

Содержание

Редакционный совет:

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

* * *

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

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Анття А., Иванов А. А.* Волновое сопротивление шелевых
и многоселевых линий на слоистых подложках 3
- Кустов Д. А.* О подходе к расчету оценки
качества цифрового транспортного потока 7

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

- Ковалишина Е. А., Нестеров И. А., Петров А. С.* Исследование
процесса механической полировки структур арсенида индия 15
- Буслаева М. В., Федотов А. А.* О двухсолитонном
решении неинтегрируемого уравнения типа КдФ 20

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Пантелеев М. Г., Фотеева В. Н.* Проблемы построения
и перспективы использования семантических порталов 26
- Шмидт В. К., Кудрявцев А. С., Горбачевич Ф. Ф.* Система
отображения и наблюдения тренажера
для экипажа подводного аппарата 31
- Митягин С. А., Нгуен Х. В.* Влияние грубых ошибок наблюдений на
качество плана эксперимента при наличии корреляции измерений 35
- Рытенков А. С., Королев Ю. А., Гаврилова М. С., Кринкин К. В.*
Алгоритмы автоматической коррекции опечаток
и проверки корректности тестовых сценариев 41
- Разумовский А. Г., Пантелеев М. Г.* Использование онтологий
в разработке программного обеспечения 46
- Богданов А. В., Станкова Е. Н., Лу Мо Каинг.*
Оценка возможностей виртуального полигона для исследования
динамики погоды (WRF) на территории Санкт-Петербурга 51

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

- Михалев С. В., Вейнмейстер А. В.* Пути совершенствования
тепловых моделей электрических машин 56

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Степанов Б. Г.* Широкополосные
многополуволновые преобразователи 63
- Соколов А. Н., Попков С. В.* Определение параметров
установки для калибровки пьезотензодатчиков 71
- Анисимов С. А., Боронахин А. М., Вейнмейстер А. В., Иванов П. А.*
Концепция построения испытательного оборудования
для калибровки систем навигации и ориентации 76

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ**

Степанов А. Б. Непрерывное вейвлет-преобразование
сигналов электроэнцефалографии 83

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Котова Е. Е. Планирование адаптивных управляющих
дидактических стратегий на начальном этапе обучения в вузе 91

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

Богачев М. И., Васенев Ал. Н., Васенев Ан. Н., Звонцов А. В.
Анализ и управление рисками в задачах ресурсного обеспечения
процессов управления высокотехнологическими предприятиями 99

Никифоров И. Б. Аспекты преподавания современных
пакетов программного обеспечения управления баз знаний 104

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Перлова Ю. В. Влияние фактора адресата
на косвенное выражение побудительной интенции 108

Строгецкая Е. В. Ориентиры организационного развития
современных российских университетов в условиях противоречия их
жизнеспособности и эффективности деятельности 112

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

Рогинский В. Ю. Краткий очерк научной, педагогической
и общественной деятельности Коваленкова Валентина Ивановича 119

Сведения об авторах 125

Правила представления рукописей авторами 129

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 45821 ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ
"ПРЕССА РОССИИ". ТОМ I "ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ"**

Подписка производится в любом почтовом отделении России

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

Учредитель:

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 04.12.2006 г. выдано
Управлением Федеральной
службы по надзору
за соблюдением
законодательства в сфере
массовых коммуникаций
и охране культурного наследия
по Северо-Западному
федеральному округу

* * *

Редакторы:

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

Е. Н. Паздниковой,
М. В. Егоровой, А. А. Веселова

Подписано в печать 11.10.11 г.

Формат 60 × 84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 16,5.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)

Заказ 93.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

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



УДК.621.319.1; 621.385.6.62-488

А. Аттия, А. А. Иванов

ВОЛНОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЩЕЛЕВЫХ И МНОГОЩЕЛЕВЫХ ЛИНИЙ НА СЛОИСТЫХ ПОДЛОЖКАХ

Изложен подход для расчета волнового сопротивления щелевой и многощелевой линий передачи на слоистой диэлектрической структуре. Получены численные результаты расчета волнового сопротивления при различных параметрах щелевой и многощелевой линий.

Щелевые линии, многощелевые линии, волновое сопротивление щелевой линии, волновое сопротивление многощелевой линии

Волновое сопротивление линии передачи определено точно, если в ней существует ТЕМ-тип поля. В иных случаях определение волнового сопротивления основано на определении тока, напряжения и переносимой мощности с той мерой достоверности, которая может быть принята с позиции инженерной практики. В щелевой линии гибридный тип электромагнитной волны неразрывно связан с приближенным способом определения тока и напряжения. Конструирование устройств на основе щелевых линий базируется на основе определения волнового сопротивления через мощность и напряжение. В работе [см. лит.] изложен подход к расчету волнового сопротивления в диапазоне сверхвысоких частот. В данной статье приведены результаты численного анализа волновой модели волнового сопротивления щелевой и многощелевых линий, образованных на слоистой диэлектрической подложке.

На рис. 1 представлено поперечное сечение многощелевой линии. Волновое сопротивление линии определим как

$$Z_0 = \frac{1}{2} \frac{U_m^2}{P},$$

где U_m – амплитуда напряжения между краями щели; P – переносимая мощность.

Очевидно, что мощность в линии передачи может быть определена через вектор Пойнтинга с помощью соотношения

$$P = \frac{1}{2} \int_s [\vec{E}_m \vec{H}_m] ds,$$



Рис. 1

где E_m, H_m – комплексные амплитуды напряженности электромагнитного поля, вычисленные в областях поперечного сечения; s – поперечное сечение линии, изображенной на рис. 1.

Опустим подробности вычисления интеграла, которое приведено в [лит.], дополним его расчетом напряжения U_m в многощелевой линии и внесем необходимые изменения в систему линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов разложения полей на щелях линии. Обозначим t – номер щели, $t = 0, 1, \dots, p+1$, где p – число электродов в многощелевой линии. Нормированные распределения касательных составляющих электрического поля на щелях обозначим

$$f_t(\xi) = E_{xt}; \quad g_t(\xi) = E_{zt},$$

где ξ – координата, нормированная на ширине t -й щели. В соответствии с рис. 1 центры щелей расположены в точках $x_0 = b + \frac{w_0}{2}$ при $t = 0$; $x_1 = b + w_0 + l + \frac{w}{2}$, если $t = 1$; $x_t = x_{t-1} + l + w$, если $1 < t < p$; $x_p = x_{p-1} + \frac{w}{2} + l + \frac{w_0}{2}$, если $t = p$.

В пределах ширины каждой щели введем нормированные координаты

$$\xi_t = \frac{x - x_t}{w_t}.$$

Распределение касательных составляющих электрических полей в пределах t -й щели аппроксимируем полиномами Чебышева:

$$f_t(\xi) = \sum_{m=0}^{M_t} a_{mt} \frac{T_{2m}(\xi_t)}{\sqrt{1-\xi_t^2}}, \quad g_t(\xi) = \sum_{m=0}^{M_t} b_{mt} U_{2m+1}(\xi_t) \sqrt{1-\xi_t^2}, \quad (1)$$

где $T_{2m}(\xi_t)$, $U_{2m+1}(\xi_t)$ – полиномы Чебышева первого и второго родов на интервале $[1; -1]$.

Непрерывность касательных составляющих электрического и магнитного полей на щели приводит к системе линейных алгебраических уравнений относительно искомых коэффициентов a_{mt} , b_{mt} в виде

$$\begin{aligned} \sum_{t=0}^p \sum_{m=0}^{M_t} b_{tm} X_{tjms}^{11} + \sum_{t=0}^p \sum_{m=0}^{M_t} a_{tm} X_{tjms}^{12} &= 0; \\ \sum_{t=0}^p \sum_{m=0}^{M_t} b_{tm} X_{tjms}^{21} + \sum_{t=0}^p \sum_{m=0}^{M_t} a_{tm} X_{tjms}^{22} &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где блоки матрицы системы уравнений (2) имеют вид

$$\begin{aligned} X_{tjms}^{11} &= \sum_{n=1}^N (-1)^{s+m} (2m+2)(2s+2) \frac{w_t w_j}{d^2} f_{11,n}(\gamma) \frac{J_{2s+2}(q_{nj}) J_{2m+2}(q_{nj})}{q_{nj} q_{nt}} \cos \frac{n\pi x_t}{d} \cos \frac{n\pi x_j}{d}; \\ X_{tjms}^{12} &= \sum_{n=1}^N (-1)^{s+m} (2s+2) \frac{w_t w_j}{d^2} f_{12,n}(\gamma) \frac{J_{2s+2}(q_{nj}) J_{2m}(q_{nt})}{q_{nj}} \cos \frac{n\pi x_t}{d} \cos \frac{n\pi x_j}{d}; \\ X_{tjms}^{22} &= \sum_{n=0}^N (-1)^{s+m} \frac{w_t w_j}{d^2} f_{22,n}(\gamma) J_{2s}(q_{nj}) J_{2m}(q_{nt}) \cos \frac{n\pi x_t}{d} \cos \frac{n\pi x_j}{d}. \end{aligned}$$

Здесь $f_{11,n}(\gamma)$, $f_{22,n}(\gamma)$ определены в [лит.]; $q_{nj} = \frac{n\pi w_j}{2d}$, $q_{nt} = \frac{n\pi w_t}{2d}$, $J_\nu(z)$ – функции Бесселя;

$$w_t = \begin{cases} w_0 & \text{при } t = 0, \quad t = p, \\ w & \text{при } 0 < t < p, \end{cases} \quad M_t = \begin{cases} M_0 & \text{при } t = 0, \quad t = p, \\ M & \text{при } 0 < t < p. \end{cases}$$

Решение системы уравнений (2) позволяет вычислить мощность в линии согласно процедуре, изложенной в [лит.].

Амплитуду напряжения между краями щели можно определить как интеграл по ширине щели от поперечной составляющей напряженности электрического поля на щели:

$$U_m = \int E_x dx,$$

$$\text{где } E_x = \begin{cases} 0 & \text{на электродах щели,} \\ \sum f_t(\xi) & \text{– на } t\text{-й щели.} \end{cases}$$

Подставив под интеграл $f_t(\xi)$, определенное соотношением (1), получим

$$U_m = \sum_{t=0}^p \frac{w_{jt}}{2} \sum_{m=0}^M a_{mjt} \int_{-1}^1 \frac{T_{2m}}{\sqrt{1-\xi^2}} d\xi. \quad (3)$$

В силу ортогональности полиномов Чебышева в (3) сохранится только интеграл от полинома нулевого порядка ($m = 0$), который равен π . Поэтому соотношение (3) можно преобразовать к виду

$$U_m = \sum_{t=0}^p \frac{\pi w_t a_{0t}}{2}. \quad (4)$$

Для многощелевой линии с одинаковой шириной двух крайних щелей, равных w_0 , и одинаковых щелей w (рис. 1) соотношение (4) можно представить в виде

$$U_m = \frac{\pi}{2} w \left[\frac{w}{w_0} (a_{00} + a_{0p}) + \sum_{t=1}^{p-1} a_{0t} \right]. \quad (5)$$

Для линии с шириной щели w соотношение для U_m имеет вид

$$U_m = \frac{\pi a_0 w}{2}, \quad (6)$$

где a_0 – коэффициент разложения E_x на щели для полинома Чебышева с $m = 0$.

Таким образом, соотношения для расчета волнового сопротивления многощелевой и щелевой линий на основании (5), (6) представим как

$$Z_0 = \frac{\pi^2 w^2}{8} \frac{\frac{w_0}{w} (a_{00} + a_{0p}) + \sum_{t=1}^{p-1} a_{0t}}{P},$$

$$Z_0 = \frac{\pi^2 w^2 a_0^2}{8P}.$$

На основании изложенного была создана программа на языке Fortran для расчета волнового сопротивления щелевой и многощелевой линий. Коэффициенты разложения a_{mt} являются решением однородной системы линейных алгебраических уравнений (2). Обнуление определителя системы при численном решении происходит с некоторой погрешностью, поэтому матрица системы уравнения (2) оказывается невырожденной. Программа расчета коэффициентов a_{mt} построена на минимизации евклидовой нормы невязки. Числовые значения коэффициентов при этом близки к тем значениям, которые были получены при редуцировании системы отбрасыванием одного из уравнений. С учетом того, что волновое сопротивление устойчиво к распределению поля на щели, можно утверждать, что приведенные результаты расчета обладают высокой точностью.

Численные результаты расчетов волнового сопротивления выполнены для щелевой линии, сформированной на подложке $d_1 = 0.5$ мм с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_1 = 9.8$ и сегнетоэлектрической пленкой (СЭП) диэлектрической проницаемостью $\epsilon_2 = 1250$.

На рис. 2 показана зависимость волнового сопротивления щелевой линии от частоты для двух значений ширины щели (толщина СЭП 2 мкм).

На рис. 3 представлена зависимость волнового сопротивления щелевой линии от толщины СЭП для двух значений ширины щели.

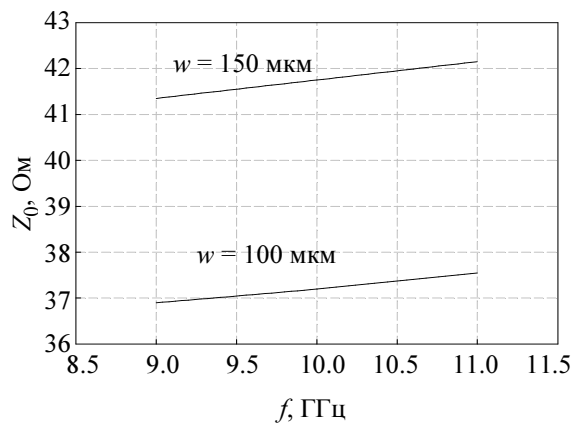


Рис. 2

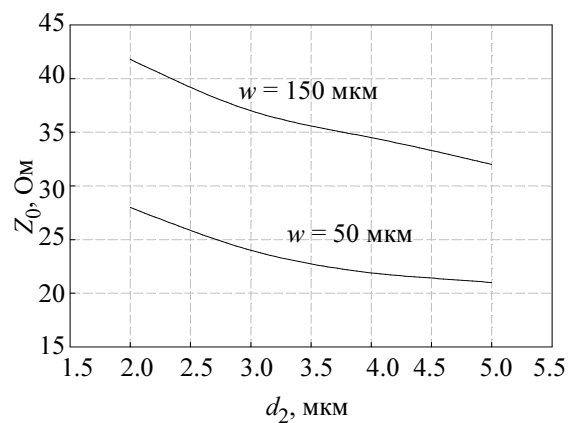


Рис. 3

На рис. 4 представлена зависимость волнового сопротивления щелевой линии от ширины щели для двух значений частоты.

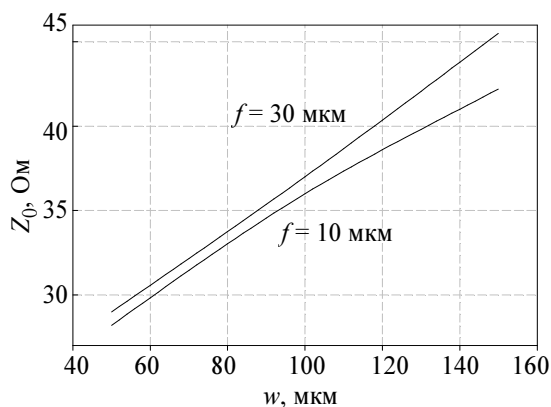


Рис. 4

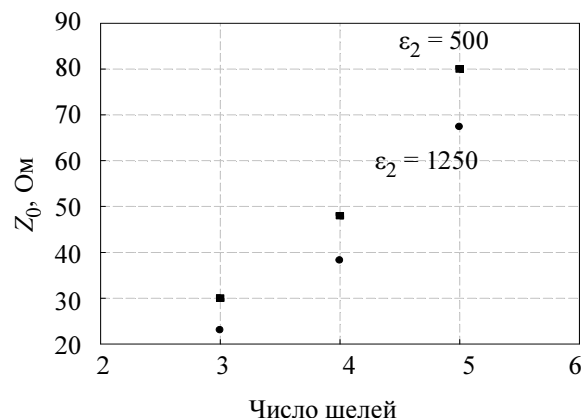
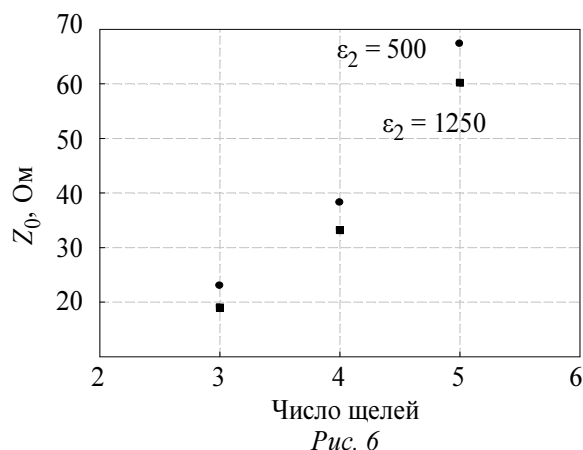


Рис. 5

Анализ зависимости волнового сопротивления многощелевой линии от числа щелей может быть выполнен по графикам, изображенным на рис. 5 и 6. Расчет выполнялся для многощелевой линии, образованной на структуре: $d_1 = 0.5$ мм, $\epsilon_1 = 9.8$, $d_2 = 1$ мкм, $\epsilon_2 = 1250$, $w_0 = w = l = 50$ мкм. На рис. 5 показана зависимость волнового сопротивления при $f = 30$ ГГц, а на рис. 6 – при $f = 10$ ГГц.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Сегнетоэлектрические пленки и устройства на сверх- и крайне высоких частотах / А. А. Иванов, И. Г. Мироненко, А. А. Семенов и др. СПб.: Элмор, 2007.

A. Attia, A. A. Ivanov

SLOTLINE AND MULTISLOT LINES CHARACTERISTIC IMPEDANCE BASED ON DIELECTRIC STRUCTURE

Approximation method of calculating characteristic impedance of slotline and multislot lines based on dielectric structure Numerical computation is given for characteristic impedance for different parameters of slotline and multislot lines.

Slotline, Multislotline, characteristic impedance of slotline, characteristic impedance of multislotline

УДК 621.397.13

Д. А. Кустов

О ПОДХОДЕ К РАСЧЕТУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Перераспределены алгоритмы обнаружения ошибок на основе технического отчета ETSI TR101290. Сформированы три критерия качества ЦТП. Введены понятия фактора деградации и коэффициента деградации. Разработан и предложен математический аппарат оценки качества ЦТП на основе коэффициентов деградации.

Оценка качества, критерий, фактор, деградация, цифровой, транспортный поток

Практически важной задачей при передаче цифрового транспортного потока (ЦТП) по каналам связи является оценка качества его структуры и синтаксиса. В дальнейшем будет использоваться сокращенный термин «качество ЦТП». При передаче ЦТП возникают ошибки, которые накапливаются и влияют на декодируемость видео- и аудиоданных. Анализатор ЦТП фиксирует данные ошибки, а также контролирует структуру ЦТП с тем, чтобы оператор, основываясь на результатах анализа ЦТП, смог либо сам устранить неполадки канального оборудования, либо направить заявку на их устранение в ответственные организации. Но для этих целей иметь только список ошибок недостаточно. Необходимо дать им объективную числовую оценку. И если результат (числовая оценка) оказывается ниже установленного порога, то необходимо устранить обнаруженные ошибки ЦТП.

В статье [1] описаны методы статистической обработки данных, полученных с помощью анализатора транспортного потока АТП для оценки качества ЦТП. Данные, полученные в результате мониторинга ЦТП, принципиально отличаются от данных мониторинга в аналоговом телевидении.

В аналоговом телевидении были сформированы соответствующие стандарты и нормы, по которым производятся измерения [2]–[4]. В цифровом телевидении измерительная техника должна соответствовать требованиям¹, изложенным в [5].

Опыт, накопленный в аналоговом телевидении, для анализа ЦТП практически бесполезен. Таким образом, возникает необходимость разработки методов объективной оценки качества ЦТП, которая стала бы основой в статистической обработке данных для сетевой системы дистанционного мониторинга цифровых передатчиков.

При измерениях в системах DVB используется технический отчет ETSI TR 101290². В части этого документа, посвященного мониторингу структуры и синтаксиса ЦТП, описываются 22 алгоритма (табл. 1–3), разбитые на три приоритета, по которым необходимо контролировать данные. Выходными данными этих алгоритмов являются двоичные индикаторы: 0 – нет ошибки, 1 – есть ошибка. Таким образом, по окончании мониторинга ЦТП оператор получает список обнаруженных ошибок с датой и временем их обнаружения.

Специфика данных, получаемых от анализатора ЦТП, и зависимость их от множества факторов делает сложным применение стандартных методов статистической обработки. В данной статье устанавливается взаимосвязь параметров, по которым оценивается качество ЦТП на эмпирической основе. При этом используются алгоритмы обнаружения ошибок, приведенные в техническом отчете TR 101290.

Однако на основании предложенных в [5] трех приоритетов произвести расчет объективной оценки качества не представляется возможным, поскольку весовой коэффициент каждой ошибки может сильно варьироваться в зависимости от множества условий. Для решения этой задачи целесообразно перераспределить предлагаемые алгоритмы на три группы, классифицировать их и сформировать три критерия: декодируемость, стабильность и информативность [1]. При расчете оценки качества ЦТП эти критерии практически будут независимыми.

Ошибки структуры и синтаксиса ЦТП влияют на качество передаваемых изображений и звука косвенным образом. Поэтому владельцы соответствующего оборудования не измеряют эти ошибки. Однако эти ошибки, накапливаясь в передающем тракте, приводят к ухудшению устойчивости ЦТП к внешним воздействиям, что, в свою очередь, приводит к визуальным проявлениям этих ошибок.

1. Основные определения и анализ исходных данных. Предлагается ввести следующие определения: *фактор деградации* – условие влияния внешнего или внутреннего фактора на обнаруженную ошибку; *коэффициент деградации ЦТП* – весовое значение обнаруженной ошибки, рассчитанное на основе одного из факторов деградации; *критерий качества ЦТП* – независимая группа алгоритмов обнаружения ошибок ЦТП, имеющих общую направленность воздействия на ЦТП.

¹ ETSI TR101290 v1.2.1 (2001-05) Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems.

² Там же.

Оценку качества ЦТП предполагается проводить на основе периода измерения (ПИ), т. е. периода, в течение которого производится оценка качества ЦТП и измерительного интервала (ИИ), т. е. дискретной составляющей ПИ, в течение которого производятся промежуточные расчеты оценки качества ЦТП. Расчет оценки качества ЦТП может производиться как на уже сохраненных данных, так и в процессе мониторинга в реальном масштабе времени.

Для расчета оценки качества ЦТП необходимо учитывать следующие исходные данные:

– три таблицы критериев с предварительными установками, необходимыми для расчета оценки качества ЦТП (табл. 1–3);

Таблица 1

Параметр критерия	№ ошибки по ETSI TR 101290 [2]	Категория факторов деградации		
		F_1	F_2	F_4
Потеря синхронизации ЦТП	1.1	B	1	1
Ошибка в транспортном пакете	2.1	C	1	1
Ошибка таблицы соединения программ: отсутствие таблицы в ЦТП	1.3:4	D	1	1
Ошибка таблицы соединения программ: ошибка идентификатора	1.3:2	C	1	2
Ошибка таблицы соединения программ: таблица скремблирована	1.3:1	C	1	2
Ошибка таблицы соединения программ: ошибка CRC	1.3:5	C	1	2
Ошибка таблицы структуры программ: отсутствие таблицы в ЦТП	1.5:4	D	2	1
Ошибка таблицы структуры программ: ошибка идентификатора	1.5:2	C	2	2
Ошибка таблицы структуры программ: таблица скремблирована	1.5:1	C	2	2
Ошибка таблицы структуры программ: ошибка CRC	1.5:5	C	2	2
Ошибка в передаче сигнала синхронизации задающего генератора: отсутствие данных	2.3:3	D	2	1
Ошибка непрерывности счета: нарушение следования пакетов	1.4:2	C	1	2
Ошибка таблицы условного доступа: ошибка идентификатора	2.6:2	C	2	2
Ошибка таблицы условного доступа: таблица скремблирована	2.6:1	C	2	2
Ошибка таблицы условного доступа: ошибка CRC	2.6:3	C	2	2
Ошибка в идентификации пакета: отсутствует пакет, сопряженный с одной из таблиц более 0.5 с	3.4:2	D	3	1
Ошибка таблицы соединения программ: превышение интервала следования	1.3:3	C	1	3
Ошибка таблицы структуры программ: превышение интервала следования	1.5:3	C	2	3
Ошибка в передаче сигнала синхронизации задающего генератора: превышение интервала следования в 100 мс без индикатора разрыва	2.3:2	C	3	3
Ошибка недопустимого ухода частоты сигнала синхронизации	2.4	C	3	3
Ошибка меток времени представления	2.5	C	3	3

Таблица 2

Параметр критерия	№ ошибки по ETSI TR 101290 [2]	Категории факторов деградации		
		F_1	F_2	F_4
Ошибка приема байта синхробайта	1.2	C	1	2
Ошибка непрерывности счета: повторяемость пакетов	1.4:1	C	1	3
Ошибка циклического контроля всех таблиц	2.2	C	4	2
Ошибка в передаче сигнала синхронизации задающего генератора: превышения интервала следования в 40 мс	2.3:1	C	2	3
Ошибка повторения системной информации: слишком частое появление секций	3.2:1	C	4	3
Ошибка в идентификации пакета: присутствует пакет, не сопряженный ни с одной таблицей более 0.5 с	3.4:1	C	4	3

Таблица 3

Параметр критерия	№ ошибки по ETSI TR 101290 [2]	Категория факторов деградации		
		F_1	F_2	F_4
Присутствие в транспортном потоке таблицы сетевой информации и ее корректность: отсутствие таблицы в ЦТП	3.1:3	D	4	1
Присутствие в транспортном потоке таблицы сетевой информации и ее корректность: текущая таблица скремблирована	3.1:4	C	4	2
Присутствие в транспортном потоке таблицы сетевой информации и ее корректность: ошибка идентификатора таблицы	3.1:1	C	4	2
Наличие в транспортном потоке таблицы системных дескрипторов и ее корректность: отсутствие таблицы в ЦТП	3.5:3	D	4	1
Наличие в транспортном потоке таблицы системных дескрипторов и ее корректность: текущая таблица скремблирована	3.5:4	C	4	2
Наличие в транспортном потоке таблицы системных дескрипторов и ее корректность: ошибка идентификатора таблицы	3.5:1	C	4	2
Ошибка таблицы установки: ошибка идентификатора таблицы	3.7:1	C	4	3
Наличие в транспортном потоке таблицы времени и даты и их корректность: ошибка идентификатора таблицы	3.8:1	C	4	3
Присутствие в транспортном потоке таблицы сетевой информации и ее корректность: превышение интервала следования	3.1:2	C	4	3
Присутствие в транспортном потоке таблицы сетевой информации и ее корректность: ошибка таблицы сетевой информации соседнего канала	3.1:5	C	4	3
Наличие в транспортном потоке таблицы системных дескрипторов и ее корректность: превышение интервала следования в 2 с для текущей таблицы	3.5:2	C	4	3
Наличие в транспортном потоке таблицы системных дескрипторов и ее корректность: ошибка таблицы сервисных описателей соседнего канала	3.5:5	C	4	3
Присутствие в транспортном потоке таблицы предсказания последующей информации и ее корректность: превышение интервала следования в 2 с для текущей таблицы	3.6:2	C	4	3
Присутствие в транспортном потоке таблицы предсказания последующей информации и ее корректность: текущая таблица скремблирована	3.6:3	C	4	2
Присутствие в транспортном потоке таблицы предсказания последующей информации и ее корректность: ошибка идентификатора текущей таблицы	3.6:1	C	4	2
Присутствие в транспортном потоке таблицы предсказания последующей информации и ее корректность: ошибка прочих таблиц информации о событиях	3.6:4	C	4	3
Ошибка таблицы установки: текущая таблица скремблирована	3.7:2	C	4	3
Наличие в транспортном потоке таблицы времени и даты и их корректность: превышение интервала следования в 30 с	3.8:2	C	4	3
Наличие в транспортном потоке таблицы времени и даты и их корректность: текущая таблица скремблирована	3.8:3	C	4	2

– актуальная, на момент оценки, структура ЦТП с измеренными скоростями его элементов. Среди обязательных параметров структуры ЦТП используются следующие данные: скорость ЦТП и всех элементов, идентификаторы пакетов (PID) – для разграничения степени влияния ошибки, количество программ ЦТП – для разграничения зоны влияния ошибки;

– список обнаруженных ошибок за ПИ для определения оценки качества ЦТП.

Каждая обнаруженная ошибка имеет свой весовой коэффициент, который определяется исходя из частоты появления ошибки, места пакета в структуре ЦТП, в котором произошла ошибка, скорости пакета и степени влияния ошибки. Весовой коэффициент позволяет сопоставлять ошибки и строить на их основе математический аппарат для статистической обработки данных. Для определения значения весового коэффициента предлагается использовать рассчитанные значения коэффициентов деградации ЦТП, вызванные каждой обнаруженной ошибкой.

2. Определение значений коэффициентов деградации ошибки. Для расчета оценки качества ЦТП предлагается использовать следующие коэффициенты деградации ЦТП, вызванные обнаруженной ошибкой: K_1 – коэффициент деградации, рассчитанный на основе данных о частоте появления ошибки; K_2 – коэффициент деградации, рассчитанный на основе данных о месте ошибочного пакета в структуре ЦТП (зона распространения ошибки); K_3 – коэффициент деградации, рассчитанный на основе данных о скорости ошибочного пакета; K_4 – коэффициент деградации, рассчитанный на основе данных о степени влияния самой ошибки.

Для расчета коэффициентов деградации ЦТП необходимо учитывать данные, отраженные в п. 1. Далее предлагается рассмотреть расчет каждого коэффициента деградации ЦТП в отдельности. Принимая во внимание случайный характер ошибок, при расчете оценки качества ЦТП можно использовать геометрический закон распределения.

Частота появления ошибки. Числовое значение коэффициента деградации, зависящего от частоты появления ошибки, определяется на основе ПИ. Для этого предлагается ввести следующие переменные: A – общее время измерения (время ПИ), с; B – суммарное количество секунд с ошибкой за ПИ; $C = n \times S$ – суммарное время пораженных пакетов за ПИ, с (n – общее количество ошибок данного типа за ПИ; $S = T_R / 8P_S$ – время одного пакета ЦТП, где T_R – скорость ЦТП, Мбит/с; P_S – размер пакета ЦТП (принимает значения 188 или 204), байт; T_R и P_S передаются анализатором транспортного потока системе анализа качества ЦТП); D – суммарное время отсутствия данных в ЦТП за ПИ, с. Считаются интервалы времени между секундами с ошибками (включая одну из границ).

Таким образом, числовое значение коэффициента деградации, зависящего от частоты появления ошибки, рассчитывается по следующей формуле:

$$K_1 = 1 - F_1 / (A + 1). \quad (1)$$

В качестве значения F_1 в формулу (1) должны подставляться значения переменных B , C или D в зависимости от типа ошибки, взятой из табл. 1–3. B является ошибкой временного характера, определяющей суммарное время срыва синхронизации за ПИ. C представляет ошибки индикаторного (битового) характера. При помощи скорости ЦТП переводятся во временную область. D – это ошибка временного характера, определяющая суммарное время отсутствия определенных данных в ЦТП до их первой регистрации анализатором за ПИ.

Зона распространения ошибки. Числовое значение коэффициента деградации, зависящего от зоны распространения ошибки, определяется только для элементов структуры программ, т. е. если ошибка обнаружена в пакетах ЦТП, содержащих следующую информацию: таблица соединения программ, таблицы структуры программ и элементарные потоки. В остальных случаях этот коэффициент имеет установленное значение. В расчетах участвуют следующие переменные: N_P – общее количество программ; N_E – общее количество элементов в программе; Z – отношение бракованной программы к общему количеству программ; X – отношение бракованного элемента программы к общему количеству элементов в программе.

Коэффициент деградации ЦТП, зависящий от зоны распространения ошибки, рассчитывается по следующей формуле:

$$K_2 = 1 - (0.5 \times Z \times X).$$

Отношения Z и X высчитываются исходя из положения пакета с ошибкой в структуре программ ЦТП:

$F_2 = 1$. Зона распространения ошибки – весь поток. Ошибка обнаружена в пакете с таблицей соединения программ, таблицей условного доступа, либо обнаружены ошибки 1.1 и 2.1 (см. табл. 1). $Z = 1, X = 1$.

$F_2 = 2$. Зона распространения ошибки – одна программа. Ошибка обнаружена в пакете с одной из таблиц структуры программы ЦТП. $Z = 1/N_P, X = 1$.

$F_2 = 3$. Зона распространения ошибки – один тип данных. Ошибка обнаружена в пакете с зависимыми от таблицы структуры программы данными. $Z = 1/N_P, X = 1/N_E$.

$F_2 = 4$. Зона распространения ошибки – таблица DVB. Ошибка обнаружена в пакете с таблицей. $K_2 = 0.75$.

$F_2 = 5$. Зона распространения ошибки – данные заполнения. Прямого влияния эти ошибки не оказывают. Но они могут быть первым признаком начинающегося ухудшения качества ЦТП. $K_2 = 0.95$.

Скорость ошибочного пакета. Числовое значение коэффициента деградации, зависящего от скорости передачи пакета, в котором произошла ошибка, определяется на основе информации, переданной анализатором транспортного потока. Чем выше скорость пакета ЦТП, тем ошибка менее значима. Рассчитывается коэффициент по следующей формуле:

$$K_3 = 1 - 1/S,$$

где S – скорость пакета ЦТП, в котором произошла ошибка, Кбит/с.

Исключением для этого коэффициента являются ошибки: 1.1, 2.1, 1.3:4, 1.5:4, 3.4:2, 3.1:3 и 3.5:3 (см. табл. 1–3). Для этих ошибок значение данного коэффициента не рассчитывается, так как либо данные отсутствуют, либо идентификатор пакета не определен, либо ошибка имеет отношение ко всему ЦТП.

Степень влияния самой ошибки. Числовое значение коэффициента деградации, зависящего от степени влияния конкретного типа ошибки, определяется на основе данных, полученных эмпирическим методом. Этот коэффициент вводится для выравнивания всех ошибок перед статистической обработкой и берется из табл. 1–3: $F_4 = 1$ – максимальное влияние $A = 0.4$; $F_4 = 2$ – среднее влияние $A = 0.15$; $F_4 = 3$ – минимальное влияние $A = 0.05$. Рассчитывается коэффициент по следующей формуле:

$$K_4 = 1 - A.$$

3. Расчет оценки качества ЦТП на основе коэффициентов деградации. Коэффициенты деградации ЦТП K_2 – K_4 рассчитываются для каждой обнаруженной ошибки, коэффициент K_1 рассчитывается сразу для всех ошибок одного параметра за ПИ. Данные об ошибках поступают с анализатора по мере появления этих ошибок, но не чаще чем один раз в секунду. Для секунд, в которых ошибок нет, коэффициенты K_{in} (n -й – коэффициент деградации ЦТП типа i) равны 1. Таким образом, количество ошибок в секунду используется только для коэффициента K_1 .

Среднее значение коэффициентов одного типа для каждого параметра за полный период измерения определяется выражением

$$K_{iAV} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N K_{in}, \quad (2)$$

где i – от 2 до 4; N – количество секунд за ПИ.

В формуле (2) используется среднее арифметическое, так как увеличение значения ПИ должно сглаживать случайные выбросы данных.

Коэффициент качества для каждого параметра определяется как

$$K_{iPAR} = K_1 \times K_{2AV} \times K_{3AV} \times K_{4AV}. \quad (3)$$

В формуле (3) умножение используется по причине мультипликативного свойства коэффициентов деградации ЦТП, т. е. K_{iPAR} не должен превышать значения 1, а любое среднее значение (арифметическое или геометрическое) не может быть применено, так как коэффициенты имеют различную «природу».

Итоговая оценка качества для критерия за общий интервал измерения: Q – среднее геометрическое коэффициентов качества K_{iPAR} параметров, входящих в критерий, умноженное на максимальную оценку (в данном случае 5):

$$Q = 5 \times \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m K_{iPAR}}, \quad (4)$$

где m – количество параметров в критерии (для декодируемости – 22 параметра, для стабильности – 6 параметров, для информативности – 19 параметров).

В формуле (4) используется среднее геометрическое, поскольку итоговая оценка должна быть максимально близкой к результату наихудшего из параметров.

Для примера рассчитанные по вышеизложенной методике значения оценки качества равны соответственно: $Q_D = 4.1$, $Q_S = 4.9$ и $Q_I = 2.4$. Однако основным критерием является декодируемость, и минимальная допустимая оценка качества ЦТП по этому критерию, когда на мониторе еще не заметны искажения изображения, находится в диапазоне от 3.8 до 4.0.

В заключение следует отметить, что предложенный метод оценки качества ЦТП на основе весовых коэффициентов ошибок позволяет автоматически контролировать все программы одного цифрового вещательного канала при помощи анализатора АТП-1, включенного в сетевую систему дистанционного мониторинга цифровых передатчиков. С помощью этой системы все необходимые данные о качестве передаваемого ЦТП можно получать как на местах, так и централизованно посредством Интернета.

Для расчета оценки качества ЦТП введены понятия «фактор деградации ЦТП» и «коэффициент деградации ЦТП». В статье показано, что предложенный метод оценки качества ЦТП, полученный при условии, что природа контролируемых ошибок является псевдослучайной, является достаточно простым с математической точки зрения и соответствует полученным экспериментальным данным.

Данный метод расчета значения оценки качества ЦТП используется в разрабатываемой в ФГУП «НИИТ» системе дистанционного мониторинга цифровых передатчиков, в основе которой находятся анализаторы транспортного потока АТП-1 и АТП-2 с опциональными модулями приемников по стандарту DVB-T, также разработанные в ФГУП «НИИТ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

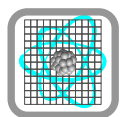
1. Кустов Д. А. Дистанционный мониторинг цифровых передатчиков стандартов DVB на основе допускового контроля // Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Техника. Телевидение». 2011. С. 68–81.
2. ГОСТ 7845–92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений. М.: Изд-во стандартов, 1992.
3. ГОСТ 18471–83. Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы. М.: Изд-во стандартов, 1984.
4. Правила технической эксплуатации средств вещательного телевидения (ПТЭ-95)/ М-во связи РФ. Управление сетей радиосвязи, радиовещания и телевидения. М.: Радио и связь, 1995.
5. ГОСТ Р 52592–2006. Тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения, звенья тракта и измерительные сигналы. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2007.

D. A. Kustov

ON THE APPROACH TO CALCULATING QUALITY OF SERVICE OF TRANSPORT STREAM

Re-distributed algorithms to detect errors based on the technical report ETSI TR101290; formed three criteria of TS quality; introduced the concepts of degradation factors and degradation rate; developed and proposed the TS quality mathematical tool based on the degradation factors.

Quality of service, criterion, factor, degradation, digital, transport stream



УДК 621.383

Е. А. Ковалишина, И. А. Нестеров, А. С. Петров

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ СТРУКТУР АРСЕНИДА ИНДИЯ

Приведены результаты исследования механизма абразивного диспергирования арсенида индия и определены факторы, влияющие на скорость полировки. Полученные результаты показывают, что на скорость механической полировки влияет давление, размер абразивного зерна и переход из режима диспергирования преимущественно свободным абразивом в режим связанного абразива.

Арсенид индия, скорость полировки, механическая полировка полупроводников

Автоэпитаксиальные структуры арсенида индия (InAs) используются для создания широкого спектра приборов оптоэлектроники и СВЧ, в частности, в качестве основы микшера широкоформатного фотоприемного устройства, чувствительного в инфракрасной области спектра (ИК ФПУ) [1].

Одной из ключевых стадий, оказывающих существенное влияние на совершенство получаемых эпитаксиальных структур, является предэпитаксиальная обработка подложек. Несмотря на удовлетворительные результаты получения шероховатости поверхности (R_z) на уровне 0.3...0.5 при применении двухстадийной химической полировки монокристаллических подложек соединений A^3B^5 , в том числе и InAs [2], [3], остается актуальной проблема обеспечения требуемой разнотолщинности подложек и получаемых эпитаксиальных структур. Скорости химической полировки в 4...16 мкм/мин, полученные в указанных работах, слишком велики для прецизионной обработки эпитаксиальных структур, когда для устранения структурных дефектов требуется удалить поверхностный слой в пределах нескольких микрон. Из вышеизложенного следует, что механическая полировка является необходимой операцией в технологическом маршруте получения структур, используемых в ИК ФПУ.

Как было показано в [4], механической полировкой структур можно устранить структурные дефекты на поверхности эпитаксиального слоя. Кроме того, данная операция используется для полного удаления наращенного эпитаксиального слоя с целью повторного использования подложки для эпитаксиального наращивания. Подобная регенерация подложек производится в случаях, когда эпитаксиальный слой не удовлетворяет приборным требованиям по структурным или электрофизическим характеристикам.

Одним из основных требований, предъявляемых к технологии механической полировки, является стабилизация скорости полировки во времени. Такая стабилизация обеспечивает прецизионный контроль толщины удаленного слоя.

Целью работы, проделанной авторами настоящей статьи, было исследование механизма абразивного диспергирования InAs и установление факторов, влияющих на скорость его механической полировки.

Эксперименты по исследованию скорости механической полировки проводились на эпитаксиальных структурах InAs ориентации (100) диаметром 76 мм и толщиной до 2 мм. Полировка проводилась на станке 6ШП – 200 А, имеющем стеклянный полировальный диск, обтянутый батистом, диаметром 250 мм, вращающийся вокруг своей оси со скоростью 60 об/мин. Полируемая структура приклеивалась пециином к держателю, который перемещался по полировальному диску с частотой до 30 колебаний в минуту, одновременно вращаясь вокруг своей оси со скоростью 60 об/мин.

На полировальный диск, обтянутый батистом, наносилась алмазная паста АСМ 7/5 или АСМ 3/2. На диске без замены пасты последовательно полировалось до 10 структур.

Контроль толщины сполитованного слоя производился по изменению массы структуры до и после полировки.

Изучению процессов абразивного диспергирования хрупких материалов посвящено много исследований, в результате чего в настоящее время имеются определенные представления об их сущности и о строении шлифованных и полированных поверхностей [5], [6]. При теоретическом анализе процесса полировки обычно различают диспергирование с использованием свободного абразива, когда зерна последнего перекатываются по обрабатываемой поверхности, и с использованием связанного абразива, когда зерна, укрепившись на поверхности, скользят по структуре и разрушают ее своими острыми гранями.

Согласно гипотезе Ф. Престона [7], интенсивность процесса абразивного диспергирования свободным абразивом зависит от нагрузки на поверхности инструмента и изделия (или на зерна абразива) и скорости их относительного перемещения, а также от ряда других условий режима диспергирования:

$$I_m = C_m p v_0, \quad (1)$$

где I_m – количество материала (по массе, объему и т. п.), диспергированного в единицу времени; C_m – постоянная для выбранного режима диспергирования (размер абразивного зерна, его механические характеристики, свойства обрабатываемого материала и т. п.); p – давление по нормали к трущимся поверхностям; v_0 – скорость относительного перемещения поверхностей.

В случае использования связанного абразива глубина нарушенного слоя в меньшей степени зависит от величины зерна, производящего разрушение, чем при свободном абразиве. Это объясняется прежде всего тем, что в данном случае работу диспергирования производит не все зерно целиком, а лишь его часть, выступающая из связки. Размеры этой выступающей части зависят от прочности закрепления зерен, изнашиваемости связки, действующих на зерно усилий и скоростей, а также ряда других условий, и составляют величину, во всяком случае, не более половины среднего диаметра зерна. Поэтому оно производит

разрушение на соответственно меньшую глубину, вследствие чего при одинаковой величине исходных зерен глубина разрушенного слоя и скорость диспергирования при работе инструмента с закрепленными зернами обычно меньше, чем при работе свободных зерен.

