. \quad (5)$$

Для лазерных импульсов прямоугольной формы этот параметр определяет расстояние, на котором максимальная температура тепловой волны по мере ее распространения в глубь материала уменьшается до значения, равного 0,1 от ее исходного значения на поверхности облучаемого объекта.



На рисунке приведена зависимость длины термодиффузии от длительности импульса при распространении лазерного излучения в меди, песчанике, известняке и воде. Выбирая, к примеру, длительность импульса $\tau = 200$ мкс (которая характерна для Nd:YAG-лазеров, работающих в режиме свободной генерации), из формулы (5) можно получить значения z_{th} для этих материалов, которые составляют 305, 38, 30 и 11 мкм соответственно.

Лазерное излучение является теплоограниченным во всех случаях, когда $z_{\text{th}} \ll \delta$ (а также при $\tau \ll \tau_{\text{th}}$), где

$$\tau_{\text{th}} = \frac{\delta^2}{4D}. \quad (6)$$

Входящая в (6) величина τ_{th} – это время тепловой релаксации, т. е. то время, которое требуется для распространения тепловой волны внутри всего объема вещества, облучаемого лазером, вдоль оси лазерного пучка. При таком условии тепловые эффекты строго ограничены в пределах облучаемого лазером объема. При этом повышение температуры в поглощающем материале (т. е. материале, для которого $\mu_s \ll \mu_a$) может быть описано следующим выражением:

$$\Delta T(z) = \frac{\mu_a F_a e^{-\frac{z}{\delta}}}{\rho C}.$$

В идеальном случае однородного теплоизолированного материала условие теплового равновесия дает хорошее приближение для определения соответствующей длительности лазерного импульса (вплоть до микросекундного диапазона). В то же время, для некоторых материалов, например чистого черного углерода или графита, вычисление предельной глубины распространения тепла позволяет лишь приблизительно оценить длительность лазерного импульса. С другой стороны, в реальных условиях могут происходить более сложные явления, связанные с интерференцией процессов тепловой проводимости и ограничения распространения тепла, описанных ранее. Кроме того, необходимо также принимать во внимание и тепловую роль воды в случае влажной лазерной очистки.

Так, например, в пористых материалах, в которых роль разрушительных процессов, происходящих под воздействием окружающей среды на поверхность, проявляется особенно сильно, при влажной лазерной очистке наблюдается значительное уменьшение максимальной температуры внутри облучаемого лазером объема из-за того, что за счет впитывания воды улучшается теплопроводность и увеличивается средняя теплоемкость вещества.

Следует отметить, что использование лазерных импульсов длительностью 50...120 мкс неизбежно приводит к увеличению объема вещества, испаряющегося в результате температурного расширения. За счет этого удается повысить порог абляции, связанный с глубиной проникновения света в вещество. С практической точки зрения это приводит к тому, что при отсутствии облака плазмы не происходит экранирования задней части лазерного импульса, а за счет этого с ростом длительности импульса увеличивается объем испаряемого лазером вещества (т. е. повышается эффективность процесса лазерной очистки). Из рисунка видно, что толщина нагретого под воздействием лазерного излучения объема вещества составляет ~ 1 мкм при длительности импульса около 1 мкс и увеличивается до 20 мкм при длительности 120 мкс. Этот результат хорошо коррелирует с данными, приведенными на рис. 3 и 4 в предыдущей статье. На указанных рисунках можно видеть, что степень абляции вещества образцов, облучаемых SFR-лазером с длительностью импульса 120 мкс и максимальным (в проведенных экспериментах) уровнем плотности энергии 30 Дж/см², достигает значения 60 мкм/имп. В результате этого SFR-лазер позволяет удалять объем вещества толщиной на 20 мкм больше, чем LQS-лазер с длительностью импульса 120 нс, обеспечивающий сравнимую по значению степень абляции (40 мкм/имп).

Обсуждение результатов и выводы. Описанные в данной статье исследования дают наглядное представление об особенностях процессов абляции, происходящих при лазерной очистке камня с использованием разных типов Nd:YAG-лазеров. Несмотря на то, что лазерные системы, имеющие выходные параметры, схожие с использованными в проведенных экспериментах лазерами, сегодня представлены на рынке лазерной техники и рекомендованы их производителями для целевого использования в реставрации произведений искусства, при неквалифицированном выборе конкретного типа лазера очистка каменных памятников может приводить к различным (в том числе нежелательным) результатам. По этой причине, прежде чем использовать данные лазеры для решения конкретной реставрационной задачи, специалистам-реставраторам необходимо обращаться за консультациями к специалистам в области лазерных технологий.

Результаты проведенных исследований показали, что в случае Nd:YAG-лазеров с модулированной добротностью (QS-лазеров) достигаемая в этом случае относительно

высокая эффективность очистки поверхности камня сопряжена с довольно узким диапазоном области линейной абляции. Кроме того, кривые зависимости степени абляции от значения обеспечиваемой QS-лазерами плотности энергии лазерного излучения достигают своего насыщения на уровне около 30 мкм/имп. (при уровне светового потока около

1 Дж/см²). При этом любые попытки превышения уровня насыщения (с целью увеличения степени очистки) неизбежно ведут к росту «агрессивности» воздействия лазерного излучения на поверхность, что проявляется в нарушении ее микрорельефа (эрозии поверхности) и изменении цвета поверхности.

Обсуждая результаты работы с Nd:YAG-LQS-лазером, следует отметить интересный и важный с практической точки зрения результат. С помощью данного лазера можно производить щадящую и довольно эффективную обработку мрамора в условиях сухой очистки при уровнях плотности энергии излучения до 2...3 Дж/см². Такой вывод сделан авторами на основании результатов стратиграфического анализа фрагментов мраморной балясины на электронном сканирующем микроскопе. Работа с этим объектом при уровнях плотности энергии 2...2,5 Дж/см² никаких повреждений поверхности мрамора не вызвала.

Что касается Nd:YAG-SFR-лазеров (т. е. лазеров с длительностью импульса 20...120 мкс), то основное их достоинство – отсутствие насыщения процесса абляции при работе с ними (по крайней мере, вплоть до уровня светового потока 25 Дж/см², при котором достигается степень очистки 60 мкм/имп.). Однако тот факт, что для эффективной очистки камня при работе с SFR-лазерами требуются очень высокие уровни светового потока, – бесспорный недостаток данного типа Nd:YAG-лазеров. Правда, отмеченный недостаток отчасти компенсируется тем обстоятельством, что, как и все гранатовые лазеры, работающие в режиме свободной генерации, SFR-лазеры имеют выходную энергию импульса в 3...5 раз большую, чем QS-лазеры. Еще одно важное достоинство SFR-лазеров состоит в том, что достигаемая при работе с ними степень абляции обрабатываемой каменной поверхности является полностью контролируемой, в то время как при работе с QS-лазерами процесс абляции трудно поддается оперативному контролю и может сопровождаться значительной эрозией поверхности субстрата памятника.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что при очистке каменных памятников наиболее целесообразно использовать Nd:YAG-лазеры SFR-типа с длительностью импульса излучения единицы-десятки микросекунд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dörschel K., Müller G., Photoablation, Future trends in biomedical applications of lasers // SPIE Proceedings. 1991. Vol. 1525. P. 253–279.
2. Carslaw H. S., Jaeger J. C., Conduction of heat in solids. Oxford: Oxford University Press, 1978.

S. Siano, L. Bartoli, A. Mencaglia, R. Salimbeni, M. Giamello, V. A. Parfenov

STUDY OF THERMOOPTICAL PROCESSES AT LASER CLEANING OF STONE MONUMENTS (THEORETICAL CONSIDERATION)

The paper presents results of study of the thermo-optical processes of laser ablation at the treatment of stone surfaces by radiation of Nd:YAG lasers at the wavelength of 1064 nm with different pulse duration. Second part of the paper is dedicated to mathematical modeling of photo-thermal processes and analysis of obtained results.

Laser cleaning, artworks conservation, Nd:YAG-laser, laser ablation



УДК 007: 57+007:573

И. И. Аль-Муджагед

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ С ПАТОЛОГИЧЕСКИМ ОБРАЗОВАНИЕМ ДИВЕРТИКУЛОМ

Разработан алгоритм построения биомеханических моделей и анализа напряженно-деформированного состояния мочевого пузыря с патологическим образованием дивертикулом. Проведено исследование зависимости напряженно-деформированного состояния мочевого пузыря с дивертикулом в момент открытия внутреннего сфинктера от геометрических параметров дивертикулов.

Мочевой пузырь, дивертикул, содержательная модель, напряжения, перемещения

Дивертикул – мешковидное выпячивание стенки мочевого пузыря, сообщающееся через шейку с основной его полостью. Причины формирования такого выпячивания могут быть разными: слабость стенки мочевого пузыря, повышенное внутрипузырное давление или сочетание этих факторов. У детей этот дефект чаще бывает врожденным, реже – приобретенным. Чаще отмечают одиночные, реже – множественные дивертикулы. Дивертикулы подразделяют на истинные, при которых стенка дивертикула представлена всеми слоями стенки мочевого пузыря, и ложные, образованные выпячиванием только слизистой мочевого пузыря через волокна детрузора. Множественные дивертикулы в большинстве случаев ложные [1]. Основные симптомы дивертикула мочевого пузыря: затруднение мочеиспускания (иногда полная его задержка) и мочеиспускание в два приема – сначала опорожняется мочевой пузырь, затем – дивертикул.

Дивертикулы чаще всего локализуются на заднебоковых стенках мочевого пузыря (рис. 1: 1 – мочевой пузырь; 2 – дивертикул). Они могут достигать большого размера, нередко сопоставимого с размером мочевого пузыря. Дивертикулы могут быть выявлены при УЗИ, при выполнении компьютерной или магнитно-резонансной томографии органов малого таза [2], [3]. В дивертикуле нередко возникают злокачественные новообразования. В отдельных случаях в полости дивертикула обнаруживаются камни. Наличие дивертикула приводит к застою в нем мочи (особенно при узкой шейке дивертикула), развитию цистита и пиелонефрита, образованию камней пузыря. Иногда в полость дивертикула (при больших его размерах) открывается одно из устьев мочеточника. Нередко в этих случаях нарушается замыкательная функция пузырно-мочеточникового соустья, в результате чего возникает пузырно-мочеточниковый рефлюкс с нарушением функции почек и атаками пиелонефрита. Истончение дивертикула приводит к его разрушению.

При реконструкции мочевого пузыря с дивертикулом проводится иссечение мешковидного выпячивания стенки пузыря. Получившийся дефект в стенке ушивается двухрядным швом.

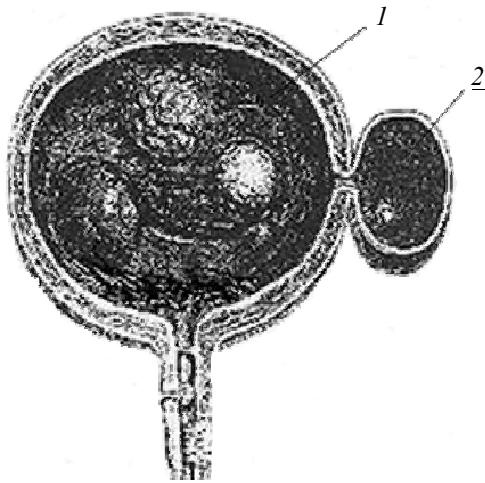


Рис. 1

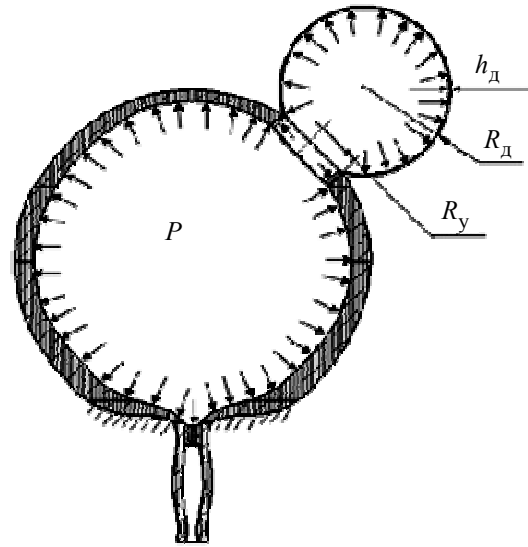


Рис. 2

При построении содержательной модели мочевого пузыря с дивертикулом (рис. 2) для исследования напряженно-деформированного состояния в момент открытия внутреннего сфинктера введем следующие допущения: 1) материалы мочевого пузыря, дивертикула и внутреннего сфинктера однородные и изотропные, с приведенными модулями нормальной упругости E_M , E_D , E_C и коэффициентами Пуассона ν_M , ν_D , ν_C ; 2) начальные напряжения в стенках мочевого пузыря, внутреннего сфинктера и дивертикула не учитываются; 3) шейка мочевого пузыря жестко закреплена на кольце шириной 10 мм; 4) к внутренним поверхностям мочевого пузыря и дивертикула приложено гидростатическое давление p , при котором открывается внутренний сфинктер; 5) толщина стенки i -го наполненного мочевого пузыря плавно изменяется от $h_{1i} = k_i h_1$ в верхушке до $1.67 h_{1i}$ на границе участков верхней и средней трети мочевого пузыря и $2h_{1i}$ при основании; 6) k_{H_i} – отношение высоты H_i i -й осесимметричной модели мочевого пузыря шарообразной формы к его наибольшей ширине S_i [4]; 7) устье в шейке дивертикула круглое с внутренним радиусом R_y ; 8) стенка дивертикула образована из сегмента мочевого пузыря, ограниченного устьем дивертикула; 9) толщина стенки наполненного дивертикула постоянная; 10) форма дивертикула шарообразная с внутренним радиусом R_d ; 11) α – угол между осью дивертикула и горизонтальной плоскостью.

На рис. 3 приведены эпюры напряжений (a , b , d) и перемещений (β , γ , e) в мочевых пузырях с радиусами устьев и внутренних поверхностей дивертикулов соответственно: a , β – 5 мм (17.5 мм); b , γ – 10 мм (22.5 мм); d , e – 20 мм (35 мм), при физиологическом объеме в момент открытия внутреннего сфинктера 263 мл и следующих геометрических параметрах и механических свойствах: $E_M = 0.6$ МПа, $E_C = 1.2$ МПа, $\nu_M = 0.45$, $\nu_C = 0.4$; $k_1 = k_2 = 1$, $k_{H_i} = 0.95$; $H_1 = 39.7$ мм; $\nu_D = 0.45$, $\nu_C = 0.4$; $\alpha = 45^\circ$; E_D и h_D – см. табл. 1–3.

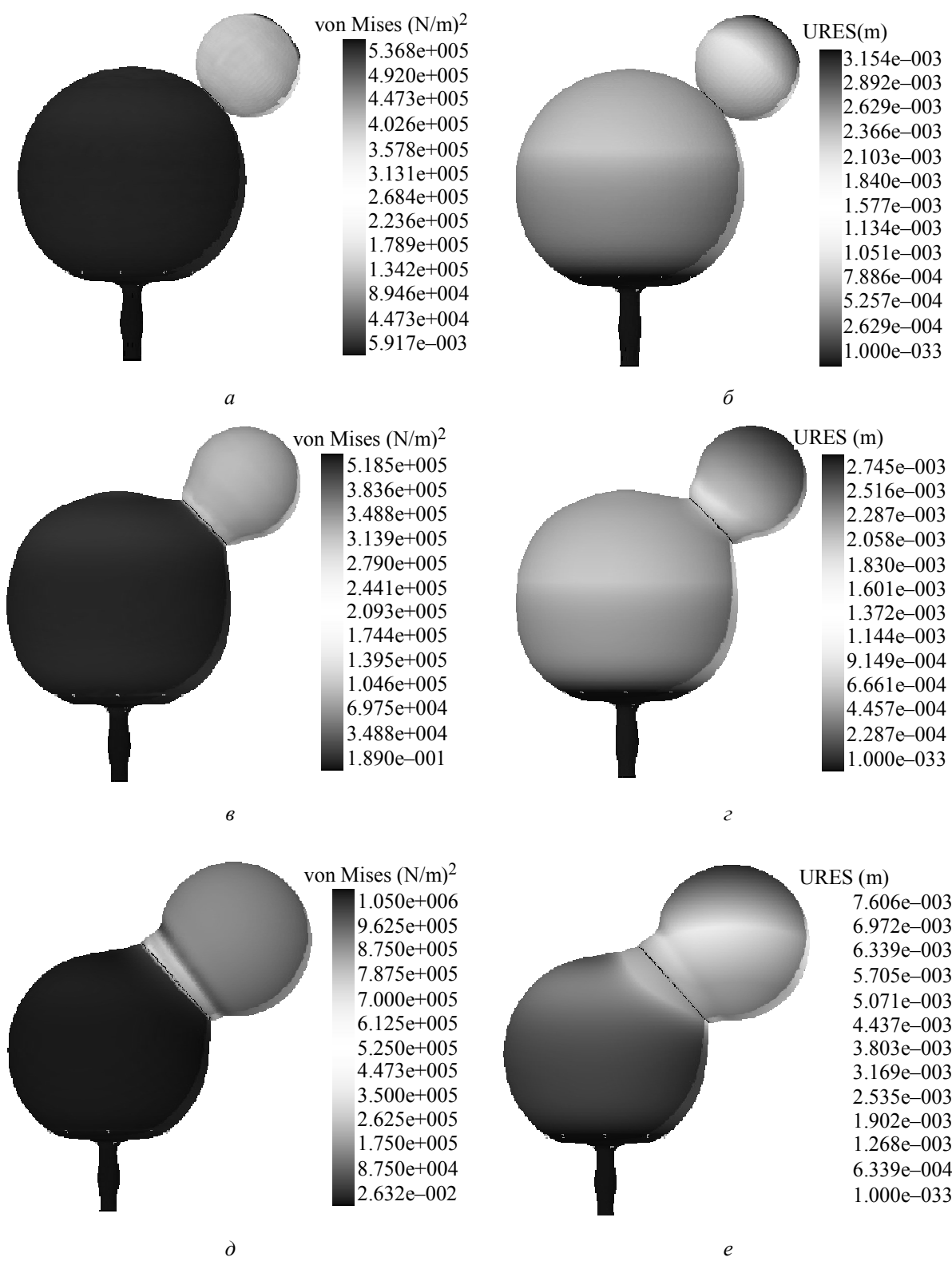


Рис. 3

Таблица 1

R_y , мм		$R_{д'}$, мм				
		10	12.5	15	17.5	20
5	$h_{д'}$, мм	0.3	0.19	0.13	0.1	0.08
	$E_{д'}$, МПа	0.6	1.5	3	4.5	6

Таблица 2

R_y , мм		$R_{дв}$, мм				
		12.5	15	17.5	20	22.5
10	$h_{дв}$, мм	0.78	0.53	0.3	0.19	0.13
	$E_{дв}$, МПа	0.6	1.5	3	4.5	6

Таблица 3

R_y , мм		$R_{дв}$, мм				
		25	27.5	30	32.5	35
20	$h_{дв}$, мм	0.77	0.63	0.53	0.45	0.39
	$E_{дв}$, МПа	0.6	1.5	3	4.5	6

На рис. 4 приведены зависимости напряжений (a , $в$) и перемещений ($б$, $г$) в мочевом пузыре с радиусами устьев дивертикулов 10 мм (a , $б$) и 20 мм ($в$, $г$) при физиологическом объеме 263 мм в момент открытия внутреннего сфинктера от радиуса дивертикула.

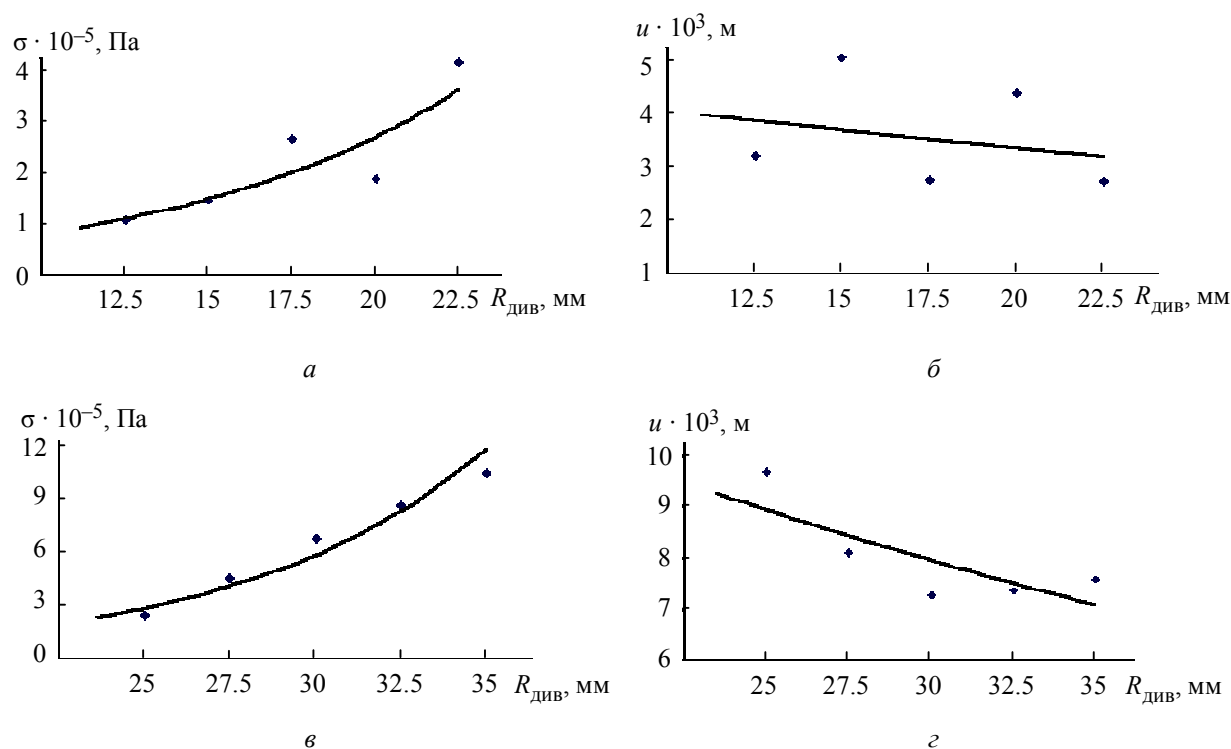


Рис. 4

Разработанный алгоритм построения модели и анализа напряженно-деформированного состояния мочевого пузыря с патологическим образованием – дивертикулом позволяет проводить: 1) биомеханические исследования состояния мочевого пузыря пациента 2) определять критическое состояние мочевого пузыря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубарев А. В., Гажонова В. Е. Диагностический ультразвук. Уронефрология. М.: Фирма СТРОМ, 2002.
2. Урология: Учеб. / Н. А. Лопаткин, А. Г. Пугачев, О. И. Аполихин и др.; Под ред. Н. А. Лопаткина. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004.
3. Урология / Под ред. Н. А. Лопаткина. – М.: Медицина, 1995.
4. Аль-Муджагед И. И. Моделирование мочевого пузыря в норме и при реконструкции // Изв. СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2009. № 1.

Development of algorithm to construct biomechanical models and analysis stress – strain state of the bladder with pathological formation of diverticulum. Research based on relation of stress-strain state of the bladder with a diverticulum at the moment of opening the internal sphincter and their geometrical parameters.

Urinary bladder, diverticulum, content model, strain, displacement

УДК 615.471:617.7

А. П. Гордейчук, Е. П. Попечителев

НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ QRS-КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрен алгоритм выделения QRS-комплексов и их классификации на основе многослойной искусственной нейронной сети, позволяющий более точно выделять сердечное сокращение и отбрасывать артефакты. Выбрана трехслойная структура сети, при этом количество нейронов в первом слое определяется размером PQRS-комплекса, а количество нейронов в среднем слое было подобрано эмпирическим путем. Предложена итерационная процедура обучения сети. Показано, что по сравнению с линейными методами статистики (линейная регрессия, авторегрессия, линейный дискриминант) нейронные сети позволяют эффективно строить нелинейные зависимости, более точно описывающие экспериментальные данные. Предложенный алгоритм реализован в виде прикладной программы и проверен на базе данных аритмий Массачусетского университета MIT/BIH.

Сердечно-сосудистая система организма, индивидуальная аппаратура оценки состояния, многослойная нейронная сеть, алгоритм выделения QRS-комплексов, итерационная процедура обучения, прикладная программа

Постановка задачи. Во всех развитых странах (в том числе и в России) очень высока смертность от сердечно-сосудистых заболеваний среди лиц среднего и пожилого возраста. Более 70 % лиц старше 60 лет страдают той или иной формой аритмии сердца. Коварность этих болезней заключается в том, что многие опасные аритмии протекают без выраженных симптомов вплоть до возникновения угрожающего жизни приступа. Поэтому крайне важно выявить заболевание в ранней стадии, чтобы предупредить возможные негативные последствия. С этой целью во многих странах проводится электрокардиографический (ЭКГ) мониторинг населения для выявления нарушений сердечной деятельности. К сожалению, кратковременность ЭКГ-исследования не позволяет выявить многие опасные для жизни аритмии, так как опасные приступы могут возникать с периодичностью в несколько дней, недель или даже месяцев. Процедура суточного (холтеровского) исследования в клинике, позволяющая выявить эти нарушения, очень дорогостоящая и не по карману многим лицам пожилого возраста, особенно живущим в России и странах СНГ. Вследствие этого крайне важной задачей является разработка индивидуальной электрофизиологической аппаратуры для населения, которая могла бы автоматически распознавать опасные нарушения ритма сердца и сигнализировать о

необходимости безотлагательного и подробного исследования сердечнососудистой системы в условиях клиники.

Несмотря на то что автоматическому анализу ЭКГ уже более 70 лет, качество многих автоматических операций регистрации элементов ЭКГ и их классификации остается неудовлетворительным. Например, для наиболее распространенной операции выделения QRS-комплекса хорошим считается показатель достоверной регистрации 99,3 % сердечных сокращений [1], [2]. Это означает, что в среднем за час будет зарегистрировано около 33 ложных сердечных сокращений. Для портативных устройств, работающих в режиме реального времени, как правило, используются алгоритмы, основанные на частотной фильтрации и анализу производной ЭКГ-сигнала, например алгоритм Пана–Томпкинса [3], не требующий значительных вычислительных ресурсов от управляющего микропроцессора устройства. Однако за простоту в реализации приходится расплачиваться сниженной чувствительностью и специфичностью алгоритма. Метод Томпкинса основан на частотной фильтрации электрокардиосигнала, последующем дифференцировании и пороговом детектировании. При этом из сигнала выделяется R-зубец – элемент с наибольшей амплитудой. Остальные элементы кардиокомплекса – зубцы P, Q, S, T, U – отбрасываются и не участвуют в процессе выделения сердечного сокращения. Такая обработка, конечно, способствует уменьшению ложных регистраций сокращений (например, высокоамплитудных сегментов S–T), но в то же время не позволяет дифференцировать некоторые эктопические нарушения ритма, в частности предсердные экстрасистолы, и двигательные артефакты, которые на ЭКГ по форме часто бывают аналогичны зубцу R.

Очевидно, что анализ полного кардиокомплекса должен обеспечивать более точное определение сердечного сокращения и отбрасывание артефактов, но сложность классификации всех элементов ЭКГ затрудняет создание простых алгоритмов выделения. Одними из лучших алгоритмов выделения QRS-комплексов и классификации являются алгоритмы на основе многослойных искусственных нейронных сетей [4], [5].

Нейронная сеть как основа алгоритма выделения QRS-комплексов. Название «нейронные сети» произошло от биологического аналога, который представляет собой множество относительно простых узлов (нейронов), объединенных в сложную сеть. Нейросетевые системы распознавания образов [6] обладают тремя важными особенностями:

- коннекционизмичность [6], означающая, что элементы нейросети одинаковы и очень просты, а эффективность работы системы определяется связями между ними;
- комплексная надежность, отражающая то, что система, построенная из множества индивидуально ненадежных элементов, чрезвычайно надежна и имеет низкую чувствительность к ошибкам или неполноте входной информации из-за параллелизма при ее обработке;
- голографичность, означающая, что разрушение части системы не приводит к немедленному ее отказу, а лишь снижает качество функционирования.

По сравнению с линейными методами статистики (линейная регрессия, авторегрессия, линейный дискриминант) нейронные сети позволяют эффективно строить нелинейные зависимости, более точно описывающие наборы данных.

Искусственный нейрон состоит из адаптивного сумматора, нелинейного преобразователя сигнала и точки ветвления. Адаптивный сумматор вычисляет скалярное произведение вектора входного сигнала x на вектор параметров α . Входы адаптивного сумматора аналогичны синапсам биологического нейрона. Нелинейный преобразователь сигнала преобразует входной сигнал из x в $\varphi(x)$. Как было показано в [5], нелинейное преобразование позволяет нейронной сети аппроксимировать любую функцию. При обработке ЭКГ-сигналов, как было показано в [4], хорошая аппроксимация ЭКГ-сигнала получается при использовании функции: $\varphi(x) = 1/(1 + e^{-x})$.

После проведения анализа методов построения нейронных сетей [6] была выбрана структура сети – трехслойный персептрон (рис. 1). Такая сеть отличается тем, что распространение сигналов внутри персептрона осуществляется только в прямом направлении, что минимизирует количество требуемых вычислений, и, следовательно, снижает требования к аппаратной части вычислителя в индивидуальной аппаратуре контроля сердечно-сосудистой системы.