В реальных условиях часто имеет место совместное действие обоих механизмов. Из массы зерен, перемещающихся относительно поверхности полупроводника, часть перекатывается, другая часть, укрепившаяся на поверхности, скользит по структуре или разрушает его острыми ребрами.

Авторами была исследована зависимость скорости полировки от времени (рис. 1) при изменении давления с одинаковым абразивом пасты АСМ 7/5. Увеличение давления ведет, как и следует из формулы (1), к увеличению скорости полировки. Однако с увеличением времени полировки скорость падает, что не может быть объяснено с использованием ранее приведенной теории.

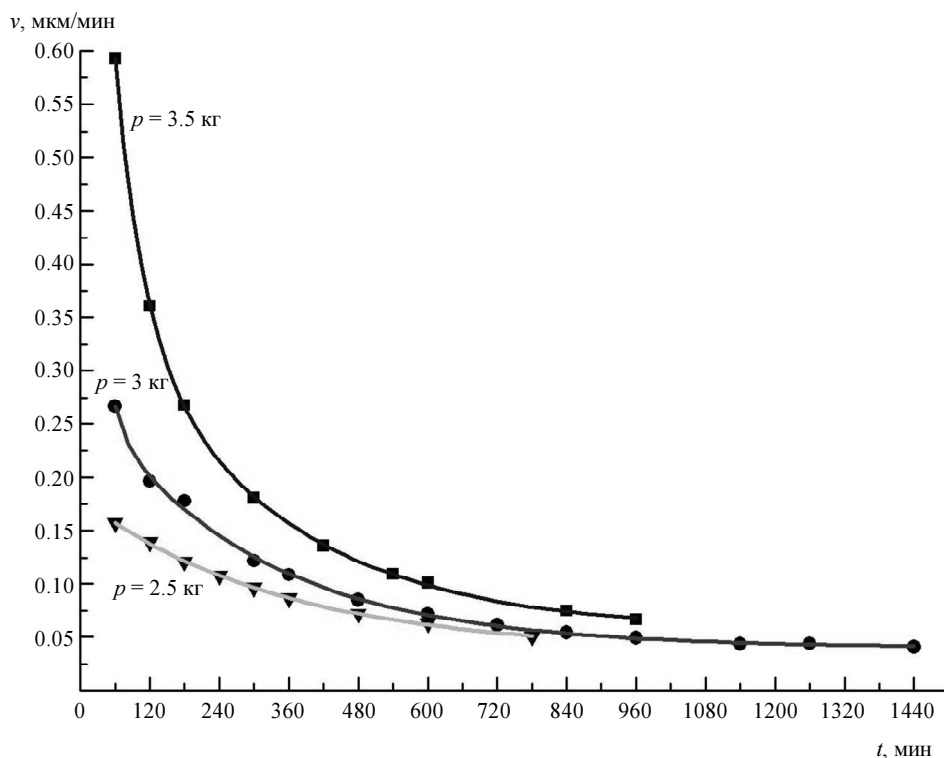


Рис. 1

Похожие зависимости изменения скорости полировки со временем наблюдались и при исследовании влияния диаметра зерна абразива на процесс полировки (рис. 2). Видно, что в начальный момент скорость съема выше при использовании абразива с большим диаметром зерна АСМ 7/5, что соответствует теоретическим представлениям для свободного абразива. Однако в дальнейшем с уменьшением скорости полировки разность между скоростью съема абразивами с разным диаметром зерна пропадает. Очевидно, что при увеличении времени полировки изменяется сам механизм полировки. Авторами было выдвинуто предположение, что при значительном времени полировки высыхает органическая связка алмазной пасты.

При этом уменьшается подвижность зерен абразива и механизм полировки из режима свободного абразива переходит в режим связанного абразива. Переходом из режима диспергирования преимущественно свободным абразивом в режим преимущественно связанного абразива объясняется снижение абсолютного значения скорости полировки со временем, а также независимость скорости полировки от диаметра зерна и давления на инструменте при значительном увеличении времени полировки.

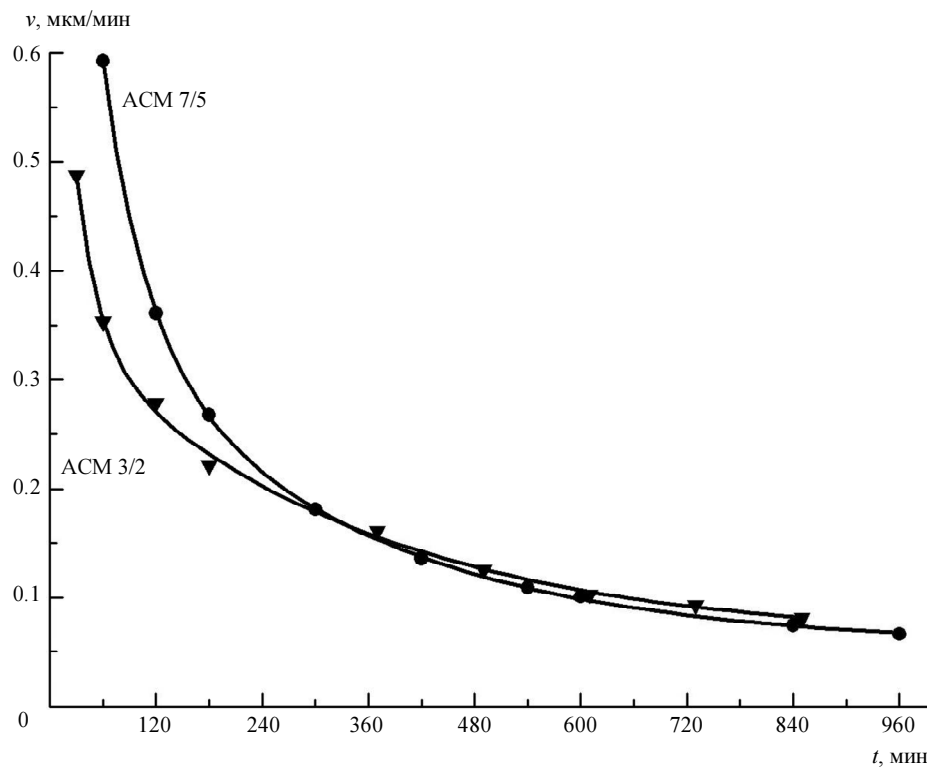


Рис. 2

Изменение скорости полировки со временем не позволяет прецизионно контролировать толщину удаляемого слоя, а снижение абсолютного значения скорости полировки существенно снижает производительность труда на данной технологической операции. В этой связи желательно проводить полировку в режиме преимущественно свободного абразива.

Для исключения высыхания пасты и снижения подвижности зерен абразива было предложено периодически добавлять вакуумное масло ВМ-1 на полировальный круг. На рис. 3 представлены зависимости скорости полировки от времени для полировки по стандартной методике и при добавлении в процессе полировки на полировальный круг масла через капельный дозатор со скоростью 0.1 мл/мин.

Видно, что при добавлении масла скорость полировки остается стабильно высокой в течение длительного времени.

Таким образом, можно заключить, что нестабильность скорости полировки структур InAs алмазной пастой является следствием перехода из режима диспергирования преимущественно свободным абразивом в режим связанного абразива. Указанный переход является

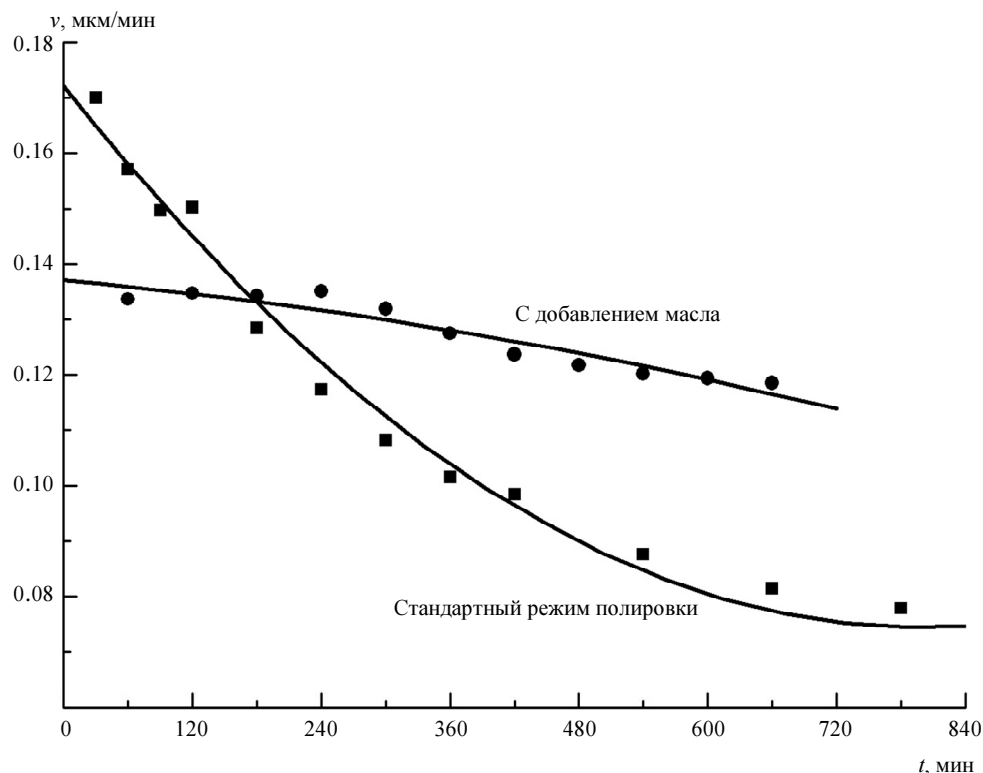


Рис. 3

следствием высыхания органической связки алмазной пасты и снижения подвижности зерен абразива. Эффект высыхания может быть скомпенсирован периодическим добавлением смазки на полировальный круг. При этом наблюдается значительное увеличение и стабилизация скорости полировки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковтонюк Н. Ф., Мисник В. П., Соколов А. В. Видиконы, чувствительные в средней инфракрасной области с фотомешинками на структурах полупроводник – диэлектрик // Прикладная физика. 2005. № 6. С. 134–140.
2. Андропова Е. В., Курак В. В. Предэпитаксиальная обработка подложек GaSb для жидкофазного выращивания гомоэпитаксиальных слоев // ТКЭА. 2008. № 6. С. 41–43.
3. Андропова Е. В., Курак В. В. Двухстадийная химическая обработка подложек для жидкофазной эпитаксии структур GaSb/InAs // Вест. ХНТУ. 2009. № 3 (36). С. 19–22.
4. Автоэпитаксиальные структуры арсенида индия для ИК ФПУ / Д. М. Грамма, А. С. Петров, С. Д. Попов и др. // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. № 7. С. 13–18.
5. Бардин А. Н. Технология оптического стекла. М.: Высш. шк., 1963.
6. Винокуров В. М. Исследование процесса полировки стекла. М.: Машиностроение, 1967.
7. Preston F.W. Theory and design of plate polishing machines // JOSA. 1927. № 11. P. 214.

E. A. Kovalishina, I. A. Nesterov, A. S. Petrov

INVESTIGATION OF MECHANICAL POLISHING STRUCTURES OF INDIUM ARSENIDE

The work represents the research on the mechanism of abrasive disintegration of InAs structures and determines factors which influence the speed of polishing. The results of the research show that such factors as pressure, size of abrasive grain and transition to using mainly bound abrasive instead of using free abrasive influence the speed of polishing.

Indium arsenide, rate of polishing, mechanical polishing of semiconducto

О ДВУХСОЛИТОННОМ РЕШЕНИИ НЕИНТЕГРИРУЕМОГО УРАВНЕНИЯ ТИПА КдФ

Рассматривается неинтегрируемый аналог уравнения Кортевега-де-Фриза. Описывается двухсолитонное решение этого уравнения. Указана процедура построения асимптотики этого решения.

Уравнение КдФ, неинтегрируемый аналог, двухсолитонное решение, формальное асимптотическое решение

Задачи о взаимодействии солитонов (нелинейных уединенных волн) возникают во многих разделах физики и электроники, например, при описании цунами и при анализе передачи сигналов с нелинейными элементами, при исследовании волновых процессов в плазме и в физике твердого тела, в гидродинамике пограничного слоя и при изучении новых материалов.

Одним из наиболее известных уравнений, которые допускают в решении существование солитонов, является уравнение Кортевега-де-Фриза (уравнение КдФ)

$$u_t - 6uu_x + u_{xxx} = 0. \quad (1)$$

Легко видеть, что уравнение (1) имеет решение вида

$$u(x, t) = k^2 f(k(x - x_0) - 4k^3 t), \quad f(s) = -\frac{2}{\operatorname{ch}^2 s},$$

– это односолитонное решение, описывающее движение солитона с фазой x_0 и скоростью $4k^2$, где $x_0 \in \mathbb{R}$, $k \in \mathbb{R}$ – два произвольно фиксированных числа. Уравнение КдФ – интегрируемое; для него методом обратной задачи можно эффективно описать взаимодействие нескольких солитонов. Следуя [1], коротко обсудим двухсолитонные решения уравнения КдФ. Пусть $k_1, k_2 \in \mathbb{R}_+$ и $x_1^-, x_2^- \in \mathbb{R}$ – фиксированные числа. Будем считать, что $k_1 > k_2 > 0$. Уравнение (1) имеет решение u , которое при $t \rightarrow \pm\infty$ асимптотически становится суммой двух солитонов:

$$u(x, t) \sim k_1^2 f(k_1(x - x_1^\pm) - 4k_1^3 t) + k_2^2 f(k_2(x - x_2^\pm) - 4k_2^3 t), \quad t \rightarrow \pm\infty, \quad (2)$$

где $x_1^+, x_2^+ \in \mathbb{R}$ – постоянные, значения которых определяются числами k_1, k_2 и x_1^-, x_2^- .

При $t \rightarrow -\infty$ два солитона, соответствующие двум слагаемым в правой части (2), «находятся далеко друг от друга»; солитон с большей скоростью находится «слева» от солитона с меньшей скоростью. С ростом t «быстрый» солитон «нагоняет» солитон с меньшей скоростью. После взаимодействия, т. е. при $t \rightarrow +\infty$ солитоны расходятся, «двигаясь» с теми же скоростями, что и до «столкновения». Результат столкновения сводится к изменению фаз солитонов. Можно показать, что

$$x_1^+ - x_1^- = \frac{1}{k_1} \ln \frac{k_1 + k_2}{k_1 - k_2}, \quad x_2^+ - x_2^- = -\frac{1}{k_2} \ln \frac{k_1 + k_2}{k_1 - k_2}.$$

Отметим, что если k_1 имеет порядок единицы, а k_2 мало, то

$$x_1^+ - x_1^- = \frac{2k_2}{k_1^2} + O(k_2^2), \quad x_2^+ - x_2^- = -\frac{2}{k_1} + O(k_2).$$

Таким образом, «быстрый» солитон «почти не помнит» о взаимодействии, а «медленный» испытывает дополнительный «сдвиг назад» на величину порядка единицы.

Для неинтегрируемых нелинейных уравнений почти нет аналитических результатов о взаимодействии двух солитонов. Одним из немногих исключений является работа [2], где для неинтегрируемого аналога нелинейного уравнения Шредингера исследовалось столкновение двух солитонов, один из которых имеет малую амплитуду. Было показано, что в результате столкновения малый солитон «разваливается» на две волны, расходящиеся в разные стороны.

В данной статье авторы асимптотически опишут взаимодействие двух солитонов для нелинейного уравнения

$$u_t + u^3 u_x + u_{xxx} = 0, \quad x \in \mathbb{R}, \quad t \in \mathbb{R}, \quad (3)$$

близкого по виду к уравнению Кортевега-де-Фриза, но не являющегося интегрируемым. Видно, что для (3) малые солитоны «адиабатически» медленно зависят от координаты x и времени t (как и для уравнения КдФ). Опишем асимптотически столкновение двух солитонов, один из которых имеет малую амплитуду. Оказывается, что как и для уравнения КдФ, после взаимодействия (при $t \rightarrow +\infty$) опять получаются два солитона, движущиеся с теми же скоростями, что и исходные, но теперь быстрый солитон приобретает большой набег фазы. Сохранение числа солитонов можно связать с тем, что взаимодействие солитонов оказывается «адиабатически» медленным. Построение двухсолитонных решений для уравнения (3) можно рассматривать как модельную задачу.

Для уравнения (3) односолитонное решение очевидно имеет вид

$$u(x, t) = k^2 f(k^3(x - x_0) - k^9 t), \quad f(\xi) = \frac{10^{1/3}}{\operatorname{ch}^{2/3}(3\xi/2)},$$

где $k \neq 0$ — произвольно фиксированная постоянная. Решение u описывает солитон, движущийся со скоростью $v = k^6$. При малых k солитон имеет малую амплитуду и медленно зависит как от x , так и от t .

Фиксируем $k > 0$. Пусть ε — малый положительный параметр. Построим асимптотическое решение u уравнения (3), распадающееся при $t \rightarrow -\infty$ на два солитона:

$$u(x, t) \sim k^2 f(k^3 x - k^9 t) + \varepsilon^2 f(\varepsilon^3(x + x_2) - \varepsilon^9 t), \quad t \rightarrow -\infty. \quad (4)$$

До взаимодействия (при $t \rightarrow -\infty$) первый солитон $k^2 f(k^3 x - k^9 t)$ движется со скоростью порядка единицы, а второй солитон $\varepsilon^2 f(\varepsilon^3(x + x_2) - \varepsilon^9 t)$ движется с малой скоростью ε^6 .

После «взаимодействия солитонов» (т. е. при $t \rightarrow +\infty$) решение опять распадается на сумму двух солитонов:

$$u(x, t) \sim k^2 f(k^3(x - x_1) - k^9 t) + \varepsilon^2 f(\varepsilon^3 x - \varepsilon^9 t), \quad t \rightarrow +\infty. \quad (5)$$

В формулах (4) и (5)

$$x_1 = -\frac{4\rho}{3k^3} \frac{1}{\varepsilon}, \quad x_2 = \frac{2(15+\rho)}{9k^3}, \quad \rho = \frac{B^2(1/3, 1/2)}{B(2/3, 1/2)}, \quad (6)$$

а B – бета-функция Эйлера. Можно сказать, что в результате взаимодействия солитоны приобрели набег фаз, описываемые формулами (6). Видно, что набег фазы «быстрого» солитона имеет порядок $1/\varepsilon$, а набег фазы «медленного» солитона имеет порядок единицы.

Описанное двухсолитонное решение есть асимптотическое решение уравнения (3).

Оно удовлетворяет этому уравнению с невязкой порядка $O(\varepsilon^{15})$. Невязка повторяет поведение старших членов при $t \rightarrow \pm\infty$: и старшие члены, и невязка одновременно экспоненциально быстро стремятся к нулю в одних и тех же областях. Это обстоятельство должно позволить обосновать существование решения уравнения (3), для которого построенное формальное асимптотическое решение описывало бы старшие члены асимптотического разложения. При доказательстве существования такого решения можно получить его сколь угодно точное (по ε) асимптотическое описание за счет итераций подходящих интегральных уравнений. Описываемый далее анзац позволяет построить асимптотическое решение, удовлетворяющее уравнению (3) с любой точностью по ε .

Для построения двухсолитонного решения уравнения (3) воспользуемся идеями метода двухмасштабных разложений [3] и [4]. Используем следующий анзац:

$$\Theta = x - k^6 t + \frac{1}{\varepsilon} \theta(\xi, \varepsilon); \quad \xi = \varepsilon^3 x - \varepsilon^9 t; \quad \theta(\xi, \varepsilon) = \theta_0(\xi) + \sum_{l \geq 2} \varepsilon^l \theta_l(\xi), \quad (7)$$

где коэффициенты u_l – гладкие равномерно ограниченные функции своих переменных такие, что

$$u_0(\Theta) = k^2 f(k^3 \Theta); \quad \lim_{\Theta \rightarrow -\infty} u_2(\Theta, \xi) = f(\xi);$$

$$\lim_{\Theta \rightarrow -\infty} u_l(\Theta, \xi) = 0, \quad l > 2. \quad (8)$$

$$\lim_{\xi \rightarrow -\infty} \theta_l(\xi) = 0, \quad l \geq 0.$$

Коротко прокомментируем построение функций θ_l и u_l . Сначала будем считать, что $\theta(\xi, \varepsilon) = \theta(\xi)$. Подставив анзац (7) в уравнение (3), выполнив операции дифференцирования, сгруппировав члены при одинаковых степенях ε и приравняв нулю полученные выражения при каждой из степеней ε , получим:

$$\partial_{\Theta}(-k^6 + u_0^4/4 + \partial_{\Theta}^2 u_0) = 0, \quad (9)$$

$$\partial_{\Theta} L u_l + F_l = 0, \quad l > 0, \quad (10)$$

$$L = \partial_{\Theta}^2 + U(\Theta) - k^6; \quad U(\Theta) = (u_0(\Theta))^3; \quad \partial_{\Theta} = \partial / \partial(\Theta),$$

где

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Код поля изменен

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Код поля изменен

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Отформатировано:
уплотненный на 0,2 пт

Удалено: $u(x, t) = u_0(\Theta)$

Удалено:

Отформатировано: Отступ:
Первая строка: 0 см

$$\begin{aligned}
F_l = & 3\theta' \frac{\partial^3 u_{l-2}}{\partial \Theta^3} + 3 \frac{\partial^3 u_{l-3}}{\partial \Theta^2 \partial \xi} + 3(\theta')^2 \frac{\partial^3 u_{l-4}}{\partial \Theta^3} + \left(6\theta' \frac{\partial^3}{\partial \Theta^2 \partial \xi} + 3\theta'' \frac{\partial^2}{\partial \Theta^2} \right) u_{l-5} + \\
& + \left((\theta')^3 \frac{\partial^3}{\partial \Theta^3} + 3 \frac{\partial^3}{\partial \Theta \partial \xi^2} \right) u_{l-6} + \left(3(\theta')^2 \frac{\partial^3}{\partial \Theta^2 \partial \xi} + 3\theta' \theta'' \frac{\partial^2}{\partial \Theta^2} \right) u_{l-7} + \\
& + \left(-\theta' \frac{\partial}{\partial \Theta} + 3\theta' \frac{\partial^3}{\partial \xi^2 \partial \Theta} + \theta'' \frac{\partial^2}{\partial \xi \partial \Theta} + \theta''' \frac{\partial}{\partial \Theta} \right) u_{l-8} + \left(-\frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right) u_{l-9} + \\
& + \frac{1}{4} \left(\sum_{\substack{m+n+r+s=l \\ m,n,r,s < l}} (u_m u_n u_r u_s)_{\Theta} + \theta' \sum_{m+n+r+s=l-2} (u_m u_n u_r u_s)_{\Theta} + \sum_{m+n+r+s=l-3} (u_m u_n u_r u_s)_{\xi} \right).
\end{aligned}$$

Начнем с обсуждения уравнения для u_0 . Поскольку u_0 не зависит от ξ , из (9) вытекает, что

$$u_0''(\Theta) + \frac{1}{4} u_0^4(\Theta) - k^6 u_0(\Theta) = \text{const}.$$

Считая, что $u_0 \neq 0$, а $u_0, u_0', u_0'' \rightarrow 0$ при $\Theta \rightarrow \pm\infty$, после элементарных вычислений получаем, что $u_0 = k^2 f(k^3 \Theta)$.

Обратимся к уравнению для u_1 . Поскольку $F_1 \equiv 0$, можно выбрать и выберем $u_1 \equiv 0$. В итоге получается асимптотическое решение вида (7).

Уравнения (10) можно рассматривать как обыкновенные дифференциальные уравнения по переменной Θ с «замороженным» параметром ξ . В дальнейшем будем обозначать производную по Θ штрихом, а производную по ξ – точкой.

Обратимся теперь к функции u_2 . Она описывает взаимодействие большого и малого солитонов в старшем порядке. Из (10) вытекает, что

$$u_2''(\Theta, \xi) + (U(\Theta) - k^6) u_2(\Theta, \xi) = -\dot{\theta}(\xi) \left(u_0^4(\Theta) / 4 + 3u_0''(\Theta) \right) - k^6 a_2(\xi). \quad (11)$$

Функция a_2 определяется после решения уравнения (11) из условия с u_2 из (8). Нелегко проверить, что

$$u_2(\Theta, \xi) = -\dot{\theta}(\xi) \left(\frac{1}{3} u_0(\Theta) + \frac{3}{2} \Theta u_0'(\Theta) \right) + f(\xi) V_1(\Theta), \quad (12)$$

$$V_1(\Theta) = 1 - \frac{1}{6k^6} u_0^3(\Theta) + \frac{1}{12k^6} u_0'(\Theta) \int_0^{\Theta} u_0^2 d\Theta,$$

удовлетворяет уравнению (11) с $a_2 = f$, соответствующему условию из (8), и является ограниченным равномерно по Θ и ξ .

Общее решение уравнения (11) определено с точностью до решения однородного уравнения $u_2''(\Theta, \xi) + (U(\Theta) - k^6) u_2(\Theta, \xi) = 0$. Можно видеть, что выбор решения неоднородного уравнения эквивалентен подходящему выбору $\theta(\xi, \varepsilon)$. Отметим также, что наличие в формулах (12) члена с множителем Θ не делает u_2 растущим, поскольку $u_0'(\Theta)$

экспоненциально убывает при $\Theta \rightarrow \pm\infty$. Полиномиально растущие множители возникают и при построении u_l с $l > 2$. Их появления можно было бы избежать, немного модифицировав используемый анзац.

В формуле (12) при $\Theta \rightarrow \pm\infty$ первое слагаемое экспоненциально быстро стремится к нулю, а функция V_l из второго слагаемого экспоненциально быстро стремится к единице. Поэтому асимптотически при $\Theta \rightarrow \pm\infty$ u_2 превращается в «малый» солитон. Определив позже функцию θ , можем видеть, что $\varepsilon^2 u_2(\Theta, \xi)$ заметно отличается от малого солитона $\varepsilon^2 f(\xi)$ в той области на плоскости (x, t) , где Θ и ξ , выраженные через x и t , имеют порядок единицы, т. е. в области «взаимодействия солитонов».

Обратимся к функции u_3 . Как и u_1 , она удовлетворяет однородному уравнению $\partial_\Theta L u_3 = 0$, выбираем $u_3 \equiv 0$.

Как и u_2 , функция u_4 может быть описана явными формулами. Опуская детали, отметим лишь, что она стремится к нулю при $\Theta \rightarrow \pm\infty$ и, как u_2 , оказывается четной по Θ .

Опишем построение остальных коэффициентов u_l (с $l > 4$). Все они строятся по формулам

$$u_l = V_- \int_0^\Theta V_+ h_l d\Theta - V_+ \int_{-\infty}^\Theta V_- h_l d\Theta; \quad h_l(\Theta, \xi) = \int_{-\infty}^\Theta F_l(\Theta, \xi) d\Theta, \quad (13)$$

где $V_\pm$ – линейно независимые решения однородного уравнения $L V_\pm = 0$ с вронскианом $W(V_+, V_-) = 1$. Заметим, что $V_\pm$ могут быть вычислены явно:

$$V_- = u_0'; \quad V_+ = C \left(\frac{1}{2k^6 u_0} - \frac{7}{60k^{12}} u_0^2 - \frac{7}{120k^{12}} u_0' \int_0^\Theta u_0 d\Theta \right),$$

где C – некоторая постоянная. Функция V_- является нечетной по Θ и экспоненциально убывает при $\Theta \rightarrow \pm\infty$, а V_+ является четной и экспоненциально растет при $\Theta \rightarrow \pm\infty$.

При анализе формул (13) последовательно проверяется, что все F_l , h_l , u_l (экспоненциально быстро) стремятся к нулю при $\Theta \rightarrow -\infty$. Опуская детали, отметим лишь, что некоторая сложность возникает только при исследовании случая с $l = 11$, поскольку оказывается, что при $\Theta \rightarrow -\infty$ $F_{11} \rightarrow \frac{df}{d\xi} - \frac{d^3 f}{d\xi^3} - \frac{1}{4} \frac{d(f^4)}{d\xi}$. Однако последнее выражение равно нулю для $f(\xi) = \frac{10^{1/3}}{\text{ch}^{2/3}(3\xi/2)}$.

Далее необходимо убедиться, что все построенные u_l равномерно ограничены по Θ и ξ .

Для этого последовательно проверяем, что при $\Theta \rightarrow +\infty$ h_l стремятся к константам, и что

$$\int_{-\infty}^{\infty} V_-(\Theta) h_l(\Theta, \xi) d\Theta = 0. \quad (14)$$

Функция θ определяется при построении коэффициента u_5 . Оказывается, что условие (14) с $l = 5$ эквивалентно соотношению $\ddot{\theta}(\xi) = K \dot{f}(\xi)$, где K – некоторая явно вычисляемая постоянная. Учитывая, что θ и $\dot{\theta} \rightarrow 0$ при $\xi \rightarrow -\infty$, получаем, что $\theta(\xi) = K \int_{-\infty}^{\xi} f(\xi') d\xi'$. Отсюда и вытекает формула для набег фазы $x_1 = -\theta(+\infty)$ «большого» солитона [см. (6)].

Можно видеть, что при $\Theta \rightarrow +\infty$ $u_5 \rightarrow K_1 \dot{f}(\xi)$, где K_1 – еще одна явно вычисляемая постоянная. Поэтому при (x, t) таких, что Θ , вычисленное по ним, стремится к $+\infty$, получаем, что

$$u(x, t) = \varepsilon^2 f(\xi) + \varepsilon^5 K_1 \dot{f}(\xi) + \dots = \varepsilon^2 f(\xi + \varepsilon^3 K_1) + \dots, \quad \xi = \varepsilon^3 t - \varepsilon^9 t,$$

а значит, K_1 можно интерпретировать как фазу «малого» солитона до столкновения. Отсюда и вытекает формула для x_2 из (6).

Анализ u_6 не вызывает сложностей (условие (14) с $l = 6$ выполняется благодаря четности u_0, u_2 и u_4). Анализ u_7 аналогичен анализу u_5 . Однако теперь, чтобы удовлетворить условию (14), приходится считать, что $\theta(\xi, \varepsilon) = \theta_0(\xi) + \varepsilon^2 \theta_2(\xi)$. Анализ коэффициентов u_l с $l < 11$ проходит в существенном аналогично анализу u_6 и u_7 . Опустим детали и лишь отметим, что при этом последовательно определяется несколько первых коэффициентов θ_l .

Начиная с $l = 11$, возникает новая проблема. Обнаруживается, что при $\Theta \rightarrow +\infty$ F_{11} стремится к константе, а функциональной свободы, заложенной в наш анзац не хватает, чтобы сделать эту константу равной нулю. Проблема состоит в том, что если бы эта константа была не равна нулю, то h_{11} и u_{11} росли бы при $\Theta \rightarrow +\infty$. Однако после вычислений оказывается, что эта константа автоматически обращается в ноль благодаря уравнению $\frac{df}{d\xi} - \frac{d^3 f}{d\xi^3} - \frac{1}{4} \frac{d(f^4)}{d\xi} = 0$. Второй раз такая же проблема возникает при $l = 14$, и опять «опасная» константа оказывается автоматически равной нулю. Дальнейшие вычисления становятся громоздкими, и поэтому ограничиваемся анализом u_l с $l < 15$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория солитонов: метод обратной задачи / В. Е. Захаров, С. В. Манаков, С. П. Новиков, Л. П. Питаевский. М.: Наука, 1980.
2. Perelman G. Two soliton collision for nonlinear Schrodinger equations in dimension // 1 International Conference in Spectral Theory. Program and abstracts of the conference / Euler International Mathematical Institute. St. Petersburg, 2009. P. 17–18.
3. Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические метод в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974.
4. Найфэ А. Метод возмущений. М.: Мир, 1976.

M. V. Buslaeva, A. A. Fedotov

ABOUT A TWO-SOLITON SOLUTION OF THE NON-INTEGRABLE EQUATION OF KDF TYPE

The non-integrable analogue of the Korteweg-de Vries equation is examined. Described is a two-soliton solution of this equation. The procedure for constructing the asymptotics of this solution is specified.

The KdV equation, the non-integrable analogue, a two-soliton solution, the formal asymptotical solution



УДК 004

М. Г. Пантелеев, В. Н. Фотеева

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПОРТАЛОВ

Приводится обзор существующих порталов, их современное состояние и базовая структура. Представлены преимущества, проблемы построения с выделением наиболее важной и перспективы использования семантических порталов.

Семантические порталы, семантический Web, проблемы построения семантических порталов

С развитием web-технологий такое решение, как порталы, предоставляющие единую точку входа в информационную среду и различные интерактивные сервисы, приобрело большую популярность. Наряду с этим развиваются и технологии семантического Web, одним из классов систем которого являются семантические порталы. Под семантическим (онтологическим) порталом понимается информационный портал, содержащий явное (в форме онтологий) представление собственной структуры и модели предметной области и реализующий сбор и публикацию информации в формате семантического Web [1].

Такие порталы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными [1]:

- поддержка многомерного поиска и навигации;
- возможность эволюции и расширения структуры информации;
- возможность использования расширенной структуры данных другими сообществами для создания новой информационной среды;
- поддержание портала путем агрегирования децентрализованных источников;
- межпортальная интеграция;
- применение семантических web-сервисов для расширения функциональности;
- логический вывод для решения специфичных задач сообщества.

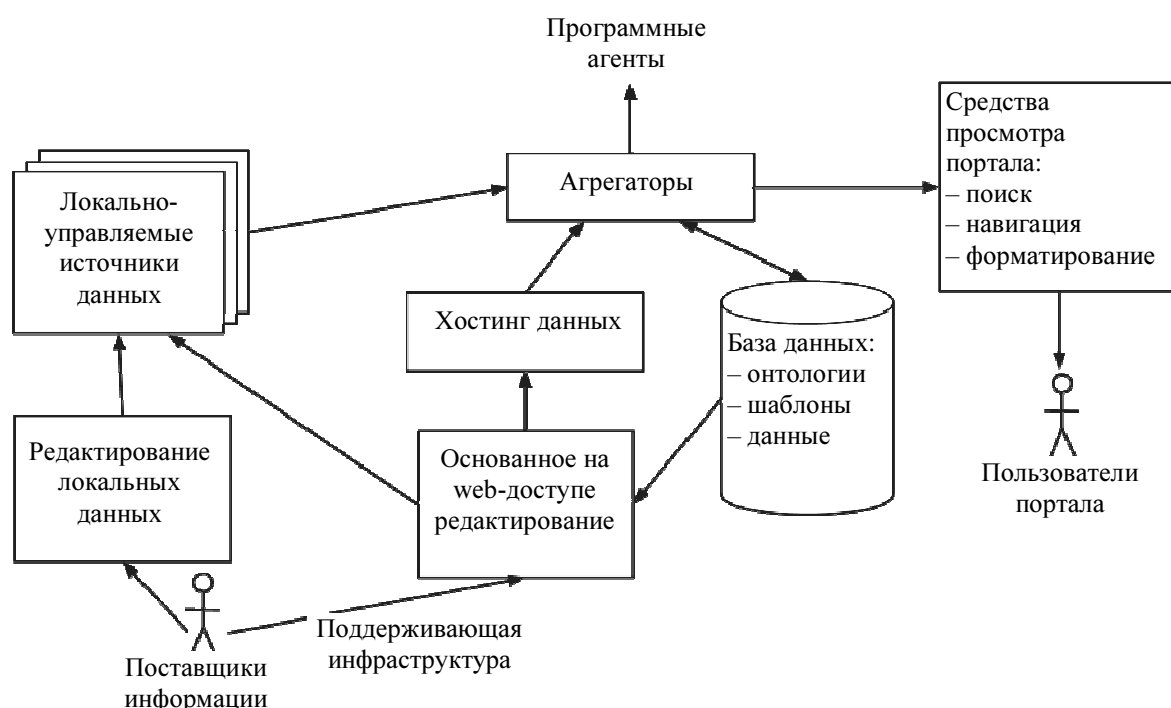
Обзор и критическая оценка семантических порталов до 2005 г. представлены в [2]. В настоящий момент их развитие продолжается, за последние годы был создан ряд порталов исследовательских групп (порталы TWC¹ и AIFB [3]), а также по определенным предметным областям (по компьютерной лингвистике [4] 2008 г., HealthFinland² 2009 г. и TrialX³ 2010 г.).

¹ Tetherless World Constellation (tw.rpi.edu)

² <http://www.tervesuomi.fi>

³ <http://trialx.com/>

На данный момент не существует универсального подхода к построению систем данного класса. На рисунке представлена базовая архитектура портала [1]. Ключевыми компонентами данной инфраструктуры являются агрегаторы и средства просмотра. Агрегаторы получают данные из разных источников, фильтруют и интегрируют всю доступную информацию. Средства просмотра используют для поиска и навигации по portalу онтологии, шаблоны и данные. Основанное на web-доступе средство редактирования позволяет избежать необходимости в средствах локального редактирования. Оно также должно управляться онтологиями. Компонент хостинга данных по выбору обеспечивает поставщикам информации возможность добавлять аннотации и другие данные без поддержания собственного сайта. Все эти 4 компонента могут быть реализованы как набор инструментов одного портала или как децентрализованная совокупность независимых инструментов.



Наряду с достоинствами семантического подхода при практической реализации порталов возникает ряд проблем:

1. Недостаточный объем семантического контента.

Проблема состоит в том, что перед разработкой портала экспертам необходимо построить онтологии предметной области. Это процесс трудоемкий, рутинный, занимающий много времени и требующий дальнейшего внесения изменений. При этом некоторые его этапы представляют собой больше практические, чем научные задачи. В работах по онтологическому инжинирингу рассматриваются проблемы автоматизации построения онтологий [5], которые с постоянным ростом количества информации становятся все более актуальными. В качестве примера приведем отечественную технологию АЛОТ университетской информационной системы Россия⁴, производящую рубрицирование, индексирование и аннотирование документов, что является первым шагом к решению обозначенной проблемы.

⁴ <http://uisrussia.msu.ru/>

Необходимость предварительного построения онтологий отпадает при использовании вики-подхода к построению порталов [3]. При этом к независимости от предметной области, присущей вики, добавляются преимущества использования семантического подхода. Пользователи расширяют существующие свободные структурированные данные (Open Linked Data) с помощью форм ввода, тем самым накапливая семантический контент для деятельности сообщества.

2. Проблема управления правами доступа в распределенных онтологиях.

Используемые на портале онтологии могут быть локальными или распределенными. В последнее время наблюдается внедрение распределенных онтологий в социальные сети (например, «В контакте» и Facebook используют FOAF) для описания данных о пользователях. В [6] делается предположение, что эффективным путем накопления семантического контента будет вовлечение в этот процесс пользователей социальных сетей. Для этого в интерфейсах должны быть введены средства добавления новых классов, создания экземпляров и обмена онтологиями.

Сопряженными проблемами такого подхода с неограниченным доступом к редактированию онтологий пользователями является то, что она может стать плохо структурированной, слишком огромной и избыточной для поддержки деятельности сообщества. Механизм общения между пользователями должен быть адаптирован к построению непротиворечивых онтологий, включать инструменты управления и отображения онтологических данных.

3. Необходимость интеграции семантических порталов с существующими системами управления контентом и документооборотом.

Для построения полноценного портала необходимо использовать достижения в областях как онтологического моделирования, так и управления документооборотом. Для этого необходима интеграция технологий семантического Web с существующими системами управления контентом (CMS) и документооборотом. Например, популярные CMS Drupal⁵ и WordPress⁶ имеют встроенную поддержку RDF/RDFa, также существует ряд семантических вики⁷: AceWiki Semantic, MediaWiki, OntoWiki. В области систем управления документооборотом также создаются прототипы семантических систем [7], [8]. В [7] язык семантического описания используется для построения словаря предметной области документов, который применяется для задач их классификации и поиска. При создании и использовании словаря применяются лингвистические технологии.

4. Отсутствие контроля версий в онтологиях.

Как отмечается в [2], одна из наиболее значимых проблем относится к отсутствию подходящей функциональности для эволюционного совершенствования контента портала в соответствии со знаниями и практическим опытом пользователей. В частности, существует проблема недостатка возможностей контроля версий онтологий. В такой динамично развивающейся среде, как Интернет, и в быстро изменяющихся сообществах онтологии, лежащие в основе порталов, могут быстро меняться. Поэтому необходимо, чтобы семантические порта-

⁵ <http://drupal.org/node/574624>

⁶ <http://wordpress.org/extend/plugins/tags/rdf>

⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_MediaWiki

лы использовали контроль версий для поддержания целостности и отслеживания изменений. В настоящее время в порталах используются очень ограниченные возможности: обновление только определенной части или полная замена. Для этих целей могут использоваться уже существующие инструменты контроля версий, такие, как Subversion, CVS, Git и др.

5. Недостаток функций совместной работы и персонификации.

В большинстве семантических порталов практически отсутствуют функции, помогающие поддерживать сообщество пользователей, связанное общими интересами. Использование порталов в основном ограничено созданием, накоплением и доступом к данным предметной области. Функции, способствующие коммуникации между пользователями, такие, как форумы и архивы почтовой рассылки, игнорируются. Также наблюдается недостаток персонификации информационного пространства. Добавление таких функций, как персональные тематические карты или персональная папка (реализована в OntoWeb [2]), могло бы повысить эффективность использования портала членом сообщества.

6. Отсутствие поддержки web-сервисов.

Будущее развитие семантических порталов должно ориентироваться на использование семантических web-сервисов, пригодных для автоматизированного поиска, композиции и выполнения с учетом их семантики. С их помощью станет возможен программный доступ к функциональности порталов, что может стать отправной точкой для достижения взаимодействия между порталами. Различные функции, доступные на семантических порталах, такие, как поиск по содержимому и опубликование контента, могут быть преобразованы в web-сервисы. Эти сервисы могут автоматически находиться, составляться их композиции с другими сервисами, что может значительно расширить функционал портала.

В настоящее время порталы практически не используют эту возможность, но в некоторых планируется их поддержка. В [9] приводится архитектура портала на основе семантических web-сервисов, которая позволяет пользователям получать доступ к распределенным приложениям через web-интерфейс и составлять новые задачи путем интеграции набора высокоуровневых сервисов, предоставляемых разработчиками порталов. В то же время растет количество семантических web-сервисов, которые могут использоваться при построении порталов⁸.

7. Проблема интеграции онтологий между порталами.

Задача семантической интеграции при наличии различных онтологий, лежащих в основе порталов, состоит в обнаружении одинаковых утверждений и согласовании противоречивых данных. Существует ряд методов решения этой задачи, которые могут применяться в том числе и при межпортальной интеграции [10]. На данный момент в существующих порталах не уделяется должного внимания возможности интеграции онтологий других порталов.

Несмотря на то, что в настоящее время семантические порталы находятся на ранней стадии развития, в перспективе они имеют очень широкую область применения. С выходом новых стандартов, фреймворков и CMS их количество будет, несомненно, возрасти и они будут существовать наряду с традиционными порталами. Кроме того, если семантические порталы будут использовать и предоставлять семантические web-сервисы, это облегчит расширение их функционала за счет их многократного использования и объединения.

⁸ <http://www.seco.tkk.fi/services/>

Особое значение имеет внедрение семантических порталов в научно-образовательной деятельности. По исследованию национального научного фонда (США), научные работники тратят больше половины рабочего времени на поиск информации, поэтому крайне важно уменьшить время на ее сбор. Для этого необходим новый тип информационных сервисов, которые будут способны не только находить необходимую информацию, но и строить связи, объединять и анализировать ее в интересах конкретного пользователя. Семантические порталы, позволяющие эффективнее интегрировать информацию из разнородных источников, обеспечивать возможность открытого и удобного доступа к ним, а также поддерживать их целостность, могут предоставлять и уже предоставляют⁹ такие сервисы.

По мнению авторов, одной из важнейших проблем, сдерживающих появление большего количества семантических приложений, является недостаток семантического контента. Решением может стать разработка методов, средств и инструментов для совместного автоматизированного построения онтологий, которые помогут территориально распределенным группам экспертов прийти к единому мнению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пантелеев М. Г., Пузанков Д. В., Татаринев Ю. С. Перспективы использования технологий Семантического Web в образовательных порталах // Интернет-порталы: содержание и технологии. Вып. 3. ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика». М: Просвещение, 2005. С. 340–366.
2. Lausen H., Stollberg M., Lara R. Semantic Web Portals – State of the Art Survey // Journ. of Knowledge Management. 2005. Vol. 9, issue 5. P. 40–49.
3. Herzig D. M., Ell B. Semantic MediaWiki in Operation: Experiences with Building a Semantic Portal. ISWC'10 // Proc. of the 9th Intern. semantic web conf. on the semantic web, 2010. Volume Part II. P. 114–128.
4. Разработка портала знаний по компьютерной лингвистике / О. И. Боровикова, Ю. А. Загорулько, Г. Б. Загорулько и др. // Тр. 11-й нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008, Дубна, 2008. М: ЛЕНАНД, 2008. С. 380–388.
5. Celjaska D., Vargas-Vera Dr. M. Ontosophie: A Semi-Automatic System for Ontology Population from Text // Integrated Series in Information Systems. 2007. Vol. 14, part 2. P. 373–402.
6. Zhdanova A. V. The People's Portal: Ontology Management on Community Portals // Proc. of the 1st Workshop on Friend of a Friend, Social Networking and the Semantic Web (FOAF'2004), 2004. P. 66–74.
7. Brasethvik T., Atle Gulla J. A Conceptual Modeling Approach to Semantic Document Retrieval // Proc. of the 14th Intern. conf. on Advanced Information Systems Engineering, 2002. P. 167–182.
8. Design and Implementation of a Semantic Document Management System / G. Wang, B. Wang, D. Han, B. Qiao // Information Technology Journ. 2005. 4 (1). P. 21–31.
9. Xiang X., Madey G. A Semantic Web Services Enabled Web Portal Architecture // Proc. of IEEE Intern. conf. on Web Services, 2004. P. 834.
10. Kotis K., Vouros G. Semantic Integration and Interoperability among Portals // Encyclopedia of Portal Technologies and Applications. 2007. P. 881–556.

M. G. Panteleyev, V. N. Foteyeva

BUILDING PROBLEMS AND USAGE PROSPECTS OF SEMANTIC PORTALS

The paper gives a review of existing semantic portals, their up-to-date state and base structure. Advantages, building problems with underlining the most important one and usage prospects are considered.

Semantic portals, Semantic Web, problems of building Semantic portals

⁹ Jung H., Lee S., Kim P. Semantic Web Use Cases and Case Studies. Use Case: OntoFrame 2008 – A Semantic Portal Service of Academic Research Information. 2009. <http://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/OntoFrame>.

СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ЭКИПАЖА ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Описаны требования к системе отображения и наблюдения в трехмерном виде пространственных сцен для тренажеров подводных аппаратов. Рассматриваются проблемы, возникающие при построении подобной системы. Предлагаются решения этих проблем на основе динамического графа сцены.

Симуляторы подводных аппаратов, компьютерная графика, трехмерные сцены

В настоящее время тренажерные комплексы для сложных технических средств не могут обойтись без систем визуализации окружающей обстановки. Особенно это актуально для тренажеров различных транспортных средств.

Если рассматривать тренажеры подводных аппаратов, то необходимо выделить следующие особенности подводной сцены. Во-первых, это, как правило, большая акватория плавания протяженностью в несколько десятков километров при относительно небольшой глубине. Во-вторых, скорости движения подводных аппаратов невелики и обстановка подводной сцены меняется медленно. В-третьих, основными объектами окружающей сцены для отображения являются сам подводный аппарат, рельеф, объекты, лежащие на дне и находящиеся в толще воды, а также другие подводные аппараты и надводные суда. Также для создания эффекта реалистичности в сцену включают поверхность моря, небо и другие объекты окружающей среды.

Традиционно для отображения положения подводного аппарата, рельефа дна и объектов используется морская карта. На карте подводный аппарат и объекты представлены в виде условных обозначений – пиктограмм. Это, во-первых, не позволяет оценить их размеры, а во-вторых, теряется информация о третьей координате – глубине. Изображение карты приведено на рис. 1.

Использование трехмерного вида для отображения придает реалистичность подводной сцене. Изображение подводного аппарата и рельефа дна в трехмерном виде представлено на рис. 2.

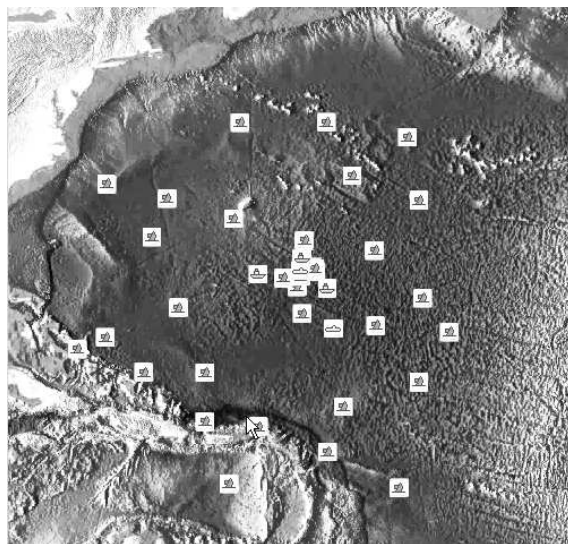


Рис. 1

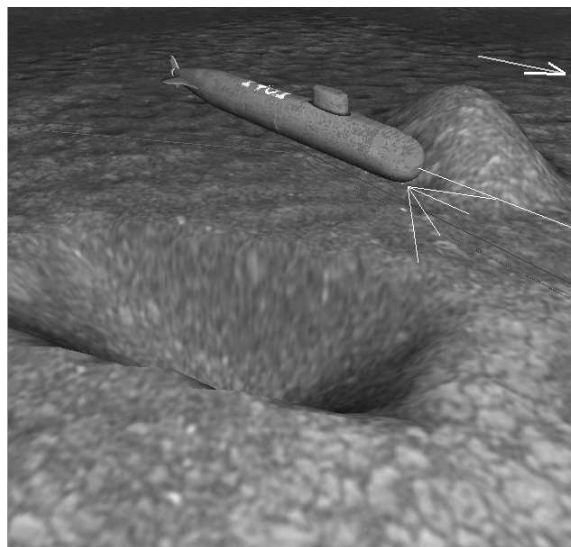


Рис. 2

Однако, несмотря на пользу трехмерного вида, его использование связано с дополнительными построениями, позволяющими при некотором уменьшении реалистичности увеличить информативность отображения подводной сцены. На рис. 3 представлен трехмерный вид подводного аппарата, окружающей среды и других объектов с дополнительными построениями: ограниченное пространство – «сота», поверхность воды в виде сетки, линии отстояния от поверхности воды и от дна, траектория движения подводного аппарата, пиктограммы объектов, находящихся за пределами «соты».

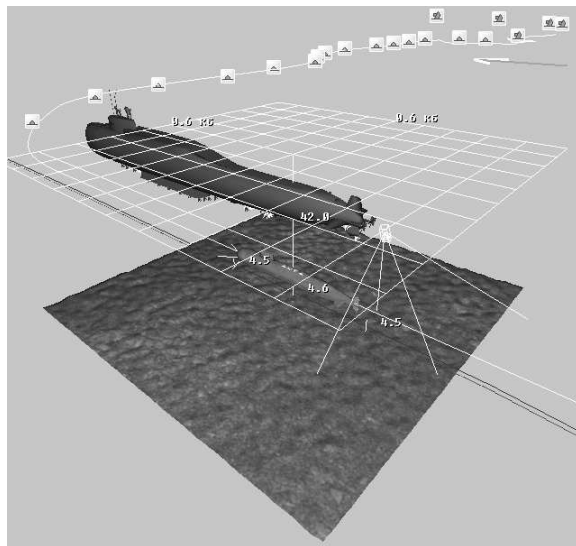


Рис. 3

Таким образом, приходим к выводу о необходимости реализации, по крайней мере, трех видов: морская карта – вид «карта» на рис. 1, трехмерный вид для реалистичности – вид «3D» на рис. 2, трехмерный вид для информативности – вид «сота» на рис. 3 [1].

В этой статье не будут подробно рассматриваться особенности данных видов. Отметим лишь главное – каждый объект подводной сцены имеет свое представление в каждом виде. Таким образом, имеем условную визуализацию в зависимости от вида. Помимо этого следует отметить, что в каждом виде также могут быть дополнительные условия наблюдения, меняющие представление объекта. Напри-

мер, в виде «сота» объекты за границами заданной области наблюдения меняют свое представление и вместо полигональной трехмерной модели объекта отображается его условное изображение – пиктограмма.

Перечисленные условия наблюдения, виды и представление объектов для рассматриваемой системы отображения и наблюдения представлены в таблице.

Условия наблюдения	Вид «карта»	Вид «3D»	Вид «сота»
Внутри соты	Пиктограмма	Полигональная модель	Полигональная модель, дополнительные построения
Вне соты	Пиктограмма	Полигональная модель	Пиктограмма

Описание сцены. Для отображения сцены, очевидно, необходимо иметь четкую структуру данных, удобную с точки зрения содержания объектов и оперирования ими, а также логику функционирования системы, возможность ее адаптации (по необходимости) к условиям отображения. Также для отображения подобной сцены вполне логично содержать находящиеся в сцене сущности в некоторой структуре.

Структура «линейный список», хотя и предоставляет некоторые базовые возможности для работы со сценами, лишена многих возможностей именно за счет своей простоты. Возможен лишь линейный, а следовательно, безусловный обход данной структуры, что дает ограниченные возможности. Можно сделать вывод, что представление линейным списком малоприменимо для сложных систем объектов, так как не предоставляет возможности для условного наблюдения сцены. Больше применение находят структуры в виде дерева и графа [2].

Традиционный граф. На рис. 4 представлен традиционный объектно-ориентированный граф сцены, узлы-объекты и отношения между объектами.

Упорядоченные дуги позволяют обходить все узлы графа слева направо. Это так называемый статический граф сцены с фиксированным поведением узлов. Под поведением понимаются выполняемые узлом действия, когда обход графа затрагивает узел.

В свете решения задачи по разработке системы можно выделить 2 недостатка традиционного подхода:

1. Сложность поведения моделируемых объектов из-за различных видов. Это приводит к тому, что в графе описывается только часть взаимоотношений объектов, а остальное поведение должно реализоваться в рамках программного кода, содержащегося внутри узлов графа, т. е. описание сцены становится менее структурированным.

2. Необходимость в каждом узле осуществлять свою проверку условий визуализации (см. таблицу) при обходе графа.

Указанные недостатки также мешают созданию типовых узлов для повторного использования.

Учитывая требования к частой перемене вида объектов от режима наблюдения, можно предложить иной подход, описывающий большую часть поведения в организации самого графа, а именно – динамический граф сцены.

Динамический граф сцены. Динамический граф имеет вид $T = \langle V, E, R \rangle$, где V – множество вершин, состоящее из вершин различных типов:

$$V_o \cup V_c \cup V_a \cup V_d \cup V_i = V.$$

Здесь V_o – вершины-объекты, V_c – вершины-коммутаторы (коммутирующие узлы), V_a – вершины-активаторы, V_d – деактиваторы, V_i – вершины-условия. Узлы-коммутаторы влияют на обход дочерних подграфов узла в зависимости от условий, активированных или деактивированных в соответствующих узлах; E – множество ориентированных дуг ($E \subset V \times V$). Дуги этого множества задают отношение «родитель-потомок», граф $T_1 = \langle V, E \rangle$ не содержит контуров; R – множество ориентированных дуг ($R \subset V \times V$). Дуги представляют собой ссылки на данные (например, координаты), граф $T_2 = \langle V, R \rangle$ может содержать контуры. Таким образом, граф T не является деревом, поскольку в нем возможны контуры. Узлы V_a , V_d и V_i влияют на обход графа¹.

Каждый узел представляет собой и данные, и операторы (выполняющиеся при прохождении сигнала по дереву). Определим, что коммутирующий узел влияет на обход графа. В зависимости от поведения коммутирующего узла обход, совершаемый из этого узла по дугам, проходит только по одному из дочерних подграфов.

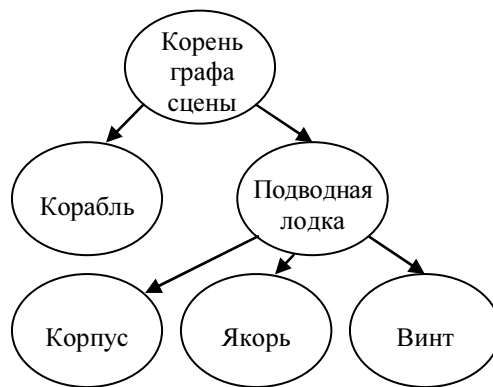


Рис. 4

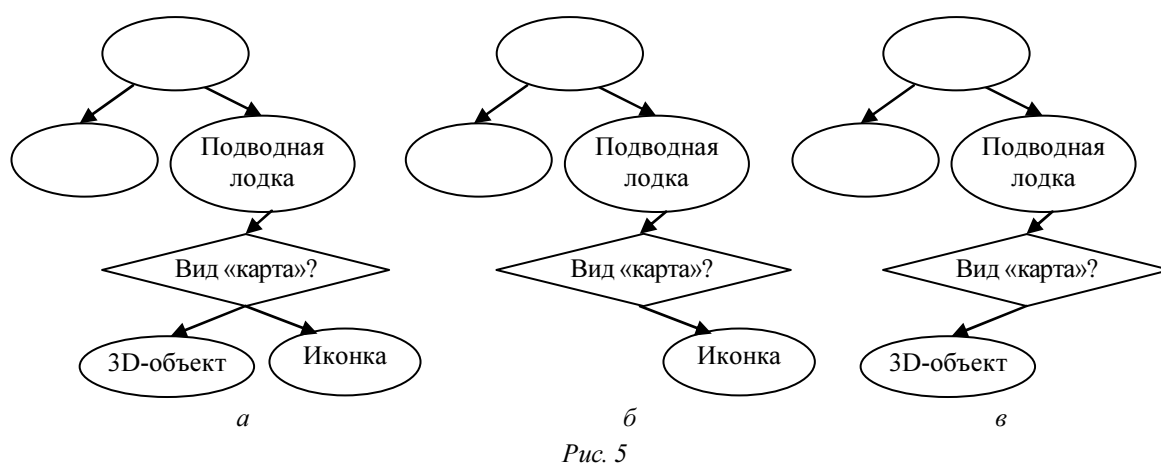
¹ Горбачевич Ф. Ф., Шмидт В. К., Кудрявцев А. С. Условная визуализация пространственных сцен с использованием динамического графа // Электроника и информационные технологии. Зарегистрировано 14.01.2010 под номером 0420900067/0099. 2009. № 2 (7). Режим доступа: <http://fetmag.mrsu.ru/2009-3/pdf/D-Graf.pdf>, свободный.

В зависимости от некоторого условия визуализация проходит либо по левому, либо по правому поддереву коммутирующего узла. Это позволяет создавать объекты с различным представлением в зависимости от условий наблюдения.

Следует отметить, что граф назван динамическим именно из-за условности его обхода, поскольку каждый обход в зависимости от условий может формировать разные подграфы. При этом структура самого графа остается неизменной.

Пример графа с коммутирующим узлом и его подграфы показаны на рис. 5: *а* – сам граф, *б* – подграф посещенных узлов при выполнении условия, *в* – подграф при невыполнении условия.

Как правило, для получения конечного изображения необходимо несколько раз обойти дерево с различными целями для вычисления таких аспектов сцены, как освещение, отсечение, визуализация и т. п. Поэтому необходимо иметь несколько сигналов или типов обхода графа, которые будут запускаться на графе последовательно.



Пример такой последовательности сигналов: сигнал обработки координатно-временной информации, сигнал расчета отсечения, сигнал выбора степеней детализации, сигнал расчета освещения, сигнал визуализации. Так, для выбора степени детализации из числа дискретных представлений объекта можно ввести коммутирующий узел, перенаправляющий сигнал в один из своих дочерних подграфов в зависимости от расстояния до наблюдателя.

Условием «прозрачности» узла для прохождения сигнала может быть проверка вида сигнала или проверка активности узла-условия. Наличие узла-условия подразумевает также наличие узлов-активаторов и узлов-деактиваторов.

Пример вида графа с узлом-условием, активатором, деактиватором и коммутатором показан на рис. 6. Объект А будет отображен только в том случае, если во время обхода графа посещен узел-активатор: условие активируется, и коммутирующий узел становится прозрачным для сигнала. Также в графе содержится деактиватор, который делает условие неактивным.

Таким образом, отличиями динамического графа сцены от традиционного графа являются дополнительные типы узлов и правила обхода графа. Подобная модификация имеет своей целью условный обход графа, что в конечном счете позволяет при визуализации объектов переключать их представление в зависимости от условий наблюдения. Условность обхода графа заключается в том, что конечный результат отображения сцены зависит от начальных условий обхода графа для заданного кадра визуализации.

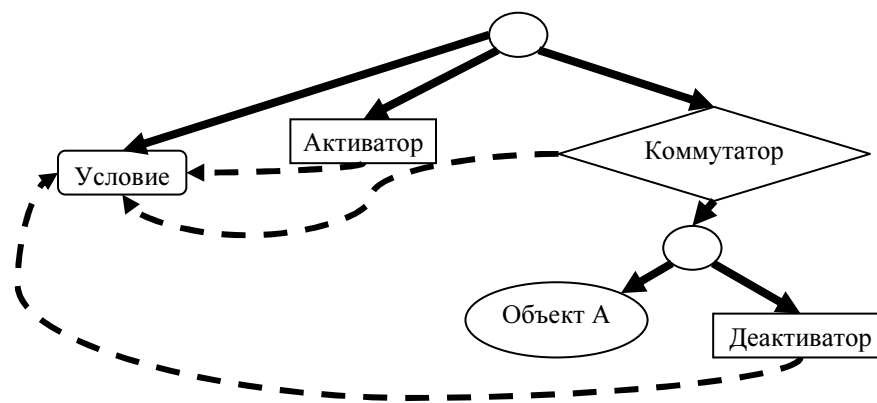


Рис. 6

На основе рассмотренного динамического графа построена система отображения и наблюдения для тренажеров подводных аппаратов. Эта система входит в состав двух тренажерных комплексов и активно используется в процессе тренировки экипажей подводных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев А. С. Система отображения и наблюдения для тренажерного комплекса // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. № 8. С. 49–52.
2. Эйнджел Э. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL. 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.

V. K. Schmidt, A. S. Kudryavtsev, F. F. Gorbatsevich

SYSTEM OF OBSERVATION AND SUPERVISION FOR CREW OF UNDERWATER VEHICLE

Main requirements to system of observation and supervision in a three-dimensional kind of spatial scenes for simulators of underwater vehicles is described. The problems arising at construction of similar system are examined. Solutions of these problems are offered on the basis of dynamic graph of scene.

Simulators of underwater vehicles, computer graphics, three-dimensional scenes

УДК 519.233.5

С. А. Митягин, Х. В. Нгуен

ВЛИЯНИЕ ГРУБЫХ ОШИБОК НАБЛЮДЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ПЛАНА ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ НАЛИЧИИ КОРРЕЛЯЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Рассматривается задача оценивания параметров регрессионного уравнения при наличии грубых ошибок и корреляции наблюдений. Исследуется использование обобщенного метода наименьших квадратов и LTS-оценок для управления выборкой и обеспечения устойчивости к грубым ошибкам, а также построения D-оптимальных планов на основе информационной матрицы Фишера в случае коррелированных наблюдений.

План эксперимента, D-оптимальность, модель регрессии, ошибки измерений, коррелированные наблюдения, устойчивое оценивание

Одной из целей использования регрессионного анализа является получение оценок параметров уравнений регрессии. При этом на качество получаемых оценок существенно влияют ошибки наблюдений. Наиболее часто в литературе [1]–[3] рассматриваются случаи, когда ошибки наблюдений подчиняются нормальному закону распределения и взаимно не коррелированы.

Однако известно [3], что в этом случае даже небольшое число выбросов в выборке наблюдений приводит к существенному изменению информационной матрицы Фишера и статистических характеристик оценок. В этом случае требуется использовать методы оценивания, позволяющие некоторым образом отсеивать выбросы в наблюдениях. Одним из таких методов является LTS-оценивание (least trimmed squares estimators).

С другой стороны, отмечается [4], [5], что моделирование ошибок наблюдений с учетом их корреляции позволяет повысить эффективность оценивания при меньшем числе измерений. В данной статье рассматривается использование метода наименьших квадратов (LTS-оценок) и построение информационной матрицы Фишера при коррелированных наблюдениях.

Постановка задачи и основные положения. Рассмотрим уравнение регрессии вида

$$\mathbf{Y} = X\boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1)$$

где $X = \begin{pmatrix} f_1(x_{11}) & \cdots & f_p(x_{1p}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(x_{n1}) & \cdots & f_p(x_{np}) \end{pmatrix}$ – матрица частных производных или матрица планирования, имеющая полный столбцовый ранг $\text{rank}(X) \geq p$; $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1, \dots, \theta_p)^T$ – вектор оцениваемых параметров регрессии; n – число проведенных экспериментов ($n \geq p$); $\mathbf{Y} = (y_1, \dots, y_n)^T$ – вектор измерений; $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$ – вектор ошибок измерений.

Предположим, что ошибки измерений распределены нормально с нулевым средним и ковариационной матрицей $D_{\boldsymbol{\varepsilon}}$, имеющей структуру

$$D_{\boldsymbol{\varepsilon}} = \sigma^2 D_{\boldsymbol{\varepsilon}} = \sigma^2 \begin{pmatrix} 1 & \rho_{21} & & \rho_{n1} \\ \rho_{12} & 1 & & \rho_{n2} \\ & & \ddots & \\ \rho_{1n} & \rho_{2n} & & 1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где ρ_{ij} – корреляционные функции, определяющие вид корреляционной зависимости измерений. При отсутствии корреляции $\rho_{ij} = 0$ и структура ошибок наблюдений принимает хорошо изученный вид [2] $E\boldsymbol{\varepsilon} = 0$, $D_{\boldsymbol{\varepsilon}} = \sigma^2 I$, $\sigma^2 < \infty$, I – единичная матрица.

Измерения проводятся в соответствии с каким-либо планом эксперимента $\xi(X)$. Качество данного плана можно оценить, вычислив значение определенного функционала от дисперсионной матрицы оценок параметров $\Phi(D\hat{\boldsymbol{\theta}}) \rightarrow \min_{\xi}$. Вид функционала $\Phi(D\hat{\boldsymbol{\theta}})$ определяет критерий оптимальности плана эксперимента [3]. Если спектр плана эксперимента содержит n точек, то нормированная матрица Фишера имеет вид

$$M\hat{\boldsymbol{\theta}} = \frac{1}{n}(X^T D_{\boldsymbol{\varepsilon}}^{-1} X), \text{ при этом } D\hat{\boldsymbol{\theta}} = (M\hat{\boldsymbol{\theta}})^{-1}.$$

Наличие выбросов в измерениях может привести к смещению ковариационной матрицы оценок параметров. Таким образом, ставится задача сокращения числа измерений с целью отсеивания выбросов с учетом корреляции наблюдений.

Методы оценивания параметров. *Обобщенный метод наименьших квадратов.* В случае нормального распределения аддитивной ошибки традиционным методом оценивания параметров является метод наименьших квадратов (МНК). Он заключается в решении остаточной суммы квадратов

$$(Y - X\theta)^T (Y - X\theta) \rightarrow \min_{\theta}.$$

Данная задача имеет аналитическое решение [6]:

$$\hat{\theta} = (X^T D_{\varepsilon}^{-1} X)^{-1} X^T D_{\varepsilon}^{-1} Y. \quad (3)$$

Выражение (3) соответствует обобщенному методу наименьших квадратов, когда ошибки наблюдений ε имеют структуру (2).

МНК оценки неизвестных параметров обладает рядом оптимальных свойств, среди которых выделяют несмещенность, состоятельность, эффективность (в смысле теоремы Гаусса–Маркова) [7]. Среди недостатков данного метода можно выделить сильную чувствительность к выбросам в наблюдениях и необходимость обращения ковариационной матрицы D_{ε} при построении оптимальных планов эксперимента.

Построение устойчивых LTS-оценок на основе МНК. Идея получения LTS-оценок описана в [2], [8]. В основе данной идеи лежит классический МНК, вследствие чего предполагается выполнение условий (2) относительно случайных ошибок регрессионного уравнения (1). Рассмотрим алгоритм поиска LTS-оценок, который получил название С-шаг (Concentration-Step) [8].

Алгоритм:

1. Случайным образом из множества измерений Y выбирается подмножество $H_1 \subset Y$ мощностью h , т. е. множество H_1 содержит h элементов из Y .

2. Согласно выражению (2) для множества элементов H_1 строится ковариационная матрица D_{H_1} , которая составляется из элементов ковариационной матрицы D_{ε} и является в некотором смысле ее подматрицей.

3. Используя обобщенный МНК (3) вычисляются оценки $\hat{\theta}^{(H_1)} = (\hat{\theta}_1^{(H_1)}, \dots, \hat{\theta}_p^{(H_1)})$ вектора параметров θ на множестве наблюдений, индексы которых вошли в H_1 .

4. Вычисляются остатки регрессии R_1 для всех n наблюдений:

$$R_1 = Y - \hat{\theta}^{(H_1)} X.$$

5. Для наблюдений с индексами из множества H_1 вычисляется сумма квадратов остатков $Q_1 = \sum_{y_i \in H_1} (r_1(i))^2$, где $r_1(i)$ – элемент вектора остатков R_1 .

6. Все вычисленные остатки упорядочиваются по абсолютной величине

$$|r_1(\pi(1))| \leq |r_1(\pi(2))| \leq \dots \leq |r_1(\pi(n))|,$$

где значения $\pi(i)$ являются номерами остатков в исходном ряду.

7. Формируется множество индексов H_2 , содержащее элементы множества Y , соответствующие первым h остаткам вариационного ряда

$$H_2 = \{\pi(1), \dots, \pi(h)\}.$$

8. С помощью обобщенного МНК вычисляется оценка $\hat{\theta}^{(H_2)}$ вектора θ по h наблюдениям, включенным в H_2 .

9. Снова формируется вектор остатков R_2 и вычисляется сумма квадратов отклонений Q_2 , т. е. происходит переход на шаг 4.

Повторение C -шагов является итерационным процессом, который останавливается при достижении условия $|Q_k - Q_{k+1}| < \delta$, где δ – заданное значение, определяющее точность вычислений. Убывающая последовательность $Q_1 \geq Q_2 \geq \dots \geq Q_k$ неотрицательна и поэтому с ростом числа итераций сходится.

Отдельное значение имеет вопрос о мощности h формируемых подмножеств H_k , которые в литературе [2] называются концентрированными подмножествами. Значение h определяет робастные свойства алгоритма. По рекомендации в [2] начальное значение h берется не меньше $h = \left\lceil \frac{n+p+1}{2} \right\rceil$. На выбор h может влиять априорная информация об объекте наблюдения, имеющаяся у исследователя.

Влияние мощности концентрированного подмножества на качество плана эксперимента. Фактически выбор мощности подмножества h в вычислительной схеме LTS-оценивания приводит к изменению плана эксперимента. Рассмотрим изменение качества плана эксперимента в зависимости от размера концентрированного подмножества h при наличии в выборке небольшого количества выбросов. Кроме того сравним результаты, полученные для коррелированных и некоррелированных наблюдений. Согласно [3] план ξ^* является D -оптимальным, если ему соответствует максимальное значение определителя информационной матрицы $\xi^* = \arg \max_x |M|$, и согласно теореме эквива-

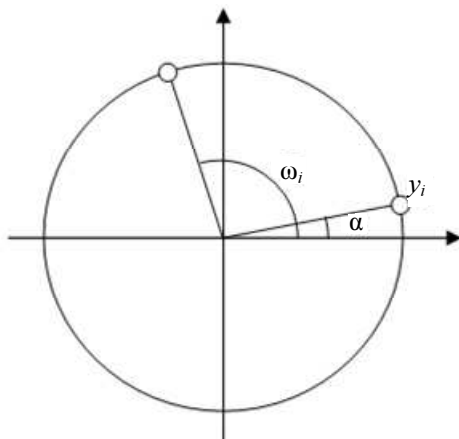


Рис. 1

лентности $\lambda(x)d(x, \xi^*) = p$, где $\lambda(x)$ – функция эффективности; $d(x, \xi) = f^T(x)M^{-1}f(x)$ – функция дисперсии отклика.

Рассмотрим следующий пример: пусть задана линейная по параметрам регрессионная модель

$$y_i = \theta_1 r_i + \theta_2 \cos \omega_i + \theta_3 \sin \omega_i + \varepsilon_i,$$

компоненты которой понимаются следующим образом: r_i – расстояние до i -го ориентира; ω_i – пеленг на i -й ориентир. Ориентиры располагаются на окружности с шагом $\alpha = 0.05\pi$ (рис. 1).

Планом эксперимента в данном случае является набор. При этом часть измерений имеют большую ошибку – выбросы. Случайные ошибки ε_i моделируются согласно известной функции распределения

$$F(x) = (1-\lambda)F_1(x, 0, \sigma_1) + \lambda F_2(x, 0, \sigma_2),$$

где $F_i(x, 0, \sigma_i)$, $i = 1, 2$ – функция нормального распределения с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_i^2 ; λ – доля выбросов в выборке.

В данном примере используются параметры $\lambda = 0.1$, $\sigma_2^2 = 2\sigma_1^2$. Значения корреляционных функций в (2) определяются в зависимости от расстояний между ориентирами согласно выражению $\rho_{ij} = \mu^{\|y_i - y_j\|}$.

Варьируя значение h , исследуется влияние мощности концентрированных подмножеств на качество плана эксперимента, для чего вычисляется оценка отклонения фактически используемого плана эксперимента от оптимального согласно выражению

$$\psi = \max_x \lambda(x)d(x, \xi) - \min_x \lambda(x)d(x, \xi),$$

где максимум и минимум вычисляются только в точках спектра. Очевидно, что для D -оптимального плана $\psi = 0$.

На рис. 2–6 представлены результаты вычисления оценок отклонений используемых планов от оптимальных для различных h . Сравнивая графики на рис. 2 и 3 можно видеть, что при учете корреляции наблюдений отклонение плана от оптимального для малого числа измерений меньше.

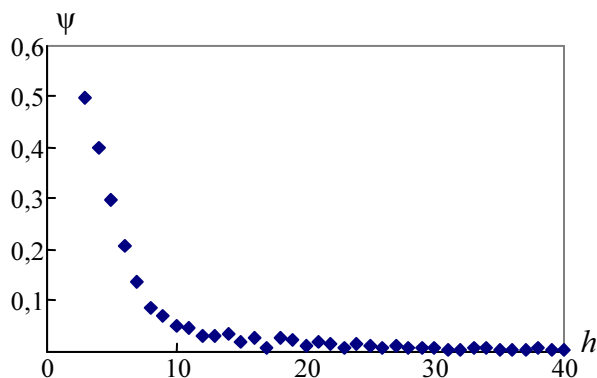


Рис. 2

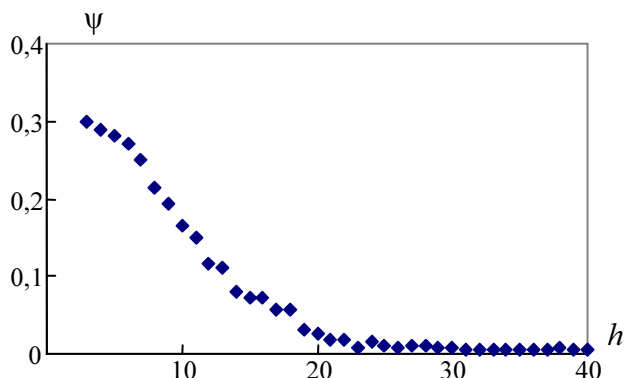


Рис. 3

Из сравнения графиков на рис. 4 и 5 видно, что отклонение плана от оптимального практически одинаково, но без учета корреляции данный результат был получен при 43 шагах алгоритма, а при учете корреляции наблюдений – для 22 шагов алгоритма.

Визуально на всех рисунках наблюдается наличие особой точки перегиба – такого значения h , после которого качество плана существенно не меняется: стандартный МНК, $h^* \in [9...12]$; обобщенный МНК, $h^* \in [16...18]$; LTS-оценивание, $h^* \in [14...16]$; LTS-оценивание с коррелированными наблюдениями, $h^* \in [14...16]$.

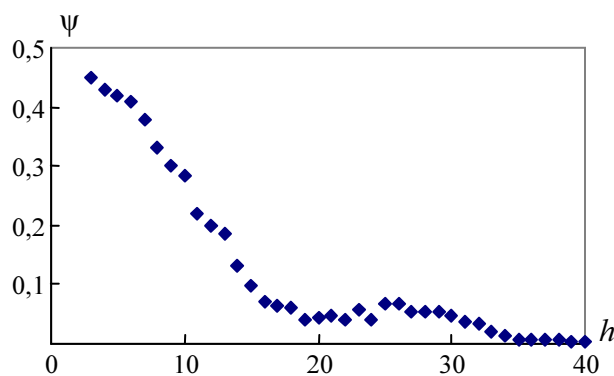


Рис. 4

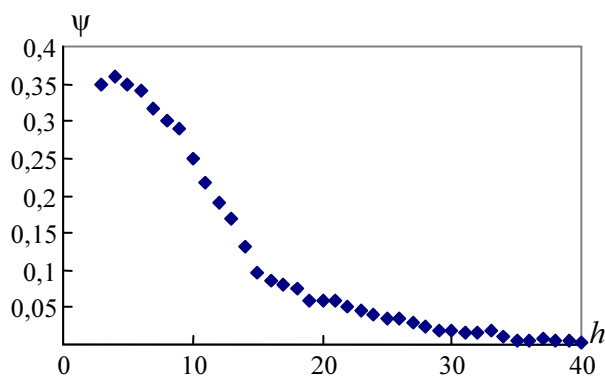


Рис. 5

Данная точка является рекомендуемой минимальной мощностью концентрированных подмножеств, ниже которой возможна существенная потеря качества плана эксперимента. Данный экспериментальный результат подтверждает теоретические рекомендации.

Итак, в статье рассмотрено влияние грубых ошибок наблюдений на информационную матрицу Фишера и исследована зависимость качества используемых планов эксперимента от мощности концентрированных подмножеств. Рассмотрен случай с коррелированными наблюдениями и произведено сравнение результатов с коррелированными наблюдениями и результатов, полученных без учета корреляции. Авторами был получен экспериментальный результат о наличии переходной точки h^* , который подтверждается теоретическими рекомендациями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бримкулов У. Н., Круг Г. К., Саванов В. Л. Планирование экспериментов при исследовании случайных процессов и полей. М.: Наука, 1986.
2. Денисов В. И., Тимофеев В. С. Исследование влияния грубых ошибок наблюдений на информационную матрицу Фишера // Сибирский журнал индустриальной математики. 2008. Т. 11, № 2 (34). С. 65–73.
3. Федоров В. В. Теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1971.
4. Dette H., Kunert J., Pepelyshev A. Exact optimal designs for weighted least squares analysis with correlated errors. // Statistica Sinica. 2008. 18. P. 135–144.
5. Sacks J., Ylvisaker D. Designs for regression problems with correlated errors. Part I // Ann. Math. Statist. 1966. 37, No. 1. P. 66–89.
6. Титов О. А. Математические методы обработки наблюдений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001.
7. Rao С. Р. Линейные статистические методы и их применения. М.: Наука, 1968.
8. Rousseeuw P.J., Van Driessen K. Computing LTS Regression for Large Data Sets / Univ. of Antwerpen, Dept. Mathematics, 1999.

S. A. Mityagin, H. V. Nguyen

INFLUENCE OF OBSERVATIONS ROUGH ERRORS ON THE EXPERIMENTAL DESIGN QUALITY IN CORRELATION MEASUREMENTS CASE.

The article is about the problem of estimating the parameters of regression equation in the presence of blunders and correlation of observations. We consider the use of generalized method of least squares and LTS-scores to control the selection and sustainability to blunders and D-optimal designs constructing on the Fisher information matrix in the case of correlated observations.

Experiment design, D-optimality, regression model, measurement errors, correlated observations, sustainable assessment

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ОПЕЧАТОК И ПРОВЕРКИ КОРРЕКТНОСТИ ТЕСТОВЫХ СЦЕНАРИЕВ

Рассматривается применение алгоритмов исправления опечаток в тестовых сценариях, записанных на естественном языке. Обсуждается конкретный алгоритм, примененный в среде автоматизированного приемочного тестирования MyFit¹. Приведены статистические данные о тестовых сценариях, а также примеры действий, полученные с помощью среды тестирования производительности, разработанной в подразделении Centera корпорации EMC.

Алгоритмы автоматической коррекции опечаток, алгоритм Левенштейна, приемочное тестирование, проверка корректности тестовых сценариев

Задача автоматического исправления опечаток в тексте на естественном языке известна на протяжении многих лет. Еще в 1960-х гг. В. И. Левенштейн сформулировал задачу нахождения редакционного расстояния между двумя строками. Пользуясь словарем и алгоритмом нахождения редакционного расстояния [1] (или расстояния Левенштейна) можно легко получить алгоритм исправления опечаток в тексте. Однако в естественных языках задача исправления опечаток сопряжена с большими сложностями. Например, словарь слов естественного языка очень велик, поэтому простой перебор по нему будет не эффективен. Более того – в естественных языках существует большое количество коротких слов (сон, сом, дон, сан и т. д.), для которых применение расстояния Левенштейна не даст эффективного решения.

Несмотря на относительную неэффективность алгоритма Левенштейна для естественного языка, он может успешно применяться для анализа тестовых сценариев. Рассмотрим особенности тестовых сценариев, каждый из которых можно рассматривать как последовательный набор действий. Каждое действие – это фраза на естественном языке, в которой можно выделить смысловую часть и параметры. Одни и те же действия часто используются в нескольких тестовых сценариях (возможно, с различными параметрами), а общее число уникальных действий, как правило, невелико. В силу данных особенностей тестовых сценариев количество вариантов для исправления неверно набранных слов существенно меньше и, следовательно, эффективность алгоритма будет выше.

Приемочное тестирование и тестовые сценарии на естественном языке. Автоматизированное приемочное тестирование является одной из основных практик в гибких (agile) методологиях разработки программного обеспечения (ПО). При использовании таких методологий, как Scrum, XP, Kanban или Lean, функциональность делится на небольшие части – пользовательские истории (user stories). Для каждой такой части определяется критерий приемки (definition of done), который, как правило, включает в себя прохождение автоматизированных приемочных тестов [2].

¹ Проект MyFit, разрабатывающийся в рамках студенческого проекта лаборатории Открытого программного обеспечения и мобильных платформ кафедры МО ЭВМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ», <http://osll.spb.ru/projects/show/myfit>, <http://osll.spb.ru>, <http://osll.fruct.org>.

Критерии приемки или приемочные тесты в таких проектах записываются на естественном языке, чтобы они были одновременно понятны менеджерам продукта, разработчикам и инженерам по контролю качества. По этой причине было разработано значительное количество сред тестирования, позволяющих записывать приемочные тесты на естественном языке. Некоторые из них: Fit, FitNesse, Cucumber, RSpec, JBehave и многие др.²

Исполнение тестов в FitNesse и MyFit. Во всех перечисленных средах тестирования тестовый сценарий описывается на языке, близком к естественному. Далее отдельные действия связываются с программным кодом по определенным правилам. Эта связь осуществляется только на этапе выполнения тестов, и можно считать, что тестовые сценарии интерпретируются средой тестирования.

Одним из серьезных недостатков такого подхода является то, что ошибки в тестовых сценариях обнаруживаются только в момент их выполнения. К таким ошибкам относятся несоответствия текста сценария и программного кода, автоматизирующего тест (Fixture-код). Одна из наиболее частых причин ошибок несоответствия – опечатки, допущенные при написании или корректировке тестового сценария.

Следует отметить, что ни одна из перечисленных сред тестирования не содержит функций коррекции (или предварительного обнаружения) опечаток в тестах. На рис. 1 изображен фрагмент результата выполнения тестового сценария с опечаткой («writ» вместо «write») в среде FitNesse. Выводится сообщения об ошибке несоответствия тестового сценария коду автоматизации в FitNesse³ [3].

writ with sdk tool	1000000	files of size	10KB	using	80	threads
Could not find fixture: WritWithSdkTool.						

Рис. 1

Если суммарное время выполнения тестового сценария велико (несколько суток) и (или) требует эксклюзивного доступа к специальному оборудованию, подобные несоответствия могут привести к увеличению сроков тестирования программного проекта. Также наличие подобных ошибок несоответствия будет приводить к увеличению числа провалов тестов из-за ошибок в тестовом сценарии, а не тестируемой функциональности, что в свою очередь может снизить доверие к среде тестирования в целом.

Таким образом, проблема разработки алгоритмов и программных средств проверки соответствия тестового сценария коду автоматизации и автоматической коррекции является актуальной.

Проект MyFit направлен на реализацию данной функциональности. Он базируется на исполнителем движке FitNesse. FitNesse – это среда приемочного и интеграционного тестирования, позволяющая записывать тестовые сценарии на естественном языке³ [3]. В FitNesse тестовые сценарии представляются в виде вики-страниц (рис. 2). Таблицы на этих страницах обозначают тестовые действия и по определенным правилам (в зависимости от типа таблицы) связываются с программным кодом, обеспечивающим их автоматическое выполнение.

² Список сред тестирования, позволяющих записывать тестовый сценарий на естественном языке http://en.wikipedia.org/wiki/Behavior_Driven_Development#Tools.

³ Среда тестирования FitNesse <http://fitnesse.org>.

start writing with sdk tool	1000000	files of size	10KB	using	80	threads
wait until sdk tool writes	250000	files with timeout	20 hours			

Рис. 2

При выполнении теста в FitNesse таблицы (соответствующие тестовым действиям) помечаются зеленым цветом в случае успешного выполнения либо красным – в случае ошибки.

Алгоритм проверки коррекции и исправления ошибок. Операция проверки корректности очень похожа на операцию выполнения тестового сценария. Сначала по первой ячейке таблицы получается имя класса. Далее (если соответствующий класс найден) проверка осуществляется в зависимости от стиля таблицы.

Для таблиц стиля DoFixture и OneLineFixture проверяется наличие методов, соответствующих строкам таблицы (из нечетных ячеек составляется имя метода, четные становятся аргументами).

Пример таблицы стиля OneLineFixture:

|write with sdk tool|1000|files of size|10KB|using|80|threads|

Код, соответствующий таблице:

```
public class WriteWithSdkToolFixture extends OneLineFixture {
    public boolean writeWithSdkToolFilesOfSizeUsingThreads(long count,
        String size, int threads) {
// ...

```

Для таблиц SetUpFixture, ColumnFixture и RowFixture проверяется правильность названий колонок таблицы и корректное количество ячеек в последующих строках таблицы.

На рис. 3 представлена диаграмма классов модуля проверки корректности и исправления опечаток. Алгоритм проверки корректности, описанный ранее, реализован в классах, которые реализуют интерфейс TableVerifier. На данной диаграмме это классы BasicFixtureVerifier, DoFixtureVerifier, OneLineFixtureVerifier и SetUpFixtureVerifier.

Если в проверяемой таблице обнаружена ошибка несоответствия, в действие вступает модуль автоматической коррекции ошибок. Цель этого модуля – предоставить один или несколько вариантов исправления обнаруженной ошибки. Для того чтобы найти наиболее точный вариант коррекции, таблица с ошибкой последовательно сравнивается со всеми известными шаблонами таблиц. К шаблонам, которые наиболее похожи на таблицу с ошибкой, добавляются аргументы из исходной таблицы. В таком виде они предлагаются как варианты исправления ошибки.

Для определения степени схожести двух таблиц смысловой текст из них (тот, который соответствует методам в Fixture-коде) переводится в строку. Далее определяется редакционное расстояние между этими строками, и именно оно принимается за числовую характеристику степени сходства таблиц.