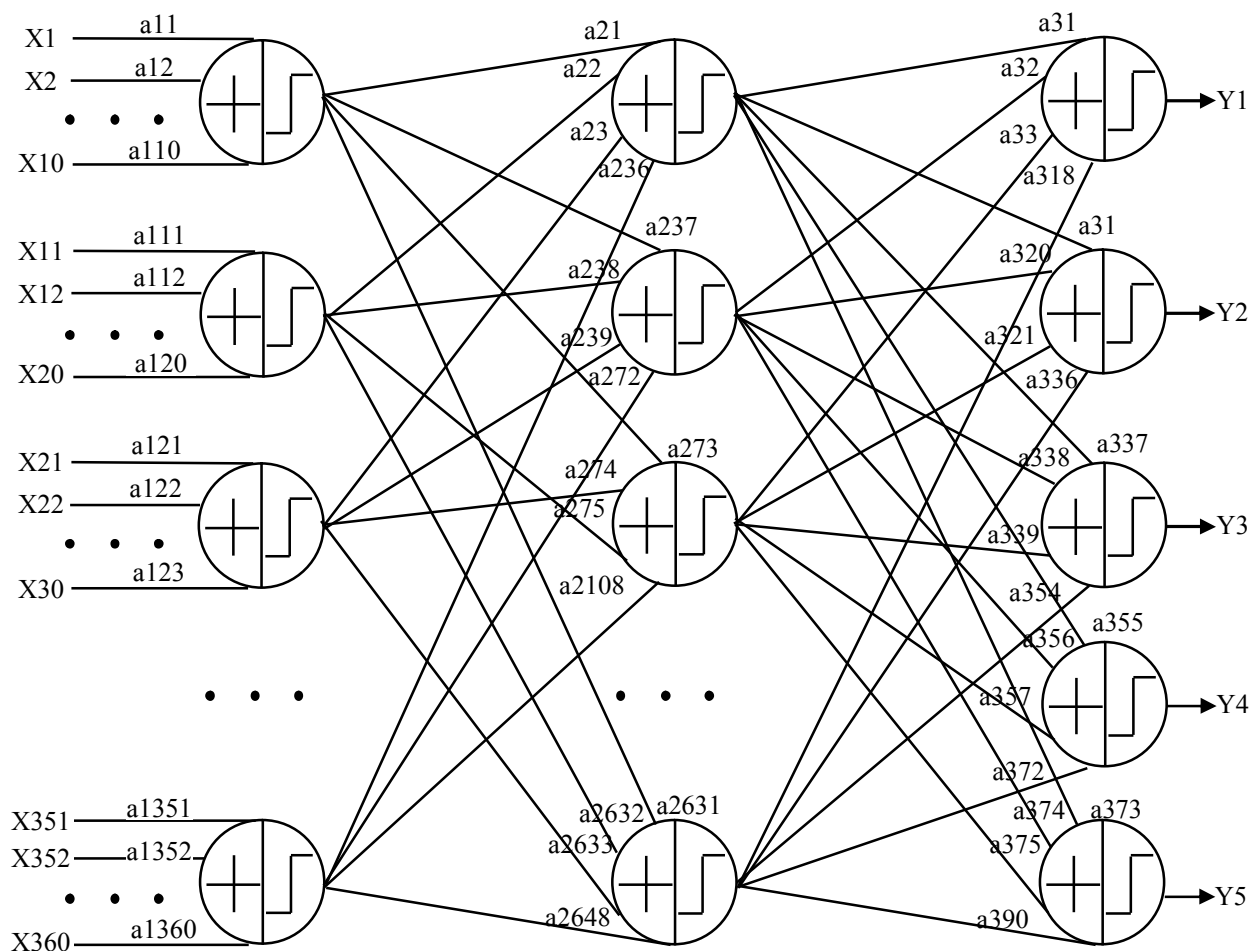


Рис. 1

Входной вектор, состоящий из 360 отсчетов анализируемого сигнала при частоте дискретизации 360 Гц, поступает на первый слой из 36 нейронов. Скрытый слой содержит 18 нейронов, и выходной слой состоит из 5 нейронов. Количество нейронов в первом слое определяется размером PQRST-комплекса, а количество нейронов в среднем слое было

подобрано эмпирическим путем. Пять выходных нейронов выбраны потому, что в аппаратуре решаются следующие пять задач:

- выделение QRS-комплекса;
- выделение Р-зубца;
- выделение сегмента S-T;
- выделение экстрасистол;
- выделение артефактов.

Выделение QRS-комплекса используется для нахождения частоты сердечных сокращений. Выделение Р-зубца необходимо для выяснения источника возбуждения ритма сердца (позволяет дифференцировать синусовую аритмию). Выделение сегмента S-T позволяет оценить сердечную недостаточность (по положению сегмента относительно изолинии). Выделение экстрасистол и дальнейший подсчет их количества за определенный период времени позволяет выявить наличие органических поражений сердца и перенапряжение сердечно-сосудистой системы. Выделение артефактов позволит оценить качество наложения электродов и минимизировать ложные заключения аппаратуры для экспресс-диагностики сердечно-сосудистой системы человека.

Обучение нейронной сети. Следующим этапом исследования является обучение построенной нейронной сети. Для обучения и тестирования сети использовалась общепризнанная во всех странах база аритмий Массачусетского университета MIT/BIN [7]. Для обучения нейронной сети существует много методов. Наиболее распространенный из них – метод обратного распространения ошибки [6]. Его основная идея заключается в том, что изменение весов синапсов происходит с учетом локального градиента функции ошибки. Разность между реальными и правильными ответами нейронной сети, определяемыми на выходном слое, распространяется в обратном направлении – навстречу потоку сигналов. В итоге становится возможным определить вклад каждого весового коэффициента нейрона в суммарную ошибку сети. Простейшее правило обучения соответствует методу наискорейшего спуска, т. е. изменения синаптических весов пропорциональны их вкладу в общую ошибку. Недостатком метода является возможность неоптимального обучения, когда при определении весовых коэффициентов анализируется локальный экстремум функции ошибки. Для того чтобы оптимизировать обучение сети, целесообразно использовать итерационный метод, который позволит выбрать оптимальное решение из множества, формируемого методом обратного распространения ошибки.

Метод обучения. Обучение нейронной сети начинается с выходного слоя. На вход нейронной сети подается обучающий вектор данных x , соответствующий требуемому результату классификации.

После обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки находят массив решений. Далее с помощью итерационного алгоритма, последовательно изменяющего все весовые коэффициенты нейронов на небольшую величину $\Delta\alpha$, анализируется изменение функции ошибки $\Delta\psi(x, \Delta\alpha)$ и определяются связи и синапсы нейронов, которые слабо влияют на результаты классификации ($\Delta\psi \rightarrow 0$). Затем малоинформативные связи и синапсы удаляют, что упрощает аппаратную реализацию нейронной сети.

Благодаря развитию технологий программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) появилась возможность аппаратно реализовать параллельную структуру нейронной сети в портативных устройствах. Современные ПЛИС фирмы Xilinx имеют низкое энергопотребление, а их параллельная синхронная структура прекрасно подходит

для реализации алгоритмов нейронных сетей. Описанная нейронная сеть реализована на широко распространенной ПЛИС серии XC9572. Для уменьшения количества требуемых логических ячеек нелинейная функция для всех искусственных нейронов принимается общей; она сформирована в табличном виде.

Тестирование нейросетевого алгоритма. Большинство современных алгоритмов обеспечивают чувствительность алгоритмов более 99 % на подавляющем количестве записей базы данных. Поэтому имеет смысл тестировать алгоритмы на некоторых «критических» записях, на которых чувствительность и специфичность алгоритмов существенно снижается. Максимальное значение ошибки известные алгоритмы обнаружения сердечных сокращений дают на записях № 105 и 108. Поэтому результаты тестирования исследуемой искусственной нейронной сети приводятся именно для этих записей.

Моделирование разработанной сети производилось с помощью специально разработанного программного обеспечения на языке C++, реализующего структуру исследуемой нейронной сети. Обучающие записи были представлены в виде файлов из баз МПГ/ВН. Результаты тестирования и значения весов синапсов программа также формировала в виде файлов-результатов.

Результаты тестирования по регистрации сердечных сокращений и сравнения с другими распространенными алгоритмами (линейной фильтрации [8] и Пана–Томпкинса [9]) при тестировании с помощью записи № 105 сведены в табл. 1; эта запись содержит всего 2572 сердечных сокращения. Результаты тестирования с помощью записи № 108, содержащей 1763 сердечных сокращения, сведены в табл. 2.

Сравнение результатов тестирования двух наиболее распространенных алгоритмов выявления QRS-комплексов с разработанным нейронным алгоритмом показал, что новый алгоритм более чем в 7 раз эффективнее как для исключения ложно отрицательных, так и для ложно положительных регистраций. При этом достигается значительное упрощение его аппаратной реализации, что позволяет рекомендовать этот алгоритм для аппаратуры индивидуальной оценки состояния сердечнососудистой системы в реальном масштабе времени [10].

Таблица 1

Тип алгоритма	Ложная положительная регистрация	Ложная отрицательная регистрация	Общее число ошибок	Общий процент ошибок
Разработанный	9	3	12	0.46
Алгоритм линейной адаптивной фильтрации	40	22	62	2.41
Алгоритм Пана–Томпкинса	67	22	89	3.46

Таблица 2

Тип алгоритма	Ложная положительная регистрация	Ложная отрицательная регистрация	Общее число ошибок	Общий процент ошибок
Разработанный	21	12	33	1.87
Алгоритм линейной адаптивной фильтрации	58	20	78	4.42
Алгоритм Пана–Томпкинса	199	22	221	12.54

Таким образом, в ходе исследований был разработан алгоритм выделения сердечных сокращений и их классификации на основе искусственной нейронной сети для работы в режиме реального времени. При сравнении трех наиболее популярных алгоритмов выделения сердечных сокращений, работающих в режиме реального времени, установлено, что разработанный алгоритм имеет лучшую чувствительность и специфичность. Анализ полного комплекса PQRST в разработанном алгоритме позволяет более качественно классифицировать сердечные сокращения, отбрасывая артефакты и предсердные экстрасистолы, аналогичные по форме R-зубцу ЭКГ. Для аппаратной реализации алгоритма предложено использовать программируемые логические интегральные схемы фирмы Xilinx, что позволяет применять данный алгоритм в портативных устройствах для индивидуального контроля состояния сердечнососудистой системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калиниченко А. Н. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 32 с.
2. Гордейчук А. П. Алгоритм выделения QRS-комплексов малогабаритного кардиоскопа // СПб.: Петербургский журнал электроники. 2007. № 3. С. 98–104.
3. Thakor N. V., Webster J. G., Tompkins W. J. Optimal QRS Detector // Med. Biol. Eng. BME-30. P. 651–1983.
4. Xue Q. Z., Hu Y. H., Tompkins W. J. Training of ECG signals in neural network pattern recognition // Proc. of the Annual Inter. Conf. of the IEEE Eng. of Med. and Biol. Society. 1990. Vol. 12. P. 1465.
5. Bortolan G. Degani R., Willems J. L. Design of neural networks for classification of electrocardiographic signals // Proc. of the Annual Inter. Conf. of the IEEE Eng. in Med. and Biol. Society. 1990. Vol. 12. P. 1467.
6. Simpson P. K. Artificial neural systems // Tarrytown; New York.: Pergamen Press, 1990.
7. Hamilton P. S. Tompkins W. J. Quantitative investigation of QRS detection rules using the MIT/BIH arrhythmia database // IEEE Trans. Biomed. Eng. BME-33. 1986. P. 1157.
8. Hamilton P. S., Tompkins W. J. Adaptive matched filtering for QRS detection // Proc. of the Annual Inter. Conf. of the IEEE Eng. in Med. and Biol. Society. 1988. Vol. 10. P. 147.
9. Pan J., Tompkins W. J. A real-time QRS detection algorithm // IEEE Trans. Biomed. Eng. BME-32. 1985. P. 230.
10. Попечителей Е. П., Гордейчук А. П. Монитор функционального состояния организма человека с автоматической системой компенсации асимметрии входных импедансов // Изв. ЮФУ. Техн. науки. Вып. «Медицинские информационные системы». Таганрог. 2008. № 5(82). С. 20–25.

A. P. Gordejchuk, E. P. Popchitelev

NETWORKING ALGORITHM OF SELECTION QRS COMPLEXES IN INDIVIDUAL APPARATUS FOR THE CARDIOVASCULAR SYSTEM'S ESTIMATION

This paper considers the QRS complex detection and classification algorithm based on multi-layer neuron network, which detects heart-throb and casts aside artifacts better than other conventional systems. The structure of proposed neuron network has 3 layers. The amount of neurons in the first layers is determined by the size of PQRST complex, and the amount of neurons in the middle layer was empirically determined. Iteration procedure of teaching a network is offered. It is demonstrated that networking algorithm describes experimental information more precisely than linear methods (linear regression, auto regression, linear discriminator). The offered algorithm was realized as application program, and tested using data of arrhythmias of MIT/BIH.

The cardiovascular system, individual apparatus of estimation the state, multi-layered neuron network, QRS complex detection algorithm, iteration procedure of teaching, application program



УДК 004

И. В. Герасимов, А. Ю. Первицкий

ИННОВАЦИОННАЯ МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ И РЕСУРСАМИ»

Рассмотрены подходы к формированию учебных планов магистерской программы (МП) «Управление информационными системами и ресурсами» в рамках научно-образовательного направления «Информатика и вычислительная техника». Определены требования к содержанию МП с учетом как структуры должностей в ИТ-индустрии, так и интеллектуального и материального ресурса вуза, факультета, кафедры. Рассмотрена принятая на факультете компьютерных технологий и информатики структура учебного плана МП, формы взаимоотношений со стратегическими партнерами.

Инновационная образовательная программа, ИОП, магистерская программа, управление информационными системами, управление информационными ресурсами, информатика, вычислительная техника, компьютерные технологии, ИТ, ИТ-инжиниринг

Продуктом деятельности вуза являются компетенции выпускника и воспитание его как участника профессионального сообщества. Место выпускника в профессиональном сообществе во многом определяет престиж вуза. В статье рассматриваются подходы к созданию структуры исполнительной системы для образовательных программ, построенной по правилам SOA – сервисно-ориентированной архитектуры. Целью подхода является создание сообщества, в котором для студента обеспечивается реализация выбора образовательной траектории и эффективного использования в образовательной программе интеллектуальных и материальных ресурсов вуза, факультета, кафедры. Примером служит инновационная магистерская образовательная программа «Управление информационными системами и ресурсами», созданная на факультете компьютерных технологий и информатики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ)».

Основное противоречие современной системы высшего профессионального образования состоит в исключительно высоких темпах обновления знаний и ограниченных возможностях высшей школы по привлечению молодых кадров в рамках выделяемых госбюджетных ресурсов. Разрешение противоречия видится в создании и внедрении новых образовательных технологий и расширении спектра предлагаемых образовательных услуг.

1. Особенности инженерного образования. Инновационный подход к инженерному образованию предполагает инвестиции в будущее, и в первую очередь:

- поощрение активного творчества студентов в области техники и технологий, предоставление ресурсов для творчества по целевой программе;
- доступность лучших прототипов для изучения и копирования в процессе обучения;
- ожидание синергетического эффекта от воссоздания академического сообщества («трение умов» по А. С. Пушкину).

Инвестиции, осуществляемые в настоящее время в ИТ-образование государством и предприятиями различных отраслей, направлены на решение насущных задач, а именно:

- удовлетворение потребности в кадрах, осознанной на уровне государства, – госзаказ (бюджет);
- формирование специального заказа предприятий на повышение квалификации действующих и потенциальных сотрудников (внебюджет);
- получение конкурентных преимуществ предприятиями – стратегическими партнерами при работе со студентами вузов в совместных учебно-научных центрах, лабораториях, на базовых кафедрах.

Ситуация на бирже труда характеризуется растущим рынком вакансий и ростом заработной платы занятых в области информационных технологий. На рис. 1 показана схема взаимоотношения «вуз–работодатель». Это приводит к тому, что крупные корпорации начинают разработку портфельных инвестиций в вузы. Однако условия инвестиций могут быть направлены как на повышение качества выпускников, так, в ряде случаев, и на недружественное поглощение или банкротство создаваемых автономных учреждений. Это приводит к недооценке «акций» вузов.