Например, таблица стиля OneLineFixture

|writ with sdk tool|1000|files of size|10KB|using|80|threads|

переводится в строку

writwithsdktoolfilessofsizingthreads

Если шаблон, с которым сравнивают таблицу, выглядит следующим образом:

|write with sdk tool|100|files of size|10KB|using|10|threads|,

то он, соответственно, будет переведен в строку

writwithsdktoolfilessofsizingthreads.

Редакционное расстояние между полученными строками будет равняться 1, и, соответственно, данный шаблон с большой вероятностью будет предложен (на основании минимального расстояния) как вариант исправления ошибки в исходной таблице (с подставленными аргументами).

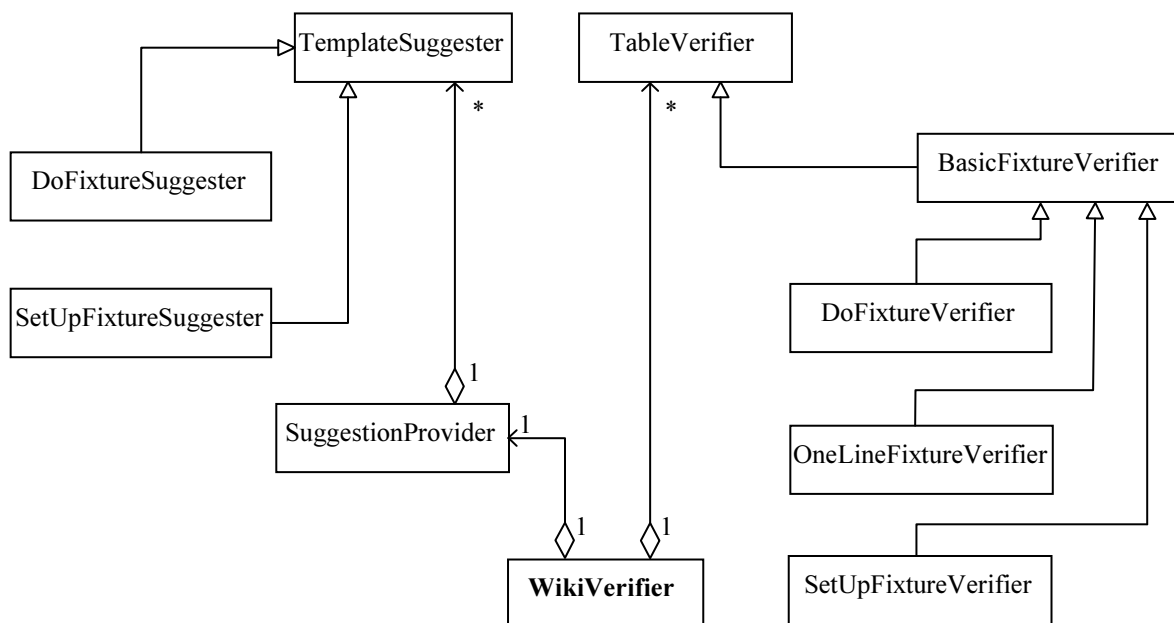


Рис. 3

Описанный алгоритм используется в классах, реализующих интерфейс TemplateSuggester. На диаграмме классов (рис. 3) это классы DoFixtureSuggester, SetUpSuggester и SuggestionProvider. Алгоритм поиска шаблона на основании минимального расстояния Левенштейна реализован в классе SuggestionProvider.

Анализ результатов. Результаты, приведенные далее, получены путем анализа среды тестирования производительности EMC Centera. В данной среде существует 79 различных тестовых действий и порядка 70 тестовых сценариев. Шаблоны тестовых действий относятся к различным типам таблиц. Чаще всего используется тип таблицы OneLineFixture. Описанное выше решение позволяет успешно обнаруживать ошибки несоответствия и автоматически их исправлять, если количество ошибок невелико.

Рис. 4 иллюстрирует зависимость расстояния Левенштейна (нормированного относительно длины строки) между различными шаблонами таблиц от количества шаблонов при сравнении «каждый с каждым» (данные получены по тестовым сценариям Centera).

Среднее расстояние Левенштейна между шаблонами таблиц – 0.73 (чтобы получить из одного шаблона другой, в среднем потребуется количество правок, равное длине шаблона, умноженной на 0,73). Количество шаблонов – 79.

На рис. 5 приведены количественные характеристики трех алгоритмов автоматической коррекции ошибок (Левенштейна, n-gram и Jaro-Winkler)⁴. На рис. 5, а представлен график зависимости вероятности успешного автоматического исправления ошибок в таблице от количества ошибок, на рис. 5, б – диаграмма, показывающая скорость исправления ошибок для упо-

⁴ Библиотека, реализующая алгоритмы определения редакторской правки <http://lucene.apache.org/java/docs/index.html>.

мянутых ранее алгоритмов. Данные усреднены по всем таблицам. В данной модели ошибкой считается любая модификация таблицы, приводящая к изменению одного значащего символа, его добавлению или удалению [4].

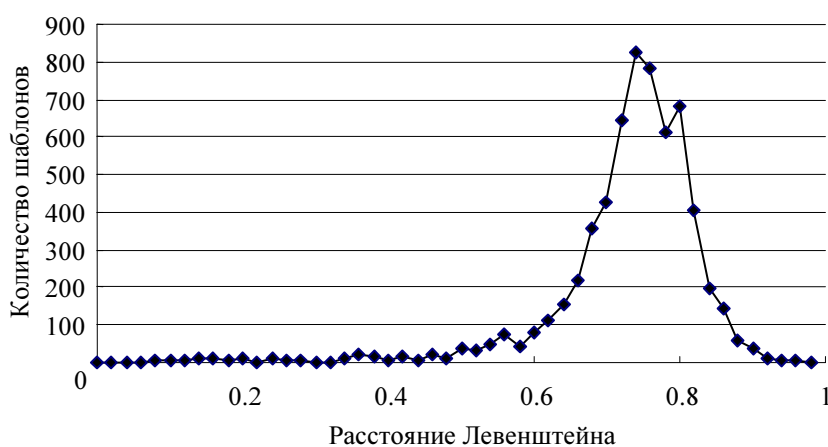
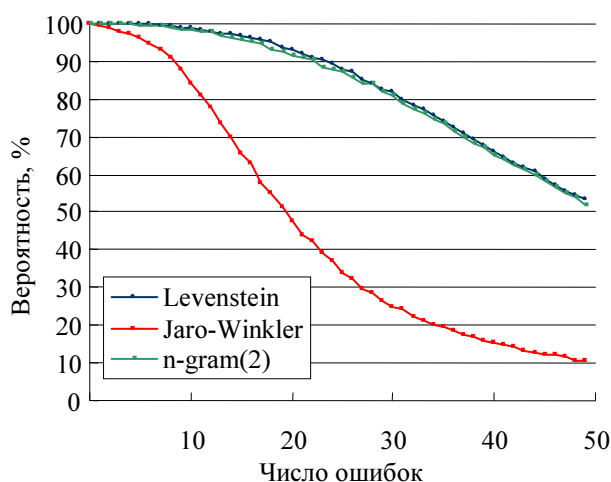
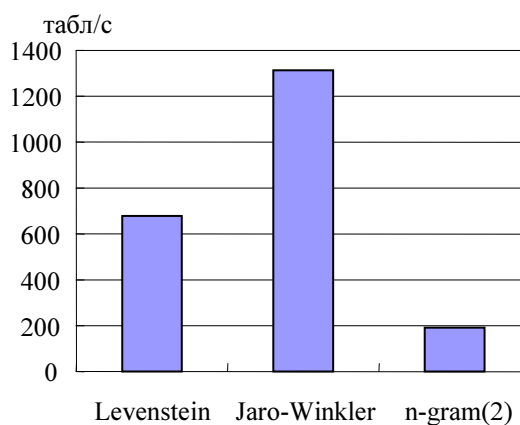


Рис. 4



а



б

Рис. 5

Исходя из графика на рис. 5, а можно отметить, что вероятность успешного исправления не более 9 ошибок превышает 99 %, а вероятность успешного исправления не более 16 ошибок – 95 % (при использовании расстояния Левенштейна [1] или алгоритма n-gram [5] с коэффициентом 2).

Из диаграммы на рис. 5, б видно, что производительность алгоритма Jaro-Winkler [6] в 2 раза выше, чем производительность алгоритма, определяющего расстояние Левенштейна. Алгоритм n-gram с коэффициентом 2 в 3 раза медленнее алгоритма Левенштейна. На основании этих данных был сделан вывод, что расстояние Левенштейна – наиболее подходящий алгоритм для решения поставленной задачи.

В ходе работы со средой тестирования производительности EMC Centera были выявлены две наиболее частые ошибки, встречающиеся в тестовых сценариях. Первая – это опечатки в тестовом сценарии (написанном на естественном языке). Вторая – это потеря соответствия между тестовым сценарием и автоматизирующим его программным кодом после модификации последнего. Разработанный алгоритм коррекции ошибок в тестовых сценариях может с высокой эффективностью применяться даже при большом количестве ошибок (до 15). Модуль проверки корректности и исправления опечаток позволяет пре-

дотвратить запуск заведомо некорректного теста, а во многих случаях и легко исправить обнаруженные ошибки. Модуль проверки корректности и исправления опечаток внедрен в среду тестирования производительности EMC Centera.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wagner R. A., Fischer M. J. The string-to-string correction problem // J. ACM. 1974. 21. 1. P. 168–173.
2. Поппендик М., Поппендик Т. Бережливое производство программного обеспечения: от идеи до при-
были. М.: Издательский дом «Вильямс», 2009.
3. Mugridge R., Cunningham W. Fit for Developing Software: Framework for Integrated Tests. Prentice Hall, 2005.
4. Гниловская Л. П., Гниловская Н. Ф. Автоматическая коррекция орфографических ошибок // Культура
народов Причерноморья. 2004. № 48. Т. 2.
5. Christopher D. Manning, Hinrich Schütze. Foundations of Statistical Natural Language Processing. MIT Press, 1999.
6. Winkler W. E. Proceedings of the Section on Survey Research Methods. American Statistical Association, 1990.

A. S. Rytenkov, Y. A. Korolev, M. S. Gavrilova, K. V. Krinkin

MINSPRINTS AUTOMATIC CORRECTION ALGORITHMS AND TEST SCENARIOS CORRECTION CHECK ALGORITHMS

*Application of misprints correction algorithms in the test scenarios is considered in the
article. Test scenarios are written on natural language. Concrete algorithm that was being
used in automatic acceptance testing environment is discussed MyFit. Statistical data about
test scenarios and also examples of actions, obtained by performance testing environment, de-
veloped inside Centera department of EMC corporation is given.*

**Misprints automatic correction algorithms, Levenshtein distance algorithm, acceptance testing, test scenarios
correction check**

УДК 004.89:004.4

А. Г. Разумовский, М. Г. Пантелеев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Дается обзор существующих методов и средств использования онтологий в разра-
ботке программного обеспечения.*

Онтологии, разработка программного обеспечения, методологии, ODSE

Бурный рост компьютерных технологий, начавшийся в XX в. и продолжающийся в XXI, выраженный все увеличивающимся числом пользователей компьютеров и постоянным стремлением бизнеса к автоматизации, является причиной постоянного спроса на программное обеспечение (ПО).

Несмотря на большое количество разработок, связанных с усовершенствованием методологий создания ПО, и появлением все более интеллектуальных инструментальных средств, разработка ПО по-прежнему является очень дорогим процессом. Гигантские суммы, потраченные на программное обеспечение (\$ 875 млрд только в 2010 г.), заставляют специалистов искать способы упрощения и удешевления процесса разработки. С этими целями были созданы различные методологии и подходы, такие, как CASE (Computer-Aided Software Engineering), OOD (Object-Oriented Design), каскадные и спиральные модели и т. д. Несмотря на то, что данные подходы, несомненно, упростили процесс создания программного обеспечения, они предлагают формы представления знаний, недоступные для обработки компьютером, а следовательно, требуют участия разработчика в процессе перевода моделей ПО в программный код.

Шагом вперед в решении этой проблемы явилась разработка MDE (Model-Driven Engineering) – модельно-ориентированного подхода к созданию ПО. MDE определяет 3 уровня абстракции анализируемой системы:

- модель, не зависящая от вычислений (computational-independent model, CIM);
- платформо-независимая модель (platform-independent model, PIM);
- платформо-зависимая модель (platform-specific model, PSM).

Наиболее популярной метамоделью в MDE является технология UML. Современные инструменты позволяют генерировать программный код на различных языках программирования (C++, Java, C#) из UML-диаграмм, таких, как диаграммы классов. Однако один из недостатков UML состоит в том, что он недостаточно формален и не содержит явно указанных логических правил, в отличие от таких языков описания онтологий, как OWL [1].

В последние два десятилетия усилиями международных консорциумов W3C и OMG создан ряд спецификаций, открывающих путь к использованию онтологий в процессе разработки программного обеспечения (Software Engineering, SE). Наиболее значимыми из них являются языки онтологического описания знаний – RDF, RDFS и OWL, метамодель онтологий в дисциплине MDE – ODM (Ontology Definition Metamodel).

В [2] выделены следующие преимущества использования онтологий в SE:

- сокращение «концептуального несоответствия» (conceptual gap) – разработчики ПО получают инструменты, работающие ближе к человеческому способу мышления;
- упрощение повторного использования за счет использования общих понятий для создания более частных;
- повышение уровня автоматизации – над формализованными в виде онтологий знаниями могут выполняться автоматические (без участия человека) логические рассуждения;
- повышение надежности и сокращение стоимости сопровождения ПО за счет использования формальной логики.

С учетом этого в последние годы ведутся активные исследования по развитию подхода MDE в направлении методов разработки ПО с помощью онтологического подхода (ODSE, Ontology-Driven Software Engineering). Предпринимаются попытки применения онтологий на всех основных этапах разработки программного обеспечения – анализа, проектирования, реализации, тестирования и сопровождения [3]. Далее представлен анализ использования онтологий на основных этапах разработки ПО и выделены наиболее перспективные направления развития в области ODSE.

Использование онтологий на этапе анализа ПО. Согласно докладу Standish Group большая часть неудач в разработке ПО вызвана ошибками на стадии анализа. Неполная, некорректная трактовка требований заказчика является почти стопроцентной гарантией неуспешности продукта в целом.

Данное обстоятельство побудило исследователей искать решение этой проблемы с помощью онтологического подхода. Ключевой тезис применения онтологий на стадии анализа заключается в том, что онтология, описывающая соответствующую предметную область, должна стать результатом моделирования требований к создаваемому продукту [4]. По мере разработки онтологических баз знаний, описывающих различные понятия окружающего мира, требуемая онтология может создаваться не «с нуля», а использовать ранее накопленные знания.

Наиболее важным при этом является то, что отношения, связывающие понятия в онтологии, представлены с использованием формальной логики, имеющей строгую семантику. Эта логика инвариантна платформе и технологиям создания будущего программного обеспечения. Таким образом, онтология предметной области может являться предметом обсуждения представителей бизнеса и ИТ и помогать устранять недопонимание между ними. Использование языка формальной логики дает возможность применять процедуры логического вывода (reasoning).

Использование онтологий на этапе анализа предполагает их разработку и анализ людьми, в том числе не связанными непосредственно с программированием и ИТ вообще. В связи с этим необходим редактор онтологий, поддерживающий удобное графическое представление онтологий, их чтение и запись на стандартных языках (RDFS, OWL), а также логический вывод и проверку корректности. Наиболее популярным редактором на сегодняшний день является Protégé – открытый продукт с расширяемой архитектурой и широким набором дополнений для решения различных задач в области онтологического инжиниринга. Кроме того существует множество других редакторов, например OntoEdit и WebODE.

Имеющиеся инструментальные средства облегчают задачу разработки онтологий. Созданные на этапе анализа онтологии могут затем повторно использоваться на этапах проектирования и реализации, что является ключевым достоинством ODSE.

Использование онтологий на этапе проектирования ПО. Цель этапа проектирования – всеобъемлющее описание создаваемой системы. На этом этапе активно применяются модели и языки моделирования (главным образом, UML) и естественным является использование стиля разработки MDE.

Нетрудно заметить сходство между стандартными понятиями UML и онтологий. В обеих дисциплинах предметная область разбивается на классы, связанные различными отношениями (в том числе отношением наследования). Наличие связи между понятиями UML и онтологий позволяет использовать семантические правила онтологий для выполнения логических рассуждений над элементами моделей и проверки их корректности (валидации).

Эти идеи легли в основу разработанной консорциумом OMG спецификации ODM (Ontology Definition Metamodel). Сущность ODM заключается в определении метамодели онтологий, соответствующих наиболее популярным языкам описания онтологий RDF(S) и OWL. Спецификация ODM также описывает возможности преобразования ODM-модели в другие стандартные модели. IBM разработала наиболее полную реализацию ODM, которая вошла в продукт IODT (Integrated Ontology Development Toolkit).

На основе спецификации ODM IODT стал развиваться в сторону интеграции с платформой EMF (Eclipse Modeling Framework). На данный момент IODT является открытым проектом и включает в себя EMF Ontology Definition Metamodel (IODT EODM), визуальный редактор EODM-моделей и репозиторий для OWL-онтологий (Minerva).

Другим подходом к интеграции онтологий и MDE является применение онтологического профиля UML (OUP, Ontology UML Profile), предложенного в [5]. Суть подхода заключается в том, что связь между концептами UML и онтологий может быть указана непосредственно в UML-диаграмме с использованием стереотипов.

Одним из примеров реализации такого подхода является редактор TwoUse. После определения связи UML и OWL-онтологий с помощью стереотипов разработчик модели получает возможность применять семантический поиск элементов языка UML используя

язык запросов SPARQL и трансформировать созданную модель в OWL. TwoUse также поддерживает язык SWRL, позволяющий задавать правила для онтологий.

Развитие средств проектирования моделей с использованием онтологий позволяет сократить время данного этапа и контролировать семантическую корректность моделей. Применение онтологий в комбинации с MDE дает возможность создать более информативные и полные семантически модели, которые могут быть использованы на последующих этапах разработки ПО.

Использование онтологий на этапе реализации ПО. Основным результатом выполнения этапа реализации разработки ПО является работающий программный код. Он должен быть семантически корректным в терминах моделей, полученных на этапе проектирования. Таким образом, онтологии могут и должны использоваться в течение фазы реализации для поддержки создания и проверки корректности программного кода.

Одним из примеров такого использования является автоматическая генерация объектов данных на основе онтологий. Существующие решения, в основном, предназначены для языка Java и создают объекты, удовлетворяющие концепции JavaBeans. Java не поддерживает некоторые базовые структуры онтологий, такие, как множественное наследование. В [6] описан подход, предполагающий использование Java-интерфейсов как отображений классов онтологий. При этом отношение наследования интерфейсов эквивалентно отношению наследования соответствующих классов онтологии. Данный подход реализован в библиотеке Jastor. К другим решениям следует отнести owl2java, RDFReactor, Elmo. Существуют также дополнения для генерации кода к редактору Protégé.

Основным недостатком указанного подхода является то, что синтаксис языков, на которых реализовано подавляющее большинство современных информационных систем (Java, C++, C#, Python и т. д.), не поддерживает ограничения, присущие онтологиям, в частности, языку OWL, а значит, сгенерированный код не способен в полной мере контролировать семантическую корректность объектов в памяти. Следовательно, необходим программный интерфейс для работы с онтологическими моделями в режиме выполнения программы.

В настоящее время наиболее развитыми в данной области проектами являются Jena, Sesame, Protégé OWL API (все – для языка Java). Они обеспечивают загрузку онтологий, представленных в различных форматах, в соответствующую программную модель, сохранение программных моделей в файле или в реляционной базе данных. Поддерживается выполнение логических рассуждений над онтологиями и проверка их корректности. Кроме того, указанные библиотеки поддерживают выполнение запросов к онтологиям на языке SPARQL – SQL-подобном языке запросов, являющемся спецификацией W3C. Также в настоящее время развиваются подходы, позволяющие задавать связи классов и объектов с понятиями онтологий.

Совершенствование средств использования онтологий на фазе реализации программного обеспечения снижает нагрузку на программиста, поскольку предоставляет возможность использовать онтологии так же просто, как реляционные базы данных, получая при этом возможность контроля над соответствием объектной модели в памяти ограничениям, заданным в онтологии.

Перспективы развития ODSE. С развитием Semantic Web онтологии приобретают все большую популярность, что стимулирует развитие ODSE. Несмотря на то, что большинство работ, связанных с ODSE, являются академическими, можно выделить несколько практически успешных проектов в данной области.

Продукт TopBraid компании TopQuadrant позволяет пользователю создавать и изменять онтологии в специальном редакторе, затем эти онтологии управляют содержимым форм приложения с клиент-серверной архитектурой. При добавлении отношения в онтологию или удалении из нее приложение обновляется автоматически.

Компания MissionCritical IT разработала и успешно применяет технологию ODASE, ключевым моментом которой является генерация исходного кода приложения на основе формального описания бизнес-правил [7]. Для этого используются языки OWL (для онтологий), SWRL (для сложных бизнес-правил) и сети Петри (для моделирования поведения системы). На основе моделей генерируется код на языке Mercury. По утверждению авторов, платформа генерирует до 70 % кода приложения. Поскольку полученное приложение, в основном, управляется моделями, имеющими удобное графическое представление, платформа предлагает гарантию качества кода.

В целом, разработка ПО с использованием онтологий позволяет поднять уровень абстракции, однако имеющиеся на данный момент решения далеки от идеала. Ручное написание кода приложения (по крайней мере, частично) по-прежнему необходимо. Модели, в большинстве своем, являются инертными, т. е. могут использоваться лишь в качестве источника знаний, а не запускаться сами по себе.

Совершенные платформы для разработки приложений могли бы иметь больший уровень абстракции и состоять исключительно из визуальных средств разработки. Приложение полностью управлялось бы посредством онтологий и других моделей, а вся функциональность инкапсулировалась в интеллектуальных агентах. В таком приложении генерация кода не была бы необходима, так как запускались бы сами модели.

В данной статье было дано определение ODSE – разработки программного обеспечения с использованием онтологического подхода и указаны основные преимущества применения онтологий в процессе разработки ПО – повышение уровня абстракции и использование формальных логических конструкций. Это приводит к большей автоматизации управления знаниями предметной области, большей надежности ПО за счет явных гарантий соответствия различных артефактов системы логическим ограничениям. Онтологии содержат понятия и правила, заимствованные из реальной жизни, и это облегчает понимание между бизнесом и ИТ, а также между человеком и компьютером. В связи с этим попытки применения онтологий выполняются на всех основных этапах разработки ПО – анализа, проектирования и реализации.

В целом, использование онтологий поможет создавать более интеллектуальные приложения. Так, задание соответствия между понятиями онтологии предметной области и элементами Java-кода реализации приложения (например, соответствия между классами онтологии и Java-классами, описывающими предметную область, свойствами онтологий и атрибутами Java-классов и т. д.) позволит использовать онтологии для проверки семантической корректности программного кода. Таким образом, будет предоставлена явная гарантия того, что состояние графа объектов памяти удовлетворяет требованиям, заданным в онтологии. Данную проверку можно проводить как в полуавтоматическом режиме, когда точки контроля будут явно заданы в коде программы, так и в автоматическом, когда контроль над семантической корректностью объектов будет осуществляться с помощью статического или динамического анализатора кода.

Не все потенциальные преимущества ODSE в настоящее время обеспечены соответствующими спецификациями, реализациями и инструментальными средствами. Вследствие этого онтологический подход все еще не является общепринятым. Однако количество исследований, ведущихся в данной области, появление как коммерческих, так и открытых продуктов, направленных на стандартизацию и автоматизацию процесса разработки ПО с использованием онтологий, позволяет прогнозировать рост популярности ODSE в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Calero C., Ruiz F., Piattini M. *Ontologies for Software Engineering and Software Technology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
2. Uschold M. *Ontology-Driven Information Systems: Past, Present and Future* // Proc. of the Fifth Intern. conf. on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2008), IOS Press, Amsterdam, Netherlands, 2008.
3. Gašević D., Kaviani N., Milanović M. *Ontologies and Software Engineering*. In Staab, S. & Studer, R. (Eds.), *Handbook on Ontologies*, Springer, 2nd ed., 2009.
4. Warren P., Studer R. *Semantic Web Technologies. Trends and Research in Ontology-based Systems*. John Wiley & Sons Ltd, 2008.
5. Gašević D., Djuric D., Devedzic V. *Model Driven Architecture and Ontology Development*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
6. Debugging unsatisfiable classes in OWL ontologies / A. Kalyanpur, B. Parsia, E. Sirin, J. A. Hendler // *J. Web Sem.* 2005. 3(4) P. 268-293.
7. *Ontology Driven Software Engineering for Real Life Applications* / M. V. Bossche, P. Ross, I. MacLarty et al. SWESE, 2007.

A. G. Razumovsky, M. G. Panteleev

USING ONTOLOGIES IN SOFTWARE DEVELOPMENT

This article gives an overview of existing methods and tools for using ontologies in software development.

Ontologies, software development, methodologies, ODSE

УДК 004.273

А. В. Богданов, Е. Н. Станкова, Лу Мо Каинг

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОГОДЫ (WRF) НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Представлена действующая вычислительная система прогноза погоды, основанная на региональной модели исследования и прогноза погоды (WRF), которая была адаптирована для расчетов метеовеличин на территории Санкт-Петербурга и снабжена интеллектуальным дружественным пользовательским интерфейсом. Поскольку эта система предполагает осуществление параллельных расчетов с использованием высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем, она была инсталлирована на кластере Санкт-Петербургского государственного университета, на факультете ПМ-ПУ. С помощью данной системы предполагается существенно улучшить технику прогноза погоды, особенно в части предсказания опасных метеорологических явлений.

Метеорологическая модель WRF

Во всем мире в гидрометеорологических службах используются численные модели прогноза погоды для прогнозирования детальных распределений метеорологических элементов (скорости и направления ветра, осадков и др.) во времени и пространстве. Эти модели используются не только для прогнозирования погоды, но и для принятия решений в раз-

личных отраслях, таких, как авиация, реагирование на стихийные бедствия и др. В трехмерной численной метеорологической модели WRF численно решается полная система уравнений гидро- и термодинамики атмосферы, которая включает в себя уравнения неразрывности, переноса импульса (с учетом эффектов сжимаемости и негидростатичности), переноса влаги и внутренней энергии. Пользователю модели предлагается библиотека различных параметризаций процессов в пограничном слое атмосферы, формирования облачности и осадков. В модели реализованы возможности создания вложенных вычислительных областей и использования алгоритмов усвоения данных наблюдений. В WRF используется s-система вертикальных координат, которая позволяет описывать сложный рельеф, и «шахматная» сетка по горизонтали. При интегрировании уравнений гидродинамики используется расщепление по направлениям (в горизонтальных направлениях используется явная схема, а при вычислении вертикальных потоков и скоростей – неявная) и по физическим процессам. WRF является региональной моделью, поэтому для ее инициализации и задания граничных условий необходимы результаты расчетов глобальной модели численного прогноза погоды. Цикл работы модели WRF состоит из подготовки данных, включая их горизонтальную и вертикальную интерполяцию на сетку модели, улучшение интерполированных данных с помощью усвоения наблюдений метеостанций и радиозондов и численное интегрирование. WRF-моделирование системы реальной модели регионального исследования и прогноза погоды состоит из трех главных частей:

- Предпроцессирование WRF (WPS).
- WRF с ARW или NMM-модель.
- Последующая обработка и визуализация.

Блок-схема WRF представлена на рис. 1.

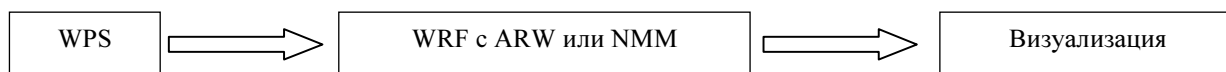


Рис. 1

Такие задачи могут быть решены на базе высокопроизводительных вычислений на кластерных системах [1].

Модель нового поколения WRF¹ является мезошкальной числовой моделью для предсказания погоды, обеспечивающей потребности как в оперативном прогнозировании, так и в исследованиях атмосферы. Программа эта состоит из нескольких подсистем, которые выполняются последовательно с разными требованиями к ресурсам. Схема взаимодействия сервисов при управлении данными на платформе Sun Grid Engine в приложении WRF представлена на рис. 2. Если эти подсистемы выполнять на разных вычислительных комплексах, то задача организации всего вычислительного процесса настолько усложнится², что для многих пользователей окажется непреодолимой. В связи с этим необходимо создать распределенный вычислительный комплекс (виртуальный полигон), в котором задачи доступа и распределения ресурсов решаются автоматически.

¹ <http://www.wrf-model.org/index.php>.

² <http://www.see-grids-sci.eu>.

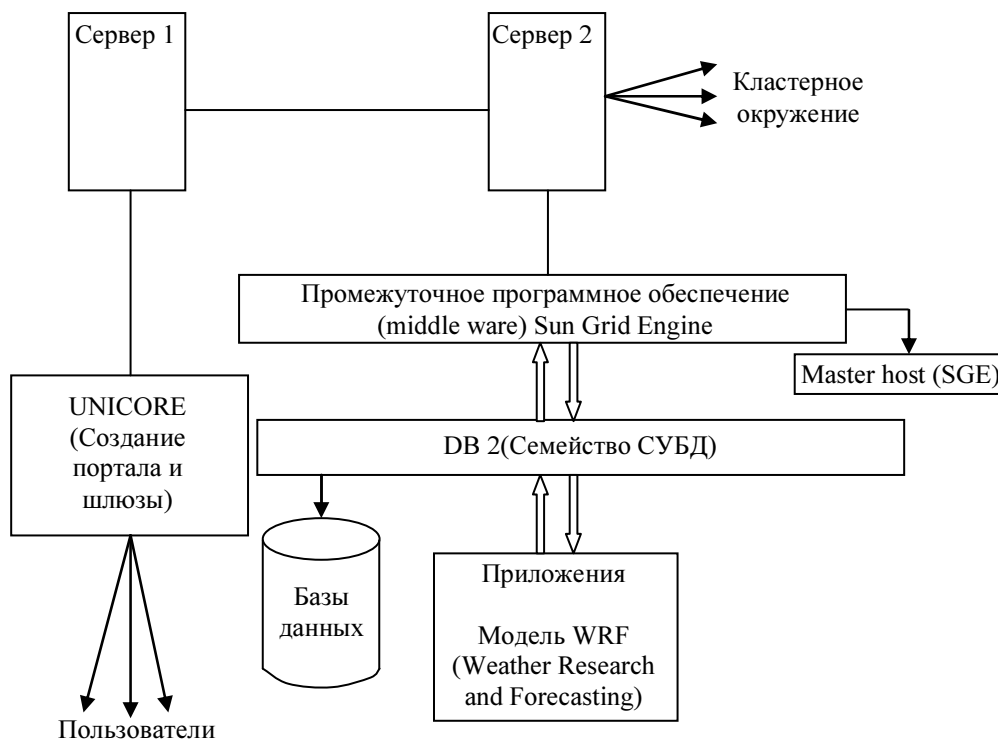


Рис. 2

Воспользуемся для этого технологией облачных вычислений [2]. Применение данной системы показало высокую эффективность полигона, основанного на облачных технологиях (малые накладные расходы), и возможность относительно простого управления вычислительным процессом³. Кроме того, была продемонстрирована эффективность современных поточных процессоров (T2+) для решения таких задач.

Один из примеров расчета с помощью виртуального полигона приведен на рис. 3.

Основная идея переноса приложения на виртуальный полигон связана с использованием разных типов процессоров для расчета различных по времени выполнения частей программы. На рис. 4 представлены результаты выполнения приложения, состоящего из пяти блоков, на процессоре Intel(R) Xeon E5410 (длина просчета 24 ч, шаг по времени 6 ч):

- 1) geogrid (генерация наземных данных);
- 2) ungrib (распаковывание GRIB метеорологических данных);
- 3) metgrid (интерполирование метеорологических данных по горизонтали в рамках модели);
- 4) real (интерполирование данных по вертикали в модуле координаты);
- 5) wrf (формирование модели прогноза).

Непосредственно видно, что основное время занимает расчет блока 5. Даже на самом быстром высокопроизводительном процессоре время расчета неприемлемо для прогноза, поэтому было принято решение запускать его на многопоточном процессоре T2+ с применением технологии виртуализации для распараллеливания. Именно это позволило сократить время расчета до приемлемого уровня и убедиться в работоспособности идеи о более эффективном запуске комплексных задач на гибридных системах.

³ http://www.windguru.cz/ru/help_index.php?sec=models.

REAL-TIME WRF

Init: 2011-03-13_00:00:00
Valid: 2011-03-13_01:00:00

Surface Temperature (F)
Sea Level Pressure (hPa)
Wind (kts)

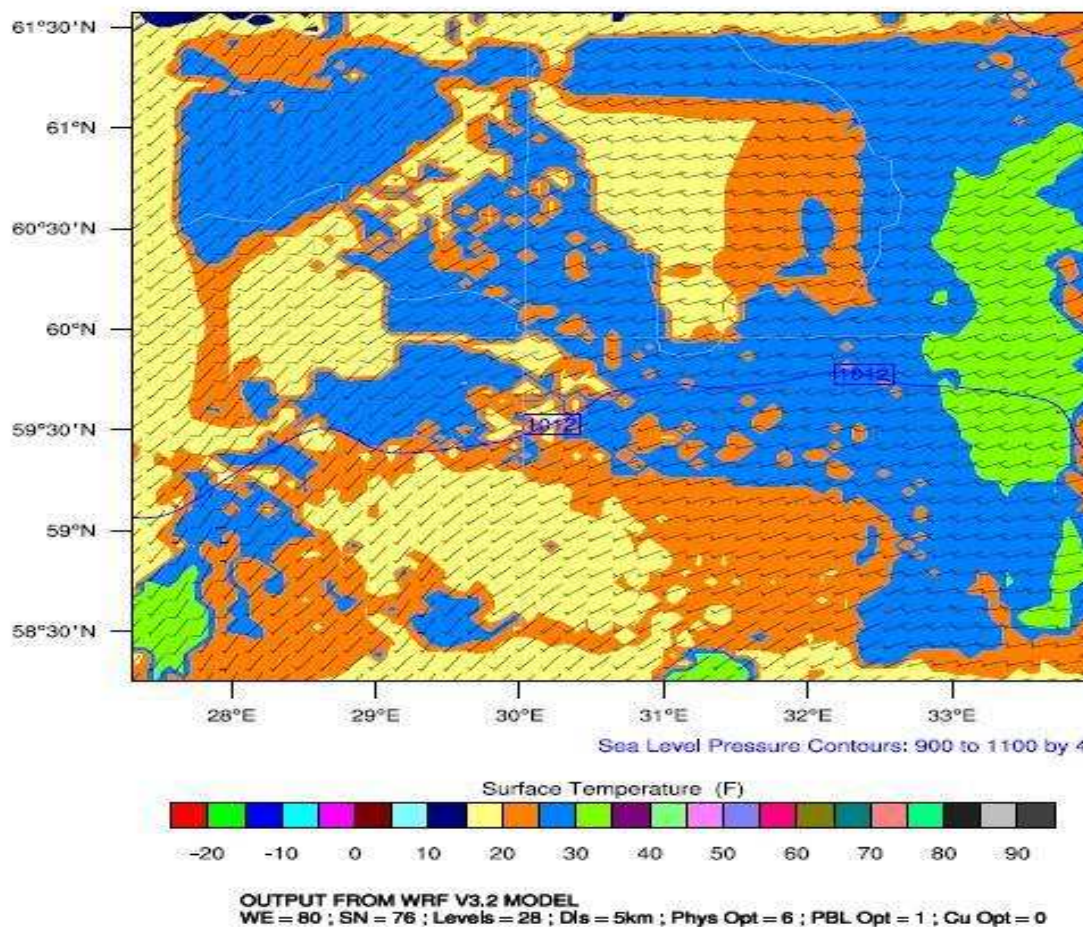


Рис. 3

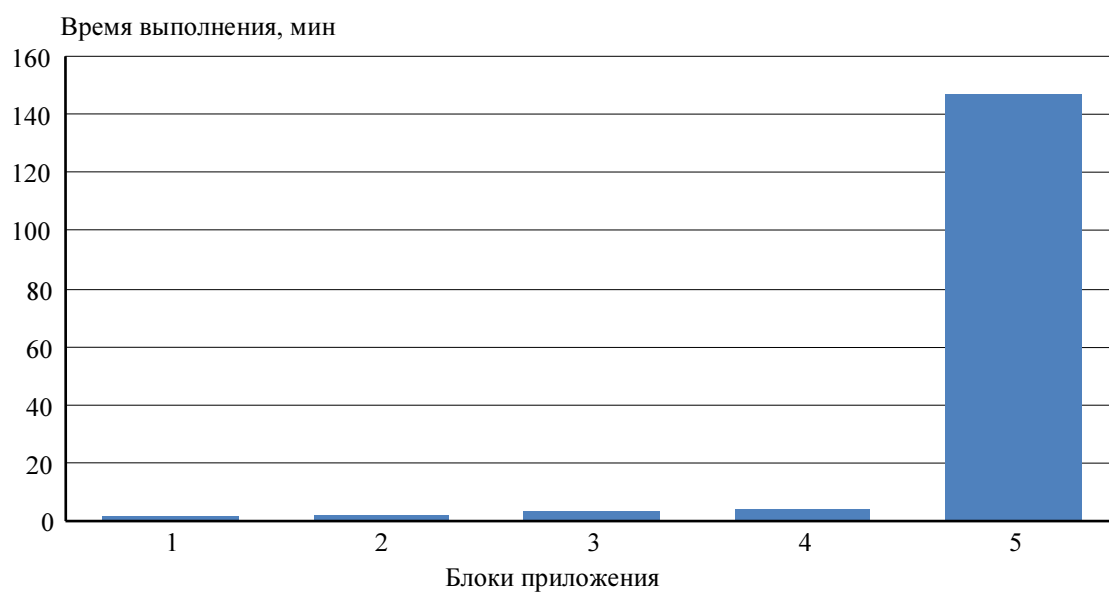


Рис. 4

Сравнение вычислительных результатов для разных типов процессоров проиллюстрировано на рис 5:

1. Intel ® Core 2 Quad.
2. Intel ® Xeon ® E5410.
3. UltraSPARC T2+.

Таким образом, на сегодняшний день описанная гибкая система организации grid-вычислений на базе Sun Grid Engine оказывается оптимальной при создании полигона для тестирования любых grid-приложений, так же как и для реализации модели WRF. В настоящий момент такой полигон создан на факультете ПМ-ПУ Санкт-Петербургского государственного университета, и на нем можно запускать любое промежуточное программное обеспечение и приложения данного типа.

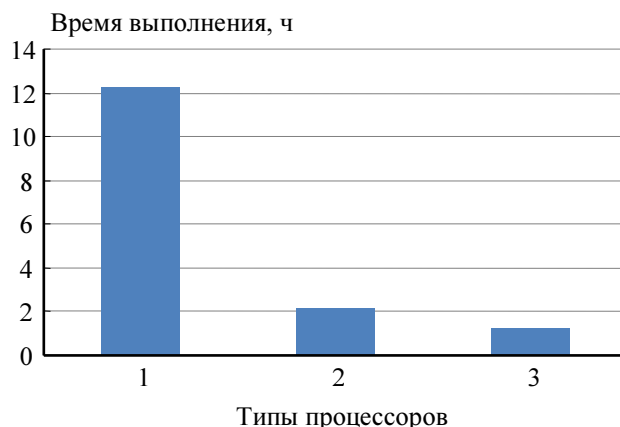


Рис. 5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

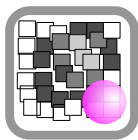
1. Лу Мо Каинг. Создание полигона для тестирования Grid продуктов как оперативного окружения для больших вычислительных центров // Тр. XV Всерос. науч.-метод. конф. «Телематика 2008». СПб., 2008. Т. 2. С. 438.
4. Система численного прогноза погоды WRF-Украина / А. М. Гузий, И. В. Ковалец, А. А. Кушан, М. И. Железняк // Математичні машини і системи. 2008. № 4. С. 123–131.

A. V. Bogdanov, E. N. Stankova, Lu Moe Khaing

ESTIMATION OF POSSIBILITY OF THE WEATHER OF THE WEATHER RESEARCH AND FORECAST MODEL (WRF) IMPLENTATION FOR THE TERRITORY OF SAINT-PETERSBURG ON VIRTUAL TESTBED

The article introduces an operational numerical weather prediction system based on the regional weatherresearch and forecasting model (WRF), which has been ported and localized for the territory of Saint-Petersburg and has intelligent user oriented interface. Since this system requires huge number of parallel computations, it uses the available computational resources of Saint-Petersburg State University to promote weather forecasting and research that advance understanding of weather processes, improve forecasting techniques and increase the utility of forecast information with an emphasis on high-impact weather.

Weather research and forecast model (WRF)



УДК 62-65, 62-686

С. В. Михалев, А. В. Вейнмейстер

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Приводится анализ работы тепловых моделей, широко используемых в преобразователях частоты и цифровых устройствах защиты электродвигателей. Рассматриваются возможные перспективы развития указанных моделей.

Электрическая машина, тепловая модель, автоматизированные системы контроля, тепловая защита

Тепловые модели двигателей находят в настоящее время широкое применение в системах автоматизированного электропривода и цифровых устройствах защиты двигателей. Тепловая модель предназначена для моделирования процессов нагрева и охлаждения двигателя с целью его защиты от всех видов перегрузки. Повышение температуры машины при включении ее под нагрузку в первую очередь отражается на состоянии изоляции обмоток и стали. Многочисленные эксперименты и опыт эксплуатации электрических машин показывают, что для каждого класса изоляционных материалов существует определенный уровень температуры, превышение которого всего на несколько градусов приводит к существенному сокращению срока службы [1].

Предельные допустимые превышения температуры изоляции электрических машин установлены ГОСТ 8865-93.

Вследствие сложности описания процессов нагрева и охлаждения различных частей электродвигателя при разработке тепловых моделей двигателей принимаются, как правило, следующие допущения (классическая теория нагрева [1], [2]):

- вся электрическая машина рассматривается как однородное сплошное тело, обладающее неограниченной теплопроводностью, что приводит к отсутствию градиента температуры по любому направлению в объеме машины;
- источники тепла равномерно распределены по объему электрической машины;
- окружающая среда обладает бесконечно большой теплоемкостью;
- коэффициент теплоотдачи между поверхностью машины и окружающей средой не зависит от места и длительности протекания процесса.

Моделирование нагрева двигателя в тепловых моделях, основанных на этих допущениях, осуществляется в соответствии с дифференциальным уравнением, выражающим баланс энергии электрической машины за время dt [3]:

$$C \frac{d\theta}{dt} = -A\theta + Q, \quad (1)$$

где Q – общее количество тепла, выделяемое в электрической машине (Дж/с); A – теплоотдача электрической машины, т. е. количество тепла, выделяемое ею в окружающую среду (Дж/с·град); θ – превышение температуры машины над температурой окружающей среды, выраженное в градусах; C – теплоемкость электрической машины, т. е. количество тепла, необходимое для повышения ее температуры на 1°C (Дж/°C).

Принимая во внимание, что количество выделяемого в двигателе тепла пропорционально квадрату тока, запишем уравнение (1) в виде:

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau}\theta = \frac{1}{\tau} \left(\Delta\theta_{\text{ном}} \frac{I^2}{I_{\text{ном}}^2} + \theta_{\text{окр}} \right), \quad (2)$$

где $\tau = C/A$ – постоянная времени нагрева или охлаждения двигателя; θ – текущая температура объекта; $\theta_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды; $\Delta\theta_{\text{ном}}$ – температурный перегрев объекта при номинальной мощности; I – текущий ток двигателя; $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток двигателя.

Как правило, при создании тепловых моделей в настоящее время пользуются не решением дифференциального уравнения (2) при постоянном значении тока, а общим численным решением этого уравнения, описывающим любые изменения тока.

Численное решение уравнения (2) определяется выражением

$$\theta(k) = \theta(k - \Delta k) + \frac{\Delta k}{\tau} \left(\frac{I^2}{I_{\text{ном}}^2} - \theta(k - \Delta k) \right),$$

где $\theta(k)$ – относительное превышение температуры в момент k .

Пример реализации тепловой защиты двигателя на базе уравнения (2) представлен на рис. 1.

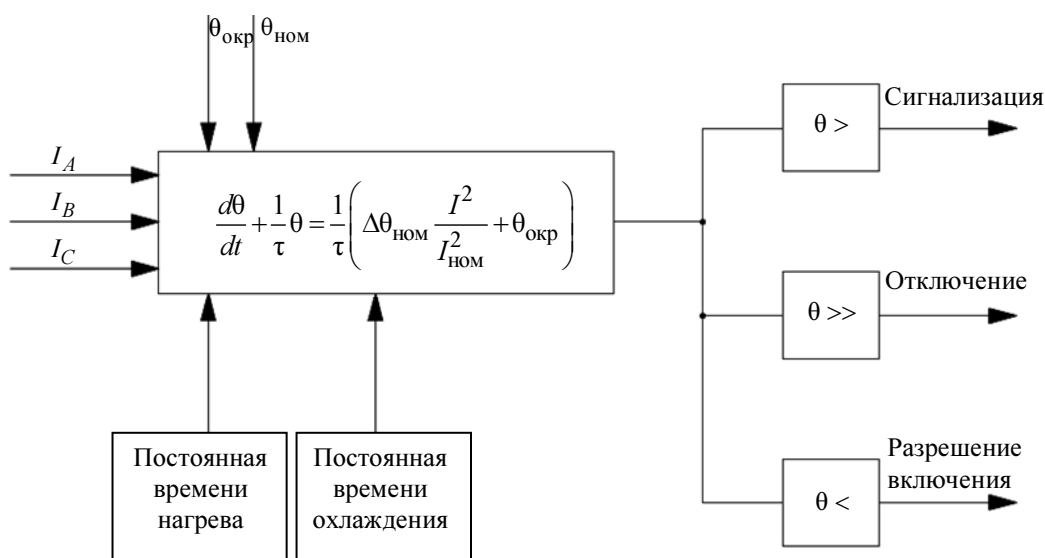


Рис. 1

Отметим некоторые особенности такого способа реализации тепловой защиты:

- необходимость ввода отдельной постоянной времени для процесса охлаждения двигателя в отключенном состоянии, что связано с существенным уменьшением теплоотдачи двигателя при остановленной системе охлаждения, если вентилятор закреплен на валу двигателя;
- необходимость ввода дополнительно тепловой модели ротора для ограничения допустимого числа пусков или прямое ограничение числа пусков из «холодного» и из «горячего» состояний;
- для учета нагрева от токов обратной последовательности, токов высших гармоник и токов негармонических составляющих требуется введение в модель дополнительных уточняющих выражений;
- неизвестные постоянные времени нагрева и охлаждения с достаточной для практического применения модели точностью могут быть определены только экспериментальным путем.

Следует отметить, что делались неоднократные попытки разработки методик определения постоянных времени нагрева и охлаждения электродвигателя по его паспортным данным. Однако экспериментальная проверка указанных методик показывает, что получаемая в результате тепловая модель дает результаты, сильно отличающиеся от реальной температуры двигателя.

Сравним, например, результаты рассчитанные по паспортным данным тепловой модели, с результатами, полученными на физической модели.

В качестве физической модели был использован асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР100S4 мощностью 3 кВт. В качестве датчиков температуры использовались два терморезистора типа ММТ-1, один из которых был механически прикреплен снаружи к корпусу двигателя, а второй встроен в лобовую часть обмоток внутри корпуса.

Анализ тепловых параметров математической модели проводился для следующих режимов:

- пуск и стационарная длительная работа при номинальном напряжении питания с 1,2-номинальной нагрузкой при температуре окружающей среды -20°C до срабатывания защиты или в течение 0,3 ч;
- пуск и работа в повторно кратковременном режиме с ПВ 40 % и продолжительностью цикла ПВ 0,2 ч при номинальном напряжении питания с 1,2-номинальной нагрузкой при температуре окружающей среды -20°C до срабатывания защиты или в течение одного часа.

При проведении эксперимента использовалась тепловая модель, рассчитывающая относительный перегрев двигателя, где за 100 % принято значение перегрева двигателя при длительной работе с номинальной нагрузкой.

Из результатов проведенного эксперимента следует, что тепловая модель соответствует реальному электродвигателю только в очень грубом приближении. Так, во время эксперимента температура нагрева лобовых частей достигла 52°C , а по данным модели относительный перегрев составил более 100 %. Простой расчет показывает, что относительный перегрев в 120 %, при котором защита отключает двигатель, будет соответствовать $62,4^{\circ}\text{C}$, что значительно меньше допустимой температуры нагрева изоляции (105°C). Поэтому применение такой модели не позволяет полностью использовать перегрузочную способность защищаемо-

го электродвигателя. Результаты измерения температуры лобовых частей (зависимость 1) и поверхности асинхронного двигателя (зависимость 2) приведены на рис. 2. Результаты работы тепловой модели приведены на рис. 3 (где $E, \%$ – относительный перегрев двигателя).

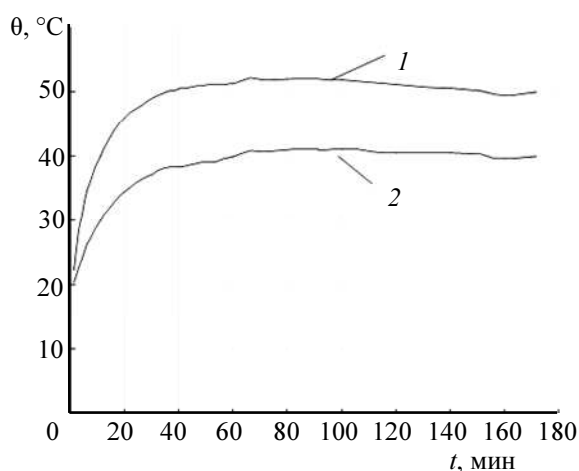


Рис. 2

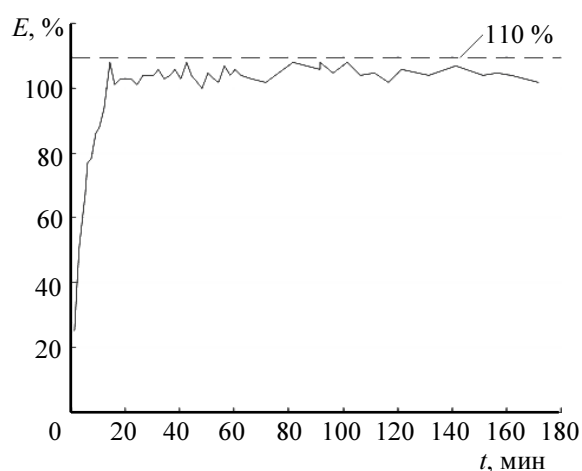


Рис. 3

На основании приведенных данных можно сделать вывод: используемые тепловые модели могут адекватно отражать процесс нагрева электродвигателей только при предварительном определении постоянных времени нагрева и охлаждения экспериментальным методом, что не всегда возможно при проведении пуско-наладочных работ. Вследствие этого в настоящее время перспективными темами научных работ могут являться корректное определение постоянных времени нагрева и охлаждения электродвигателя на основе его паспортных данных, а также разработка тепловых моделей двигателя, не требующих задания экспериментально определяемых параметров. В рамках данной статьи предлагается несколько возможных путей разработки подобных тепловых моделей.

Из методики испытаний электродвигателей, приведенной в [4], известен метод определения температуры обмотки статора двигателя по ее электрическому сопротивлению. Полное сопротивление двигателя может быть определено в процессе его работы, и из него можно получить активное и реактивное сопротивления двигателя. Проведя расчет активных и индуктивных сопротивлений обмоток двигателя [3], получаем параметры эквивалентной Т-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя (рис. 4).

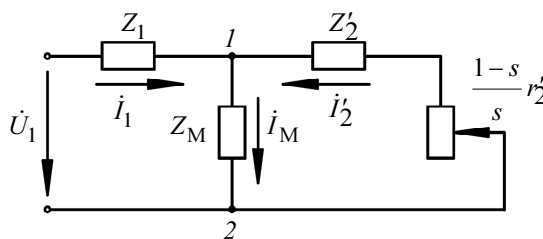


Рис. 4

Рассмотрим влияние величины скольжения (нагрузки) электродвигателя на активную и реактивную составляющие полного сопротивления Z электродвигателя (рис. 5). Показанные на рисунке зависимости носят качественный характер, они были получены моделированием двигателя ДАЗО-1000-6-750 с помощью программы «Mathcad». При моделировании считалось, что двигатель холодный (температурного изменения сопротивлений обмоток не происходит).

Из полученной зависимости реактивного сопротивления двигателя от величины скольжения может быть определено текущее скольжение электродвигателя в зависимости от текущего значения его реактивного сопротивления. В свою очередь, из полученной величины скольжения может быть определено текущее значение активной составляющей со-

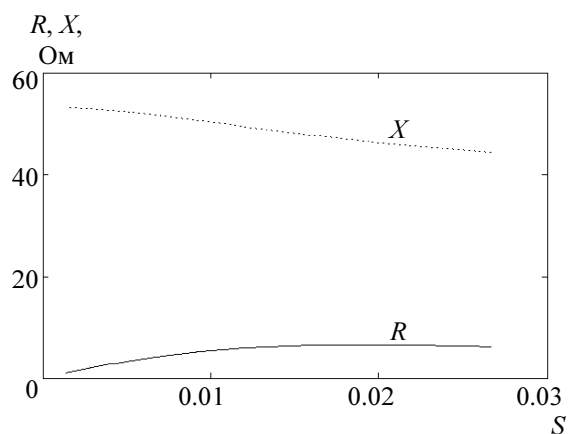


Рис. 5

получаем значение $R_{\text{доб}} = 0,2 \text{ Ом}$. Таким образом, для определения температуры двигателя с точностью 5°C требуется измерение активного сопротивления статора «на ходу» с точностью $0,01 \text{ Ом}$, что в настоящее время недостижимо. Тем не менее, подход может стать актуальным при дальнейшем развитии средств измерения тока и напряжения, например при переходе к оптическим трансформаторам тока и напряжения. Для измерения активного сопротивления обмотки статора может использоваться наложение на питающее напряжение сигналов, например постоянного тока или импульсов низкой частоты, и дальнейшее измерение активного сопротивления обмотки относительно наложенных сигналов. Подобный подход может быть также интересен с точки зрения создания автоматизированной системы оценки состояния обмоток статора.

Альтернативой используемым в настоящее время упрощенным однокорпусным моделям может служить модель, предполагающая представление двигателя в виде совокупности однородных тел (напр. обмотки ротора, активной стали ротора, активной стали статора, обмотки статора, корпуса двигателя). Теория теплообмена для такого представления хорошо

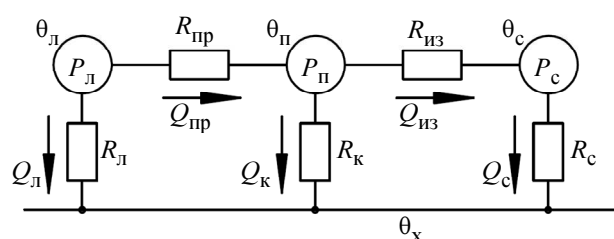


Рис. 6

В данной модели $R_{\text{из}}$ — тепловое сопротивление пазовой изоляции; $R_{\text{л}}$ — тепловое сопротивление лобовой части обмотки; $R_{\text{пр}}$ — тепловое сопротивление металла всех стержней обмотки по длине проводника; $R_{\text{с}}$ — тепловое сопротивление магнитопровода охлаждающему воздуху; $P_{\text{с}}$ — потери сердечника; $P_{\text{л}}$ — суммарные потери лобовых частей обмотки; $P_{\text{п}}$ — потери пазовой части обмотки; $\theta_{\text{л}}$ — температура лобовой части обмотки статора; $\theta_{\text{п}}$ — температура пазовой части обмотки статора; $\theta_{\text{с}}$ — температура активной стали статора; $\theta_{\text{х}}$ — температура охлажденной среды. При расчете динамики нагрева должна быть учтена также теплоемкость каждой из зон, на которые подразделяется электрическая машина. Динамика нагрева рассчитывается путем решения системы уравнений, каждое из

противления. Разница между измеренным значением активного сопротивления и значением, полученным из характеристики R (рис. 4), и составляет то изменение сопротивления, которое обусловлено изменением температуры обмотки. Однако несложный расчет показывает, что при изменении температуры медной обмотки на 100°C сопротивление обмотки увеличится на $R_{\text{доб}} = R_{\text{стат}} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \text{ (Ом)}$, где $R_{\text{стат}}$ — сопротивление статора холодного двигателя. При типовых значениях сопротивления статора $0,5 \text{ Ом}$

разработана в теории проектирования электрических машин [3], а современные процессоры и контроллеры позволяют реализовать расчет таких моделей в реальном времени.

Рассмотрим для примера тепловую схему замещения статора асинхронной машины, представленную на рис. 6.

которых является уравнением теплового баланса отдельной части электрической машины. Решая указанную систему в дискретном виде, получаем температуры частей электрической машины для каждого момента времени.

Сложность практической реализации подобной модели заключается, конечно, не в недостатке вычислительных ресурсов, а в сложности определения коэффициентов теплоемкости и тепловых сопротивлений частей электрической машины. Для расчета указанных коэффициентов, как правило, требуется знание множества неизвестных инженеру на промышленном предприятии конструктивных параметров электрической машины.

В целом задачу можно сформулировать следующим образом:

- известные данные: токи фаз электродвигателя, паспортные данные электродвигателя, структура схемы замещения;
- искомые данные: значения коэффициентов теплоемкости и тепловых сопротивлений частей электрической машины.

Разработка многокорпусной тепловой модели электрической машины, а также определение ее параметров также являются в настоящее время перспективными задачами научной работы.

Рассмотрим еще один подход к созданию тепловой модели двигателя. Поскольку мы, с одной стороны, обладаем некоторыми ориентировочными знаниями о структуре тепловой модели и диапазонах значений ее параметров, но, с другой стороны, точные значения параметров и точная структура модели для данной конкретной машины нам неизвестны, возможен подход к решению подобной задачи на базе теории нейронных сетей. Изучение источников [5], [6] показывает, что решение поставленной задачи возможно путем создания многослойной нейронной сети и дальнейшего ее обучения. Рассмотрим, например, двухслойную (два скрытых слоя) нейронную сеть с обучением. Для предварительного обучения системы предлагается использовать информацию со встроенных температурных датчиков двигателей, обеспечивающих измерение температур θ_n , θ_l , θ_c . В качестве экспертных оценок используются знания о предполагаемой структуре модели и о возможных диапазонах изменения параметров C_n , C_l , C_c , R_{np} , R_l , R_c , $R_{из}$ для выбранного типа электрических машин. В качестве функций активации нейронов целесообразно использовать гиперболический тангенс. Известно [6], что с помощью двухслойной нейронной сети можно получить аппроксимацию любой функции – пределы достижимой точности в этом случае будут определяться количеством нейронов в слоях. Входными параметрами нейронной сети являются значения токов двигателя, выходными параметрами – значения температур θ_n , θ_l , θ_c . Для учета температуры, до которой нагрелась составная часть электродвигателя за прошедшее до текущего момента время, необходимо использование нейронов с обратными связями. Обучение проводится с помощью алгоритма обратного распространения ошибки, при этом в качестве обучающей выборки используются данные о значении токов двигателя и данные, полученные с тепловых датчиков двигателя за некоторый интервал времени.

Рассмотрим далее результаты модельного эксперимента, в котором в качестве обучающей выборки использовались данные от однокорпусной тепловой модели двигателя. Обучающая выборка получена после окончания процесса пуска двигателя. Использована двухслойная сеть с числом нейронов в первом слое – 10, во втором слое – 2. Обучение сети проводилось по методу обратного распространения ошибки. Время обучения на типовой современной ЭВМ составило 30 с. Результаты работы нейронной сети (зависимость I),

в сравнении с результатами однокорпусной тепловой модели (зависимость 2) приведены на рис. 7. Результаты получены при значении нагрузки моделируемого двигателя, отличном от использованного при расчете обучающей выборки.

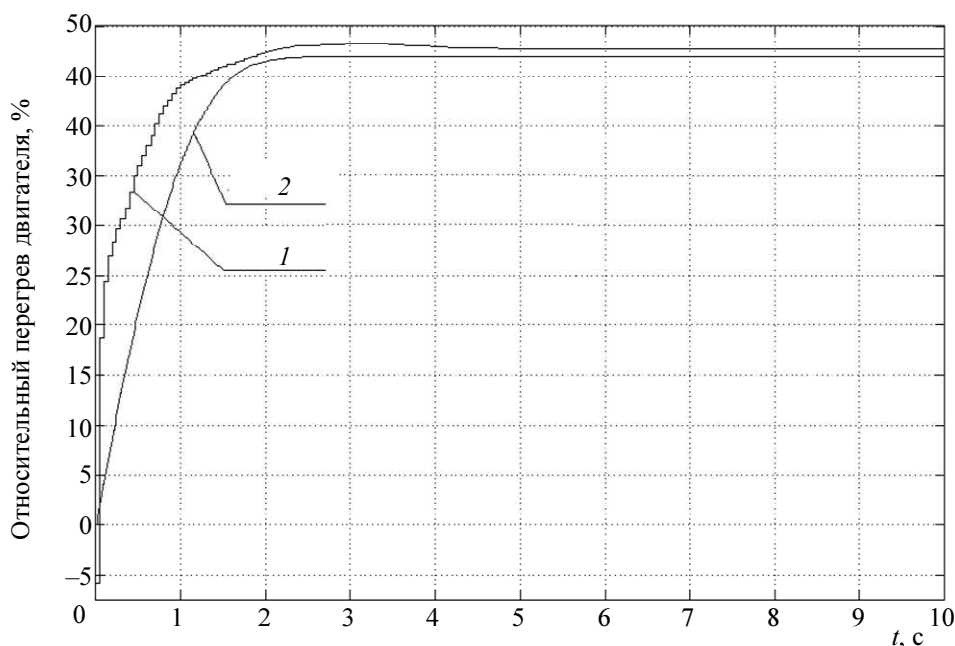


Рис. 7

Полученные результаты доказывают принципиальную возможность создания тепловой модели двигателя на базе нейронной сети, результаты работы которой будут близки к результатам, полученным с помощью однокорпусной тепловой модели. При этом для обучения сети используются экспериментальные данные о нагреве двигателя.

В качестве возможных областей применения уточненных тепловых моделей двигателей можно указать следующие:

1. В управляемом электроприводе — для оценки величины активного сопротивления ротора.
2. В автоматизированных системах диагностики состояния двигателя.
3. В цифровых устройствах защиты электродвигателей — в качестве замены используемым в настоящее время однокорпусным тепловым моделям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов И. Ф. Теплообмен в электрических машинах: Учеб. пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Шнеерсон Э. М. Цифровая релейная защита. М.: Энергоатомиздат, 2007.
3. Проектирование электрических машин / под ред. И. П. Копылова. М.: Энергия, 1980.
4. ГОСТ 7217-87. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний.
5. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2001.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия — Телеком, 2006.

S. V. Michalev, A. V. Weinmeister

THE METHODS OF ELECTRIC MOTORS HEAT MODELS PERFECTING

The analysis of general motors heat models is dedicated. These models are using widely in frequency drives and digital motor protection devices. A possible line of development has been considered.

Electric motor, heat model, automated control system, thermal protection



УДК 534.232

Б. Г. Степанов

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ МНОГОПОЛУВОЛНОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Рассматривается влияние на частотные характеристики широкополосных многополуволновых преобразователей, нагруженных на воду геометрических размеров составляющих их пьезосеуций и параметров согласующих слоев.

Стержневой преобразователь, мощность излучения, полоса пропускания, частотные характеристики

Анализ различных методов расширения полосы пропускания стержневых (пластинчатых) пьезопреобразователей показывает, что энергетически наиболее выгодным является метод использования четвертьволновых согласующих слоев или аналогичных им по действию структур [1]–[3]. Однако даже в этом случае наблюдается существенное уменьшение мощности излучения по сравнению с резонансным режимом работы таких пьезопреобразователей, но без согласующих слоев [4]. Увеличение мощности излучения, при условии сохранения неизменной амплитуды возбуждающего электрического напряжения, возможно двумя путями. Суть этих решений, несмотря на конструктивное отличие, сводится к одному: суммированию колебательной энергии от отдельных частей преобразователя и передачи ее в акустическую нагрузку. Первый путь основан на принципе преобразования направления колебаний в электроакустическом преобразователе, что позволяет эффективно концентрировать колебательную энергию нескольких синфазно колеблющихся стержневых вспомогательных преобразователей (или одного кольцевого) в стержневом резонаторе, служащем рабочим элементом и ориентированном перпендикулярно к вспомогательным преобразователям [5], [6]. Однако преобразователи такого типа удобны лишь для индивидуального использования (ультразвуковая сварка, обработка материалов и т. п.). Компоновка из них акустических антенн затруднительна. Другим путем, более приемлемым для компоновки акустических антенн, является использование стержневого многополуволнового преобразователя [7]–[9]. В общем случае преобразователь такого типа представляет собой стержневую (или пластинчатую) конструкцию, содержащую N полуволновых механически последовательно соединенных пьезоактивных элементов, имеющих собственную резонансную частоту f_N . Возбуждение электрическим напряже-

нием одного пьезоактивного элемента по отношению к другому осуществляется таким образом, чтобы их колебания происходили в противофазе. При этом частота f_N будет резонансной частотой всего многополуволнового пьезостержня (или пьезопластины).

Противофазность электрического включения преобразователей с пьезокерамическими элементами может быть достаточно просто реализована: либо путем выбора противоположной ориентации вектора поляризации в полуволновых пьезоэлементах или образующих их пьезокерамических шайб, либо путем возбуждения через трансформатор с заземленной средней точкой [7]. При этом возможны два варианта в построении многополуволновых преобразователей с противофазным включением (ПВ) пьезоэлементов: увеличение продольных размеров многополуволнового пьезостержня в N раз при сохранении его резонансной частоты f_N или сохранение исходного продольного размера пьезостержня, но путем разделения его на N ПВ-секций и увеличения резонансной частоты преобразователя в N раз. Очевидно, что в первом случае оптимальные четвертьволновые размеры согласующих слоев не изменяются, а во втором случае – уменьшаются в N раз.

При отсутствии пассивных слоев многополуволновый преобразователь позволяет получить по сравнению с однополуволновым в N^2 раз большую мощность излучения. Это обусловлено равенством единице модуля коэффициента передачи по колебательной скорости каждого полуволнового пьезоэлемента, что приводит к синфазному суммированию колебательных скоростей отдельных пьезоэлементов на входе акустической нагрузки.

Рассмотрим влияние способа ПВ полуволновых пьезоэлементов и их продольной геометрии на частотные характеристики (ЧХ) широкополосных многополуволновых преобразователей, содержащих пассивные согласующие слои. Анализ проведем на базе расчетной модели многополуволнового пьезостержня, нагруженного внешними торцами на входные импедансы Z_V и Z_W (рис. 1). В соответствии с результатами работы [9] запишем выражения для колебательных скоростей внешних торцов многополуволнового пьезостержня в следующем виде:

$$\dot{\xi}_0(\psi) = \frac{d_{33}U_m}{S_{33}^E z d \Delta_0} \sum_{i=1}^N (-1)^i \left\{ \cos(1-p_i)\psi - \cos(1-p_{i-1})\psi - j \frac{Z_V}{zS} [\sin(1-p_i)\psi - \sin(1-p_{i-1})\psi] \right\}; \quad (1)$$

$$\dot{\xi}_L(\psi) = -\frac{d_{33}U_m}{S_{33}^E z d \Delta_0} \sum_{i=1}^N (-1)^i \left\{ \cos(p_{i-1}\psi) - \cos(p_i\psi) - j \frac{Z_W}{zS} (\sin(p_{i-1}\psi) - \sin(p_i\psi)) \right\}, \quad (2)$$

где $\Delta_0 = \frac{Z_V + Z_W}{zS} \cos \psi - j \left(1 + \frac{Z_V Z_W}{z^2 S^2} \right) \sin \psi$; U_m – амплитуда электрического напряжения,

возбуждающего ПВ-секции; d_{33} – пьезомодуль; S_{33}^E – упругая податливость; d – межэлектродное расстояние; z и S – удельный импеданс и площадь поперечного сечения пьезостержня; $\psi = kL$; $k = \omega/c$; $p_i = l_i/L$ – относительная координата конца i -й секции; L – длина всего пьезостержня; при этом $p_0 = 0$, а $p_N = 1$.

Колебательные скорости излучающих торцов преобразователя $\dot{\xi}_V$ и $\dot{\xi}_W$ (в соответствии с его расчетной моделью, представленной на рис. 1) определим с использованием понятия коэффициентов передачи по колебательной скорости [10] следующим образом:

$\dot{\xi}_V = K_V \dot{\xi}_0(\psi)$; $\dot{\xi}_W = K_W \dot{\xi}_L(\psi)$, где K_V и K_W – коэффициенты передачи по колебательной скорости через плоскопараллельные слои, с входными импедансами, соответственно, Z_V и Z_W , определяемыми по рекуррентным формулам [10].

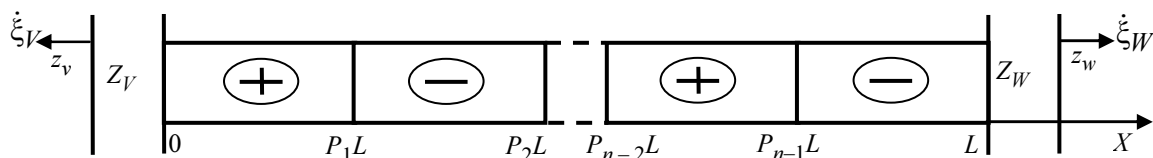


Рис. 1

Оценку тенденций изменения ЧХ выполним на основании расчетов мощности излучения односторонне нагруженного на воду многополуволнового преобразователя. Для удобства отсчета p_i воспользуемся выражением (1), тогда следует принять $Z_W = 0$. При выполнении расчетов будем полагать, что рассматриваемые преобразователи работают в составе антенны, размеры апертуры которой много больше длины волны на нижней частоте рассматриваемого диапазона частот. В этом случае в качестве сопротивления излучения можно считать чисто активную нагрузку, определяемую удельным импедансом z_v полубезграничной среды, в которую происходит излучение. Тогда в качестве расчетных соотношений можно использовать выражения для мощности излучения: $W_V = 0.5 \operatorname{Re} Z_S |\dot{\xi}_V|^2 = 0.5 z_v |\dot{\xi}_V|^2$.

В качестве параметров сравнения будем рассматривать: уровень мощности излучения $W_{\max}/W_0$, степень неравномерности ЧХ $W_{\min}/W_{\max}$ и относительную полосу пропускания $\Delta f/f$. Здесь $W_{\min}$ и $W_{\max}$ – значения наименьшего минимума и наибольшего максимума удельной мощности излучения в полосе частот; W_0 – удельная мощность излучения на резонансной частоте односторонне нагруженного полуволнового пьезостержня без пассивных слоев. Необходимым условием сохранения широкополосности ЧХ является: $W_{\min}/W_{\max} \geq 0.5$. В табл. 1 приведены значения указанных параметров, а также значения оптимальных удельных импедансов для одного и двух четвертьволновых согласующих слоев,

Таблица 1

Пьезоактивный стержень	$z \cdot 10^{-6}$, Па · с/м		$\frac{W_{\max}}{W_0}$	$\frac{W_{\min}}{W_{\max}}$	$\frac{\Delta f}{f}$, %
	z_1	z_2			
Полуволновый	5.8	–	0.134	0.50	47.0
	3.5	12.5	0.078	0.596	77.9
Двухполуволновый	6.8	–	0.400	0.50	33.5
	3.5	15.5	0.220	0.800	52.3
	4.0	17.0	0.221	0.704	54.0
	4.5	18.5	0.236	0.584	54.6
Трехполуволновый	7.3	–	0.765	0.50	26.0
	4.5	20.5	0.434	0.766	40.1
	5.0	22.5	0.451	0.677	40.5
	5.5	24.0	0.472	0.593	40.9
Четырехполуволновый	7.55	–	1.260	0.50	21.5
	5.5	25.5	0.761	0.723	31.6
	6.0	27.5	0.785	0.650	31.8
	6.5	29.0	0.804	0.593	32.0

обеспечивающих достижение максимальной полосы пропускания. Причем для двух четвертьволновых согласующих слоев приводится несколько вариантов их значений, дающих близкие по полосе пропускания результаты. На рис. 2 и 3 показан характер изменения основных параметров ЧХ мощности излучения для многополуволновых преобразователей, соответственно, с одним и двумя согласующими слоями в зависимости от значения удельных импедансов слоев, контактирующих с излучающим торцом пьезоэлемента. Номера кривых здесь соответствуют: 1 – $W_{\max}/W_0$; 2 – $W_{\min}/W_{\max}$; 3 – $\Delta f/f$. Сплошные линии на рисунках относятся к полуволновому пьезостержню; штриховые линии – двухполуволновому пьезостержню; штрихпунктирные линии – трехполуволновому пьезостержню; пунктирные линии – четырехполуволновому пьезостержню.

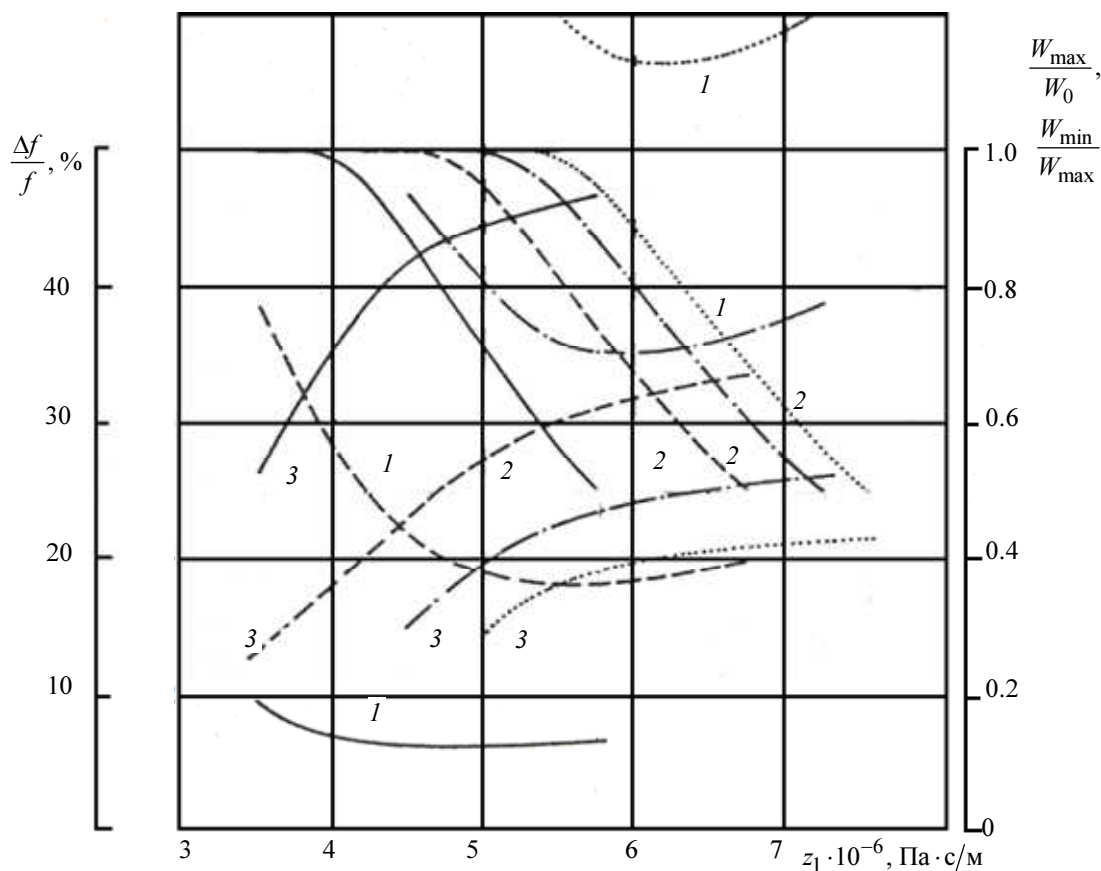


Рис. 2

На кривых рис. 3 вторые цифры указывают значения удельного импеданса $z_1 \cdot 10^{-6}$ [Па · с/м] согласующего слоя, контактирующего с водной средой.

Для многополуволновых преобразователей использование трех и более согласующих слоев не дает удовлетворительных результатов, поскольку не удастся найти необходимые значения удельных импедансов. Исключение составляет двухполуволновый преобразователь, для которого $z_1, z_2, z_3 = (3; 11.5; 27)10^6$ Па · с/м; $W_{\min}/W_{\max} = 0.564$; $\Delta f/f = 62$ %, т. е. значение степени неравномерности АЧХ близко к критическому.

Сравнение результатов расчета по отношению к однополуволновому преобразователю показывает, что по мере увеличения числа ПВ полуволновых пьезоэлементов:

– увеличиваются оптимальные значения удельных импедансов согласующих слоев, что в ряде случаев может упростить выбор необходимых для них материалов;

– возрастает удельная мощность излучения: для преобразователей, содержащих двухполуволновый пьезостержень, в среднем в 3 раза, трехполуволновый – в 5.8 раза, четырехполуволновый – в 9.6 раза;

– уменьшается относительная полоса пропускания для преобразователей, содержащих двухполуволновый пьезостержень, в среднем в 1.4 раза, трехполуволновый – в 1.9 раза, четырехполуволновый – в 2.4 раза.

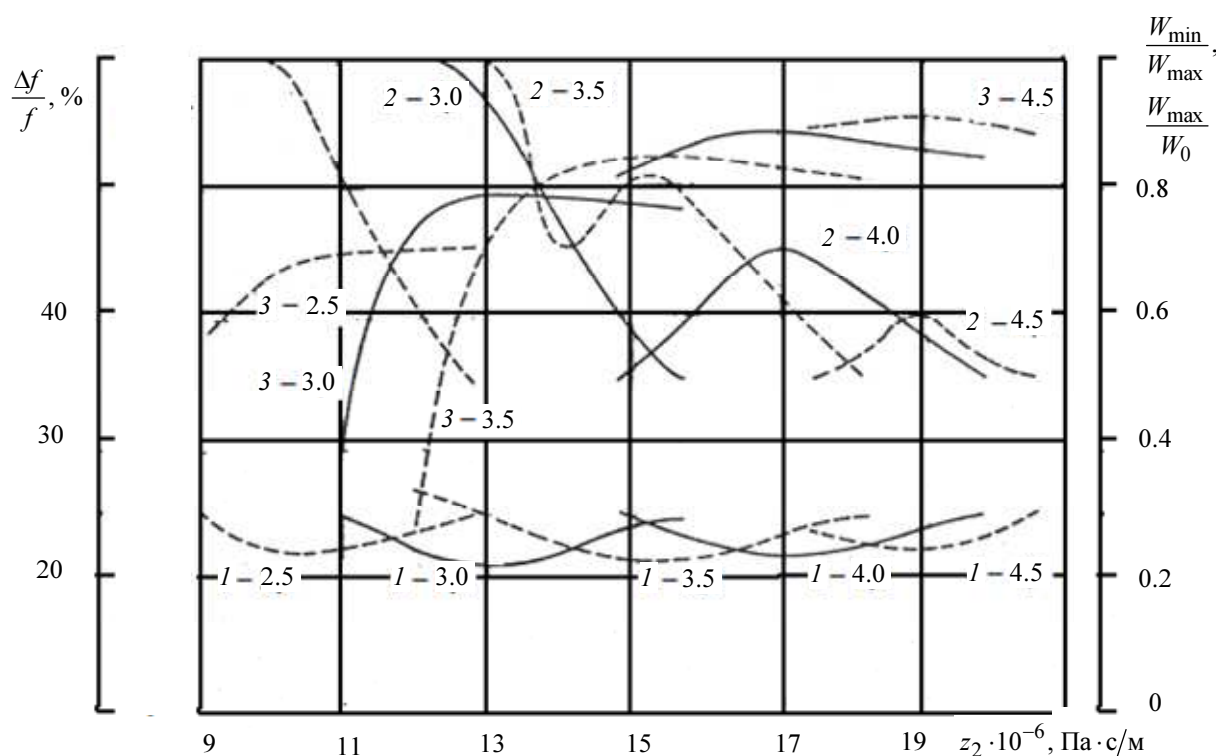


Рис. 3

Уменьшение полосы пропускания многополуволновых преобразователей с ростом N , по-видимому, связано с дополнительным фазовым набегом, возникающим при прохождении звуковой волны через ПВ полуволновые пьезоэлементы, который увеличивается при отходе частоты от f_N и в итоге приводит к ухудшению степени согласования преобразователей со средой. Это обстоятельство отражается и на увеличении неравномерности фазочастотной характеристики излучения.

В соответствии с вариантами построения многополуволновых преобразователей, при использовании формул (1) и (2), также возможны два варианта представления результатов расчета ЧХ мощности излучения. На рис. 4 приведены примеры расчета ЧХ мощности излучения в соответствии с этими вариантами для одно-, двух- и трехполуволновых преобразователей (соответственно, кривые 1, 2 и 3), содержащих один согласующий слой с оптимальными параметрами. Для первого варианта, когда продольные размеры пьезостержня увеличиваются с ростом N , в указанных формулах следует последовательно делать замену волнового размера ψ на $N\psi$. Тогда все ЧХ многополуволновых преобразователей будут располагаться в области резонансной частоты одного полуволнового элемента, т. е. $\psi \approx \pi$ или $\psi/\pi = f/f_N \approx 1$ (рис. 4, а). Во втором варианте, при сохранении волнового раз-

мера ψ пьезостержня и уменьшении в N раз волновой толщины согласующих накладок, ЧХ многополуволновых преобразователей будут разнесены по оси частот и, соответственно, будут располагаться для однополуволнового преобразователя в области $\psi \approx \pi$, для двухполуволнового преобразователя – $\psi \approx 2\pi$, для трехполуволнового преобразователя – $\psi \approx 3\pi$ и т. д. (рис. 4, б). Указанные различия при проведении расчетов не сказываются на итоговых численных оценках. В дальнейшем при графическом представлении результатов расчетов ЧХ будем использовать первый вариант.

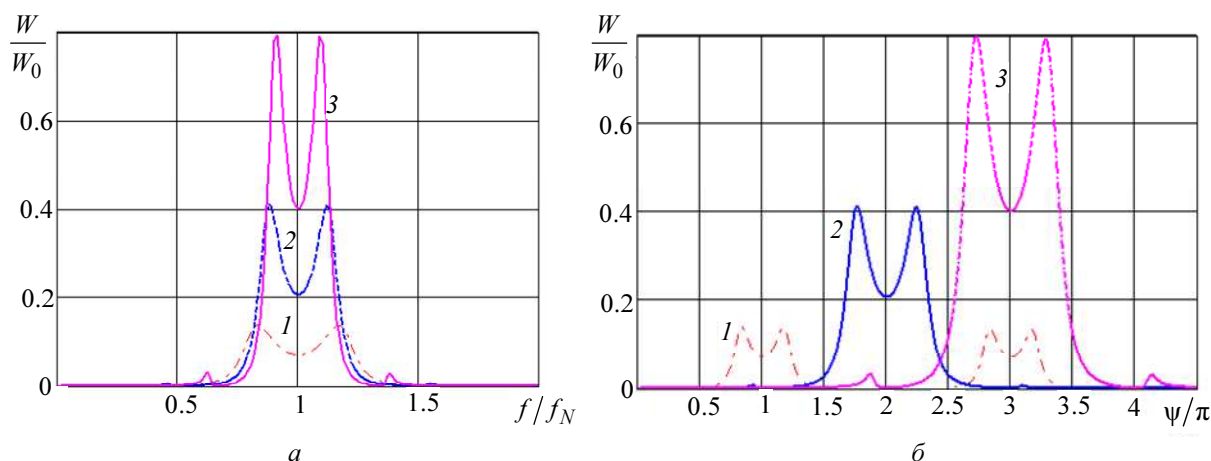


Рис. 4

При использовании механической трансформации площади поперечного сечения согласующих слоев удастся дополнительно увеличить полосу пропускания многополуволновых преобразователей, однако это сопряжено с уменьшением мощности излучения и необходимостью применения согласующих слоев с меньшим значением удельных импедансов, подобно тому, как это происходит для преобразователя с полуволновым пьезостержнем.

Когда многополуволновый пьезостержень (или пьезопластина) нагружен на полупространство с удельным импедансом z (например, $Z_V = z$ – случай акустически согласованной нагрузки), мощность излучения увеличивается в N^2 раз. При этом относительная полоса пропускания, которая для $N = 1$ составляет $\Delta f/f = 73\%$, соответственно, уменьшается для $N = 2$ в 1.7 раза, для $N = 3$ – в 2.5 раза, для $N = 4$ – в 3.4 раза. Во всех случаях ЧХ такого многополуволнового преобразователя имеет только один максимум, а фазо-частотная характеристика является линейно изменяющейся функцией.

Следует отметить, что для многополуволновых широкополосных преобразователей эффект от последующего увеличения числа ПВ полуволновых пьезоэлементов постепенно ослабляется. Это иллюстрируется табл. 2, где приведены средние значения отношений $(W_{\max})_{N+1}/(W_{\max})_N$ и $(\Delta f/f)_{N+1}/(\Delta f/f)_N$, характеризующие последующее увеличение мощности излучения и уменьшение полосы пропускания.

Таблица 2

Характер акустической нагрузки	Соотношение числа полуволновых пьезоэлементов с ПВ $N + 1/N$	2/1	3/2	4/3
Акустически согласованная	$(W_{\max})_{N+1}/(W_{\max})_N$	4.0	2.25	1.78
	$(\Delta f/f)_{N+1}/(\Delta f/f)_N$	0.59	0.68	0.74
Согласующие слои	$(W_{\max})_{N+1}/(W_{\max})_N$	3.0	1.9	1.65
	$(\Delta f/f)_{N+1}/(\Delta f/f)_N$	0.71	0.77	0.80

Для рассматриваемых многополуволновых преобразователей, помимо основной ЧХ, наблюдаются небольшие дополнительные максимумы, симметрично расположенные ниже и выше частоты f_N . С учетом принятого одномерного приближения число этих максимумов будет составлять $2(N-1)$. Для преобразователей с одним и двумя согласующими слоями ближайшие дополнительные максимумы относительно f_N , соответственно, отстоят: в случае двухполуволнового пьезостержня на $\pm 0.53f_N$ и $\pm 0.59f_N$, трехполуволнового – на $\pm 0.38f_N$ и $\pm 0.44f_N$, четырехполуволнового – на $\pm 0.29f_N$ и $\pm 0.34f_N$. Величина этих максимумов невелика и составляет для одного слоя $(0.04...0.06)W_{\max}$; а для двух слоев $(0.1...0.2)W_{\max}$. С увеличением значений удельных импедансов согласующих слоев дополнительные максимумы имеют тенденцию к возрастанию. Наличие ближайшего высокочастотного дополнительного максимума при дополнительном разделении ПВ полуволновых пьезоэлементов на секции и специальном фазированном их возбуждении может способствовать увеличению полосы пропускания многополуволновых преобразователей [11].