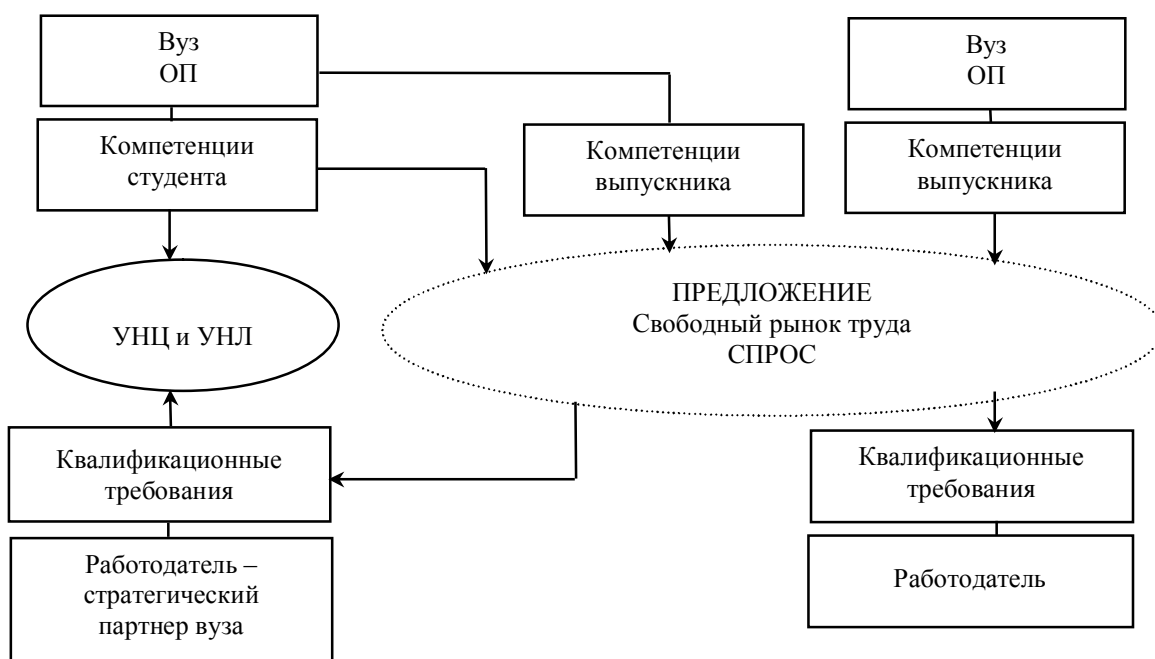


Рис. 1

С другой стороны, к снижению престижа вуза приводят:

- медленная реакция на изменения конъюнктуры рынка труда;
- недостаток материальных ресурсов и современного оборудования;
- туманность законодательства об интеллектуальной собственности;
- тенденция выдавливания интеллекта из образовательного процесса;
- старение и естественное убывание преподавательского состава, обеспечивавшего успехи советских инженерных школ.

В связи с отсутствием распределения выпускников по предприятиям народного хозяйства государство, финансируя вузы, выполняет обязательство по предоставлению образовательных услуг вне зависимости от эффективности использования их результатов. Целью реформы высшего образования, таким образом, является введение долгосрочной кредитной схемы для возврата средств не только через налоги с предприятий, но и непосредственно с получателей кредита, как в случае платного образования. Для этого необходим переход на кредитно-модульную систему организации учебных планов образовательных программ и введение преискуранта оказываемых образовательных услуг.

Заказчиком образовательной программы могут выступать как государство через механизм госзаказа, так и предприятия – стратегические партнеры вуза, финансирующие отдельные курсы, профили или образовательные программы.

Взаимодействие работодателей и вузов находит отражение в попытках сблизить компетенции выпускника вуза с квалификационными требованиями бизнес-структур. При этом очевидно, что требования, как правило, завышены, а на уровне компетенций выпускника сказывается тяжелое положение вузовских преподавателей. Для того чтобы сбалансировать спрос и предложение, необходимо представить и реализовать в образовательной структуре эффективную и гибкую систему управления ресурсами. В данной статье предлагается использовать для этого сервисно-ориентированный подход.

2. Сервисно-ориентированный подход к структуре факультета. Внутривузовский образовательный сервис может рассматриваться как некая элементарная единица использования ресурса вуза в целевой образовательной программе (ОП). Использование образовательного ресурса основывается на оформлении внутривузовского сервиса, создаваемого на базе интеллектуальных и материальных ресурсов вуза, факультета, кафедры. Главным носителем интеллектуального ресурса является преподаватель. Тенденция, направленная на отделение знаний от их носителя, не эффективна, поскольку лишает мотивации преподавателей – создание ЭУММ, учебных пособий по перспективным направлениям развития науки, техники и технологий должно поощряться морально и материально в соответствии с их качеством, оцениваемым академическим сообществом и ИТ-индустрией.

К ресурсам кафедры, предоставляемым в виде сервиса, могут относиться: преподаватели, учебно-научные и учебно-производственные группы, лаборатории (УНЛ), оборудованные и обслуживаемые аудитории, учебно-методические комплексы по дисциплинам (УМКД), обслуживаемым кафедрой, службы управления ресурсами, студенческим контингентом и преподавательским штатом. Ресурсы учебно-научного

центра (УМЦ) в большей степени ориентированы на научную или производственную деятельность. Ресурсы факультета по иерархии включают: кафедры, информационно-методический центр, факультетские учебно-научные центры и лаборатории, факультетские оборудованные и обслуживаемые аудитории. Ресурсы вуза включают площади, здания и сооружения, телекоммуникационную инфраструктуру, технопарк, аудиторный фонд и др.

Сервисы предоставления ресурсов для выполнения образовательных программ факультета могут быть представлены в виде набора библиотек и основаны на подходе IFIL (рис. 2).

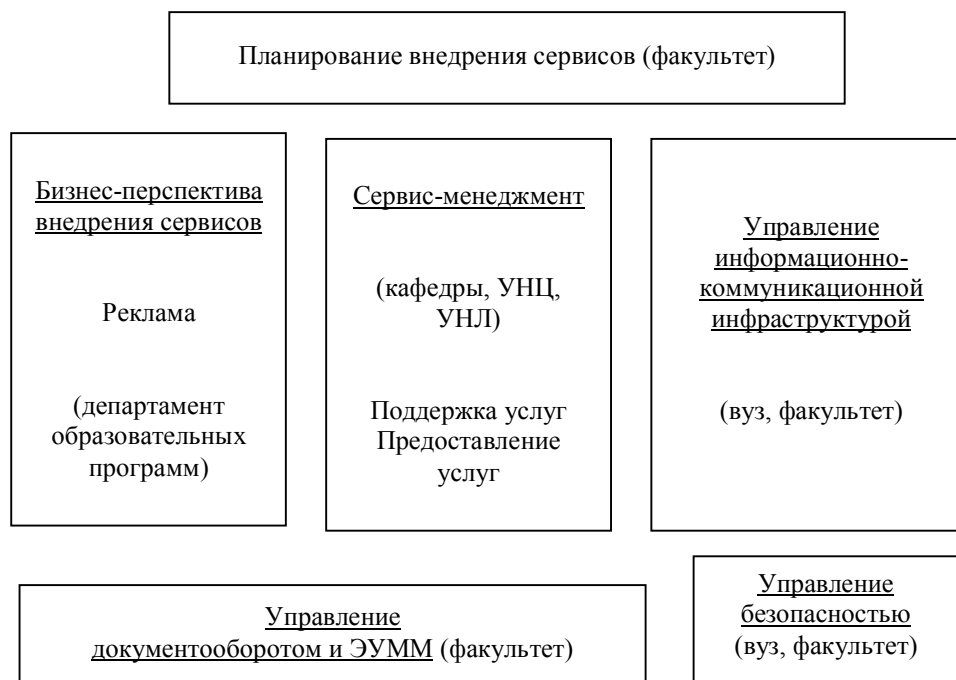


Рис. 2

Руководители научно-образовательных направлений и образовательных программ должны реально представлять интеллектуальные и материальные ресурсы вуза и факультета, ведущих кафедр и стратегических партнеров. Вести мониторинг ресурсов и планировать их использование невозможно без участия всех подразделений факультета.

Таким образом, исполнительная система включает сервисы, предоставляемые вузом, факультетом, кафедрой, УНЦ, УНЛ, стратегическими партнерами.

3. Учебные планы и образовательные траектории. Для разработки учебных планов образовательных программ исходными положениями являются квалификационные требования, сформированные в ассоциациях предприятий отрасли (например, АПКИТ) и преобразуемые в список компетенций ОП с учетом интеллектуального и материального ресурса вуза, факультета, кафедры, партнеров. Затем сам список компетенций преобразуется в список дисциплин и требований в форме «знать, уметь, владеть» (ЗУВ). При этом:

- интеллектуальный ресурс вуза, факультета, кафедры отражается в списке и рабочих программах дисциплин в определениях ЗУВ;
- материальный ресурс отражается в списке оборудования и программного обеспечения кафедр, УНЦ, УНЛ, стратегических партнеров.

На рис. 3. представлена общая структура дисциплин образовательных программ на ФКТИ. Так, в первые два года обучения (1, 2) проводится базовая подготовка, общая для всех образовательных программ факультета; на третьем и четвертом году (3, 4) читаются

курсы базовой подготовки по научно-образовательному направлению как бакалаврской программы, так и специалитета, пятый и шестой годы (5,6) – это годы специальной подготовки по программам специалитета и магистратуры.



Рис. 3

4. Структура учебного плана магистерской образовательной программы. В общей структуре учебного плана выделяются модули, для каждого из которых определяется количество зачетных единиц трудоемкости (ЗЕТ).

В качестве примера приведем следующее распределения:

- Дисциплины по модулям – 54 ЗЕТ:
 - 1) ГСЕ (вуз) – 6 ЗЕТ;
 - 2) фундамент (вуз, факультет) – 18 ЗЕТ;
 - 3) ядро (факультет) – 20 ЗЕТ;
 - 4) профиль (кафедра) – 16 ЗЕТ.
- Самостоятельная работа – 57 ЗЕТ:
 - 1) практики – 6+6 ЗЕТ;
 - 2) профессиональная работа – 16 ЗЕТ;
 - 3) междисциплинарные проекты – 4+4 ЗЕТ;
 - 4) итоговый междисциплинарный государственный экзамен – 2 ЗЕТ;
 - 5) ВКР – 21+1 ЗЕТ.
- Управление траекторией обучения осуществляется в интересах:
 - обучающегося (выбор профиля подготовки, отдельных дисциплин – до 22 ЗЕТ);
 - работодателей (формирование профиля подготовки, практики, предварительный отбор кандидатов);
 - факультета (отбор кадров для преподавания и научных исследований, аспирантуры).
- Среди учебных планов выделяются два уровня:
 - уровень внутривузовского стандарта, создаваемого на основе ГОСа;

○ фактический уровень учебного плана, основанного на реальных рабочих программах дисциплин, созданных преподавателями, ведущими и отвечающими за качество соответствующих курсов.

ГОС регламентирует только основные онтологические моменты в структуре знаний и методы контроля знаний. Фактический учебный план образовательной программы на основе ВОСа определяет список дисциплин и контролируемые параметры (либо компетенции, либо «знать, уметь, владеть») и опирается на фактический интеллектуальный ресурс преподавателей факультета, кафедры.

5. Магистерская программа «Управление информационными системами и ресурсами». Магистерская программа «Управление информационными системами и ресурсами» находится на стыке направлений «Информатика и ВТ» и «Информационные системы».

В магистерской программе выделяются четыре основных модуля – структурных элемента:

- гуманитарная и социально-экономическая подготовка (ГСЭ);
- фундаментальная теоретическая подготовка (ФТ);
- ядро магистерской программы (ядро МП);
- профили (специализации) подготовки.

Гуманитарная и социально-экономическая подготовка является общей для всех программ подготовки магистров, реализуемых в технических факультетах университета. ГСЭ-подготовка разбивается на два модуля с возможностью выбора студентом требуемого набора дисциплин в модуле «Социальные коммуникации» и модулях «Экономика и менеджмент».

Фундаментальная составляющая включает модуль из 5 дисциплин: история и методология науки; современные проблемы информатики; история информатики и информационной индустрии; компьютерные технологии в образовании и представлении знаний; этика, социальные и профессиональные вопросы в ИТ-сообществе.

Ядро программы состоит из двух дисциплин ядра направления («Архитектура распределенных систем» «Моделирование и анализ инженерных данных») и трех специальных дисциплин ядра магистерской программы («Сетевое веб-программирование», «Технологии распределенных БД и БЗ», «Управление информационными ресурсами предприятия»)

Профили программы. В программе по выбору студента предусмотрены пять специализаций (профилей):

Профиль 1: «Компьютерные технологии инжиниринга» включает изучение следующих дисциплин:

- онтологический инжиниринг;
- компьютерные технологии виртуализации;
- информационный поиск и электронный документооборот;
- семантический веб.

Выпускники готовятся как инженеры по знаниям с ориентацией на разработку сенсорного уровня современных информационных систем – уровня поставляющего информацию в БД и БЗ.

Профиль 2: «Корпоративные информационно-управляющие системы» включает изучение следующих дисциплин:

- архитектура и информационные взаимодействия в корпоративных информационно-управляющих системах (КИУС);
- интеграция приложений в КИУС;
- проектирование КИУС;
- моделирование бизнес-процессов.

Выпускники профиля готовятся как разработчики корпоративных информационно-управляющих систем, разработчики бизнес-процессов на предприятиях и организациях, проектировщики и администраторы баз данных и знаний.

Профиль 3: «Технологии семантического веб» включает изучение следующих дисциплин:

- системы искусственного интеллекта;
- семантический Web;
- мультиагентные системы;
- интеграция приложений в КИУС.

Выпускники профиля готовятся как разработчики поисковых систем и систем защиты информации, а также специальных бизнес-процессов для работы с разнородной неформализованной информацией в веб и БД, а также как администраторы КИУС с ориентацией на интеллектуальные сервисы.

Профиль 4: «Программное обеспечение и администрирование информационно-вычислительных систем и сетей» включает изучение следующих дисциплин:

- распределенные программные системы и технологии;
- управление программным проектом;
- технология анализа и извлечения знаний;
- моделирование, анализ и тестирование программного обеспечения.

Выпускники профиля готовятся как администраторы информационно-вычислительных систем и сетей, а также разработчики мобильного программного обеспечения, в том числе и подсистем анализа и извлечения знаний.

Профиль 5: «Технологии разработки программных систем» включает изучение следующих дисциплин:

- верификация, аттестация и качество программного обеспечения;
- сервисно-ориентированное информационное и программное обеспечение;
- технологии разработки пользовательских интерфейсов и сервисов визуализации;
- управление программным проектом.

Выпускники профиля готовятся как разработчики надежного программного обеспечения систем анализа и интерпретации данных и корпоративных информационно-управляющих систем, а также как разработчики программных средств для сервисно-ориентированной архитектуры ИС современных предприятий.

Особо надо отметить направленность магистерской программы «Управление информационными системами и ресурсами» на прямое использование результатов работы магистрантов в практической сфере и большую долю практик на предприятиях ИТ-

индустрии и институтах РАН. Большую работу в этом направлении провели все кафедры факультета компьютерных технологий и информатики.

В заключении, отметим, что представленный материал может быть отнесен к работам в соответствии с тенденцией N3 в сфере высшего профессионального образования – «Переход к “гибким” специальностям». Исследования по установлению тенденций осуществил Фонд «Центр стратегических разработок “Северо-Запад”» в 2005 г. на примере анализа образовательных услуг в регионах, входящих в Северо-Западный федеральный округ.

I. V. Gerasimov, A. Y. Pervitsky

INNOVATIVE MASTER'S PROGRAM «INFORMATION SYSTEMS AND RESOURCES MANAGEMENT»

Master's program (MP) «Information systems and resources management» curricula forming approaches in the context of a scientific-educational direction «Computer science and computer engineering» are considered. MP content requirements considering both IT-industry posts structure and intellectual and material resource of university, faculty and department are determined. MP curriculum structure accepted on faculty of computing technologies and informatics and forms of relationships with strategic partners are considered.

Innovation educational program, IEP, master's program, MIS, data resources management, computer science, computer engineering, computing technologies, IT, IT-engineering



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 336.6

О. С. Жукова, М. Н. Михайлов

ФАКТОРИНГ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Рассмотрен ряд проблем, связанных с использованием факторинговых операций. Описаны основные преимущества и недостатки факторинга как одного из видов финансирования, упомянуты некоторые трудности, с которыми сталкиваются компании, использующие факторинг, и сами факторы во время экономического кризиса.