В случае когда ПВ пьезоэлементы не являются полуволновыми, основная ЧХ мощности излучения становится несимметричной. На рис. 5 и 6 приведены результаты расчетов ЧХ мощности излучения двух- и трехполуволновых преобразователей с одним четвертьволновым слоем, с удельным импедансом, соответственно, $z_1 = (6; 7)10^6$ Па · с/м, когда происходит смещение границ раздела между ПВ пьезоэлементами и волновая длина последних становится отличной от полуволновой. Стрелками и буквами на рисунках преобразователей показаны варианты направления смещения границ раздела ПВ пьезоэлементов относительно их полуволновой длины. Штриховые кривые 1 соответствуют случаю полуволновых пьезоэлементов. В частности, на рис. 5, а приведены результаты расчетов ЧХ мощности излучения двухполуволнового преобразователя и приняты следующие обозначения кривых: 1 – $p = 0.5$; а) 2 – $p = 0.6$; 3 – $p = 0.7$; б) 4 – $p = 0.4$; 5 – $p = 0.3$. На рис. 5, б и 6 приведены результаты расчетов ЧХ мощности излучения для трехполуволновых преобразователей при различном характере смещения границ раздела между ПВ пьезоэлементами. Так, на рис. 5, б перемещение границ раздела происходит при условии сохранения полуволнового размера центрального пьезоэлемента и номера кривых соответствуют: 1 – $p_1 = 0.333$, $p_2 = 0.666$; а) 2 – $p_1 = 0.383$, $p_2 = 0.717$; 3 – $p_1 = 0.433$, $p_2 = 0.767$; б) 4 – $p_1 = 0.283$, $p_2 = 0.617$; 5 – $p_1 = 0.233$, $p_2 = 0.567$. На рис. 6, а происходит поочередное изменение координаты границы раздела двух смежных секций p_1 или p_2 при условии, что длина третьей ПВ полуволновой пьезосекции не изменяется. Номера кривых при этом соответствуют: 1 – $p_1 = 0.333$, $p_2 = 0.666$; а) $p_2 = 0.666 - \text{const}$, 2 – $p_1 = 0.433$, 3 – $p_1 = 0.533$; б) $p_1 = 0.333 - \text{const}$, 4 – $p_2 = 0.567$; 5 – $p_2 = 0.467$. На рис. 6, б происходит симметричное перемещение границ раздела p_1 и p_2 , при котором уменьшается (а) или увеличивается (б) волновой размер центральной ПВ-пьезосекции. Номера кривых здесь соответствуют: 1 – $p_1 = 0.333$, $p_2 = 0.666$; а) 2 – $p_1 = 0.383$, $p_2 = 0.617$; 3 – $p_1 = 0.433$, $p_2 = 0.567$; б) 4 – $p_1 = 0.283$, $p_2 = 0.717$; 5 – $p_1 = 0.233$, $p_2 = 0.767$.

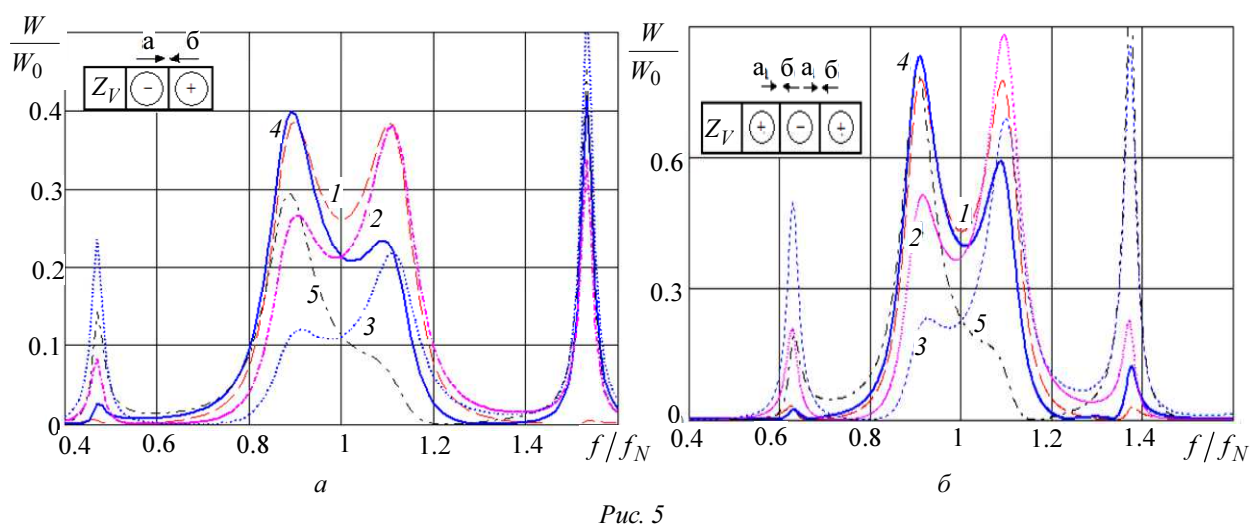


Рис. 5

Приведенные результаты расчетов показывают, что при увеличении волнового размера пьезоэлемента, примыкающего к согласующим слоям, относительно его полуволновой длины, в основной ЧХ многополуволнового преобразователя наблюдается уменьшение низкочастотного максимума, а при уменьшении волнового размера указанного пьезоэлемента – уменьшение высокочастотного максимума. Когда структура многополуволнового пьезостержня становится несимметричной (рис. 5 и 6, а), то по мере увеличения отклонения размеров пьезоэлементов от полуволнового (в сторону больших или меньших значений) возрастают низкочастотный и особенно высокочастотный дополнительные максимумы, а уровень в области основной ЧХ падает, становясь меньше дополнительных максимумов. При симметричной структуре многополуволнового пьезостержня (рис. 6, б) указанное

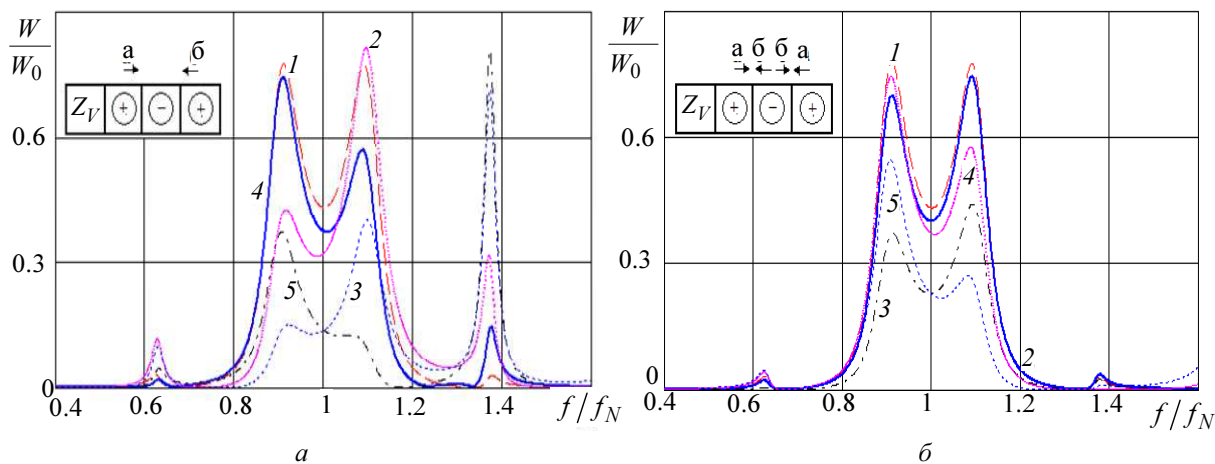


Рис. 6

отличие в волновых размерах ведет к вырождению ближайших дополнительных максимумов. Отмеченные особенности изменения основной ЧХ многополуволнового преобразователя могут быть использованы при их разработке и как один из вариантов коррекции (выравнивания максимумов ЧХ), например, в случае отклонения волновой длины согласующих слоев от оптимальной величины. Что касается последнего обстоятельства, то влияние его известно: при уменьшении волнового размера согласующего слоя относительно его четвертьволнового значения увеличивается низкочастотный максимум ЧХ, а при увеличении – высокочастотный. Причем изменение волновой длины согласующих слоев практически не сказывается на величине дополнительных максимумов.

Все полученные результаты могут быть использованы и при разработке многополуволновых пластинчатых преобразователей, построенных подобно стержневым.

В случае двусторонней нагруженности многополуволновых преобразователей все отмеченные закономерности в целом сохраняются. Причем по мере увеличения импедансов согласующих слоев уменьшается уровень тыльного излучения W_W/W_V до 4–5 %. Однако для одних и тех же значений удельных импедансов согласующих слоев при изменении числа ПВ полуволновых пьезоэлементов минимальный уровень W_W/W_V остается прежним.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин Б. А., Павин Н. Я. Сравнительный анализ и энергетические оценки широкополосных пьезопреобразователей // Дефектоскопия. 1979. № 1. С. 61–66.
2. Дианов Д. Б., Задириенко И. М. К вопросу о расширении частотной полосы стержневых преобразователей с помощью тонких слоев // Акуст. журн. 1978. Т. 24, № 5. С. 784–787.
3. А. с. 612716 СССР, МКИ В06В 1/06. Пьезокерамический преобразователь / Б. А. Касаткин; опубл. 30.06.78. Бюл. № 24.
4. Алексеев Б. Н., Дианов Д. Б. О расширении полосы пропускания пьезокерамических преобразователей с помощью переходных слоев // Акуст. журн. 1974. Т. 20, № 5. С. 663–668.
5. Поволоцкая Г. Ф. Теоретическое исследование с преобразованием направления колебаний // Акуст. журн. 1974. Т. 20, № 1, С. 87–94.
6. Itoh K., Mori E. Ultrasonic power accumulation by use of directional converter // Japanese J. of Applied Physics. 1981. Vol. 20. P. 173–176.
7. Степанов Б. Г. Многополуволновые стержневые преобразователи // Гидроакустическая энциклопедия / под ред. В. И. Тимошенко. Таганрог: Изд-во ТГРУ, 1999.
8. Дианов Д. Б., Степанов Б. Г. К вопросу расчета частотных характеристик стержневого преобразователя с фазированным возбуждением его пьезосекций // Изв. ЛЭТИ: сб. науч. тр. 1983. Вып. 325. С. 23–32.
9. Степанов Б. Г. Влияние противозащитного включения пьезоэлементов на частотные характеристики стержневых преобразователей // Деп. в ВИНТИ, 1985. № 665 – 85. 12 с.
10. Дианов Д. Б., Кузнецов В. М. Влияние переходных слоев на частотные характеристики стержневых пьезопреобразователей // Изв. ЛЭТИ. 1968. Вып. 63. С. 60–78.
11. Степанов Б. Г. Однонаправленный многополуволновый преобразователь // Изв. ЛЭТИ: сб. науч. тр. 1987. Вып. 385. С. 43–53.

B. G. Stepanov

BROADBAND MULTIHALF-WAVE TRANSDUCERS

Work of the broadband multihalf-wave transducers loaded on water and influence on their frequency characteristics of the geometrical sizes composing them piezosection and parameters of agreeing layers is considered

Rod transducer, radiation power, passband, frequency characteristics

УДК 53.082

А. Н. Соколов, С. В. Попков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ПЬЕЗОТЕНЗОДАТЧИКОВ

С использованием метода конечных элементов исследовано напряженно-деформированное состояние рабочего органа установки для калибровки пьезотензодатчиков – балки равного сопротивления. Определены коэффициент связи между смещением конца балки и относительной деформацией ее рабочего участка, а также оптимальное положение рабочего участка по длине балки.

Пьезоэлектрический эффект, динамическая деформация, калибровка, чувствительность

Измерение динамических сил и потоков колебательной мощности, излучаемой техническими средствами, позволяет количественно оценивать вклад в колебания фундаментных

конструкций как каждого в отдельности пути распространения колебаний от работающего оборудования (например, опорные и неопорные связи), так и изделия в целом как источника колебаний [1]. Важной составляющей такого подхода является измерение потоков колебательной энергии в стержневых и пластинчатых конструкциях, для чего необходимо определять динамические силы и моменты в сечениях рассматриваемых элементов.

Для определения динамических сил и моментов разработаны и активно применяются косвенные методы, основанные на измерении относительной динамической деформации. В последнее время в практике виброакустических испытаний для измерения относительных динамических деформаций стали применяться тензодатчики на основе поливинилиденфторидных (ПВДФ) пленок [2], [3].

Важной составляющей для получения достоверных данных с помощью пьезопленочных тензодатчиков является наличие надежных средств определения их характеристик, в первую очередь чувствительности. Анализ специфики пьезополимерной пленки как чувствительного элемента тензодатчиков позволяет выделить следующие чувствительности пьезотензодатчиков: основная, поперечная, акселерометрическая (к колебательному ускорению), акустическая (к звуковому давлению). В связи с этим, в процессе калибровки пьезотензодатчиков (ПТД) по основной чувствительности необходимо учитывать наличие паразитных чувствительностей.

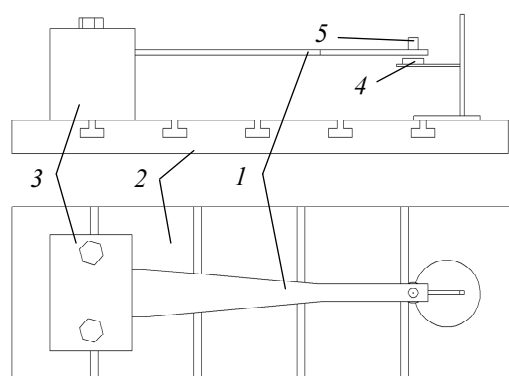


Рис. 1

Одним из средств калибровки тензодатчиков является установка на основе балки равного сопротивления [4], [5]. Установка (рис. 1) состоит из балки 1, зашпеленной на фундаменте 2 с помощью опоры 3, системы возбуждения на основе электромагнитного капсюля 4 и эталонного вибропреобразователя 5. Ввиду малой мощности возбудителя для получения приемлемых деформаций установка работает на первом резонансе консольных изгибных колебаний балки.

Идея использования консольной балки равного сопротивления для калибровки датчиков деформации заключается в том, что на верхней и нижней поверхностях такой балки относительные деформации не зависят от продольной координаты x , а смещение конца балки линейно связано с динамической деформацией рабочего участка. Однако, как будет показано далее, первый тезис справедлив только для статической деформации. Целью настоящей статьи является расчет параметров балки равного сопротивления для обоснования места расположения калибруемого ПТД.

Для наименьшей погрешности определения чувствительности испытуемого датчика рабочий участок выбирается исходя из следующих требований:

- поле деформаций в продольном направлении (x) имеет наименьший градиент;
- отношение продольных деформаций к поперечным имеет максимальное значение (для снижения влияния паразитной поперечной чувствительности);
- смещения балки в вертикальном направлении минимальны (для снижения влияния паразитной акселерометрической чувствительности).

Для определения коэффициента связи между смещением конца балки и относительной деформацией ее рабочего участка, а также нахождения наилучшего рабочего участка были произведены расчеты методом конечных элементов.

Консольная балка разбивалась тетраэдральным квадратичным десятиузловым элементом типа SOLID92. Конечно-элементная модель балки изображена на рис. 2.

Для материала балки принимались следующие параметры: модуль Юнга – $2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона – 0.3, плотность – 7800 кг/м^3 . В основании конической части балки задавались нулевые смещения в направлениях x и z .

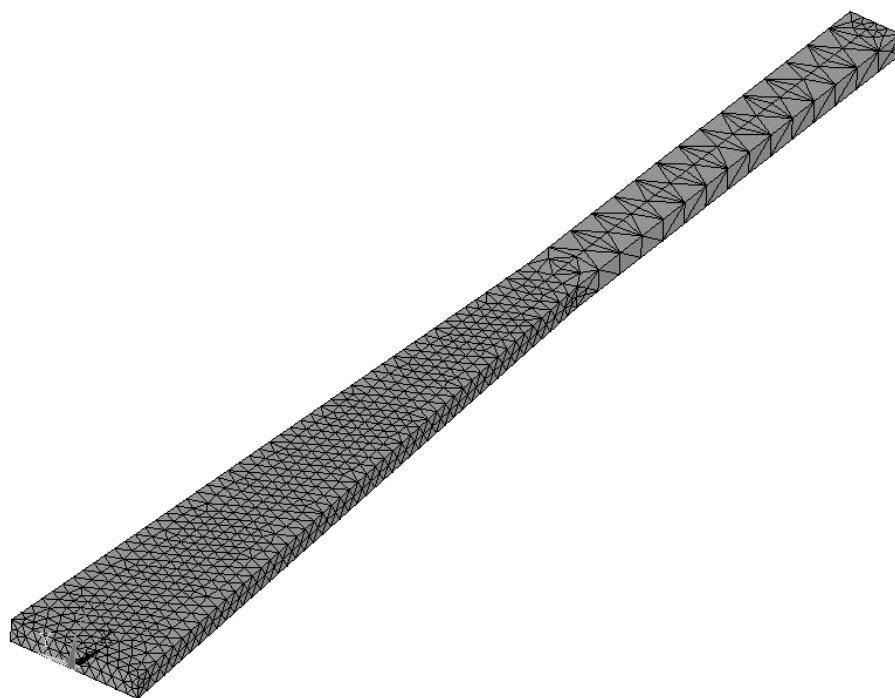


Рис. 2

На первом этапе для определения рабочей частоты балки были рассчитаны частоты и формы собственных колебаний в диапазоне до 250 Гц. Результаты расчета представлены в таблице.

№	f , Гц	Форма
1	42.055	Изгиб в плоскости xz
2	171.98	Изгиб в плоскости xy
3	206.19	Изгиб в плоскости xz

Таким образом, рабочая частота балки составляет 42.055 Гц.

Для определения коэффициента связи между деформацией рабочего участка и смещением конца балки на рабочей частоте установки был произведен расчет вынужденных колебаний заземленной балки. Расчетная модель аналогична той, что использовалась при модальном анализе (рис. 2), только добавлялось еще одно граничное условие в точке установки эталонного акселерометра – постоянное смещение (0.001 м) в диапазоне частот 1...250 Гц.

На рис. 3, 4 представлены контурные графики относительных деформаций в направлениях x и y на рабочей частоте установки (42 Гц) соответственно.

На рис. 3 видно, что на рабочем участке балки на частоте 42 Гц поле относительных деформаций в продольном направлении (x) неоднородно, а разброс значений достигает 60 %.

На рис. 4 видно, что поле напряжений в поперечном направлении (y) также неоднородно. Однако более существенным является то, что относительные деформации в продольном направлении всего в три раза превышают деформации в поперечном направлении.

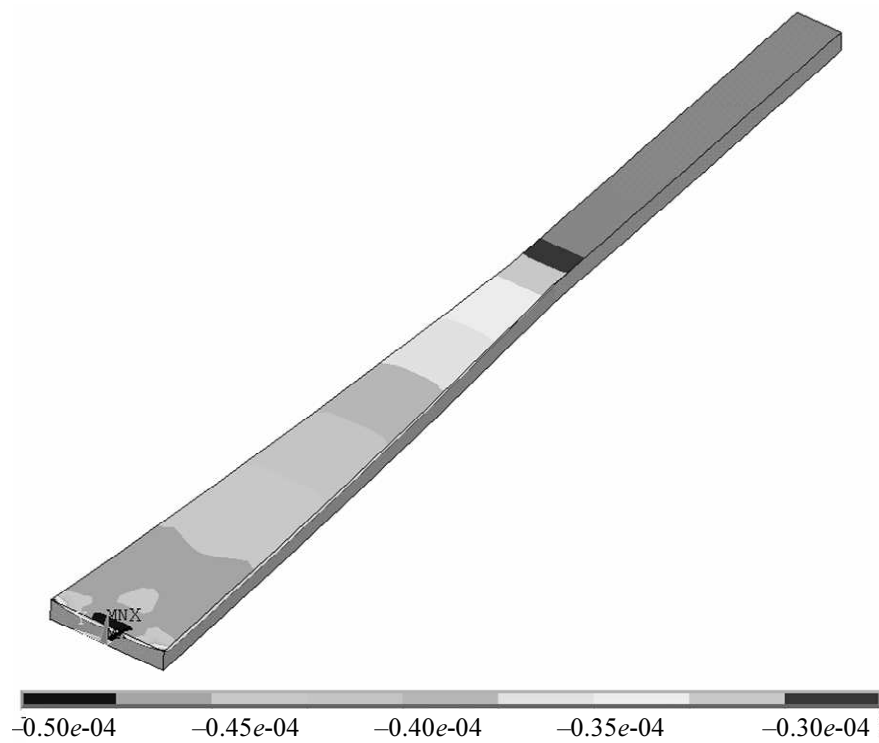


Рис. 3

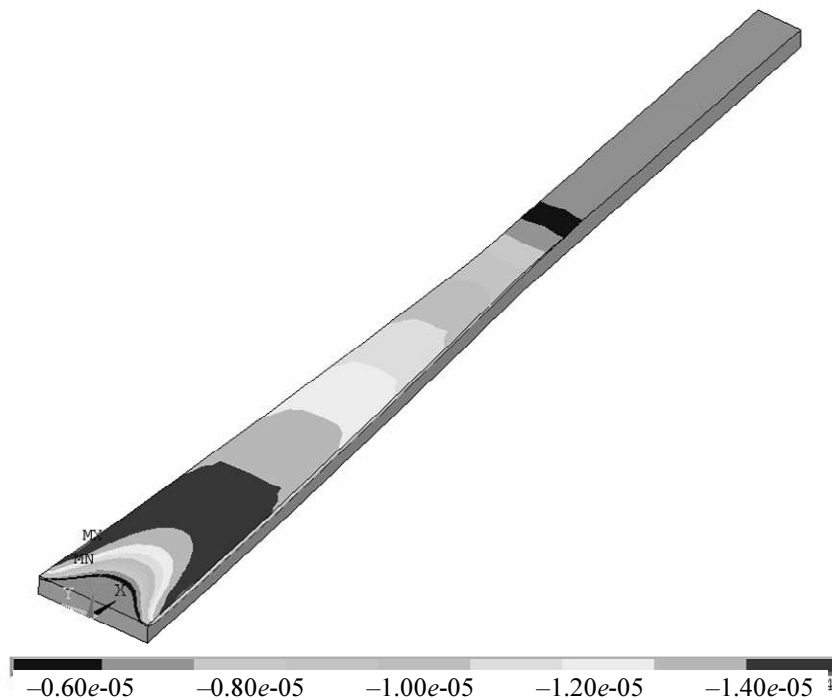


Рис. 4

Согласно [5] и [6] для балки равного сопротивления при статическом нагружении связь смещения ее конца с относительной деформацией на верхней и нижней гранях выражается соотношением

$$\varepsilon = \frac{h}{0.945 \cdot L^2} \Delta z, \quad (1)$$

где $h = 0.0099$ м – толщина балки; $L = 0.507$ м – длина балки. Наличие постоянного множителя 0.945 обусловлено тем, что рассматриваемая балка является составной [6].

На рис. 6 представлены спектры реальных частей относительных деформаций в продольном направлении в различных точках вдоль оси балки, в диапазоне частот 0...50 Гц. Схема точек, в которых представлены значения, приведена на рис. 5, расстояние между точками составляет 14.5 мм.

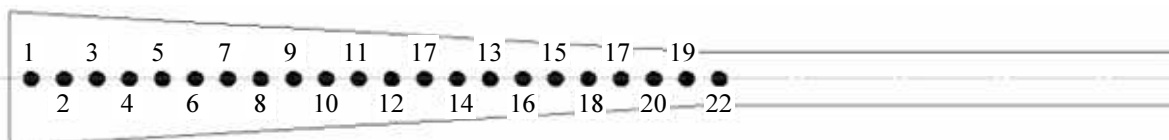


Рис. 5

На рис. 6 видно, что на самых низких частотах значения деформаций рассчитанные по формуле (1) совпадают с решением методом конечных элементов, но уже с 10...15 Гц начинает сказываться 2-я форма изгибных колебаний (206 Гц), при которой часть рабочего участка балки испытывает деформации сжатия (отрицательные деформации), другая часть — растяжения (положительные деформации). На рабочей частоте балки деформации рабочего участка имеют одинаковый знак, но влияние 2-й формы колебаний приводит к тому, что разница между ними в точках 1 и 21 составляет 1.5 раза.

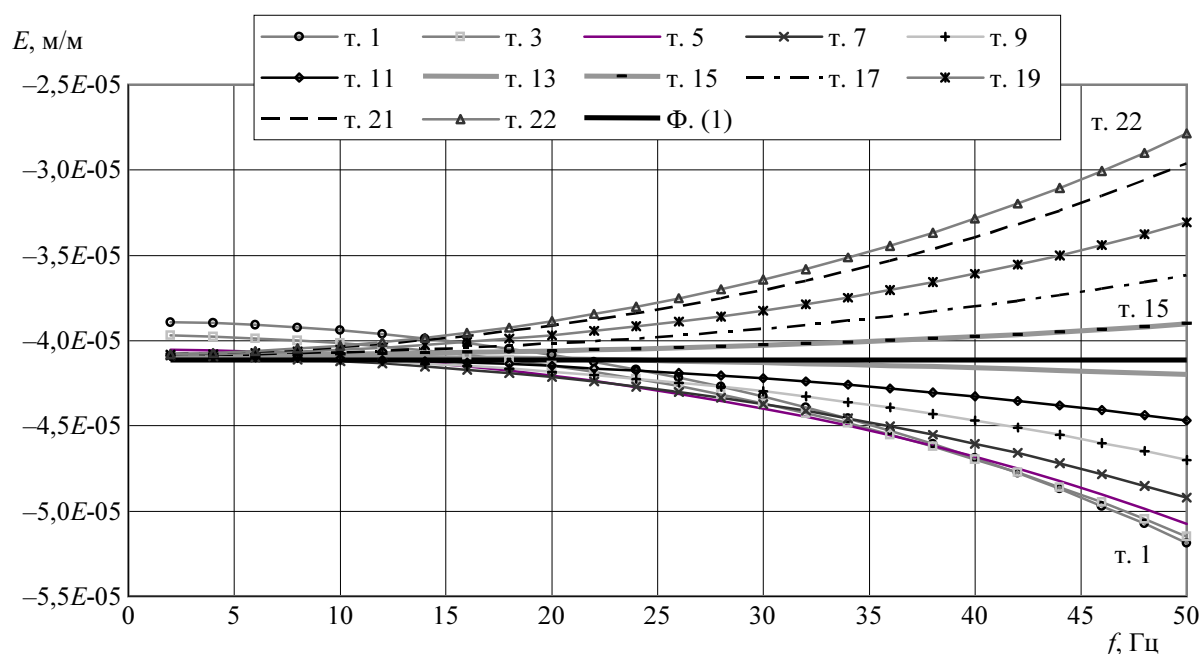


Рис. 6

Анализируя рис. 3, 4, 6, можно заключить, что наилучшим рабочим участком с точки зрения минимизации влияния паразитных чувствительностей является участок на расстоянии 5 см от основания конической части балки (между точками 13 и 15 на рис. 5). Коэффициент связи между деформацией рабочего участка и смещением конца балки на рабочей частоте установки определяется из рис. 6.

Таким образом, в результате исследования установлено:

- наилучшим рабочим участком с точки зрения минимизации влияния паразитных чувствительностей является участок на расстоянии 5 см от основания конической части балки;
- при работе установки на частоте первого изгибного резонанса балки нельзя пользоваться соотношениями, описывающими статическое напряженно-деформируемое состояние (ошибка более 10 %);

– на рабочем участке продольные относительные деформации в 3–4 раза превышают поперечные, что удовлетворяет заданным условиям;

– влияние второй формы изгибных колебаний балки приводит к неоднородности поля деформаций на рабочем участке, вследствие чего необходимо учитывать продольные размеры испытуемого датчика в части влияния на коэффициент установки.

В заключение стоит отметить, что, несмотря на ряд недостатков, установка на основе балки равного сопротивления является надежным средством для калибровки пьезотензодатчиков многократного применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попков В. И., Попков С. В. Колебания механизмов и конструкций. СПб.: Сударыня, 2009.
2. Измерение потоков колебательной энергии в стержневых конструкциях с помощью пьезотензодатчиков многократного применения / В. В. Безъязычный, А. И. Курбатов, В. И. Попков, А. Г. Трошин // Техн. акустика. 1999. Т. 5, вып. 1–2 (15–16). С. 86–92.
3. Troshin A. G., Popkov V. I. Measurement of vibration power flow in rod structures by using piezoelectric film sensor // 4-th International congress on intensity technique. Senslis, France. 31 Aug.–2 Sept. 1993. P. 168–174.
4. Пьезотензодатчики многократного применения: основы проектирования и методы калибровки / В. И. Попков, В. В. Безъязычный, А. И. Курбатов и др. // Техн. акустика. 1999. Т. 5, вып. 1–2 (15–16). С. 78–85.
5. Troshin A. G. A note on calibration technique for reusable piezoelectric film strain gauges using stepped beam with variable cross section // Technical Acoustics. 2001. № 1. P. 1.1–1.7.
6. Тучирин А. М., Новицкий П. В. Проволочные преобразователи и их техническое применение. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1957.

A. N. Sokolov, S. V. Popkov

THE DETERMINATION OF EQUIPMENT CHARACTERISTICS FOR CALIBRATION OF PIEZOELECTRIC STRAIN SENSORS

Using finite-element method for calibration of piezoelectric strain sensors (equal strength beam) the deflected mode of equipment actuator is studied. The coupling coefficient between displacements of beam joist head and relative deformation of its operating section is determined. The optimal position of beam operating section along the beam length is found.

Piezoelectric effect, dynamical deformation, calibration, sensitivity

УДК 531.383

**С. А. Анисимов, А. М. Боронахин,
А. В. Вейнмейстер, П. А. Иванов**

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И ОРИЕНТАЦИИ

Рассмотрена концепция построения современного испытательного оборудования для систем навигации и ориентации с учетом возможности реализации алгоритмов испытаний, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации подобных систем. Представлены сравнительные характеристики импортного и отечественного испытательного оборудования. Приведено описание методики калибровки и режимов аттестации испытательного оборудования.

Методика калибровки, ИНС, ИСНУД, испытательный стенд, датчик угла

Перспективы развития интеллектуальных систем навигации и управления движением (ИСНУД) определяются достижениями в области построения интегрированных систем ориентации и навигации (ИСОН), основополагающим элементом которых является инерциальная навигационная система (ИНС).

Проектирование ИНС предполагает исследование инструментальных погрешностей трехосного инерциального измерительного модуля (ИИМ). Анализ используемого на сегодняшний день испытательного оборудования выявил следующие недостатки:

1) обладая высокими точностями, имеют существенные массогабаритные, а соответственно, и стоимостные характеристики, что делает нерентабельным их использование в процессе проектирования ИНС;

2) функциональность стендов определена рекомендациями международной организации IEEE по калибровке инерциальных датчиков, предполагающими либо позиционирование, либо вращение с постоянной за оборот угловой скоростью [1]–[5]. Однако более эффективным с точки зрения качества калибровки является реализация режимов движения, свойственных объекту, для которого разрабатывается ИНС. При этом искомые параметры определяются в интегрированном режиме работы ИНС, предполагающем коррекцию ее показаний по данным об угловой ориентации, задаваемой стендом и определяемой входящими в его состав датчиками угла.

Таким образом, учитывая массовость производства ИНС и тенденции их распространения в новые области науки и техники, актуальной является разработка принципов построения прецизионного оборудования в качестве развития метрологического обеспечения производства интеллектуальных систем навигации и управления движением.

Анализ средств калибровки. Процедуры калибровки ИИМ на гироскопах и акселерометрах, основанных на разных физических принципах, описаны в стандартах [1]–[5] (повороты на заданные углы, вращение с заданной угловой скоростью) и позволяют произвести оценку следующих параметров:

- масштабных коэффициентов;
- сдвиги нулей;
- неортогональность измерительных осей.

В качестве средств калибровки ИНС широко используются одно-, двух- и трехосные испытательные стенды. В конструкции любого стенда присутствуют обычно такие элементы, как прецизионные, предварительно нагруженные подшипники, планшайба с плоской поверхностью с отверстиями для установки испытуемой системы, коллектор для подвода и снятия сигналов с нагрузки, высокоточные датчики угла (ДУ).

В таблице приведены технические характеристики нескольких двухосных стендов различных фирм-производителей.

Техническая характеристика	СИ ИНС (Россия)		iMARTES-24 (Германия)		AcutronicDC2256 (Швейцария)		ActidynST2154 (Франция)	
	Вн. ось	Нар. ось	Вн. ось	Нар. ось	Вн. ось	Нар. ось	Вн. ось	Нар. ось
Диапазон углов разворота по осям	Не ограничен		Не ограничен		Не ограничен		Не ограничен	
Погрешность позиционирования, ..."	2	2	3	3	1	1.5	1	1
Неортогональность осей вращения, ..."	20		3		5		3	
Диапазон скоростей вращения, ... °/с	±1000	±200	±1500	±500	±1000	±200	±2000	±300
Нестабильность угловой скорости (за оборот), ...%	0.005	0.005	0.002	0.002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Диаметр планшайбы, мм	360		285		500		400	

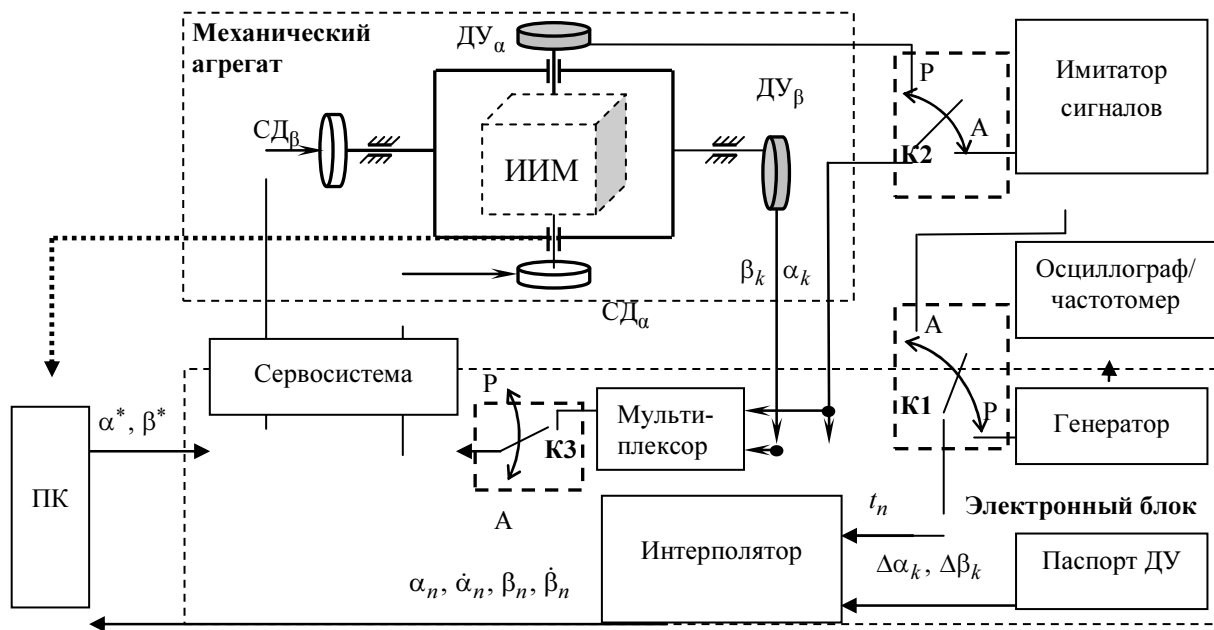


Рис. 1

Персональный компьютер (ПК) – служит для обработки и хранения измерительной информации, а также формирования команд в систему управления. Для этого используется специализированное программное обеспечение, поставляемое вместе со стендом и предоставляющее интуитивно понятный интерфейс для обеспечения работы оператора. Также в его задачи входит сбор и совместная обработка показаний ДУ и ИНС по схемам ИСОН, что позволяет получить оценки как погрешностей ИИМ, так и качества реализации алгоритмов навигации и ориентации.

Методика калибровки испытательного оборудования. Калибровка стенда проводится в следующей последовательности:

1. *Проверка встроенного генератора* (согласно ГОСТ 8.206–76 [7]). Для этого используется внешний поверенный генератор (рис. 1, ключ К1 в положении «А»), а также блок *Осциллограф/Частотомер*, состоящий из осциллографа С1-70 (или аналога) и частотомера ЧЗ-38 (или аналога).

2. *Настройка сервосистемы.* Настройка контуров регулирования в обычной системе управления сводится к определению коэффициентов регуляторов, с тем чтобы компенсировать влияние электромеханических постоянных времени стенда и добиться требуемого качества отработки заданных параметров перемещения. Для качественной настройки системы управления необходимо ориентироваться не только на вид переходных процессов по конечной координате, но также анализировать частотные характеристики системы в различных точках канала управления. Системы подчиненного регулирования обычно настраиваются «изнутри», т. е. сначала оптимизируется контур тока, затем скорости и положения. После этого производится настройка дополнительных алгоритмов улучшения динамических характеристик, перечисленных в описании сервосистемы. Однако эти настройки будут оптимальны лишь для определенного диапазона типов или величин нагрузки. Для расширения этого диапазона в систему вводится адаптивный регулятор, настройка которого осуществляется выбором значений матрицы его коэффициентов в соответствии с характером нестационарности объекта.

3. *Проверка интерполятора сигналов ДУ.* Для этого используется один из каналов ввода сигналов ДУ, например $ДУ_\alpha$ (рис. 1, ключ К2 в положении «А»). Для проверки используется *имитатор сигналов*, который представляет собой генератор импульсов с возможностью задания оператором различной длительности и периода выходного сигнала для имитации различных скоростей вращения и углов позиционирования.

4. *Проверка ДУ* предполагает исследование систематических и динамических погрешностей ДУ (получение паспорта ДУ, рис. 1). При этом ключ К3 приводится в положение «А» (ключ разомкнут), т. е. разрываются обратные связи по положению и скорости, так как их сигналы формируются по показаниям ДУ. Информация о динамике угловых перемещений оценивается в результате совместной оптимальной обработки ДУ с показаниями эталонного ИИМ, например, блока лазерных гироскопов. Методы оценки при этом могут быть в значительной степени использованы из лазерной гониометрии [8], [9], а погрешность текущего положения может быть описана следующим выражением:

$$\Delta\alpha_k = \delta\alpha_k + \tau \cdot \dot{\alpha}_{n+1}^c,$$

где $\delta\alpha_k$ – систематическая составляющая погрешности k -го инкремента ДУ; τ – временная задержка срабатывания фотодетектора ДУ; $\dot{\alpha}_{n+1}^c$ – текущее значение угловой скорости вращения.

Данная процедура, особенно в части п. 2, может быть повторена многократно до тех пор, пока не будут достигнуты требуемые параметры стенда. Вполне естественными ограничениями при этом служат технические характеристики СД и ДУ.

Режим аттестации испытательного оборудования в статическом режиме. Для калибровки в статическом режиме (задание углового положения осей стенда) используется многогранная призма и автоколлиматор [10]. На испытываемую ось стенда устанавливается многогранная призма и задаются различные угловые положения, определяемые ее номинальным межгранным углом. При этом с помощью автоколлиматора фиксируют действительные значения, которые сравнивают с показаниями ДУ.

Режим аттестации в динамическом режиме. Необходимость данной процедуры заключается в том, что для работы сервосистемы управляющие сигналы по положению и скорости формируются по показаниям ДУ. Кроме этого для реализации новых алгоритмов динамической калибровки высокоточных гироскопов необходимо вырабатывать оценки мгновенных значений угловых скоростей вращения внутри полного оборота с одновременной выдачей информации об угловых положениях.

Для оценки угловой скорости возможны две схемы: 1) измерение времени поворота на известный угол (от метки к метке, что характерно для инкрементных ДУ); 2) измерение угла поворота за фиксированные промежутки времени. Последний вариант более предпочтителен, так как целевым назначением стенда является испытание ИИМ и ИНС, выходная информация с которых формируется во времени. В предлагаемой системе (рис. 2) для этого используется генератор (с тактовой частотой ~ 40 МГц), что позволяет обеспечить синхронизацию сигналов как встроенных, так и внешних (эталонных) систем.

В работе [11] изложен вариант использования метода «досчета» дробной части измерительного интервала (временной интерполяции), позволяющий увеличить разрешающую способность ДУ. Однако режим работы такой системы предполагает вращение с квазипостоянной угловой скоростью, что существенно ограничивает функциональные возможности предлагаемого стенда как имитатора движений объекта, для которого разрабатывается ИНС. Помимо этого разрабатываемый стенд обладает двумя степенями свободы, что затрудняет реализацию данного варианта. Поэтому целесообразно использовать на стадии настройки в качестве датчика угла разворота кольцевой лазер.

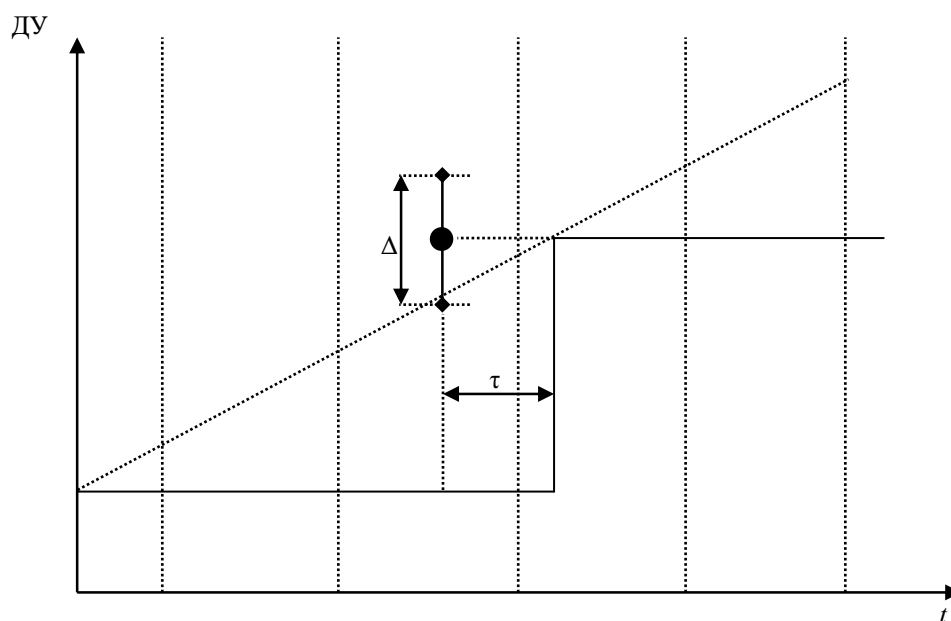


Рис. 2

Для формирования вида функции, аппроксимирующей показания ДУ, необходимо проведение дополнительных исследований, так как опыт показывает, что внутриоборотная неустойчивость может носить субгармонический характер, определяемый собственно характеристиками привода, т. е. имеющий как первую, так и более высокие гармоники от основной угловой скорости вращения [10], [12]. Получение адекватного математического описания характера углового движения позволит снизить погрешность совместной обработки кольцевого лазера и ДУ, а следовательно, получить достоверный паспорт (рис. 1) последнего.

На точность оценки неустойчивости будет влиять время задержки τ , определяющееся временем срабатывания фотоприемника [9] (на рис. 2 пунктиром представлен реальный сигнал, сплошной линией – сигнал с задержкой, поступающий к потребителю). Используя полученные ранее дополнительные отсчеты, можно провести аппроксимацию приращения угла и получить отсчеты, которые будут соответствовать реальному сигналу ДУ. Однако эти точки (рис. 2) будут также характеризоваться погрешностью Δ , имеющей как систематическую, так и случайную составляющие. В их оценке и заключается процедура получения паспорта ДУ (рис. 1).

Традиционные схемы оценки, например сдвигов нулей гироскопов и акселерометров [1]–[5], предполагают длительный по времени (до нескольких суток) съем показаний при фиксированной пространственной ориентации модуля относительно географической сис-

темы координат. Помимо этого, учитывая существующие зависимости характеристик инерциальных датчиков от температуры, магнитного поля и других внешних факторов, серьезные требования предъявляются к самой организации таких испытаний. Поэтому целесообразным является проведение дополнительных исследований по разработке методик калибровки, предполагающих не разрозненные процедуры по оценке зависимости характеристики датчика от конкретного фактора, а получение более сложных функций от нескольких переменных. Это можно продемонстрировать на простом примере – оценка неортогональностей измерительных осей гироскопов требует реализации последовательных вращений относительно трех осей. В результате меняется не только пространственная ориентация ИИМ, которая может быть оценена по показаниям ДУ, но также меняются положения осей магнитной чувствительности каждого датчика относительно вектора внешнего магнитного поля, который, в свою очередь, может меняться во времени не только по величине, но и по пространственной ориентации.

Таким образом, предложена концепция построения испытательного оборудования и описаны методики калибровки и режимов аттестации, предполагающие использование стандартизованных процедур поверки, а также сформулирован перечень мероприятий по выработке косвенных оценок такого параметра как внутриоборотная нестабильность угловой скорости вращения. Очевидным преимуществом предложенной к практической реализации схемы (рис. 2) должно стать комплексное решение в организации режимов работы сервосистемы с одновременной оценкой динамических погрешностей используемых для формирования управляющих сигналов датчиков углов.

В рамках дальнейшей работы над ИСНУД предполагается введение новых методов и режимов аттестации, которые позволят создать испытательное оборудование, полностью имитирующее реальные условия использования ИНС и предоставляющее требуемую точность при испытании систем навигации и ориентации.

Работа выполнялась при финансовой поддержке в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 647–2006 «IEEE Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Single-Axis Laser Gyros» // IEEE Xplore. 2006.
2. 813–1988 (R2005) «IEEE Specification Format Guide and Test Procedure for Two-Degree-of-Freedom Dynamically Tuned Gyros» // IEEE Xplore. 2005.
3. 952–1997 (R2003) «IEEE Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Single-Axis Interferometric Fiber Optic Gyros» // IEEE Xplore. 2003.
4. 1431–2004 «Specification Format Guide and Test Procedure for Coriolis Vibratory Gyros» // IEEE Xplore. 2004.
5. P836/D7 (June 2006) «Draft Recommended Practice for Precision Centrifuge Testing of Linear Accelerometers» // IEEE Xplore. 2006.
6. Бартос Ф. Советы по применению сервосистем // CONTROL ENGINEERING. М.: Трейд Медиа Интернешнл Россия, 2007. С. 13–18.
7. ГОСТ 8.206–76. Генераторы импульсов измерительные. Методы и средства поверки. М.: Изд-во стандартов, 1983.
8. Лазерные системы динамической аттестации угловых преобразователей различного типа / М. Н. Бурнашев, Д. П. Лукьянов, П. А. Павлов, Ю. В. Филатов // 2-я С.-Петербург. междунар. конф. по гироскопической технике и навигации. 24–25 мая, 1995. Ч. 1. С. 128–132.
9. Агапов М. Ю. Разработка и исследование лазерных гониометрических систем контроля преобразователей угла: автореф. дис. ... канд. техн. наук / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2008. 17 с.

10. ГОСТ 22267–76. Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров. М.: Изд-во стандартов, 1976.

11. Гончаров Н. В. Разработка и исследование динамического гониометра на основе фотоэлектрического преобразователя угла: автореф. дис. ... канд. техн. наук / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2005. 16 с.

12. Анучин О. Н., Емельянцева Г. И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / под общ. ред. акад. РАН В. Г. Пешехонова; 2-е изд., перераб. и доп.; ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»». СПб., 2003.

S. A. Anisimov, A. M. Boronachin, A. V. Veinmeister, P. A. Ivanov

CONCEPT OF TEST EQUIPMENT CONSTRUCTION FOR NAVIGATION AND ORIENTATION SYSTEMS CALIBRATION

In article the concept of construction of the modern test equipment for small-sized systems for navigation and orientation taking into account possibility of realization of algorithms of the tests as much as possible approached to real service conditions of similar systems is considered. Comparative characteristics of the import and domestic test equipment are presented. The description of a calibration technique and certification modes for test equipment is described.

Calibration technique, INS, ISNMC, encoder, test equipment



УДК 519.6 : 612

А. Б. Степанов

НЕПРЕРЫВНОЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Рассматриваются основные подходы, применяемые к анализу электроэнцефалографических сигналов с использованием теории вейвлетов, в частности, непрерывного вейвлет-преобразования.

Вейвлет, непрерывное вейвлет-преобразование, электроэнцефалограмма

Электроэнцефалография в настоящее время является одним из основных методов объективного тестирования функций центральной нервной системы – того главного, что характеризует живой мозг человека в норме и при неврологической патологии [1].

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) представляет собой сложный колебательный электрический процесс, который может быть зарегистрирован при расположении электродов на мозге или на поверхности скальпа, и является результатом электрической суммации и фильтрации элементарных процессов, протекающих в нейронах головного мозга.

На рис. 1 приведен пример 16-канального фрагмента ЭЭГ записи. В левой части рисунка указан тип электродов электроэнцефалографа. Амплитуда каждого отведения измеряется в микровольтах (мкВ), ось абсцисс характеризует изменение сигнала во времени в секундах (с).

Современные электроэнцефалографы представляют собой многоканальные регистрирующие устройства, объединяющие от 8 до 24 (и более) отведений (каналов).

Для выделения на ЭЭГ значимых признаков ее подвергают анализу.

Анализ ЭЭГ складывается из трех взаимосвязанных компонентов:

1. Оценка качества записи и дифференциация артефактов (явлений, не связанных с деятельностью мозга) от собственно электроэнцефалографических феноменов.
2. Частотная и амплитудная характеристика ЭЭГ, выделение характерных графоэлементов на ЭЭГ, а также определение локализации источников различного типа потенциалов в мозге.
3. Физиологическая интерпретация данных и формулирование диагностического заключения [2].

При проведении процедуры анализа ЭЭГ можно выделить серьезную проблему: классические методы анализа ЭЭГ имеют ряд серьезных недостатков [3], затрудняющих их использование при компьютерном исследовании. Необходим точный инструмент анализа ЭЭГ.

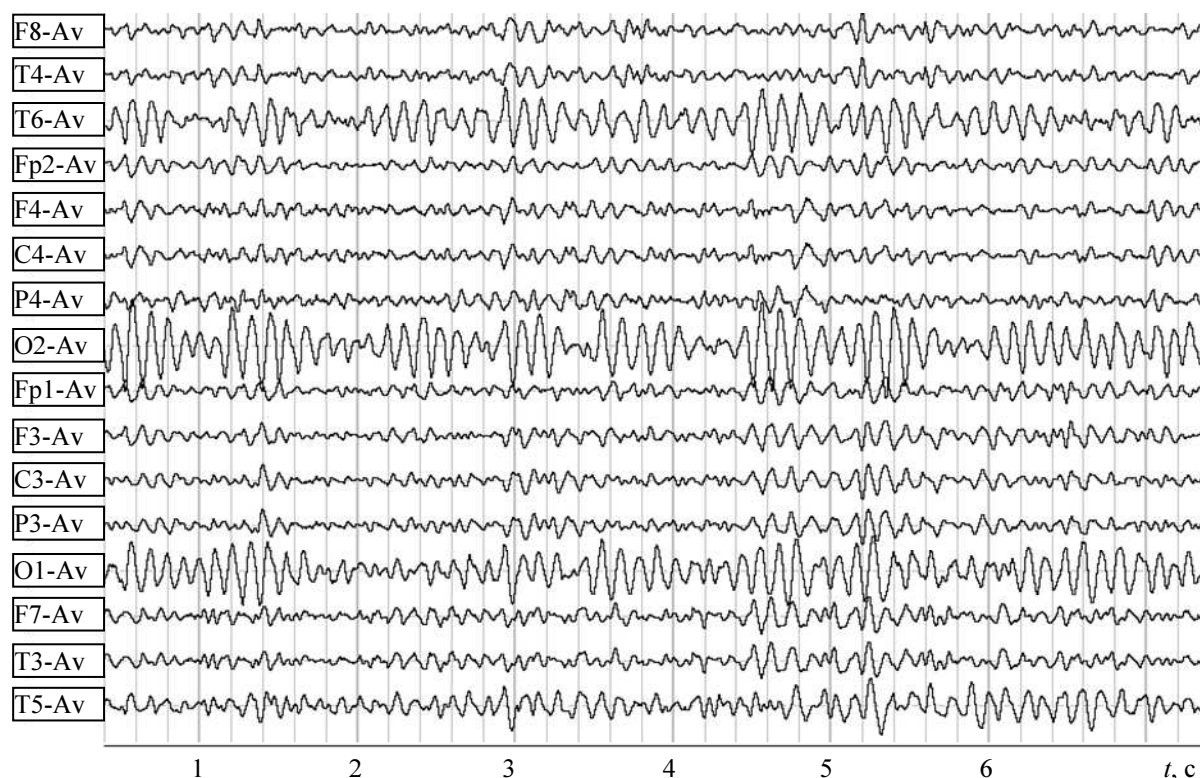


Рис. 1

Вейвлеты (wavelets) – это обобщенное название особых функций, имеющих вид коротких волновых пакетов с нулевым интегральным значением и с той или иной, подчас очень сложной, формой, локализованных по оси независимой переменной времени, способных к сдвигу по ней и масштабированию (сжатию/растяжению) [4]–[6]. Вейвлеты конструируются с помощью специальных базовых функций – прототипов, задающих их вид и свойства и удовлетворяющих целому ряду специфических условий.

При анализе сигналов с локальными особенностями вейвлеты обладают значительными преимуществами по сравнению с классическими методами цифровой обработки сигналов. Показательно с этой точки зрения сравнение вейвлет- и Фурье-преобразований [7]. Преобразование Фурье является хорошим методом для анализа периодических функций, свойства которых практически не изменяются со временем, но плохо подходит для анализа сигналов, чьи характеристики претерпевают значительные изменения во временной области. Вейвлет-преобразование решает эту проблему, позволяя анализировать сигнал с различным уровнем приближения.

Для выявления тонких особенностей сигнала наиболее удобно непрерывное вейвлет-преобразование, его также называют интегральным. Ниже приведена формула непрерывного вейвлет-преобразования функции $f(t) \in L^2(R)$:

$$W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt,$$

где $\psi(t)$ – функция вейвлета; параметр a определяет размер вейвлета; параметр b задает сдвиг по оси времени, так что $a, b \in R, a \neq 0$. Результаты непрерывного вейвлет-преобразования могут быть визуализированы в виде вейвлет-спектрограммы¹. По сути, вейвлет-спектрограмма – это графическое отображение корреляции между базисной функцией вейвлета, помещенной в точку b , и деталью анализируемого сигнала с длительностью, равной длительности вейвлета, для различных значений масштаба. Следовательно, изображение вейвлет-спектрограммы осуществляется в трехмерном пространстве координат: $a, b, W(a, b)$. Для удобства в приведенных на рис. 1 графиках значения по оси $W(a, b)$ откладываются цветом.

Вейвлетов достаточно много. Практически каждая семья включает несколько базисных функций. Каждый член семейства имеет свой индивидуальный номер. Например, вейвлеты Добеши обозначается как 'dbn'. Важно отметить, что они имеют n (или M) первых нулевых моментов [8]:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) t^m dt = 0 \quad (m = 0, 1, \dots, M-1).$$

Возникает необходимость из всего разнообразия вейвлетов выбрать наиболее приспособленные для анализа электроэнцефалографических сигналов – те, которые в дальнейшем могут быть рекомендованы врачу-физиологу для исследования сигналов такого рода.

Анализируя формулу непрерывного вейвлет-преобразования, можно увидеть, что полученная вейвлет-спектрограмма будет во многом зависеть от вида выбранного вейвлета. Чем ближе базисная функция вейвлета по своим характеристикам к характеристикам элементарных составляющих ЭЭГ-сигнала, тем более яркое отражение получают особенности анализируемого сигнала на вейвлет-спектрограмме.

Кроме того, известно [8], что для анализа сигналов желательно, чтобы вейвлет имел как можно больше нулевых моментов M . Однако на это условие накладывается ряд ограничений, связанных в первую очередь с особенностью ЭЭГ. Действительно, когда речь идет о сигналах, у которых частота появления особенностей невелика, применение вейвлетов с большим M позволяет получить наглядную вейвлет-спектрограмму. ЭЭГ имеет высокую плотность скопления особенностей и требует высокого разрешения вейвлет-спектрограммы. Для того чтобы избежать эффекта наложения и появления ненулевых значений непрерывного вейвлет-преобразования в гладких частях сигнала, необходимо применять вейвлеты с меньшим M , но так, чтобы $M > 1$. Этим двум критериям более всего соответствует вейвлет «мексиканская шляпа». Он имеет два нулевых момента, а его форма практически полностью повторяет форму элементарных составляющих ЭЭГ.

С целью подтверждения теоретических выводов проведем исследование всех наиболее известных вейвлетов. Они должны быть разбиты на группы в зависимости от успешности решения ими поставленной задачи – идентификации тонких особенностей ЭЭГ.

Определим алгоритм работы и критерии, в соответствии с которыми будет производиться оценка. В качестве исследуемого сигнала выбран фрагмент ЭЭГ, содержащий особенность – модуляцию α -ритма. Основные характеристики сигнала: частота – 8...13 Гц, амплитуда – до 100 мкВ. Модуляция α -ритма выражается в чередующемся нарастании и

¹ Вейвлет-спектрограмма – это трехмерный график, позволяющий выявлять даже самые тонкие изменения анализируемого сигнала.

снижении амплитуды волн с образованием характерных «веретен», длительность которых чаще всего колеблется от 2 до 8 с (рис. 2). Запись была произведена с частотой дискретизации 250 Гц, что необходимо учесть при проведении вейвлет-преобразования.

Алгоритм исследования состоит из двух этапов:

К первому этапу относится анализ двух периодов «веретена», на которых при помощи непрерывного вейвлет-преобразования выявляются признаки, указывающие на наличие в электроэнцефалограмме модуляции α -ритма. Исследование необходимо повторить для каждого вейвлета, а затем оценить результаты согласно критериям, приведенным ниже.

На втором этапе производится более тонкий анализ одного периода «веретена». Выполняется классификация вейвлетов по принципу соответствия светлых областей вейвлет-спектрограммы (больших значений коэффициентов) процессам, происходящим в сигнале. Полученные результаты оценивались по нижеприведенным критериям. Такой принцип подхода к анализу позволяет физиологу выбирать вейвлеты исходя из специфики поставленной задачи: в масштабе «веретен» α -ритма (1-й этап), на более глубоком уровне – при анализе внутренних процессов в «веретене» (2-й этап), или последовательно реализовывать оба подхода.

Определим критерии для первого этапа:

1. На основе вейвлет-спектрограммы возможно определение модуляции α -ритма. При этом ее вид напрямую зависит от вейвлета, на базе которого производится анализ. «Веретена» на ней могут выражаться достаточно ярко и локализованно во временной области или могут быть размытыми. На данном этапе оценивается (по десятибалльной шкале на основе субъективного мнения эксперта) качество вейвлет-спектрограммы с точки зрения возможности обнаружения при ее помощи модуляции α -ритма.

2. Так как вейвлет-коэффициенты с малыми значениями масштаба отражают на спектрограмме высокочастотные изменения сигнала, а с большими – низкочастотные, то, в зависимости от выбора вейвлета, вейвлет-спектрограмма при фиксированном значении номеров масштабирующих коэффициентов способна нести разную информацию об электроэнцефалограмме. Например, задавая вейвлет-спектрограмму с 64 масштабирующими коэффициентами при использовании одного из вейвлетов, можно индцировать только модуляции α -ритма, а при использовании другого – еще и низкочастотные изменения во всем ЭЭГ-сигнале, которые условно назовем глобальными. Важно отметить, что при увеличении количества масштабирующих коэффициентов в первом случае можно также наблюдать глобальные низкочастотные изменения в области масштабирующих коэффициентов с большими номерами. Однако это, в свою очередь, увеличивает вычислительные затраты, что при оценке больших записей ЭЭГ может сказаться на времени проведения анализа.

Необходимо классифицировать вейвлет-спектрограммы с точки зрения информативности при фиксированном числе масштабирующих коэффициентов (например, 64). Вейвлеты, спектрограммы которых при этом несут только информацию о модуляции α -ритма, условно можно отнести к первому типу, а те, чьи вейвлет-спектрограммы позволяют также обнаруживать и глобальные изменения, – ко второму.

Критерии для второго этапа:

1. Более ярко на вейвлет-спектрограмме обозначаются те коэффициенты, которые соответствуют максимальному совпадению базовой функции вейвлета и сигнала в определенный момент времени и при определенном масштабе. При этом, в зависимости от того, какой вейвлет используется, более светлым областям могут соответствовать или мак-

симальные/минимальные значения, или переход сигнала через нулевое значение. Это наблюдение объясняется формой вейвлета. Яркость области на спектрограмме зависит от величины отклонения сигнала от нулевого (среднего) значения.

Поэтому при более тонком анализе (при увеличенном сигнале, когда используется один период веретена α -ритма) необходимо определить, к какой группе по вышеописанному параметру относится конкретный вейвлет. Вейвлет, светлая область на спектрограмме которого соответствует максимальному/минимальному значению сигнала, условно можно отнести к группе «I», а вейвлет, светлая область на спектрограмме которого соответствует переходу сигнала через нулевое (среднее) значение, – к группе «II». Знаком «?» обозначены те вейвлеты, чья вейвлет-спектрограмма в силу размытости не может быть отнесена ни к одной из групп (см. таблицу).

Тип вейвлета	Обозначение вейвлета в математических системах	Оценка 1 этап	Тип спектрограммы	Оценка, 2-й этап	Группа (при тонком анализе)
Добеши (Хаара)	db1 (haar)	10	1	10	II
Симлеты	sym2	9	1	10	I
Койфлеты	coif1	9	1	9	I
Биортогональный	bior 1.1	10	1	10	II
Обр. биортогональный	rbio 1.1	10	1	10	II
Мейера	meyr	7	1	7	II
Дискр. аппроксимация вейвлета Мейера	dmey	7	1	6	I
Гаусса	gaus 1	9	2	9	II
Мексиканская шляпа	mexh	10	2	10	I
Морле	morl	6	1	5	I
Комплексный Гаусса	cgau 1	9	2	7	II
Шеннона	shan 1-1.5	5	1	2	?
Комплексный Морле	cmor 1-1.5	4	1	2	?
Частотный В-сплайновый	fbsp 1-1-1.5,	5	1	2	?
	fbsp 2-1-1			4	II

2. Необходимо оценить качество спектрограммы с точки зрения ее четкости и локализации во временной области. Оценка производится по десятибалльной шкале на основе субъективного мнения эксперта.

Из-за ограниченного объема статьи все результаты исследования не могут быть представлены в графическом виде. Поэтому в качестве примера приведем наиболее яркие иллюстрации.

На рис. 2 изображен фрагмент ЭЭГ, содержащий 2 периода веретена α -ритма. Оси: абсцисс n (изменение сигнала во времени, отсчеты), ординат U (напряжение, мкВ). Данный сигнал для удобства можно условно разбить на три участка: крайние – первый и третий – являются высокоамплитудными, а второй (средний) – низкоамплитудным. Также на рисунке хорошо заметна высокочастотная составляющая, которая накладывается на весь сигнал.

На рис. 3 приведена вейвлет-спектрограмма, полученная с использованием вейвлета Хаара 'haar'. Оценим ее. Она хорошо локализована по оси времени. На ней четко просматриваются границы веретена α -ритма. Первый и третий участки на вейвлет-спектрограмме получили ярко выраженный светлый окрас. Изменение цвета носит волнообразный характер и напрямую зависит от процессов, происходящих в сигнале. Второй участок на вейвлет-спектрограмме имеет более темный окрас. Это объясняется тем, что амплитуда сигнала на данном участке имеет достаточно малое значение. Коэффициенты, по которым можно определить «веретёна» α -ритма, имеют номера, достигающие порядка 60; коэффициенты сильно «растянуты» по оси a вейвлет-спектрограммы, а при наличии в сигнале более

высокоамплитудных составляющих (например, патологических) их обнаружение будет несколько затруднено. Кроме того, мониторинг плавно изменяющихся составляющих сигнала (имеющих большой период), которые несут в себе информацию о глобальных изменениях, происходящих в электроэнцефалограмме, становится невозможен, так как базисная функция вейвлета не успевает достичь соответствующего масштаба. Как уже было сказано, для ликвидации этого недостатка необходимо увеличивать число масштабирующих коэффициентов, что повлечет за собой дополнительные вычислительные затраты, и, как следствие, большее время проведения анализа и необходимость использования более мощного оборудования.

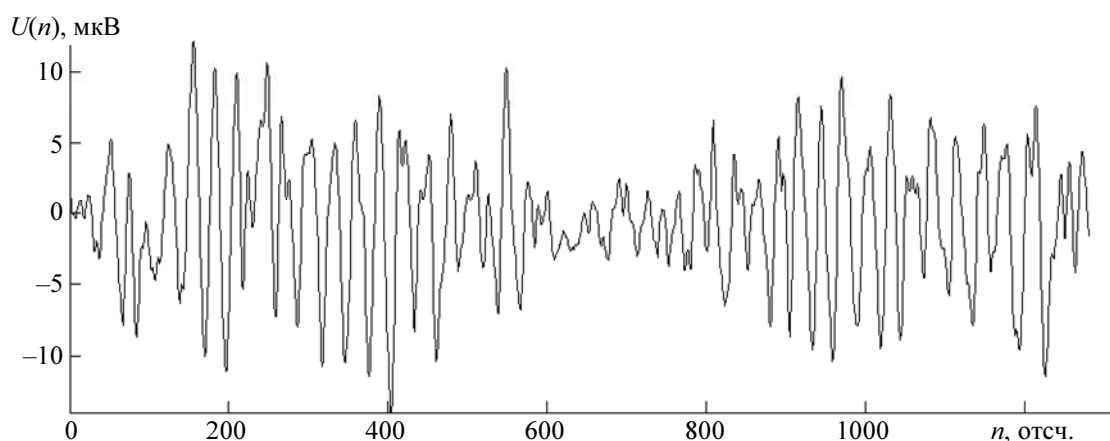


Рис. 2

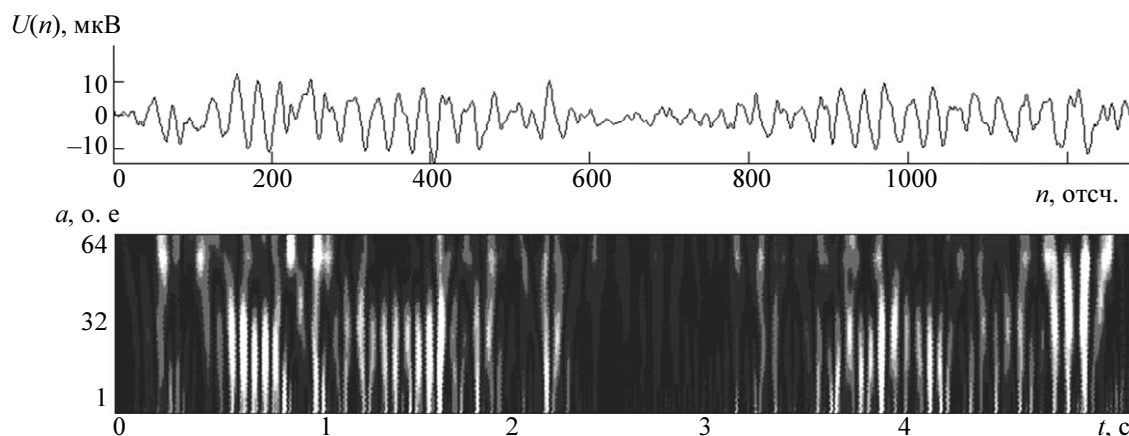


Рис. 3

Наилучшая с точки зрения наглядности вейвлет-спектрограмма была получена с использованием вейвлета «мексиканская шляпа» 'mexh' (рис. 4). Он очень хорошо подходит для выявления тонких особенностей сигнала ЭЭГ, в том числе и для диагностики «веретен» α -ритма. Вейвлет-спектрограмма хорошо локализована во временной области, коэффициенты, позволяющие определить веретена α -ритма, имеют малые значения масштаба. Большим значениям масштаба соответствуют светлые области, отвечающие за низкочастотную модулирующую составляющую на уровне всего сигнала электроэнцефалограммы. Приспособленность вейвлета «мексиканская шляпа» 'mexh' для анализа ЭЭГ-сигналов вытекает из его конфигурации. Его вейвлет-функция $\psi(t)$ имеет форму, очень похожую на элементарный фрагмент ЭЭГ. Это и объясняет тот факт, что данный вейвлет способен так точно и быстро принимать вид анализируемого сигнала. Также к достоинствам данного вейвлета можно отнести то, что он принадлежит к немногим вейвлетам, определенным и вычисленным аналитически.

Для анализа «веретен» α -ритма ЭЭГ при помощи комплексных вейвлетов лучше всего показал себя вейвлет Гаусса 'sgau 1'. Он имеет хорошо локализованную во временной области спектрограмму, которую условно можно отнести ко второму типу.

Остальные комплексные вейвлеты (например, Шеннона 'shan 1-1.5', частотный В-сплайновый fbsp '1-1-1.5', '2-1-1', комплексный Морле 'cmor 1-1.5' и др.) имеют плохо локализованную во временной области, несколько размытую вейвлет-спектрограмму, которую по характеристикам представления особенностей ЭЭГ-сигнала можно условно отнести к первому типу. Это подтверждает тот факт, что комплексные вейвлеты могут применяться для анализа комплексных сигналов, но плохо подходят для анализа вещественного ЭЭГ-сигнала.

Перейдем ко второму этапу анализа. На данном этапе исследования ЭЭГ рассматривался один период «веретена» α -ритма с целью более тонкого анализа его структуры.

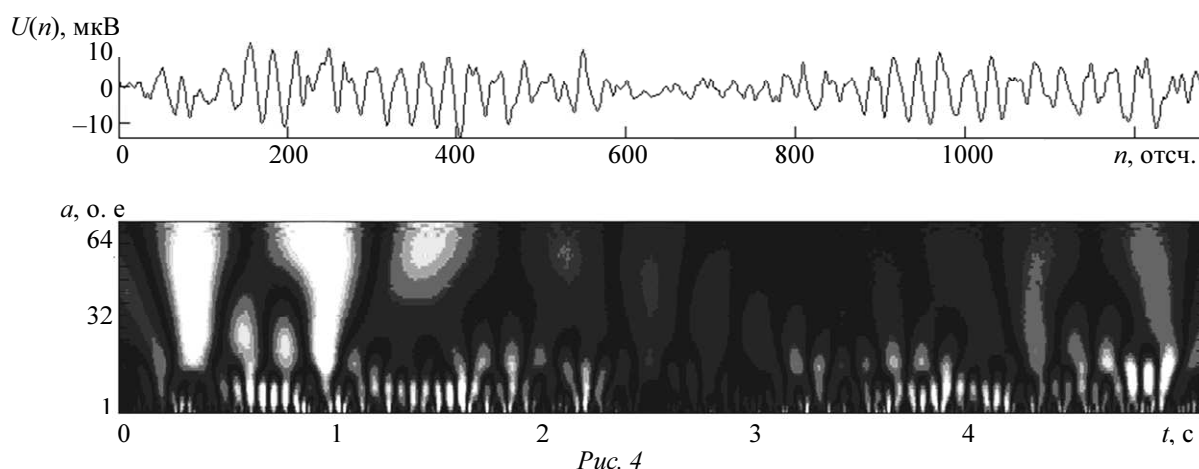


Рис. 4

На рис. 5 представлен фрагмент электроэнцефалограммы, соответствующий одному периоду «веретена» α -ритма. При данном масштабе размер сигнала позволяет рассмотреть его более детально. На вейвлет-спектрограмме, полученной с использованием вейвлета Добеши 'db 1' (Хаара), хорошо различаются светлые области, которые соответствуют переходам сигнала через нулевое (среднее) значение. Для удобства график исследуемого сигнала соединен с вейвлет-спектрограммой специальными вертикальными линиями. Данная вейвлет-спектрограмма по приведенной ранее условной классификации была отнесена к группе «II».

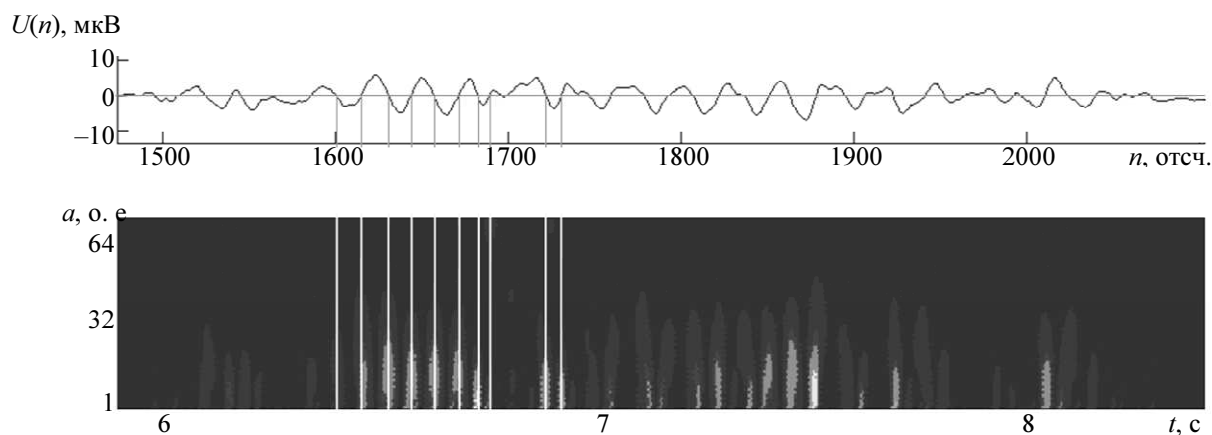


Рис. 5

На рис. 6 представлены результаты вейвлет-анализа исследуемого фрагмента с использованием вейвлета «мексиканская шляпа» 'mexh'.

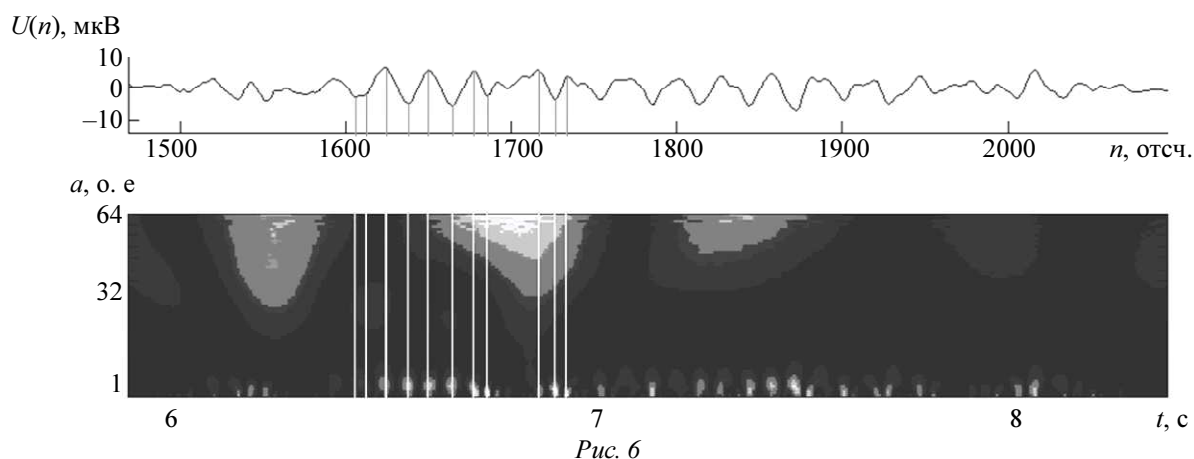


Рис. 6

Как видно из рисунка, светлым областям на вейвлет-спектрограмме соответствуют максимальные и минимальные значения сигнала. Следовательно, ее можно отнести к группе «I». Данное соответствие видится достаточно удобным при проведении анализа электроэнцефалограммы, так как дает четкую картину всех особенностей в сигнале. Все это позволяет говорить о том, что вейвлет «мексиканская шляпа» 'mexh' хорошо подходит для анализа ЭЭГ и на более глубоком уровне.

В совокупности с теоретическими выводами полученные результаты позволяют рекомендовать именно этот вейвлет для анализа электроэнцефалограмм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнездицкий В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М.: МЕДпресс-информ, 2004.
2. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. 3-е изд. М: МЕДпресс-информ, 2004.
3. Степанов А. Б. Развитие методов анализа электроэнцефалограмм. СПб.: Линк, 2009.
4. Солонина А. И., Арбузов С. М. Основы цифровой обработки сигналов. Моделирование в MATLAB. СПб.: БВХ-Петербург, 2008.
5. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. М.: СОЛОН-Пресс, 2005.
6. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М.: ДМК Пресс, 2008.
7. Витязев В. В. Вейвлет-анализ временных рядов. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001.
8. Штарк Г.-Г. Применение вейвлетов в ЦОС. М.: Техносфера, 2007.

A. B. Stepanov

CONTINUOUS WAVELET TRANSFORMATIONS OF ELECTROENCEPHALOGRAPHY SIGNALS

The article examines the main approaches applied to the analysis of electroencephalographic signals with the help of wavelet theory and continuous wavelet transformation in particular.

Wavelet, continuous wavelet transformations, electroencephalogram



УДК 378.147(37.02)

Е. Е. Котова

ПЛАНИРОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ДИДАКТИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Рассматриваются вопросы дидактики высшей школы, возможности прогнозирования успешности обучения студентов по траекториям обучения, применение дидактических стратегий с целью управления процессом обучения.

Учебная деятельность, процесс обучения, дидактика, дидактические стратегии, траектории обучения, рейтинг успешности обучения

В современных публикациях, анализирующих развитие педагогической науки, отмечаются изменения, касающиеся процесса обучения и направленности обучения. Говорится о том, что «обучение в виде сообщения готовых знаний (так называемая «знаниевая парадигма») перестало удовлетворять общество»¹, что постепенно привело к возникновению проблемы развивающего обучения. Там же отмечается и актуальность вопроса развития личности в процессе учебной деятельности, что является отличительным признаком инновационного образования. Развитию личности в единстве с обучением как приобретению способностей, новых личностных качеств уделяется внимание в работах классиков отечественной науки Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева, С. Л. Рубинштейна. Особо подчеркивается направленность учебной деятельности на освоение других видов деятельности: практической, познавательной и т. д., что нашло отражение в новых стандартах обучения, если обратить внимание на перечень представленных компетенций.

Значимость данных вопросов подтверждают современные теории учения: теория развивающего обучения (В. В. Давыдов, Д. Б. Эльконин), теория контекстного обучения (А. А. Вербицкий), теория проективного образования (Г. Л. Ильин, И. И. Ильясов), теория проблемного обучения (И. Я. Лернер, А. М. Матюшкин, М. И. Махмутов), компетентностный подход в обучении (Н. В. Кузьмина, А. К. Маркова, А. А. Деркач, А. В. Хуторской и др.).

¹ Новиков А. Методология учебной деятельности. http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Pedagog/novik/02.php.

Наряду с развитием теорий и появлением новых педагогических течений особую актуальность приобретает развитие педагогического менеджмента практики образования: поиск способов, методов педагогической практики; моделей дидактического проектирования, способствующих развитию познавательной деятельности студентов с целью повышения результативности освоения нового опыта как результата обучения.

«Дидактика» относится к способу организации учебного процесса. С одной стороны, отмечается отсутствие современной дидактики как теории образования; отсутствие точных, однозначных определений основных понятий; несозданность дидактики высшей школы для практики высшего образования; непроработанность вопросов, связанных с дидактикой высшей школы. С другой стороны, дидактика представляется как теория обучения, рассматривающая теоретические вопросы обучения. Разные авторы по-разному конкретизируют этот вопрос. Несмотря на это отдельно в дидактике высшей школы выделяется теория обучения в высшей школе, ориентированная в основном на обеспечение деятельности преподавателей [1].

Как отмечает М. А. Мкртчян, «в нашей стране дидактика понимается как искусство обучать. За рубежом такое определение не приветствуется и термин “дидактика” не так активно используется, но дидактическая мысль там развивается, обсуждаются дидактические вопросы, хотя словом “дидактика” это не называется»². Автор конкретизирует: «Дидактическая позиция находится в пространстве учебного процесса и отвечает на вопрос – как организовать процесс обучения. Как организовать качественное обучение для всех, ориентируясь на каждого?»³ Традиционен вопрос оценивания качества учебного процесса, но и в этой области происходит поиск новых форм оценки. Например, помимо успешности обучения в качестве оценивания самого учебного процесса предлагается учитывать «включенность всех и каждого в учебный процесс и успешность обучения всех и каждого»⁴. Эти вопросы позволят решить тщательный анализ процесса изучения студентами учебных дисциплин.

Публикации в области менеджмента знаний актуализируют вопросы анализа образовательного процесса в настоящее время не в виде ресурсов, а в виде потенциала [2].

В данной статье основное внимание уделено вопросам дидактического проектирования вузовской подготовки специалистов, обеспечивающим адекватное опережающее управление ситуацией освоения учебного материала, а именно возможностям применения конкретных дидактических стратегий, позволяющих как осуществлять процесс передачи знаний, так и совершенствовать личностные познавательные способности обучаемых. Формирование многообразия способов познавательной деятельности важно именно на начальных этапах обучения, на первых курсах. В традиционном понимании понятие стратегии сводится к определению плана действий для достижения цели с использованием имеющихся ресурсов. Вопросы применения дидактических стратегий требуют изучения условий их применения и индивидуальной разработки. Особенностью применения дидактических стратегий является индивидуальная направленность, но с разработкой четких планов для достижения цели обучения.

² Мкртчян М. А. Проблемы современной дидактики // Школьные технологии: науч.-практ. журнал. 2009. http://www.pedlib.ru/Books/5/0106/5_0106-2.shtml.

³ Там же.

⁴ Современная дидактика и качество образования: проблемы и решения новой школы // Материалы науч.-метод. конф., Красноярск, 21–23 янв. 2010. <http://www.neo-didactica.ru/materials/>.

Нами было показано, что обучение студентов происходит по индивидуальным траекториям, которые могут быть идентифицированы на принадлежность одной из нескольких типовых траекторий, полученных с помощью метода k -средних кластерного анализа [3]. Классификация типовых траекторий осуществляется по результатам промежуточных контролей индивидуальных рейтингов успешности обучения студентов. Своевременная идентификация типа траектории обучения служит основой для формирования и применения адаптивных управляющих дидактических стратегий с целью повышения результативности обучения.

В данной статье рассматривается подход к определению потенциальных траекторий обучения студентов на основе модели, включающей априорную информацию об оценках контроля уровня знаний и об индивидуальных когнитивных параметрах мыслительно-познавательной сферы. В качестве априорных оценок контроля уровня знаний для студентов 1-го курса в нашем исследовании были взяты баллы ЕГЭ по математике, физике, русскому языку и их сумма.

Для оценки индивидуальных когнитивных параметров познавательной деятельности студентов проводится предварительная диагностика с помощью диагностического комплекса «ОнтоМАСТЕР-Диагностика» в составе автоматизированной системы обучения «ОнтоМАСТЕР» [4]. Комплекс позволяет диагностировать порядка 20 параметров мыслительно-познавательной сферы.

Определение потенциальных траекторий обучения на основе априорной информации об оценках контроля уровня знаний. Рассмотрим оценку корреляции баллов ЕГЭ с типовыми траекториями обучения. Экспериментальную выборку составили студенты 1-го курса СПбГЭТУ «ЛЭТИ». По результатам обучения после 1-го семестра индивидуальные траектории студентов были классифицированы на четыре типовые траектории и сведены в таблицу, содержащую следующие переменные: номер типовой траектории, оценки баллов ЕГЭ по математике, физике, русскому языку и их сумма для дальнейшего анализа. Распределение баллов по математике, физике, русскому языку и по всем трем предметам не соответствует нормальному закону. График распределения суммы баллов ЕГЭ (пример) представлен на рис. 1.

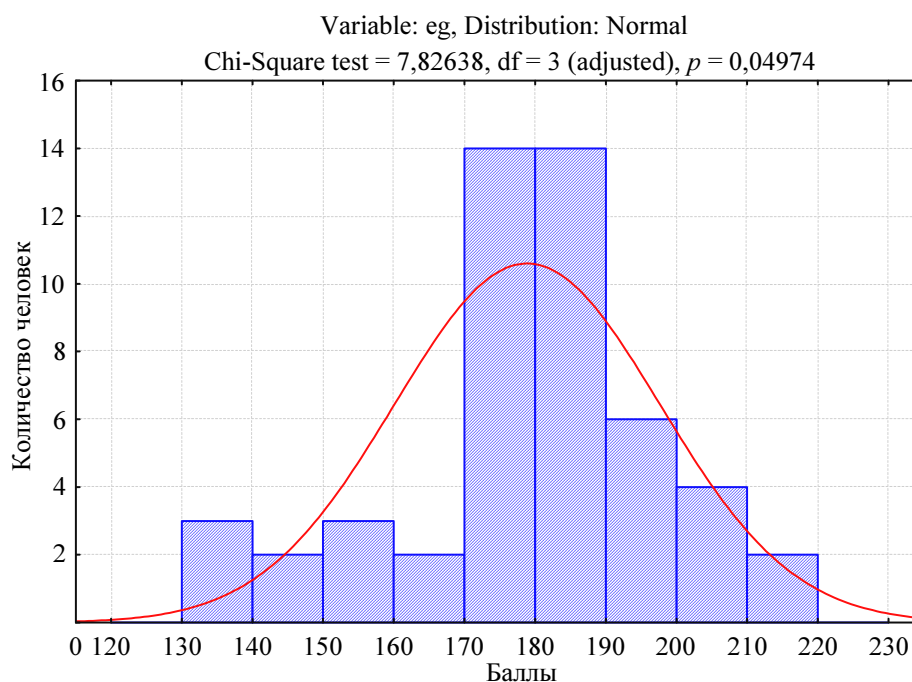


Рис. 1

Вычисление корреляций обладает прогностической значимостью, так как помогает установить, можно ли предсказывать возможные значения одного параметра, зная величину другого [5]. Анализ корреляции параметров осуществлялся с помощью методов непараметрической статистики. Количество баллов ЕГЭ, полученных студентами по различным дисциплинам, может быть отнесено к метрическим данным.

Типовые траектории задаются в номинативной шкале: 1 соответствует траектории неуспешного обучения, 4 – траектории успешного обучения, а траектории 2 и 3 являются промежуточными между успешной и неуспешной траекториями. На рис. 2 приведены типовые траектории обучения студентов в процессе выполнения заданий на примере трех промежуточных контролей в течение семестра.

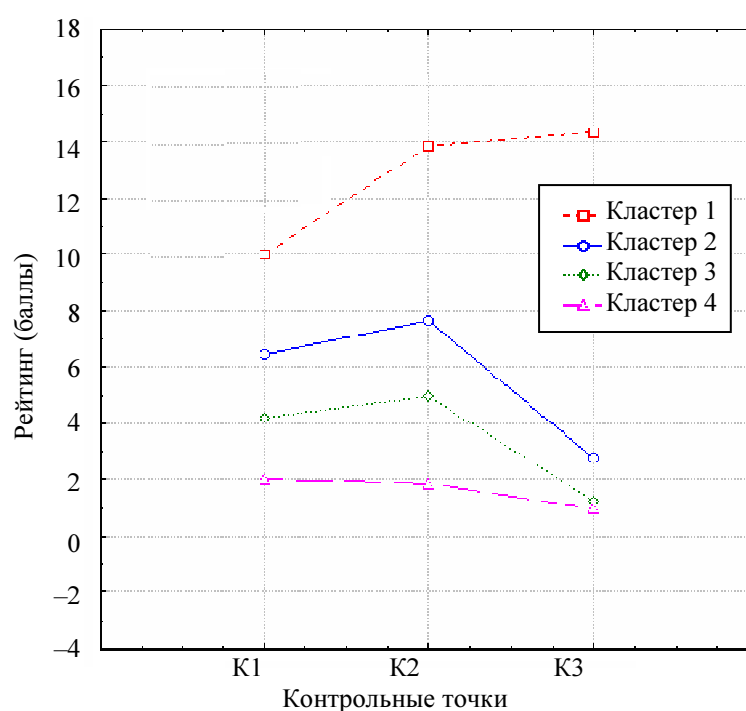


Рис. 2

В кластер 1 попали студенты так называемой «группы риска» по неуспеваемости (их рейтинг понижается). Кластеры 2, 3, 4 объединяют группы студентов, которые справляются с обучением более успешно, т. е. повышают свои результаты в ходе выполнения учебных заданий. Проведено ранжирование кластеров по степени успешности обучения.