Факторинг

В сложившейся непростой экономической ситуации способность компании работать с клиентами на условиях отсрочки платежа становится одним из важнейших конкурентных преимуществ. Однако продажи в кредит, в свою очередь, требуют отвлечения значительных финансовых ресурсов из оборота, а также увеличения затрат, связанных с управлением дебиторской задолженностью. Для увеличения объемов продаж и разрешения проблем финансирования оборотного капитала некоторые организации прибегают к использованию факторинга.

Факторинг – переуступка факторинговой компании неоплаченных долговых требований (счетов-фактур и векселей), возникающих между контрагентами в процессе реализации товаров и услуг на условиях коммерческого кредита, в сочетании с элементами бухгалтерского, информационного, сбытового, страхового, юридического и другого обслуживания поставщика.

В зависимости от вида факторинга банк или факторинговая компания предлагает клиенту ряд следующих услуг:

- ведение бухгалтерского учета поставщика, прежде всего учета реализации;
- учет уступаемых требований или финансирование поставщика;
- инкассирование задолженности;
- защита клиента от различных рисков (прежде всего неплатежеспособности дебиторов).

В классический факторинг входят комплекс услуг по финансированию, управлению дебиторской задолженностью, ведению бухгалтерского учета, страхованию, консалтингу,

администрированию задолженности и информационно-аналитические услуги. Существует также разновидность факторинга, когда инициатором сделки выступает дебитор, – реверсивный факторинг. Основным в реверсивном факторинге является финансирование кредиторской задолженности, покрытие рисков поставщика и информационно-аналитическое обслуживание.

Чтобы воспользоваться услугой факторинга, должен быть соблюден ряд существенных условий:

- наличие поставок продукции (в отдельных случаях – услуг) с отсрочкой платежа;
- наличие истории платежей от дебитора;
- рентабельность бизнеса позволяет покрывать стоимость факторинговых услуг;
- объем задолженности и размер разовой поставки отвечают требованиям банка или факторинговой компании.

Факторинговое обслуживание наиболее эффективно для малых и средних предприятий, которые традиционно испытывают финансовые затруднения из-за несвоевременного погашения долгов дебиторами и ограниченности доступных для них источников кредитования. Вместе с тем не всякое предприятие, относящееся к категории малого или среднего, может воспользоваться услугами факторинговой компании. Так, факторинговому обслуживанию не подлежат:

- предприятия с большим количеством дебиторов, задолженность каждого из которых выражается небольшой суммой;
- предприятия, занимающиеся производством нестандартной или узкоспециализированной продукции;
- строительные и другие фирмы, работающие с субподрядчиками;
- предприятия, реализующие свою продукцию на условиях послепродажного обслуживания, практикующие компенсационные (бартерные) сделки;
- предприятия, заключающие со своими клиентами долгосрочные контракты и выставляющие счета по завершении определенных этапов работ или до осуществления поставок (авансовые платежи) [1].

У факторинга по сравнению с другими кредитными инструментами есть ряд существенных преимуществ:

- задолженность погашается не клиентом, а его дебиторами постепенно по мере оплаты ими поставленного товара, оказанных услуг, поэтому не возникает необходимости экстренной мобилизации денежных средств на расчетном счете в момент погашения финансирования;
- финансирование предоставляется на срок фактической отсрочки платежа и погашается в день оплаты дебитором поставленного товара, оказанной услуги, что помогает избежать уплаты «лишних» процентов за пользование денежными средствами;
- отсутствие залогов влечет отсутствие расходов на оценку, страховку и оформление залоговых документов;
- совокупный размер финансирования может расти по мере роста объемов продаж клиента, а не ограничивается залогом или оборотом по расчетному счету;
- затраты по оплате факторингового финансирования относятся на себестоимость полностью;

– факторинговое финансирование сопровождается управлением дебиторской задолженностью.

Чаще всего факторинг сравнивают с банковским кредитом, при этом, оставляя вопрос о стоимости этих финансовых инструментов без рассмотрения, можно констатировать бесспорное преимущество факторинга по многим аспектам. Сравнение факторинга и обычного кредита приведено в таблице.

Преимущества факторинга по сравнению с краткосрочным кредитом

Факторинговое финансирование...	Кредит...
Погашается из денег, поступающих от дебиторов клиента	Возвращается банку заемщиком
Выплачивается на срок фактической отсрочки платежа	Выдается на фиксированный срок
Обеспечения не требуется	Как правило, выдается под залог
Выплачивается в день поставки товара	Выплачивается в обусловленный кредитным договором день
Размер финансирования может безгранично увеличиваться по мере роста объема продаж клиента	Выдается на заранее обусловленную сумму
Погашается в день фактической оплаты дебитором поставленного товара	Погашается в заранее обусловленный день
Выплачивается автоматически при предоставлении накладной и счета-фактуры	Для получения кредита необходимо оформлять большое количество документов
Продолжается бессрочно	Погашение кредита не гарантирует получение нового
Сопровождается управлением дебиторской задолженностью, консалтинговыми услугами	При кредитовании помимо перечисления денег Банк не оказывает заемщику никаких услуг

Часто в литературе в качестве одного из главных преимуществ факторинга указывается то, что если обычный кредит выдается на определенную сумму, то, заключив договор факторинга, организация-поставщик может получать все новые и новые суммы, представляя финансовому агенту лишь накладные на отгрузку товаров, счета-фактуры и договоры с покупателями [2], [3]. Но здесь заключена и основная угроза. Организации, как правило, используют факторинговое финансирование для увеличения объемов продаж, при этом дальнейшее функционирование без использования «привлеченных» средств становится невозможным. Естественно, что если для своевременной реализации существующего объема произведенной продукции (услуг) приходится предлагать покупателю отсрочку платежа, то, еще расширив производство, отказаться от сложившейся схемы финансовых потоков будет достаточно сложно.

Также одним из недостатков факторинга можно считать то, что сделки становятся «3-сторонними», банк или факторинговая компания, пускай и в «мягкой форме», влияет на принятие руководством управленческих решений, связанных с формированием и управлением дебиторской задолженностью. Как только поставщик начинает работать с факторинговой компанией, у него появляется независимый контролер, который принимает на себя административное управление дебиторской задолженностью, что может включать в себя:

- проверку платежной дисциплины и деловой репутации действующих и потенциальных покупателей поставщика;
- ежедневный мониторинг состояния дебиторской задолженности;
- управление задолженностью покупателей;
- установку и обновление лимитов финансирования на дебиторов (рекомендательные лимиты отгрузок);

– информационно-аналитическое обслуживание предполагает ежедневную отчетность о движении денежных средств, аналитику по состоянию дебиторской задолженности (отгрузки, платежи и пр.), интеграцию с бухгалтерскими системами компании;

– консалтинг (предполагает предоставление рекомендаций по бухгалтерскому учету факторинговых операций, по управлению рисками при товарном кредите, проведение совместных PR-акций и рекламных кампаний, и пр.) [2].

Банку или факторинговой компании выгодно увеличение оборотов обратившейся к ним компании и расширение ее клиентской базы, так как это увеличивает их прибыль (в виде комиссионных платежей с суммы, уступаемой дебиторской задолженности). Однако при этом они проводят жесткую дифференциацию дебиторов с точки зрения их надежности и «пригодности» для использования при факторинговом обслуживании компании.

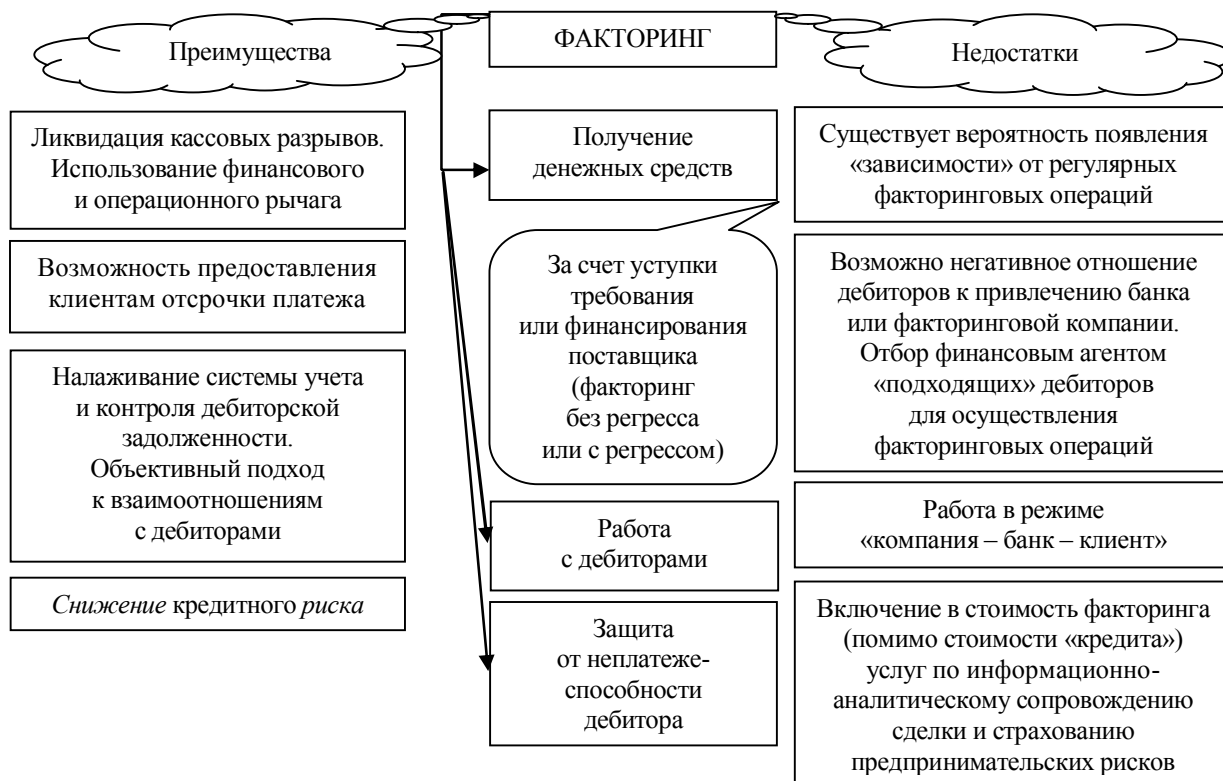
Поскольку факторинг, в соответствии с мировой практикой и российским законодательством, не является кредитной операцией, факторинговая комиссия не может рассчитываться в процентах годовых, и сравнивать его стоимость со стоимостью кредита не корректно из-за несоизмеримости предоставляемых услуг. Но, даже учитывая только финансовую составляющую факторинга, он представляет собой более дорогостоящий способ пополнения оборотных средств по сравнению с краткосрочным кредитом.

Таким образом, преимущества от использования факторинга заключаются в ускорении оборота денежных средств, уменьшении потерь при просрочке платежа дебиторами и расширении клиентской базы за счет более гибкой системы цен и сроков оплаты. В качестве недостатков можно назвать возможное негативное отношение со стороны дебиторов, увеличение затрат компании на ведение бухгалтерского учета и определенную «зависимость» от финансового агента и, конечно же, дополнительные расходы по оплате факторинговой операции [3].

Выявленные преимущества и недостатки факторинга отражены на схеме.

Сегодня в условиях постигшего банковский сектор кризиса объемы факторинговых операций сократились. Уменьшилось как количество банков, предлагающих услугу, так и количество организаций, в ней нуждающихся и способных за нее платить. Количество факторинговых компаний и банков, занимающихся факторингом, сократилось как в результате выхода с рынка игроков, посчитавших данный вид бизнеса непрофильным, малоприбыльным или переоценившим свои возможности в условиях сложившейся экономической обстановки, а также факторов, испытывающих финансовые трудности вследствие использования ими неэффективной системы риск-менеджмента. Кризис затронул не только мелких и малоизвестных игроков на рынке факторинговых услуг, но ряд лидеров отрасли. Например, факторинговые компании «Еврокоммерц» и «Траст» в декабре 2008 г. сменили собственников, причем первая при этом находилась на грани банкротства. Значительно выросла стоимость факторинга, которая и до этого была одним из основных факторов, сдерживающих рост спроса на данную финансовую услугу. Так, по словам заместителя начальника управления факторинга «ЮниКредит Банка» Геннадия Золкина¹, в результате неуклонного роста ставки по факторингу в течение последних месяцев в декабре 2008 г. она составляла около 27–35 % годовых (all-in) [4].

¹ Российский факторинг – прогнозы и диагнозы // Factorings.ru



В связи с трудной экономической ситуацией многие компании свернули проекты, нацеленные на развитие компаний (а именно в них выгоднее всего применять факторинговые схемы), наметилась тенденция по сокращению отсрочек платежа, необходимого условия существования услуги, что закономерно привело к снижению деловой активности по факторинговым операциям, причем падение рынка факторинга продолжается. Поведение его после достижения «дна» будет во многом зависеть от того, как поведет себя российская экономика в целом. Таким образом, можно утверждать, что как минимум в течение первого полугодия 2009 г. рынок факторинга в России будет испытывать определенные трудности, но так как заместить факторинг другими кредитными продуктами полностью и комплексно невозможно, забвение ему не грозит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голубев А. С. Выбирайте правильные финансовые инструменты // Факторинг и торговое финансирование. 2008. № 1.
- Покаместов И. Е., Подлеснова А. Ю. Бюджетирование и финансовое планирование факторинговой деятельности // Факторинг и торговое финансирование. 2008. № 1.
- Хабарова Л. П. Факторинг: учет, налоги, право // Бухгалтерский бюл. 2008. № 6.

O. S. Zhukova, M. N. Mihailov

FACTORING: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

A few problems concerned with Accounts Receivable Management by factoring are presented. The main advantages and disadvantages of factoring as one way to put up money for working capital are described. Some difficulties which companies using factoring deal with are presented. Financial crisis as a source of some troubles is mentioned

Factoring

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ

Выявляются и анализируются факторы, влияющие на уровень конкурентоспособности отечественных компаний, предлагается методика оценки уровня конкурентоспособности коммерческой организации.

Конкурентоспособность организации, факторы конкурентоспособности организации, методика оценки уровня конкурентоспособности организации

По мере развития рыночных отношений в России на передний план все чаще выходит проблема повышения уровня конкурентоспособности отечественных компаний.

По оценкам Всемирного экономического форума [1] в 2008 году Россия заняла 51-е место в международном рейтинге конкурентоспособности, что является крайне низким показателем, по сравнению с результатами таких стран как США (1-е место), Германия (7-е место), Великобритания (12-е место), Франция (16-е место), Канада (10-е место), Япония (9-е место) и Китай (30-е место).

Основными причинами, приведшими к сложившейся ситуации, являются: разрыв и утрата многих хозяйственных связей между организациями, оказавшимися в результате распада СССР на территории разных независимых государств, высокий уровень физического и функционального устаревания основных производственных фондов отечественных компаний, несовершенство законодательной базы, невозможность организаций привлекать в требуемых объемах финансирование из внешних источников, низкий уровень инновационной активности отечественных предпринимательских структур, отсутствие у большинства организаций четко сформулированной стратегии развития.

Вместе с тем без существенного повышения конкурентоспособности отечественных компаний невозможно обеспечить высоких и, что наиболее важно, стабильных темпов экономического роста национальной экономики.

Достижение высокого уровня конкурентоспособности требует от руководства предпринимательской структуры создания и последующего внедрения в компании системы мониторинга, позволяющей непрерывно отслеживать влияние факторов конкурентоспособности на ее деятельность и их динамику во времени, а также способствующей своевременному принятию необходимых управленческих решений.

Последовательность этапов по созданию такой системы представлена на рисунке.

На первом этапе руководство должно определить основные направления, в которых организация будет развиваться, и четко сформулировать цели, которые она должна достичь в результате такого развития. Наличие четко поставленных целей стратегического развития позволит впоследствии отобрать факторы, оказывающие влияние на уровень конкурентоспособности компании, а также наметить вектор движения, в котором будут разрабатываться мероприятия по ее усилению.

Второй этап алгоритма предполагает определение совокупности факторов внешней и внутренней среды организации, на основе которых будет строиться анализ уровня ее конкурентоспособности.



Основным недостатком существующих в настоящее время методик оценки конкурентоспособности коммерческих организаций является стремление их авторов выделить некоторую единую совокупность факторов конкурентоспособности, присущую всем компаниям. Применение подобного подхода не позволяет учитывать влияние факторов, определяемых спецификой сферы деятельности компании, что снижает возможности применения этих методик на практике.

По мнению авторов статьи, для производственных организаций к числу основных факторов конкурентоспособности относятся: цена продукции и ее качество, качество менеджмента в компании, развитость систем сбыта и сервисного обслуживания, степень

прогрессивности используемых технологических процессов и производственного оборудования, устойчивость финансового положения компании, активность рекламной деятельности, уровни квалификации и производительности персонала, наличие государственной поддержки отрасли [2].

В свою очередь, основными факторами конкурентоспособности предпринимательских структур, осуществляющих деятельность в сфере услуг, являются: уровень квалификации и компетентности персонала, ассортимент и качество предлагаемых услуг, имидж компании, наличие сервисного обслуживания, зона территориального распространения деятельности компании, наличие вспомогательной инфраструктуры.

Третий этап алгоритма предполагает формирование системы критериев для оценки выбранных факторов, которое следует осуществлять исходя из двух предпосылок: стратегических планов развития организации, установленных ее руководством, а также наличия (или отсутствия) возможности проведения количественной оценки отобранных на предыдущем этапе алгоритма факторов.

На четвертом этапе алгоритма проводится сбор статистической информации, на основании которой и будет впоследствии осуществляться оценка влияния факторов конкурентоспособности.

Пятый этап предложенного алгоритма предполагает проведение оценки влияния на уровень конкурентоспособности организации со стороны факторов косвенного воздействия ее внешней среды. По мнению авторов, для оценки влияния этой группы факторов целесообразно использовать шкалу, представленную в табл. 1.

Таблица 1

Шкала оценки влияния внешних факторов косвенного воздействия

Значение по шкале (<i>f</i>), балл	Комментарий
0	Фактор не оказывает влияния на конкурентоспособность компании
1	Фактор оказывает неблагоприятное влияние на конкурентоспособность компании и имеет тенденцию к ухудшению в ближайшем будущем
2	Фактор оказывает неблагоприятное влияние на конкурентоспособность компании и тенденций к его изменению в ближайшем будущем не наблюдается
3	Фактор оказывает неблагоприятное влияние на конкурентоспособность компании и имеет тенденцию к улучшению в ближайшем будущем
4	Фактор оказывает благоприятное влияние на конкурентоспособность компании и имеет тенденцию к ухудшению в ближайшем будущем
5	Фактор оказывает благоприятное влияние на конкурентоспособность компании и тенденций к его изменению в ближайшем будущем не наблюдается
6	Фактор оказывает благоприятное влияние на конкурентоспособность компании и имеет тенденцию к улучшению в ближайшем будущем

Кроме оценки влияния для каждого фактора конкурентоспособности требуется определить его значимость по отношению к остальным факторам. Для этого следует использовать шкалу, представленную в табл. 2.

Таблица 2

Уровень значимости факторов конкурентоспособности

Значение по шкале (<i>G</i>), балл	Комментарий
1	Фактор обладает несущественной значимостью
2	Фактор обладает уровнем значимости ниже среднего
3	Фактор обладает средним уровнем значимости
4	Фактор обладает уровнем значимости выше среднего
5	Фактор обладает существенным уровнем значимости

Для получения нормированной величины уровня значимости (удельного веса) отдельного фактора требуется провести перерасчет оценок, выставленных экспертами по следующей формуле:

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^m G_{i,j}}{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m G_{i,j} \right)}, \quad (1)$$

где g_i – нормированное значение (удельный вес) фактора; $G_{i,j}$ – экспертная оценка значимости i -го фактора в соответствии с мнением лица, проводящего исследование (по пятибалльной шкале); n – количество взвешиваемых факторов конкурентоспособности; m – количество привлекаемых к исследованию экспертов.

Полученные результаты работы экспертной группы необходимо проверить на согласованность, чтобы устранить возможные ошибки при дальнейшей обработке данных. Для определения степени согласованности ответов экспертов авторы предлагают использовать коэффициент конкордации.

Итоговая оценка влияния отдельного фактора косвенного воздействия внешней среды организации рассчитывается как среднеарифметическое индивидуальных оценок данного фактора, выставленных каждым из экспертов:

$$F_i = \frac{\sum_{i=1}^m f_i}{m}, \quad (2)$$

где F_i – итоговая величина оценки фактора; f_i – величина оценки фактора, выставленная отдельным экспертом; m – количество экспертов, задействованных в проведении исследования.

Интегрированный показатель конкурентоспособности предпринимательской структуры (C_1), отражающий совокупное влияние на нее факторов косвенного воздействия, предлагаем рассчитывать по формуле

$$C_1 = \sum_{i=1}^n F_i g_i, \quad (3)$$

где F_i – экспертная оценка характера влияния фактора на деятельность компании, выставленная в соответствии с представленной ранее шкалой оценки; g_i – удельный вес фактора конкурентоспособности; n – количество анализируемых факторов косвенного воздействия.

Оценку влияния факторов прямого воздействия внешней среды организации на ее конкурентоспособность целесообразно производить по схеме, аналогичной оценке факторов косвенного воздействия, представленной ранее. При проведении данной оценки необходимо учесть возможное воздействие со стороны организации, направленное на ослабление факторов, влияние которых носит негативный характер, и усиление факторов,

влияние которых можно оценить как позитивное. Возможность оценки ответного воздействия организации целесообразно проводить при помощи табл. 3.

Таблица 3

Шкала оценки ответного воздействия организации на влияние фактора

Значение корректировки, балл	Комментарий
0	Данное значение выставляется в том случае, если компания не может оказать существенного воздействия на фактор или такое воздействие приведет к изменению влияния фактора в худшую сторону
1	Значение выставляется в том случае, если эксперт уверен, что ответные действия руководства компании смогут изменить влияние фактора в лучшую сторону

Расчет интегрированного показателя конкурентоспособности предпринимательской структуры (C_2), отражающего совокупное влияние факторов прямого воздействия предлагаем производить по формуле

$$C_2 = \sum_{i=1}^n [(B_i + A_i)h_i], \quad (4)$$

где B_i – экспертная оценка характера влияния фактора на деятельность организации; A_i – экспертная оценка возможности организации оказывать ответное воздействие; h_i – удельный вес фактора конкурентоспособности; n – количество анализируемых факторов конкурентоспособности прямого воздействия внешней среды.

Следующим этапом алгоритма является проведение оценки влияния факторов внутренней среды организации, для чего производится сопоставление показателя, характеризующего влияние фактора со значением, заложенным руководством в стратегию развития организации. В зависимости от полученного результата фактору присваивается рейтинг в соответствии со шкалой, представленной в табл. 4.

Таблица 4

Шкала оценки влияния факторов внутренней среды организации

Значение по шкале (J), балл	Комментарий
0	Величина показателя, характеризующего влияние фактора внутренней среды компании, хуже прогнозируемого значения
1	Величина показателя, характеризующего влияние фактора внутренней среды компании, приблизительно равна прогнозируемому значению (отклонение составляет менее 5 %)
2	Величина показателя, характеризующего влияние фактора внутренней среды компании, лучше прогнозируемого значения

Также для каждого фактора анализируется динамика его изменения за рассматриваемый период (табл. 5).

Оценка динамики фактора за рассматриваемый период

Значение по шкале (K), балл	Комментарий
0	Величина показателя уменьшилась более чем на 20 % за анализируемый период
1	Величина показателя уменьшилась менее чем на 20 % за анализируемый период
2	Величина показателя за анализируемый период не изменилась
3	Величина показателя увеличилась менее чем на 20 % за анализируемый период
4	Величина показателя увеличилась более чем на 20 % за анализируемый период

Итоговая оценка влияния фактора внутренней среды предпринимательской структуры рассчитывается как сумма оценок динамики влияния фактора (K_j) и оценки характера влияния данного фактора (J_j).

Определение уровня значимости для этой группы факторов осуществляется так же, как и для факторов конкурентоспособности, относящихся к внешнему окружению организации.

Интегрированный показатель конкурентоспособности предпринимательской структуры (C_3), отражающий совокупное влияние на нее факторов внутренней среды, предлагаем рассчитывать по формуле

$$C_3 = \sum_{i=1}^r [(K_i + J_i)h_i], \quad (5)$$

где J_j – оценка влияния фактора на деятельность компании; K_j – оценка динамики влияния фактора; h_i – удельный вес фактора; r – количество анализируемых факторов конкурентоспособности внутренней среды компании.

Следующие этапы алгоритма предполагают определение соответствия между достигнутым уровнем конкурентоспособности предпринимательской структуры и стратегией ее дальнейшего развития, а также выработку корректирующих воздействий в случае установления такого несоответствия. По мнению авторов, для этого следует рассчитать индексы конкурентоспособности по каждой из трех групп факторов:

$$I_{c1} = \frac{C_1}{C_{1 \text{ баз}}}, I_{c2} = \frac{C_2}{C_{2 \text{ баз}}}, I_{c3} = \frac{C_3}{C_{3 \text{ баз}}}. \quad (6)$$

Рассчитанные значения индексов сравниваются с единицей. Превышение значения индекса уровня единицы говорит об эффективности политики, проводимой руководством компании по данному направлению. В свою очередь, значение индекса меньшее единицы свидетельствует о снижении уровня конкурентоспособности компании, что требует проведения дополнительного исследования факторов, составляющих данную группу, и разработки комплекса корректирующих действий.

Использование предлагаемой методики позволит руководству компании выявить имеющиеся у нее внутренние резервы и возможности для эффективной конкурентной

борьбы, установить ее слабые стороны, а также наметить основные направления, в которых в последующем должны осуществляться мероприятия по их устранению.

СПИСОК ЛИТЕАТУРЫ

1. The Global Competitiveness Report 2008–2009 // World Economic Forum Geneva. Switzerland, 2008.
2. Звонцов А. В. Подходы к оценке инвестиционной привлекательности компаний // Теория и практика финансов и банковского дела на современном этапе: Материалы IX межвуз. конф. аспирантов и докторантов 5 дек. 2007 г. / СПбГЭИУ. СПб., 2007. С. 276–279.

A. V. Zvontsov, V. P. Semenov

METHODOLOGICAL ASPECTS OF MAINTENANCE OF COMPETITIVENESS OF THE DOMESTIC COMPANIES

In clause the factors influencing a level of competitiveness of the domestic companies come to light and analyzed, the technique of an estimation of a level of competitiveness of the commercial organization is offered.

Competitiveness of the organization, factors of competitiveness of the organization, a technique of an estimation of a level of competitiveness of the organization



УДК 139. 31

М. Е. Кудрявцева

АВТОКОММУНИКАЦИЯ КАК ЖИЗНЕТВОРЧЕСТВО В РАССКАЗЕ Х.-Л. БОРХЕСА «ТАЙНОЕ ЧУДО»

Рассматривается возможность творчества в процессе внутрисубъектной коммуникации человека. Анализируется рассказ Х.-Л. Борхеса «Тайное чудо», определяются различные формы внутриличностного существования человека, утверждается самоценность индивидуального автономного существования человека, а также ценность творчества как экзистенциального феномена.

Внутрисубъектная коммуникация, творчество, Х.-Л. Борхес, сновидение, лабиринт, библиотека, индивидуальное существование, оправдание бытия

В зарубежной и отечественной философии и психологии давно уже сложилось представление о том, что творчество не может быть сведено к материально определенному продукту и что не менее важным результатом творчества является сама жизнь творящего субъекта. Наиболее убедительно об этом писали учёные школы С. Л. Рубинштейна: А. В. Брушлинский,

К. А. Абульханова-Славская и др., – которые ставили в своих работах проблемы, связанные с творческой природой человеческого мышления, творческими стратегиями человеческой жизни, уникальностью человеческого опыта, жизнетворчеством личности. Такого же рода проблемами занимается и ветвь психологической науки, получившая название «экзистенциальная психология», связанная с именами таких учёных, как Ж.-П. Сартр,

В. Франкл, Э. Фромм, С. Мадди, Р. Мей, К. В. Карпинский и др.

Один из важных выводов, который можно было бы сделать, изучая проблему жизнетворчества личности как в теоретическом, так и в практическом аспектах, – это вывод о том, что главным фактором творческого осуществления жизни субъекта является его автокоммуникация, или внутрисубъектный полилог личности. Прислушиваясь то к одному, то к другому внутреннему голосу, синтезируя эти голоса в своём «Я», человек принимает те или иные жизненные решения, иногда неожиданные для самого себя. В социологии и психологии принято считать, что внутренний полилог личности является

отражением многочисленных внешних социальных связей человека и ни с чем иным его автокоммуникация быть связанной не может. Это положение, сформулированное целиком и полностью с позиций теории интериоризации, предполагающей, что всякое внутреннее содержание человека является не более чем его интериоризированным внешним опытом, представляется спорным. Исследования, проведённые в русле субъектно-деятельностного подхода, показали, что при объяснении любых психических явлений личность выступает как целостная система внутренних условий, необходимо и существенно опосредствующих все внешние причины. А. В. Брушлинский, анализируя диалектическую связь внешнего и внутреннего в умственном развитии и самоопределении индивида, отмечает следующий парадокс человеческого саморазвития: «...Чем ближе сам индивид подошёл к успешному решению задачи, тем, казалось бы, ему меньше нужна помощь извне, но и тем легче её реализовать; и наоборот, чем дальше он находится от верного решения, тем больше ему необходима помощь со стороны, но тем труднее ему её использовать. ...Например, помощь со стороны (в виде подсказок и т. д.) открывает возможность индивиду ответить на вопрос, который он уже сам себе поставил. Это одно из проявлений внутренних условий как основание развития, через которое преломляются все внешние воздействия» [1, с. 70]. Таким образом, находясь на позициях субъектно-деятельностного подхода, можно утверждать, что автокоммуникация человека – явление куда более сложное, чем простое отражение накопленного за жизнь опыта внешнего общения.

То, что рано или поздно становится достоянием науки, часто уже оказывается подвергнутым художественному исследованию в искусстве и литературе. Писатель или художник, рисуя художественный образ во всей его целостности, иногда создаёт гораздо более полное представление об объекте или явлении, чем научное исследование, анализирующее лишь отдельные фрагменты действительности. Такое полное представление о возможностях внутрисубъектного общения человека дает рассказ Х.-Л. Борхеса «Гайное чудо». Напомним читателю содержание рассказа.

В марте 1939 г. некто Яромир Хладик, живущий в Праге еврей, автор нескольких философских, исторических и художественных произведений разных жанров, арестован гестапо и приговорён к расстрелу за еврействующую работу о Якобе Бёме, политические взгляды и просто за еврейское происхождение. Казнь в силу каких-то административных проволочек откладывается на десять дней, которые Хладик получает в полное своё распоряжение и использует их для непрерывных размышлений о предстоящей казни и прошедшей жизни. В последнюю ночь перед расстрелом Хладик вспоминает про свою неоконченную пьесу «Враги», которая, будь она завершена, смогла бы стать тем единственно достойным произведением, которое оправдало бы его существование. Яромир Хладик взмолился Богу с просьбой даровать ему ещё один год жизни, чтобы он смог закончить пьесу, и Господь услышал его. В момент расстрела, когда уже дана команда стрелять, время для героя замирает. Та секунда, в которую летят пули, тает дымок недокуренной Хладиком сигареты и ползёт капля воды по его щеке, длится год. Осознав это и возблагодарив Бога, надеясь только на свою память, он продолжает и

завершает работу над пьесой, после чего (в тот самый момент, когда найден последний необходимый эпитет) падает, коротко вскрикнув, простреленный в грудь четырьмя пулями.

Не покушаясь на то, чтобы проникнуть во всю сложность и философскую глубину этого рассказа, попробуем взглянуть на него с точки зрения автокоммуникации, обеспечивающей жизнетворчество личности, а также внешних и внутренних обстоятельств, способствующих этому жизнетворчеству или тормозящих его. Яромир Хладик, будучи в расцвете своей интеллектуальной и духовной жизни (ему немного за сорок, и он автор ряда глубоких исследований), не отдавая пока ещё себе в этом отчёта, находится в состоянии размышлений над экзистенциальным вопросом, связанным со смыслом собственной жизни и своей роли в великой мистерии Бытия. Об этом свидетельствует сон, приснившийся ему за несколько дней до ареста. В этом сне он видит себя первенцем одного из двух знатных враждующих родов, между ними веками длится шахматная партия, награда за которую неисчислима. Всё окружено тайной, доска с фигурами установлена в какой-то башне, и звон часов отмечает время каждого хода. Сновидец же тщетно пытается вспомнить правила игры и назначение фигур; парадоксальный оттенок сну придает бег под дождём по песку пустыни. Отметим, что сновидение можно рассматривать и как своеобразную творческую деятельность, в которую вовлечено сознание человека помимо его воли, и как внутрисубъектное общение, обмен репликами в котором происходит в форме метафор. Интерпретировать данное сновидение можно как экзистенциальный вопрос, который тревожит героя, хотя поставлен он пока ещё бессознательно, на интуитивном уровне. Для того чтобы он был актуализирован и решался на уровне сознательной автокоммуникации, необходимы были какие-то внешние обстоятельства. Такими обстоятельствами стали для Хладика арест, приговор к расстрелу и десять дней ожидания.

Первоначально Хладик ощущает только ужас и ничего более. Всё его воображение направлено на создание и проживание многообразных обстоятельств собственной казни. О реализации творческого потенциала автокоммуникации пока ещё говорить трудно, вся она направлена не столько даже на подлинное преодоление страха, сколько на самообман – Хладик воображает разнообразные ужасы, для того чтобы они не свершились, следуя той мистической логике, что если воображать подробности, то они не сбудутся. Поняв, наконец, непродуктивность этого пути, Хладик переходит к размышлениям о времени и о вечности. В одну из ночей ему приходит в голову чрезвычайно важная в контексте всего рассказа мысль о субъективности восприятия времени: «Сейчас ночь на двадцать второе, – рассуждал он вслух, – покуда длится эта ночь (и шесть последующих), я неуязвим и бессмертен» [2, с. 191]. Трудно переоценить роль этого открытия, сделанного Хладиком в процессе непрерывного внутреннего диалога, для жизнетворчества личности. Неважно, как долго в объективном измерении будет длиться твоя жизнь, важно, сколько ты успеешь сделать на ее протяжении.

Далее, однако, у Хладика возникают сомнения в целесообразности, а главное, подлинности собственного существования. Когда он вспоминает о своём исследовательском труде «Опровержение вечности», посвящённом иудейским рукописям, косвенно повлиявшим на Якоба Бёме, в голову ему приходят мысли о том, что он не более

чем ошибка, повторение, обман, поскольку число вариантов человеческого опыта не бесконечно. Исследовав в своей работе различные теории вечности, «от вечного и неизменного бытия Парменида до модифицирующегося прошлого Хинтона», Яромир Хладик в предложенных ему жизнью обстоятельствах не может не экстраполировать эти теории на себя, на свой конкретный человеческий опыт. И это также является важным этапом внутренней коммуникации, неизменно ведущей его к ответу на тот самый экзистенциальный вопрос, который он поставил себе сам и на который ему помогают сейчас ответить обстоятельства его жизни.

Озадачившись вопросом о том, не ошибка ли он и не одним ли из многочисленных повторений является его жизнь, Хладик неизбежно должен был задуматься об оправдании собственного бытия. Таким возможным оправданием представилась ему его неоконченная пьеса «Враги». Краткое содержание этой пьесы, приведённое автором в рассказе, представляет проблему автокоммуникации в новом, неожиданном (впрочем, для творчества Борхеса вполне ожидаемом) свете. В логике пьесы Хладика и всего рассказа Борхеса в целом автокоммуникация человека не имеет никакого отношения к социальным связям между людьми, складывающимся в течение жизни, она полностью осуществляется в экзистенциальном пространстве человека. Неоконченная пьеса Хладика построена таким образом, что зритель только к самому концу догадывается о том, что всё происходящее – круговорот бреда находящегося в центре событий сумасшедшего Ярослава Кубина, воображающего себя бароном Ремерштадтом. Для Ярослава Кубина, живущего вне времени, окружающий мир полон тайных врагов, сговорившихся его уничтожить, ему удаётся расстроить их сложную интригу, но опасности только нарастают, несообразности множатся, тревожное чувство не покидает героя. Почему именно это довольно странное произведение в итоге оказывается оправданием существования Хладика? Почему Хладик считает, что в этой пьесе «была попытка в символической манере выразить самое основное в жизни»? Не потому ли, что в ней поставлена проблема субъективности восприятия разными людьми не только времени, но и мира в целом и самих себя? Пьеса Хладика – это, возможно, символ бесконечного заблуждения человечества, топтания его на месте, хождения по кругу, драматизирования ситуаций, в то время как никаких драм нет и быть не может и всё происходящее, говоря словами пророка Экклезиаста, «суета сует и томление духа».

Автора можно было бы упрекнуть в крайнем субъективизме и вытекающем из него пессимизме, однако не следует забывать, что его герой Яромир Хладик, оказавшись в одном только экзистенциальном измерении, тем не менее, продолжает искать оправдание своей жизни. Он ищет его не в служении обществу, не в подвиге во имя какой-либо идеи или для спасения чьей-то жизни, ни даже в материально опредмеченном творчестве – социальное измерение полностью отсутствует в рассказе. Внутренний диалог, полилог личности Хладика, приведший его к важным жизненным выводам и вплотную приблизивший его к ответу на тот самый вопрос, который бессознательно озадачил его во сне ещё перед арестом, становится важным фактором житнетворчества его личности, но

не переходит и не может перейти в социальную деятельность. И всё-таки автор не может отказать Хладику в обретении истины. Накануне казни опять ему снится сон, в котором он видит концептуальный и для жизни, и для всего творчества Борхеса образ библиотеки и библиотекаря, ослепшего в поисках Бога, находящегося в одной из букв одной из четырёхсот тысяч книг библиотеки. Хладик наугад открывает атлас, сданный только что кем-то из читателей, касается одной из маленьких букв на карте Индии и находит Бога. Здесь нет ничего случайного, это именно карта Индии (символика Индии как хранилища эзотерических тайн мира, пожалуй, слишком очевидна), это именно только что кем-то сданная книга, кем-то, у кого в руках была истина, но кто не увидел её, это именно в данный момент и именно «наугад» открытая страница – символ Божественного промысла, ведущего человека по жизни.

Хладик слышит голос Бога, который говорит ему, что время для работы над пьесой «Враги» дано. Замерев перед летящими пулями на целый год, «недвижный, затаившийся» Хладик «прилежно строил свой незримый совершенный лабиринт» (отметим, что это тоже концептуальный для Борхеса образ). Хладик трудился над пьесой не для потомства и даже не для Бога, он трудился для себя, для оправдания собственного существования. Мы сталкиваемся здесь с примером абсолютной самодостаточности творчества, целиком ушедшего в сферу автокоммуникации. Пьесы Хладика никому не суждено ни увидеть, ни прочитать, она создаётся и существует лишь в воображении автора. Внутрисубъектное общение героя, обусловив на разных этапах своего осуществления познание героем важных истин, вышло на уровень созидательного творчества, которое не имеет социального измерения и может рассматриваться исключительно как экзистенциальный феномен. В контексте всего творчества Борхеса, однако, эта внутрисубъектная созидательная деятельность обладает ничуть не меньшей ценностью, чем внешняя, социальная, и человек, занятый ею, в полной мере способен оправдать своё существование на земле.

Бесчисленное множество интерпретаций одного и того же объекта, события или феномена, множественность возможных углов зрения на них, субъективность их восприятия являются одной из важнейших идей в творчестве Борхеса. И все эти «множества» вполне применимы к рассказу «Тайное чудо», который может быть интерпретирован и по-другому, не так, как было предложено нами. Однако в контексте нашей интерпретации мы можем в порядке подведения итога сформулировать некоторые выводы:

Во-первых, индивидуальное существование человека самоценно, его жизнь не только не исчерпывается социальной деятельностью, но вообще может быть практически не связанной с нею. Ценностным же наполнением такой жизни является автокоммуникация, но лишь в том случае, когда она выводит человека на уровень созидательного творчества.

Во-вторых, формы, в которых может осуществляться автокоммуникация, многообразны: размышления, воспоминания, сны, эстетическая деятельность, созидательное творчество.

В-третьих, субъектное творчество может рассматриваться исключительно как экзистенциальный феномен, плоды его совсем не обязательно должны быть вынесены в мир, они могут оставаться жить в воображении автора.

И наконец, повторим тот самый вывод, который был сделан героем рассказа, – восприятие человеком времени собственной жизни субъективно, для ее оправдания в объективном измерении может потребоваться всего лишь мгновение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Психология субъекта. СПб.: Алтейя, 2003.
2. Борхес Х.-Л. Коллекция: рассказы; эссе; стихотворения/Пер. с исп. СПб.: Северо-Запад, 1992.

M. E. Kudryavtzeva

SELF-COMMUNICATION AS A LIFE CREATIVITY IN THE H.-L. BORCHES STORY "MYSTERY MIRACLE"

The possibility of the creative work in the process of selfcommunication is explored. Borches story "Mystery Miracle" is analysed, different forms of interpersonal human existence are defined, the value of autonomous individual human existence is asserted. The value of the creativity as an existential phenomenon is asserted.

Selfcommunication, creativity, H.-L. Borches, dream, labyrinth, library, individual existence, justification of the human existence



УДК 621 (099)

К 150-летию со дня рождения А. С. Попова

В. А. Урвалов

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ А. С. ПОПОВА В ЕВРОПЕ

Рассматриваются связи А. С. Попова с европейскими учеными, научно-техническими обществами и промышленными предприятиями.

А. С. Попов, А. А. Петровский, А. Риги, Ф. Браун, А. Слаби, Г. Маркони, Э. Дюкрете, К. Шеффер, М. А. Шателен, АО «Сименс и Гальске», «Телефункен», Французское физическое общество, А. А. Реммерт, Г. Герц, Г. Арко

В распоряжении А. С. Попова был превосходно оборудованный физический кабинет Минного офицерского класса в Кронштадте, где он преподавал. К тому же ученый имел золотые руки и при необходимости сам изготавливал нужные ему приборы. Его ученик А. А. Петровский рассказывает, что, когда в начале 1896 г. стало известно об открытии Рентгена, в Петербурге в течение одного-двух дней были раскуплены все трубки Крукса. В Кронштадте нечего было и думать о том, чтобы достать такую трубку, а без нее повторить опыты Рентгена было невозможно. Однако А. С. Попов сумел изготовить рентгеновский аппарат, включая трубку, и одним из первых в России демонстрировал опыты с рентгеновскими лучами.

Первые сообщения о работах А. С. Попова по радиосвязи (беспроводной телеграфии) появились в английской, немецкой и французской научной периодике только в 1897 г. и вызвали ряд запросов. Первым из зарубежных светил обратился к Попову профессор Болонского университета А. Риги с просьбой прислать рефераты своих публикаций, заметив, что, кроме французского, он знает английский и немецкий, но не знает русского: «...Я был бы Вам очень признателен за резюме Ваших публикаций на французском языке». А. С. Попов выполнил просьбу итальянского коллеги. Позже аналогичные запросы поступили также от Ф. Брауна и А. Слаби. Последний в качестве патентного эксперта, получив информацию о работах Попова, отказал Г. Маркони в выдаче германского патента.

В ноябре 1897 г. французский инженер и предприниматель Э. Дюкрете демонстрировал на заседании Французского физического общества изготовленный им аппарат, позволяющий «осуществить опыты Герца», и сделал описание аппаратуры, сконструированной А. С. Поповым. В результате интенсивной переписки между русским ученым и французским предпринимателем (сохранилось более 200 писем) уже через год фирма Дюкрете серийно выпускала корабельные радиостанции системы «Попов–Дюкрете». Летом 1899 г. состоялась их личная встреча, на которой А. С. Попов официально передал заказ ВМФ России фирме Дюкрете.

Летом 1900 г. А. С. Попов посетил Всемирную парижскую выставку и принял участие в Международном физическом конгрессе. Попутно он ознакомился с производством радиоаппаратуры у А. Слаби в Берлине и у К. Шеффера во Франкфурте-на-Майне. На выставке демонстрировались грозоотметчик А. С. Попова, изготовленный в Кронштадте, а также корабельная радиостанция системы «Попов–Дюкрете–Тиссо». Представил свою аппаратуру и Г. Маркони. Жюри выставки удостоило обоих экспонентов Больших золотых медалей.

Впечатления о Физическом конгрессе А. С. Попов изложил в письме жене:

«Главный интерес для меня на конгрессе представляет личность творца современной физики В. Томсона, называемого теперь лордом Кельвином – старичок, читающий лекции уже 55-й год. Необыкновенно симпатичный и представляющий собой весьма светского человека – всюду он со своей супругой, такой же почтенной старушкой. Все ухаживают за ними наперебой...

Вообще довольно интересно видеть лично и познакомиться с теми, трудами которых часто пользуешься... Многие представляются как бы старыми знакомыми...»

К сожалению, А. С. Попов не смог выступить на Электротехническом конгрессе – в Минном офицерском классе начинались занятия. Его доклад «О применении телефона в качестве приемного аппарата при телеграфировании без проводов» зачитал профессор Электротехнического института М. А. Шателен, избранный вице-председателем конгресса.

По пути в Париж А. С. Попов остановился в Берлине, о чем сообщил жене:

«...Пребывание в Берлине благодаря двум посещениям: одной большой фабрики, на которую ушло два дня, и сегодняшнему посещению Шарлоттенбургского политехникума для меня очень полезно и приятно. В политехникуме работает немецкий коллега по телеграфированию без проводов Слаби, у которого мы и были сегодня утром, а на фабрике, совершенно необыкновенной по своим размерам, главным электротехником русский Доливо-Добровольский. Благодаря ему мы с Н. Н. (Георгиевским – *Примеч. авт.*) видели все, что хотели – истрепали себе ноги, но осталось еще кое-что посмотреть...

Ничего общеинтересного не видели. Самый город можно характеризовать так: если взять лучшие улицы Петербурга, увеличить только их число и улучшить и ускорить способы сообщения, то можно себе представить Берлин... Торговли больше, чем в

Петербурге, магазины роскошнее. Впечатление от Берлина, во всяком случае, приятное. Пища, когда осмотришься, добывается какая угодно и не дорого. Насчет чаю немного было затруднений, но потом нашелся и чай...».

24 мая 1902 г. Парижское бюро скорой корреспонденции направило Попову статью из газеты «Нью-Йорк Геральд» под названием «Методы Маркони под огнем критики». Статья построена на интервью с А. Слаби, возмущившимся отказом сотрудников радиостанций, оборудованных аппаратурой системы Маркони, отвечать на сигналы корабельных радиостанций других систем, в частном случае на сигналы бортовой радиостанции парохода «Дойчланд» системы Слаби–Арко. Инцидент получил широкую огласку, так как на пароходе находился брат кайзера принц Генрих, который послал приветствие береговой радиостанции «Нантукет», принадлежавшей газетному концерну «Геральд», но по заведенному Маркони порядку обслуживаемой сотрудниками его фирмы. Посланные с «Дойчланда» сигналы остались без ответа.

По мнению А. Слаби, ведется жесткая конкурентная борьба между английской «Интернациональной компанией Маркони» и германской «Всеобщей компанией электричества». В свое время система Маркони предлагалась Германии за 2,5 млн. марок, но правительство посчитало эту цену слишком высокой и решило создавать собственную систему Слаби–Арко, которой уже были оснащены флоты целого ряда стран. К недостойным методам персонала, обслуживающего станции системы Маркони, А. Слаби относит: 1) отказ отвечать радиостанции, если она не оборудована аппаратурой системы Маркони; 2) создание помех радиосвязи экспериментальной работой мощных радиостанций, например, посылающих сигналы через океан; 3) умышленное создание помех путем передачи одновременно рядом радиостанций буквы V, якобы для настройки передатчиков.

А. Слаби рассматривал достижения в области беспроводной телеграфии прежде всего как средство связи морских судов с берегом и сигнализации с кораблей, терпящих бедствие. Для решения возникших проблем, считал ученый, необходимо созвать международный форум по регламентации радиосвязи. Предварительная конференция состоялась в Берлине в 1903 г. по инициативе Германского телеграфного управления. В состав российской делегации входил проф А. С. Попов.

Открывая конференцию, госсекретарь имперской почты Р. Кретке (R. Kraetke), в частности, сказал: «...В 1895 г. Попов, при производстве опытов для обнаружения электрических нарушений в атмосфере, пришел к мысли воспользоваться волнами Герца для передачи телеграфных знаков и устроил первый аппарат искровой телеграфии. Маркони первый употребил воздушную проволоку для передающей станции и открыл новые пути практическому применению искровой телеграфии. Одновременно с ними работали и другие известные изобретатели над усовершенствованием телеграфа» (Почтово-телегр. журн., 1903, сентябрь, с. 694–900).

Материалы конференции получили довольно подробное освещение в технической литературе. Главная ее цель, по мнению участников (Австро-Венгрии, Великобритании,

Испании, Италии, России, Франции и Соединенных Штатов Америки), – подготовка к Международной конференции для выработки общих положений и международных правил эксплуатации радиотелеграфии. Из-за русско-японской войны она состоялась только в 1906 г., уже после смерти А. С. Попова.

В мае 1904 г. в журнале «Электротехнический вестник» публикуется презентация петербургского АО «Сименс и Гальске»:

«Настоящим имеем честь довести до сведения уважаемой редакции, что в целях достижения наибольшего совершенства в области беспроволочного телеграфирования, как в морском, так и в сухопутном деле, а также и введения производства в России, наше общество образовало особое отделение для устройства беспроволочного телеграфа по системе профессора Попова и Общества беспроволочной телеграфии («Телефункен») в Берлине.

Настоящее объединение имеющего всемирное значение изобретения, сделанного в России профессором А. С. Поповым, его опытности в применении беспроволочного телеграфа на деле с изобретениями и обширной практикой Общества беспроволочной телеграфии дает возможность применять в России приборы, во всем удовлетворяющие новейшим требованиям».

Решение А. С. Попова войти в соглашение с промышленными гигантами было продиктовано сложившимися обстоятельствами. В 1901 г. он принял предложение занять кафедру физики в Электротехническом институте, оставаясь на службе в Морском ведомстве.

В начале 1904 г. на его место заведующего беспроволочным телеграфом в ВМФ был назначен капитан 2 ранга А. А. Реммерт (в прошлом ученик Попова). Одновременно Кронштадтскую радиомастерскую лишили новых заказов на изготовление радиостанций, отведя ей роль ремонтной мастерской. Наметилась тенденция к свертыванию производства французской фирмы Дюкрете.

По условиям заключенного на пять лет договора, считая с 1 января 1904 г., оборотный капитал отделению предоставляли обе фирмы, а прибыль делилась поровну на трех контрагентов. Таким образом, немецкие и российские капиталисты по достоинству оценили интеллектуальную собственность изобретателя.

Продолжавшаяся в это время русско-японская война складывалась неблагоприятно для царского правительства, которое в апреле 1904 г. приняло решение отправить на Дальний Восток эскадру кораблей с Балтики. Назначенный ее командующим вице-адмирал З. П. Рожественский требовал укомплектовать корабли эскадры радиостанциями зарубежного производства. Поскольку единственная российская радиомастерская, расположенная в Кронштадте, не имела достаточной производственной мощности, а АО «Сименс и Гальске» только готовилось к производству радиоаппаратуры, А. С. Попов рекомендовал заказать
24 радиостанции уже знакомой ему фирме «Телефункен».

Для наблюдения за приемкой аппаратуры А. С. Попов выезжал в Либаву и в Берлин, где в то время немецкую фирму представлял первый ассистент Ф. Брауна (впоследствии знаменитый

радиофизик, академик) Л. И. Мандельштам. Он принимал активное участие в заводских испытаниях новой радиоаппаратуры в Берлине, а затем в практической ее проверке на Балтике.

Сотрудничество Попова с компаниями «Телефункен» и «Сименс и Гальске» не составляло секрета для российской общественности. Отделение обзавелось бланками для ведения переписки, отпечатанными в две краски. На бланках были указаны все три контрагента.

В Мемориальном музее А. С. Попова сохранились письма АО «Сименс и Гальске», свидетельствующие о том, что после смерти изобретателя радио выплата дивидендов его семье продолжалась. За год до истечения срока договора, 21 декабря 1907 г., семья А. С. Попова получила письмо следующего содержания:

«Руководствуясь ст. 10 условия, заключенного между нами и покойным профессором Александром Степановичем Поповым, сим имеем честь заявить, что, не желая продолжить на дальнейшее время это условие, мы таковое будем считать прекращенным, считая с первого января тысяча девятьсот девятого года».

Письмо подписали представители петербургского АО «Сименс и Гальске» Б. Эфрон и общества «Телефункен» Г. Герц и Г. Арко. К тому времени развитие техники совершило очередной скачок, и радиоаппаратура, выпускаемая отделением, уже существенно отличалась от «системы профессора Попова».

Поражение в русско-японской войне заставило Морское министерство по-новому взглянуть на имевшиеся в радиотелеграфном деле недостатки. Кронштадтскую радиомастерскую было решено преобразовать в Радиотелеграфное депо (а с 1915 г. в Радиозавод) и перевести в Петербург, в пустующие здания Гребного порта. Тот же А. А. Реммерт, ставший генерал-лейтенантом, 16 января 1913 г. в речи на торжественном освящении Радиотелеграфного депо, обращаясь к вдове изобретателя, присутствующей на торжестве в качестве почетной гостьи, сказал: «Милостивая государыня Раиса Алексеевна! Ваш покойный муж, А. С. Попов, был учителем в полном смысле этого слова: зароненное им в душу его учеников зерно не высохло – оно дало ростки, появился стебель и на нем молодой плод, и если то, что Вы видите сегодня, исполненное по продолжению мысли А. С. Попова и освященное сегодня молитвой, может облегчить Вам горестные минуты тяжкой для Вас утраты, то мы, радиотелеграфисты флота и Морского ведомства, можем считать себя вдвойне счастливыми как благодарные ученики и как вступившие, наконец, во владение прекрасным наследством – Радиотелеграфным депо».

Продолжало развиваться и отделение для беспроволочной телеграфии АО «Сименс и Гальске». С началом Первой мировой войны выпуск радиостанций был увеличен в несколько раз. За два года и три месяца войны АО поставило русской армии радиостанций: военно-полевых 198, ранцевых 130, автомобильных 20, аэропланых 10, мощных береговых 7, – всего 365, или на 40 радиостанций больше, чем за весь предшествующий период, с 1904 по 1913 гг. Число работающих увеличилось более чем в три раза. Тем не менее, в 1916 г. правительство принимает

решение о ликвидации АО «в интересах борьбы с немецким засилием». Сначала АО было преобразовано в другое общество, а в годы послереволюционной разрухи перестало существовать. Вместе с ним перестало существовать и отделение беспроволочной телеграфии, одним из трех основателей которого был А. С. Попов. В 20-е гг. предприятие возродилось под названием «Радиозавод имени Козицкого».

In commemorations of 150 years since the birth of A. S. Popov

V. A. Urvalov

SCIENTIFIC CONTACTS OF A. S. POPOV IN EUROPE

Considered contacts of A. S. Popov with European scientists, scientific societies and industrial establishments.

A. S. Popov, A. A. Petrovsky, A. Rigi, F. Braun, A. Slaby, G. Marconi, E. Ducretet, K. Sheffer, M. A. Shatelen, AS “Siemens and Galsky”, “Telefunken”, French physical society, A. A. Remmert, H. Hertz, H. Arko

Сведения об авторах

Аль-Муджагед Исмаил Исхак

Аспирант кафедры биомедицинской электроники и охраны среды СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 8-904-55-71-571, E-mail: ismailru@mail.ru.

Абу Давас Мотасем

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 8-911-274-3789, E-mail: dawas_motacem@yahoo.com.

Бартоли Лаура

Научный сотрудник Института прикладной физики (IFAC-CNR), г. Сесто-Фиорентино, Италия.

Тел.: +39-055-5225310, факс: +39-055-5225305, E-mail: bartoli@ifac.cnr.it.

Беспалов Александр Викторович

Ассистент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ», аспирант.

Тел.: (812) 8-921-302-32-41, E-mail: magisterbes@gmail.com.

Богачев Юрий Викторович

Доцент кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 234-96-56, E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Васюкова Ольга Николаевна

Инженер ООО «Навигация-Сервис» (Санкт-Петербург).

Тел.: (812) 234-57-93.

Герасимов Игорь Владимирович

Декан факультета компьютерных технологий и информатики, заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 8-921-313-53-51, E-mail: IVGerasimov@mail.eltech.ru.

Гордейчук Александр Павлович

Научный сотрудник главной астрономической обсерватории РАН.

Тел.: (812) +7-911-298-72-05, E-mail: ralasf@mail.ru.

Джамелло Марко

Научный сотрудник кафедры наук об окружающей среде университета г. Сиена, Италия.

Тел.: +39-0577-232854, факс: +39-0577-232860, E-mail: giamello@unisi.it

Дмитревич Геннадий Данилович

Профессор кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-36-75, E-mail: GDDmitrevich@eltech.mail.ru.

Драпкин Валерий Залманович

Руководитель лаборатории ЭПР, старший научный сотрудник кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-96-56, E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Жукова Ольга Сергеевна

Ассистент кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», аспирант.

Тел.: (812) 8-921-402-14-95, E-mail: ZhukovaOS@ya.ru.

Завьялов Анатолий Владимирович

Аспирант кафедры физической электроники и технологии.

Тел.: (812) 234-99-83, E-mail: zavanatol@yandex.ru.

Звонцов Александр Викторович

Старший преподаватель кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 346-29-20, E-mail: Zvontsov@list.ru..

Катушкин Алексей Виталиевич

Исполнительный директор ООО «РИСКОМ-ЭТУ» (Санкт-Петербург).

Тел.: (812) 234-57-93, E-mail: katuskin@mail.ru.

Копылов Владимир Владимирович

Ассистент кафедры радиолокационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 234-57-93, E-mail: mastkvv@mail.ru.

Крупенко Денис Александрович

Инженер-конструктор ОАО «Микротехника» (Санкт-Петербург). Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 8-921-332-02-93, E-mail: dakrupenko@mail.ru

Кудрявцева Мария Евгеньевна

Доцент кафедры связей с общественностью СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р пед. наук.

Тел.: (812) 234-47-40, E-mail: mashutka331@yandex.ru.

Кузнецов Владимир Евгеньевич

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812) 8-911-292-67-99, E-mail: vekuznetsov@mail.ru.

Кузьмина Наталья Николаевна

Старший преподаватель кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 234-96-56, E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Лисенков Александр Владимирович

Ассистент кафедры радиолокационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Телефон: (812) 234-57-93, E-mail: lisenkovav@mail.ru.

Михайлов Михаил Николаевич

Финансовый директор Ассоциации деревянного домостроения России, д-р экон. наук, профессор.

Тел.: (812) 716-86-88; Моб. тел.: (812) 8-901-316-86-88.

Менкалья Андреа

Старший научный сотрудник Института прикладной физики (IFAC-CNR), г. Сесто-Фиорентино, Италия.

Михальчевский Александр Олегович

Студент кафедры физической электроники и технологии.

Тел.: (812)234-99-83, E-mail: zavanatol@yandex.ru.

Новакова Наталия Евгеньевна

Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел: (812) 8-921-314-2605, E-mail: nnovakova@mail.ru.

Парфенов Вадим Александрович

Доцент кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: 234-08-14, E-mail: vadim_parfenov@mail.ru.

Первицкий Александр Юрьевич

Доцент кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 8-921-351-79-44, E-mail: AYPerov@mail.ru.

Поляхов Николай Дмитриевич

Профессор кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук.

Тел.: (812) 8-911-299-11-14, E-mail: ndpol@mail.ru.

Попечителев Евгений Парфирович

Профессор кафедры биомедицинской электроники и охраны среды СПбГЭТУ «ЛЭТИ», засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) +7-921-946-54-62, e-mail: eugeny_p@mail.ru.

Салимбени Ренцо

Директор Института прикладной физики (IFAC-CNR), г. Сесто-Фиорентино, Италия.

Тел.: +39-055-522643, факс: +39-055=5225312, E-mail: r.salimbeni@ifac.cnr.it

Семенов Виктор Павлович

Профессор кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р экон. наук.

Тел.: (812) 346-29-20, E-mail: Victor_semenov@km.ru

Сиано Сальваторе

Старший научный сотрудник Института прикладной физики (IFAC-CNR), г. Сесто-Фиорентино, Италия.

Тел.: +39-055-5225310, факс: +39-055-5225305, E-mail: S.Siano@ifac.cnr.it

Князев Михаил Николаевич

Научный сотрудник кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 234-96-56, E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Сидоров Александр Иванович

Профессор кафедры оптоинформационных технологий и материалов СПбГУИТМО, д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник.

Тел.: (812) 446-81-00, E-mail: aisidorov@newmail.ru.

Урвалов Виктор Александрович

Ученый секретарь мемориального музея им. А. С. Попова СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 234-59-00, E-mail: LIZolotinkina@mail.eltech.ru.

Шашкин Александр Константинович

Доцент кафедры радиолокационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-57-93, E-mail: akshashkin@mail.ru.

Черненко Юлия Сергеевна

Аспирант кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», магистр техники и технологии.

Тел.: (812) 234-96-56, E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Чистяков Юрий Сергеевич

Студент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) +7-951-648-58-86, E-mail: flashmailer@gmail.com.

Цирухин Андрей Александрович

Аспирант кафедры квантовых электронных приборов СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 8905-201-46-27, E-mail: andy-atlant@mail.ru.

Правила представления рукописей авторами

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

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

Сведения об авторах должны содержать:

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

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

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

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