С целью оценки возможности прогнозирования группы слабоуспевающих студентов на раннем этапе изучения дисциплины (в начале семестра) был применен метод корреляционного анализа. Оценка корреляции баллов ЕГЭ с типовыми траекториями обучения была выполнена с применением метода Кендалла. Результаты расчета коэффициентов корреляции приведены в табл. 1 ($p < 0,05000$).

Таблица 1

	Valid	Kendall	Z	p-level
m & c	46	0,017221	0,168754	0,865990
p & c	46	-0,012700	-0,124454	0,900956
r & c	46	0,152751	1,496887	0,134423
s & c	46	0,095174	0,932657	0,350997

В таблице использованы следующие обозначения: $m \& c$ – корреляция между баллами ЕГЭ по математике и рангом типовой траектории обучения; $p \& c$ – корреляция между баллами ЕГЭ по физике и номером типовой траектории обучения; $r \& c$ – корреляция между баллами ЕГЭ по русскому языку и номером типовой траектории обучения; $s \& c$ – корреляция между суммой баллов ЕГЭ и номером типовой траектории обучения.

Между суммарным баллом ЕГЭ и рангом траектории существует корреляция, характеризующаяся как «очень слабая» (коэффициент корреляции $< 0,19$) [5].

Оценка корреляции баллов ЕГЭ со средними значениями за 1-й и 2-й семестры обучения была выполнена с применением метода Кендалла. Результаты расчета коэффициентов корреляции приведены в табл. 2 ($p < 0,05$).

Таблица 2

	Valid	Kendall	Z	p-level
s & sem1	50	0,370301	3,794452	0,000148
s & sem2	42	0,272619	2,543809	0,010965

В таблице использованы следующие обозначения: $s \& sem1$ – корреляция между суммой баллов ЕГЭ и средним баллом за 1-й семестр обучения; $s \& sem2$ – корреляция между суммой баллов ЕГЭ и средним баллом за 2-й семестр обучения.

Между суммарным баллом ЕГЭ и средним баллом за 1-й семестр обучения существует «значимая корреляция» ($p < 0,05$), характеризующаяся как «умеренная». Между суммарным баллом ЕГЭ и средним баллом за 2-й семестр обучения существует «значимая корреляция» ($p < 0,05$), характеризующаяся как «слабая» [5].

Успешность обучения контролируется как итоговыми оценками за семестр, так и промежуточными контролями рейтингов обучения в течение семестра.

Для оценки возможности прогнозирования потенциальной траектории обучения только по суммарному баллу ЕГЭ были использованы методы нейронных сетей, байесовских сетей и решающих деревьев.

Применение метода многослойных нейронных сетей позволяет корректно классифицировать потенциальные траектории обучения на основе данных о суммарном балле ЕГЭ только в 54,3 % случаев (табл. 3), а применение метода байесовских сетей и метода решающих деревьев (C4.5/J48) (представлены в табл. 4, поскольку результаты обоих методов совпали) позволяют осуществить достоверный прогноз только в 47,8 % случаев [6].

Таблица 3

Кластеры траекторий	Результаты прогноза кластеров траекторий			
	1	2	3	4
1	0	1	4	0
2	0	11	3	0
3	0	8	14	0
4	0	1	4	0

Корректно классифицированные данные – 25 (54,3 %), некорректно – 21 (45,7 %).

Таблица 4

Кластеры траекторий	Результаты прогноза кластеров траекторий			
	1	2	3	4
1	0	0	5	0
2	0	0	14	0
3	0	0	22	0
4	0	0	5	0

Корректно классифицированные данные – 22 (47,8 %), некорректно – 24 (52,2 %).

Таким образом, прогнозирование потенциальной траектории обучения студентов только по суммарному баллу ЕГЭ не является показательным для цели выявления потенциально успешных/неуспешных студентов, что было подтверждено вычислениями по моделям на основе нейронных, байесовских сетей и решающих деревьев.

Определение потенциальных траекторий обучения на основе априорной информации об оценках контроля уровня знаний и индивидуальных когнитивных параметрах мыслительно-познавательной сферы. Рассмотрим оценку корреляции личностных параметров студентов с типовыми траекториями обучения. Диагностику познавательной сферы можно использовать выборочно. Например, для оперативной работы на практических и лабораторных занятиях, когда задания выполняются по инструкциям и методическим указаниям, требуются быстрота понимания новой информации и отработки практических действий в условиях лаборатории и ограничения по времени. Для дальнейшего анализа успешности выполнения заданий необходимо учитывать параметры когнитивных стилей (такие как «полезависимость – полнезависимость», «импульсивность – рефлексивность»), некоторые психофизиологические параметры (внимание), умение оперативно воспринимать и перерабатывать новую информацию.

Для определения модели классификации потенциальной траектории обучения на основе априорных данных с результатами личностных параметров и баллов ЕГЭ применяются методы интеллектуального анализа данных.

Метод многослойных нейронных сетей позволяет корректно классифицировать 100 % студентов. В табл. 5 представлены результаты применения модели.

Таблица 5

Кластеры траекторий	Результаты прогноза кластеров траекторий			
	1	2	3	4
1	5	0	0	0
2	0	14	0	0
3	0	0	22	0
4	0	0	0	5

Корректно классифицированные данные – 46 (100 %), некорректно – 0 (0 %).

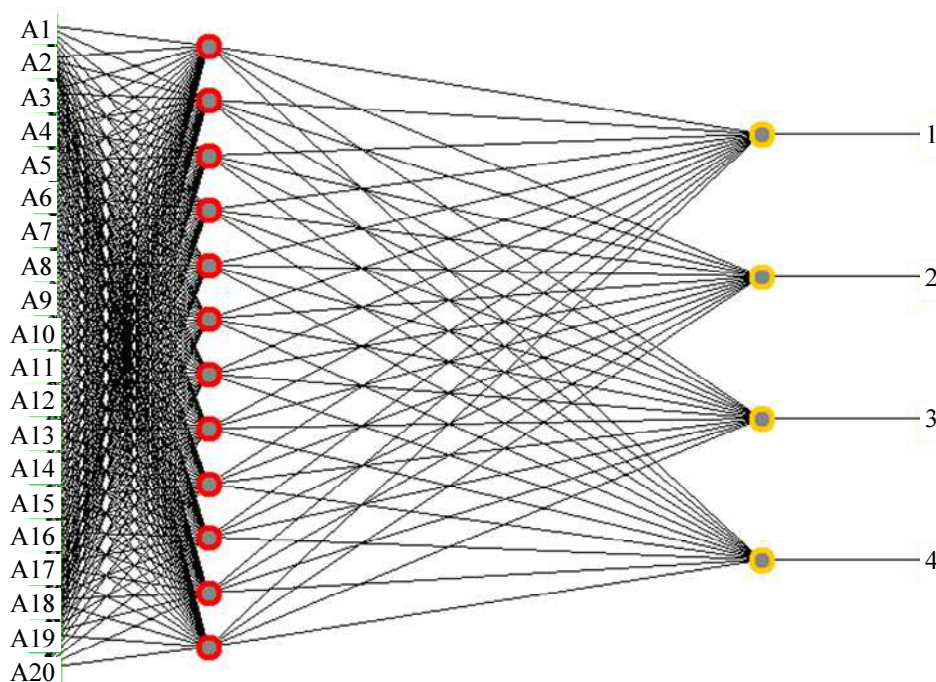


Рис. 3

На рис. 3 представлена модель классификации потенциальных траекторий обучения в виде двухслойной нейронной сети [7]. Параметры мыслительно-познавательной сферы обозначены A1–A20, суммарный балл ЕГЭ – A1. При подаче на входы нейронной сети значений параметров A12–A20 и суммарного балла ЕГЭ (A1) на выходе получаем прогнозируемые кластеры траекторий обучения студентов. Особое внимание необходимо уделять студентам, попавшим в так называемую «группу риска» по неуспеваемости (на примере нашего исследования это кластер 1).

Для представления модели классификации в виде, допускающем интерпретацию ее структуры, применяется метод решающих деревьев Куинлана (C4.5/J48).

Применение метода решающих деревьев Куинлана (C4.5/J48) позволяет корректно классифицировать приблизительно 94 % студентов (табл. 6).

Таблица 6

Кластеры траекторий	Результаты прогноза кластеров траекторий			
	1	2	3	4
1	5	0	0	0
2	0	14	1	0
3	0	1	20	1
4	0	0	0	5

Корректно классифицированные данные – 43 (93,5 %), некорректно – 3(6,5 %).

Итак, нами были рассмотрены подходы к определению потенциальных траекторий обучения на ранних этапах, основанные на априорной информации об оценках контроля уровня знаний и индивидуальных параметрах мыслительно-когнитивной сферы.

Показано, что информации о суммарных баллах ЕГЭ по математике, физике, русскому языку недостаточно для определения потенциальных траекторий обучения.

Показана возможность определения потенциальных траекторий обучения на ранних этапах с использованием индивидуальных параметров. Наибольшей точностью характеризуется модель классификации в виде многослойной нейронной сети. Достигнуть приемлемой корректности классификации (85 %) для предварительного определения потенциальных траекторий обучения студента на ранних этапах позволяет модель в виде решающих деревьев. Дополнительным преимуществом модели решающих деревьев является возможность объяснения и визуального представления для преподавателя процесса классификации [3], что является отличительным свойством современных экспертных систем, основанных на продукционных правилах.

Особенностью применения адаптивных управляющих дидактических стратегий является индивидуализация подходов к оцениванию результатов. Применение дидактических стратегий дает возможность студенту максимально активно и ответственно участвовать в процессе собственного обучения, критически оценивать свои достижения, развивать самооценивание, способности к планированию и конструктивной организации своей деятельности, осваивать не только новые знания и опыт, но и способы действия. Динамика индивидуальной успешности обучения повышает мотивацию, а применение управляющих стратегий обеспечивает гарантированность достижения требуемых результатов.

Для автоматизации процесса определения потенциальной траектории обучения студента в составе автоматизированной обучающей системы на основе экспертной системы, реализованной с помощью интеллектуальных агентов, применяется разработанное нами инструментальное средство Intelligent Agent Interactive Development Environment (IA IDE) – интерактивная среда разработки поддержки интеллектуальных агентов [3].

Разработанные программные средства позволяют поддерживать новые функции педагога в процессе обучения, накапливать данные о результатах своей работы, успехах студентов и непрерывно уточнять модели поддержки принятия решений преподавателей при формировании управляющих дидактических стратегий для повышения результативности обучения студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фокин Ю. Г. Преподавание и воспитание в высшей школе: Методология, цели и содержание, творчество: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 224 с.
2. Каптерев А. И. Менеджмент знаний: от теории к технологиям: науч.-метод. пособие. М.: Либерия-Бибинформ, 2005.
3. Котова Е. Е. Моделирование процесса обучения с использованием управляющих дидактических стратегий. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 5. С. 109–118.
4. Котова Е. Е. Программный комплекс диагностики когнитивных характеристик специалиста в сфере интеллектуального труда // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 9. С. 210–215.
5. Кутейников А. Н. Математические методы в психологии: учеб.-метод. пособие. СПб., 2004.
6. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
7. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Third Edition) / Ian H. Witten, Eibe Frank, Mark A. Hall. Boston: Morgan Kaufmann, 2011.

E. E. Kotova

PLANNING OF ADAPTIVE CONTROLLING DIDACTIC STRATEGIES AT INITIAL STAGE OF TRAINING IN THE UNIVERSITY

Questions of didactics of the higher school are considered, possibilities of forecasting of success of training of students on trajectories of training, application of didactic strategies for the purpose of management of training process.

**Educational activity, training process, didactics, didactic strategies,
trajectories of training, rating of success of training**



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 338.24.01

*М. И. Богачев, Ал. Н. Васенев,
Ан. Н. Васенев, А. В. Звонцов*

АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ЗАДАЧАХ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ¹

Рассматривается техника анализа и управления рисками на основе недавно предложенной оценки Value-at-Risk в приложении к задачам ресурсного обеспечения процессов управления высокотехнологичными предприятиями.

Экономический анализ, управление рисками, система управления предприятием, ключевые показатели эффективности, Value-at-Risk

Обеспеченность ресурсами управления является базовой задачей организации управления любыми предприятиями. Известный состав ресурсного обеспечения процессов управления решает данную задачу не полностью. Важным является именно набор данных ресурсов различного вида, однако и одинаковый набор ресурсов управления для предприятий различных форм также является серьезным вопросом при планировании, организации и изучении систем управления. Существует три вида ресурсов управления: информационный, интеллектуальный и материально-инструментальный [1]. Далее они подразделяются на группы и подгруппы по признаку природы и участия в процессе управления.

Так, информационные ресурсы подразделяются на документированные и не документированные. К документированным ресурсам относится формализованная часть информационного поля – распорядительные, организационные и справочно-информационные документы. К не документированным – устная, визуальная и прочая информация. К интеллектуальным ресурсам управления отнесены: личностные и психологические; социальные и ор-

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (Государственный контракт № 14.740.11.0966 от 05.05.2011 г.).

ганизационные. Личностные и психологические интеллектуальные ресурсы управления – это интуиция, знания, опыт, квалификация, коммуникабельность, мировоззрение, эмоциональность и логика. К социальным и организационным интеллектуальным ресурсам управления отнесены: умение работать в коллективе, организованность, социальная память, организационная структура, организационное поведение и организационная культура. В подгруппу материальные ресурсы управления отнесены: офисные средства, средства связи, средства обработки информации. Инструментальные ресурсы управления – это программные продукты (офисные программы, элементы корпоративных информационных систем, системы поддержки принятия решений), инструментарий для информационной поддержки исследований (общенаучный, отраслевой, специальный).

Высокотехнологические предприятия в настоящем этапе развития мировой экономики привлекают особое внимание со стороны инвесторов, однако преимущественно в секторе, опирающемся на государственную поддержку. Ставка делается именно на такие предприятия, которые имеют решающее значение в процессах реорганизации и модернизации существующих систем: экономических, политических, общественных и др. Таким образом, задачи управления высокотехнологическими предприятиями требуют применения набора ресурсов управления, оптимизированного в соответствии с современными требованиями.

В современных экономических условиях происходит постоянная смена стоимости, значимости и скорости преобразования ресурсов управления. Так, применяемые в управлении средства обработки информации за последние десятилетия многократно усложнились, при этом возросла как их удельная стоимость в структуре ресурсов управления, так и их значимость. Параллельно происходит рост удельной стоимости информационных систем, задействованных в системах управления, и удорожание знаний как интеллектуальной составляющей управленческого труда [2], [3]. Отмечается перераспределение стоимости привлекаемых в управление ресурсов. Подобные изменения необходимо соответствующим образом учитывать в организации управления высокотехнологическими предприятиями. Для устойчивого развития систем управления требуется совершенствовать их ресурсное обеспечение, основываясь на стратегии развития управленческой среды предприятия.

Большинство работ в области вопросов оценки и распределения рисков при организации систем управления в части обеспеченности ресурсами останавливаются на редуционистском подходе. В основном авторы рассматривают риски, возникающие при организации отдельных групп ресурсов управления. Однако необходима комплексная оценка рисков в задачах ресурсного обеспечения при построении систем управления.

Как уже было отмечено, в современных условиях потребности в перераспределении ресурсов управления изменяются весьма динамично, что обуславливает актуальность разработки формализованных инструментов оптимизации их распределения. Факторами, влияющими на подобные изменения, являются как макроэкономические (изменения конъюнктуры рынков сбыта, коррекции общефинансовых индикаторов), так и локальные (изменение структуры спроса, коррекция внутрикорпоративных издержек и др.) В условиях множества влияющих факторов и невозможности оценить вклад каждого из них одним из возможных подходов является параллельная динамическая оценка эффективности вложений в каждый из компонентов ресурсов управления с коррекцией структуры данных

вложений в зависимости от полученных оценок эффективности. Аналогичный подход широко применяется в задачах оптимизации инвестиционного портфеля на финансовых рынках и в международной литературе известен под названием Value-at-Risk [4].

При реализации алгоритма управления на основе технологии Value-at-Risk первоначально задаются допустимой вероятностью нежелательного события. При управлении портфолио на финансовых рынках в качестве такого события обычно рассматривают некоторое (отрицательное) значение возврата, которое приведет к значимым для инвестора потерям. В задаче распределения ресурсов управления в качестве меры возврата [5] могут быть использованы оценки эффективности вложения в ресурсы управления как отношение эффективности управляемого процесса согласно ключевым показателям эффективности (часто объединяемые в литературе под термином KPI – key performance indicators) [6] к вложениям в данный компонент ресурсов управления.

При анализе временной динамики экономических процессов центральной задачей является определение меры эффективности инвестиций в соответствующие ресурсы. В дальнейшем в зависимости от применяемой технологии оценки Value-at-Risk определяются различные статистические показатели данной меры эффективности. В частности, для оценки вероятности нежелательного события широко применяется динамическая оценка текущего распределения на основании некоторой предыстории процесса [4].

Альтернативный подход основан на оценке функции распределения интервалов между последовательными превышениями заданного порога нежелательно низкой эффективности (оценки риска) Q и определения вероятности $W_Q(t, \Delta t)$ одно- или многократного превышения порога Q за интервал прогнозирования Δt , начиная с момента t , истекшего после последнего превышения порога. В настоящей статье рассматривается обратная задача, а именно задача отыскания критического уровня $Q_W(t, \Delta t)$, превышение которого возможно с заданной вероятностью W . Данный подход был впервые предложен в работах [7], [8] в контексте оптимизации управления инвестиционными ресурсами на финансовых рынках.

Для рассмотрения алгоритма зададимся значением требуемой вероятности превышения порога Q , например $p = 0.99$. В самом общем случае значение порога Q можно определить как квантиль распределения данных из уравнения

$$F(Q) = \int_{-\infty}^Q P(r) dr = p, \quad (1)$$

где $F(Q)$ – функция распределения; $P(r)$ – плотность вероятности порождаемого большей системой случайного процесса. Если возникновение выбросов в системе можно принять независимым, оценка текущего значения порога Q определяется из уравнения

$$p = 1 - 1/R_Q, \quad (2)$$

где R_Q – средний интервал повторения выбросов.

В системах с переменными параметрами встает вопрос об оценке текущего распределения $F^*(r)$ или $P^*(r)$ для последующего использования в выражении (1).

При использовании интервальных статистик существует возможность обобщения уравнения (2) за счет использования условного среднего интервала между выбросами $R_Q(r_0)$, учитывающего длительность предшествующего интервала r_0 . При этом уравнение (2) преобразуется к виду [9]

$$p = 1 - 1/R_Q(r_0), \quad (3)$$

откуда находится оценка текущего порога Q . Предложенный алгоритм основан на решении уравнения

$$p = 1 - W_Q(t, \Delta t), \quad (4)$$

что позволяет учитывать информацию о времени t , истекшем после последнего выброса. $W_Q(t, \Delta t)$ представляет собой семейство функций, причем при изменении значения порога Q также в общем случае может изменяться значение t , так как изменяется определение выброса. Поэтому задача отыскания оптимального значения Q , удовлетворяющего уравнению (4), может быть решена итерационно [10].

В качестве начального приближения на первом шаге удобно задаться значением Q_0 , полученным из решения уравнения (2) [11]. Затем определяется время t_0 , истекшее после последнего превышения анализируемым случайным процессом порога Q_0 , и вычисляется оценка вероятности отсутствия выброса в интервале Δt : $1 - W_{Q_0}(t_0, \Delta t)$, которая сравнивается со значением требуемой вероятности p . Если по результатам сравнения $1 - W_{Q_0}(t_0, \Delta t) < p$, значение порога повышается: $Q_1 = Q + \Delta Q$, $\Delta Q > 0$, а если $1 - W_{Q_0}(t_0, \Delta t) > p$, значение порога понижается: $Q_1 = Q - \Delta Q$, $\Delta Q > 0$. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто значение $1 - W_{Q_0}(t_0, \Delta t) \approx p$. При дискретной реализации итерационным путем может быть найдено ближайшее к p значение $1 - W_{Q_0}(t_0, \Delta t)$.

Одной из проблем предлагаемого подхода может быть нестационарный характер оценки эффективности изменений макроэкономических показателей, например за счет коррекции конъюнктуры рынка (наличие тренда), непосредственно не связанный с ресурсами управления и независимый от них. При этом целесообразно предварительно выделить тренд и рассматривать независимо составляющую, связанную с трендом, и флуктуации около нее [12], а также коррекции с учетом известных периодических составляющих (например, характерных сезонных изменений, периодов снижения экономической активности), например, на основе подходов, аналогичных примененным в работе [13]. Данный подход, однако, возможен при условии достаточно медленной коррекции макроэкономических показателей.

Критерием качества при сравнении различных рассмотренных подходов будем считать минимальный средний квадрат отклонения $e_i = x_i - Q_i$ спрогнозированного значения Q_i от максимального значения x_i , апостериори принятого случайным процессом на интервале Δt . При значениях $\Delta t \ll 1/(1-p)$ такое приближение является наиболее близким, так как в силу дискретности более точной оценки получить невозможно. В качестве интегральной меры качества использована кумулятивная среднеквадратичная ошибка по реализации $E_i = \sum_{i=1}^N e_i^2$, где N – длина реализации [10].

При этом баланс между ресурсами управления может быть достигнут за счет параллельного исполнения данных оптимизационных алгоритмов по каждой из групп. Поскольку в реальности ресурсы управления тесно взаимосвязаны, наблюдается значимая корреляция между их эффективностью, при вычислении обобщенных оценок риска необходимо будет прибегать к нелинейным методам многофакторного анализа [14]. За счет механизма оценки возврата эффективности вложений в ту или иную группу ресурсов управления на основе использования оценок КРІ становится возможным использование обратной связи в данном алгоритме. Таким образом, используя предлагаемую математическую модель, исследователь сможет снизить риски, связанные с организацией систем управления высокотехнологичными предприятиями, обеспечив повышение качества принимаемых решений, основываясь на рациональном и математически оправданном подходе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васенев А. Н., Горинова С. В. К вопросу об управленческих ресурсах // Вест. КГУ им. Н. А. Некрасова: науч.-методический журн. Кострома, 2006. Спец. вып. № 3. С. 75–79.
2. Васенев А. Н. Классификация и оценка интеллектуальных ресурсов управления // Вест. ИНЖЭКОНа. Сер. Экономика. СПб., 2008. Вып. 2 (21). С. 383–386.
3. Васенев А. Н., Горинова С. В. Методические проблемы исследования и совершенствования информационной среды промышленного предприятия // Вест. КГУ им. Н. А. Некрасова: науч.-методический журн. Кострома, 2005. Спец. вып. № 2. С. 56–62.
4. Duffie D., Pan J. An overview of value at risk // J. of derivatives. 1997. Vol. 4. P. 7–49.
5. Phillips P. P., Phillips J. J. Return on Investment, in Handbook of Improving Performance in the Workplace / eds. K. H. Silber, W. R. Foshay, R. Watkins et al. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. Vol. 1–3.
6. Venkatraman N., Ramanujam V. Measurement of Business Performance in Strategy Research: A Comparison of Approaches // Academy of Management Review. 1986. Vol. 11(4). P. 801–814.
7. Bogachev M. I., Bunde A. Improved risk estimation in multifractal records: application to the value at risk in finance // Phys. rev. E. 2009. Vol. 80. P. 026131(1–6).
8. Bogachev M. I., Bunde A. Nonlinear memory and risk estimation in financial records // Econophysics approaches to large-scale business data and financial crisis / eds. M. Takayasu. Tokio: Springer, 2010. P. 27–48.
9. Bogachev M. I., Eichner J. F., Bunde A. Effect of Nonlinear Correlations on the Statistics of Return Intervals in Multifractal Data Sets // Phys. rev. lett. 2007. Vol. 99. P. 240601(1–4).
10. Богачев М. И. Алгоритм динамического управления ресурсами больших систем на основе решения обратной задачи интервальных статистик выбросов // Изв. высш. учеб. заведений России. Радиоэлектроника. 2010. Вып. 4. С. 11–16.
11. Bogachev M. I., Bunde A. Memory effects in the statistics of interoccurrence times between large returns in financial records // Phys. rev. E. 2008. Vol. 78. P. 036114(1–8).
12. Богачев М. И. Исследование влияния фрактальных свойств динамических рядов на оценку параметров их нестационарных фрагментов // Изв. высш. учеб. заведений России. Радиоэлектроника. 2006. Вып. 3. С. 3–12.
13. Богачев М. И. К вопросу об использовании долговременной зависимости при прогнозировании выбросов в системах метеорологического и гидрологического мониторинга // Изв. высш. учеб. заведений России. Радиоэлектроника. 2010. Вып. 4. С. 45–53.
14. Богачев М. И. Применение методов фрактальной геометрии для многофакторного анализа данных в нелинейных системах с нерегулярной динамикой // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Радиоэлектроника и телекоммуникации. 2006. №1. С. 6–15.

A. N. Vasenev, M. I. Bogachev, A. V. Zvontsov, A. N. Vasenev

RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT IN HIGH-TECH ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEM INVESTMENT

The paper discusses a technique of risk analysis and management based on the recently suggested Value-at-Risk estimate with possible application to high-tech enterprise planning system investment and optimization.

Economic analysis, risk management, enterprise planning system, key performance indicators, Value-at-Risk

АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПАКЕТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ

Описываются основные разделы дисциплины «Современные пакеты программного обеспечения управления баз знаний», анализируются основные понятия и алгоритмы, прикладные системы и пакеты программного обеспечения управления баз знаний.

Базы знаний, экспертные системы, Википедия, Пролог

Специфика преподавания дисциплины «Современные пакеты программного обеспечения управления баз знаний» определяется достаточной новизной и сложностью объекта изучения, а также местом в учебном плане подготовки специалистов. В результате освоения первоначального курса «Информатика» студенты уже обладают практическими навыками решения задач компьютерного моделирования в произвольной предметной области на основе объектно-ориентированного подхода с использованием различных прикладных программ и современных коммуникационных компьютерных технологий и целенаправленного использования сети Интернет. В результате освоения курса «Информационные технологии» студенты обладают практическими навыками решения задач обработки данных, графики и мультимедиа в разных операционных средах. Дисциплину целесообразно изучать по нескольким направлениям и уровням:

- теоретические аспекты (основные понятия и алгоритмы);
- прикладные системы управления базами знаний (экспертные системы, компьютерные энциклопедии и системы доступа в библиотечную среду);
- языки программирования и пакеты программного обеспечения для управления базами знаний.

Базовые понятия научной области баз знаний включают в себя инженерию и онтологию представления информации, ее достоверность и релевантность.

Далее перечислены некоторые из особенностей, которые могут (но не обязаны) быть у системы, оперирующей базами знаний (БЗ).

- Автоматическое доказательство (вывод) – способность системы выводить новые знания из старых, находить закономерности в БЗ. Часто принимается, что база знаний отличается от базы данных именно наличием механизма вывода.
- Доказательство заключения – способность системы после выдачи ответа «объяснить» ход ее рассуждений, причем «по первому требованию».
- Интроспекция – нахождение противоречий, нестыковок в БЗ, контроль правильной организации БЗ.
- Машинное обучение – превращение БЗ в гибкую систему, адаптация к проблемной области. Аналогична человеческой способности «набирать опыт».

Проект «Сус» (образованное от англ. *encyclopedia* и произносимое как «цик») является зарегистрированной торговой маркой компании «Cuscorp, Inc» в Остине. База знаний является собственностью компании, однако небольшая часть базы, предназначенная для

установления общего словаря для программ автоматического рассуждения, была выпущена как OpenCyc под открытой лицензией. Позднее, Cyc стала доступной для исследователей под специальной исследовательской лицензией как ResearchCyc.

Типичным примером знаний в базе являются «Всякое дерево является растением» и «Растения смертны». Если спросить «умирают ли деревья?», машина логического вывода может сделать очевидный вывод и дать правильный ответ. База знаний (англ. *Knowledge Base* или KB) содержит более миллиона занесенных туда людьми утверждений, правил и общеупотребительных идей. Они формулируются на языке CycL, который основан на исчислении предикатов и имеет схожий с Лиспом синтаксис. Большая часть сегодняшней работы в проекте Cyc все еще связана с инженерией знаний – описание фактов об окружающем мире вручную и реализация эффективных механизмов логического вывода на основе этих знаний. Однако ведется работа над тем, чтобы дать системе Cyc возможность самостоятельно общаться с пользователями на естественном языке и над ускорением процесса пополнения базы с помощью машинного обучения.

Последняя версия OpenCyc 1.0, выпущенная в июле 2006 г., включает в себя полную онтологию Cyc, содержащую сотни тысяч выражений, миллионы утверждений, связывающих термины между собой. База знаний содержит 47 000 концепций и 306 000 фактов, и ее можно просмотреть на сайте OpenCyc. Первая версия OpenCyc была выпущена в мае 2001 г. и содержала только 6000 концепций и 60 000 фактов. База знаний выпущена под лицензией Apache. «Cycorp» намерена выпускать OpenCyc под параллельными, менее жесткими лицензиями, чтобы удовлетворить потребности своих пользователей. Интерпретатор CycL и SubL (программа, которая позволяет просматривать и изменять базу данных и делать выводы) выпущена бесплатно, но только в двоичном виде, без исходных текстов. Она работает как под GNU/Linux, так и под Microsoft Windows.

В июле 2006 г. «Cycorp» выпустила ResearchCyc 1.0, бесплатную (но с закрытыми исходниками) версию Cyc, предназначенную для исследовательского сообщества (ResearchCyc находился в бета-версии в течение всего 2004 г., а выпущена в бета-тестирование она была в феврале 2005 г.). В дополнение к таксономической информации из OpenCyc ResearchCyc включает значительно больше семантических знаний (т. е. дополнительные факты) о концепциях в своей базе знаний, большой лексикон, инструменты для грамматического разбора и генерации английского языка, написанные на языке Java интерфейсы для редактирования знаний и создания запросов к базе.

При буквальной реализации экспертная система проверяет применимость каждого правила вывода к каждому факту базы знаний, при необходимости выполняет его и переходит к следующему правилу, возвращаясь в начало при исчерпании всех правил. Даже для небольшого набора правил и фактов такой метод работает неприемлемо медленно. Алгоритм Rete обеспечивает более высокую эффективность. При использовании Rete экспертная система строит специальный граф или префиксное дерево, узлам которого соответствуют части условий правил. Алгоритм Rete жертвует объемом памяти ради скорости. В большинстве случаев скорость возрастает на порядки (так как эффективность теоретически не зависит от числа правил в системе). В экспертных системах с большим числом правил классический Rete требует слишком много памяти, но появились новые алгоритмы, в том числе основанные на Rete, ограничивающиеся разумным объемом.

Институциональная память – это новое качество, которое может обеспечить база знаний, определяющая компетентность экспертной системы.

Если база знаний разработана в ходе взаимодействия с ведущими специалистами учреждения, отдела или штаба, то она представляет текущую политику и способы действия этой группы людей. Этот набор знаний становится сводом очень квалифицированных мнений и постоянно обновляющимся справочником наилучших стратегий и методов, используемых персоналом. Ведущие специалисты уходят, но их опыт остается. Это важно для деловой сферы и особенно ценно для вооруженных сил и правительственных органов с их частыми преобразованиями и персональными перемещениями.

База знаний – важный компонент интеллектуальной системы. Наиболее известный класс таких программ – это экспертные системы. Они предназначены для поиска способов решения проблем из некоторой предметной области, основанного на записях БЗ и на пользовательском описании ситуации.

Простые базы знаний могут использоваться для создания экспертных систем хранения данных в организации: документации, руководств, статей технического обеспечения. Главная цель создания таких баз – помочь менее опытным людям найти уже существующее описание способа решения какой-либо проблемы.

В какой-то мере к БД можно отнести компьютерные энциклопедии, словари, глоссарии, а также системы доступа и управления библиотечными ресурсами. Википедия – свободная общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия, поддерживаемая некоммерческой организацией «Фонд Викимедиа». Название образовано от слов «вики» (технологии для создания сайтов) и «энциклопедия». Более 18 млн статей Википедии (на русском языке – более 702 тыс.) написаны совместно добровольцами со всего мира, и почти все эти статьи могут быть изменены любым посетителем сайта (в том числе и анонимным). Википедия является пятым по посещаемости веб-сайтом в мире – его посещают 400 млн человек в месяц.

Запущенная в январе 2001 г. Джимми Уэйлсом и Ларри Сэнгером, Википедия сейчас является самым крупным и наиболее популярным справочником в Интернете. По объему сведений и тематическому охвату считается самой полной энциклопедией из когда-либо создававшихся за всю историю человечества. Одним из основных достоинств Википедии как универсальной энциклопедии является возможность представить информацию на родном языке, сохраняя ее ценность в аспекте культурной принадлежности.

Надежность и точность Википедии вызывают вопросы. Другая критика сосредоточена на подверженности вандализму и добавлению ложной или непроверенной информации. Однако научные работы свидетельствуют о том, что акты вандализма обычно существуют недолго.

Помимо выполнения функции энциклопедического справочника, Википедия стала главным объектом внимания СМИ как сетевой источник последних новостей по той причине, что она постоянно обновляется.

В разработках программных продуктов для управления базами знаний используются специальные языки высокого уровня. В языке Пролог базы знаний описываются в форме конкретных фактов и правил логического вывода над базами данных и процедурами обра-

ботки информации, представляющих сведения и знания о людях, предметах, фактах событиях и процессах в логической форме. В ответах на простейшие запросы к базам знаний система логического программирования Пролог выдает значения «истина» и «ложь» в зависимости от наличия соответствующих фактов.

Обобщенные сведения в языке Пролог задаются с помощью правил логического вывода, выполняющих роль определения понятий, а также логических процедур, состоящих из наборов правил логического вывода. Достоверность обобщенных сведений зависит от наличия необходимых фактов и достоверности данных в базах знаний.

I. B. Nikiforov

ASPECTS OF TEACHING MODERN SOFTWARE PACKAGES OF KNOWLEDGEBASE CONTROL

In this article main sections in «Modern software packages of knowledgebase control» are described . Main ideas and algorithms, application systems and software packages of knowledgebase control are analyzed .

Knowledgebase , expert systems, Wikipedia, Prologue



УДК 81'367.32

Ю. В. Перлова

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА АДРЕСАТА НА КОСВЕННОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ПОБУДИТЕЛЬНОЙ ИНТЕНЦИИ

Рассматриваются высказывания, реализующие побудительную интенцию одним из косвенных способов. Особое внимание уделяется процессам метакогнитивного осознания мыслей и эмоций коммуникантов.

Теория сознания, адресат, косвенность, побудительная интенция, метакогнитивное осознание, остенсивный стимул

В настоящей статье представлены результаты исследования косвенного выражения побуждения с учетом фактора адресата. Исследование проведено в рамках когнитивно-прагматической парадигмы, обращение к которой отражает актуальные тенденции современной лингвистики.

Традиционно по характеру коммуникативной установки высказывания делятся на три основных класса: утверждение, вопрос и побуждение. При реализации побудительной интенции автор речи может выбрать либо прямой, либо косвенный способ выражения. К прямым способам относятся императив и перформативные высказывания. Как показывают наблюдения, в английском языке косвенные способы выражения побуждения значительно преобладают над прямыми способами. По нашим подсчетам это соотношение составляет 70 % к 30 %. Учитывая данные современных исследований по когнитивной и прагмалингвистике, фокус которых сосредоточен на выявлении когнитивно-прагматических оснований языковой концептуализации, преобладание косвенных способов побуждения над прямыми может быть представлено как одно из закономерностей интеракционных принципов формирования языковых высказываний. В свою очередь, интеракциональность есть реализация метакогнитивных процессов, происходящих в сознании собеседников как участников эффективного речевого общения.

Способность к осознанию ментальных состояний собеседника, его мнений, желаний, знаний в когнитивистике рассматривается как теория сознания. Теория сознания обозначает абстрактную систему, позволяющую человеку объяснять и предсказывать поведение другого путем обращения к ненаблюдаемым состояниям сознания, таким как убеждения, намерения, желания, эмоции.

Основы теории сознания заложили Д. Премак и Г. Вудрафф в своих работах по приматологии [1], экспериментально доказав, что в сознании приматов существуют когнитивные функции, позволяющие им в определенной степени «предсказывать» желания, интенции, планы, намерения соплеменников или дрессировщиков. Такие функции принято именовать метакогнитивными. Соответственно, метакогнитивные состояния представляют собой ментальные процессы особого рода, содержанием которых является интенциональный объект, т. е. иное ментальное состояние. Это метакогнитивные состояния осознания мышления, эмоций, восприятия, в том числе и речевосприятия [2].

Обратимся к примеру, в котором осуществляется метакогнитивный анализ поведения собеседника.

Пример 1.

Bill waited for her to go on, and as she continued to be silent he said after a moment or two, “I should not like you to think that I regard this as anything trivial” [3, с. 137].

Билл ведет сложный разговор с женой, которая обнаружила, что он ей изменяет. Высказывание “I should not like you to think that I regard this as anything trivial”, произносимое после возникшей в разговоре паузы, представляет собой вербализацию метакогнитивного состояния продуцента речи, который интерпретирует молчание собеседника, пытаясь представить содержание сознания супруги, возможные представления, сложившиеся у нее относительно его собственного восприятия событий. Говорящий пытается с помощью косвенной просьбы повлиять на когнитивную сферу собеседника с тем, чтобы преобразовать ее нужным ему образом.

В фокус метакогнитивного осознания попадает не только мышление человека, но и его эмоциональная сфера. Метакогнитивное осознание эмоций собеседника при косвенном выражении побудительной интенции и ее интерпретации имеет, безусловно, огромное значение для коммуникантов. В психологии природа эмоций до сих пор вызывает много споров и порождает большое количество теорий, подчас взаимоисключающих. На наш взгляд, особого внимания заслуживает единая теория сознания и эмоций Ю. И. Александрова [4]. Содержание сознания ученый связывает не с анализом стимулов, как это делается в подавляющем большинстве концепций, а с построением моделей результатов и сравнением этих моделей с параметрами реально достигнутых результатов. При этом учитывается субъективность сознания, его интенциональность, внутренняя диалогичность, коммуникативность, социальность, темпоральность. Появление опережающего отражения вместо рефлекторного означает появление целей, а следовательно, субъективного деления мира на «плохое» (препятствующее достижению целей) и «хорошее» (способствующее достижению). Это деление связано с особенностями видового, индивидуального опыта и текущими потребностями. Таким образом, благодаря опережающему отражению говорящий при формировании побудительного высказывания ориентируется не только на предшествующий контекст в широком смысле, но и программирует некоторую будущую ситуацию. С учетом этих двух планов говорящий выбирает наиболее эффективные вербальные и невербальные средства для выражения побудительной интенции.

Существует множество параметров, с помощью которых мы можем понять и оценить эмоции собеседника. Вопрос об информации, используемой человеком при опознании эмоций других людей, связан с так называемыми «когнитивными схемами эмоций»,

иными словами, с установлением того набора признаков, с помощью которого можно судить о наличии той или иной эмоции. К источникам информации об эмоциональном состоянии других людей относятся главным образом различные внешние признаки: мимика, жесты, позы, поведение, вегетативные реакции. Что касается вербальных средств, то помимо учета собственно семантики языковых средств, мы можем судить об эмоциональном состоянии человека по звуку его голоса. В связи с этим биолог В. П. Морозов предложил термин «эмоциональный слух», который рассматривается им как эволюционно более древняя форма слухового восприятия по сравнению с речевым (семантическим) слухом [5].

Проиллюстрируем с помощью примера, каким образом наличие эмоционального слуха помогает правильно интерпретировать эмоциональное состояние собеседника и, вследствие этого, скорректировать выражение просьбы в пользу одного из косвенных способов, а не прямого.

Пример 2.

“Money”, the baby said.

[...] “Money is a good thing, isn’t that right, baby?” (1) she said pointedly, fixing an evil eye on her husband, Shane, who was still lying in bed.

“Are you trying to tell me something?” (2) Shane asked.

Oh God. She could tell by the tone in his voice that he was going to be grumpy again (3).

[...] “Can you help me, babe?” (4) she said, her voice just bordering on annoyance. She ratcheted up the blind like a pirate running up a flag. She wanted to yell at him, but after twelve years of marriage, she knew that Shane didn’t respond well to female aggression – if she screamed, he would only become more obstinate (5).

Shane sat up, made a face, stretched his arms, and yawned oafishly (6).

[...] “Can you please take the baby? (7) So I can at least take a shower?”

She thrust the baby at him (8) [6, с. 20–21].

Хотя формально высказывание (1) обращено к ребенку, Шейн понимает, что именно он является подлинным адресатом. Помимо взгляда, направленного на него, этому способствует манера произнесения высказывания, интонация многозначительности. Но Шейн не понимает, чего же именно хочет добиться от него Венди, его супруга – (2). То, как Шейн задает свой уточняющий вопрос, тон его голоса (3), в свою очередь, являются источником информации для Венди, обладающей чутким эмоциональным слухом, который она приобрела за 12 лет совместной жизни (5). Это заставляет ее быть сдержаннее и оформить свою просьбу в вежливой форме, используя косвенные речевые акты – (4), (7), и в конечном итоге добиться желаемого результата – (6), (8).

Следует отметить, что адресатом высказывания может являться сам продуцент речи, т. е. прескриптором и агенсом каузируемого действия будет говорящий или скорее думающий, так как подобные случаи имеют место главным образом во внутренних диалогах в рефлексивных состояниях.

Пример 3.

Outside in the corridor, Conrad took out his billfold and has another long look at Frances Coleman’s photograph. The girl’s face drew him like a magnet. He couldn’t understand it and he couldn’t remember ever having had such a feeling of intense interest for a girl as he was now feeling for this girl.

“What’s the matter with me?” he thought. “I’m behaving like a goddamn schoolboy”.

He put the photograph away. Then he walked quickly along the corridor to the row of elevators, jabbed the nearest button and waited. While he waited he caught his hand going towards his inside pocket for his billfold again, and he had to make a conscious effort to change its direction and fish out a pack of cigarettes [7, с. 38].

Следователь Конрад пытается разобраться в своем поведении и оценивает его негативно, тем самым намереваясь заставить себя изменить его. Он смотрит на себя как бы со стороны, пытается контролировать свои эмоции, но это удается ему с большим трудом.

Итак, с одной стороны, говорящий должен проводить мониторинг эмоционального состояния собеседника, с другой стороны, сознавая воздействие своего поведения на адресата, может подавать такие сигналы о своем эмоциональном состоянии, которые помогут ему добиться желаемой цели. Тем самым говорящий демонстрирует рекурсивный уровень осознания намеренности. Сигналы, используемые коммуникантами, могут сообщать о реальных или ложных эмоциональных состояниях – самое главное, что подаются они намеренно. В соответствии с теорией релевантности Д. Спербера и Д. Уилсон эти сигналы называются остенсивными стимулами, т. е. стимулами, с помощью которых говорящий подводит слушающего к предположению о том, что они достаточно релевантны, чтобы быть обработанными [8]. Теория релевантности утверждает, что любое высказывание вызывает в получателе ожидания релевантности, уместности и автоматически передает ему презумпцию своей собственной оптимальной релевантности. Говорящий неосознанно стремится к максимальной релевантности, т. е. к максимальному когнитивному эффекту при минимальных усилиях при переработке. Наиболее важный тип когнитивного эффекта – контекстуальная импликация, под которой понимается заключение, выводимое дедуктивно из вводимых данных и контекста в их совокупности.

Рассмотрим применение остенсивных стимулов на примере ламентативной тактики, которой мы обозначаем намеренное использование продуцентом речи вербальных и невербальных средств, выражающих его неудовлетворенное или дискомфортное состояние, с целью вызвать сочувствие реципиента и тем самым побудить его к совершению посткоммуникативного действия.

Пример 4.

“Are you going to marry him, Mom?” (1) Sam looked at her sadly (2). He liked having her to himself. He was still sleeping in her bed most of the time. He missed his dad, but he had grown even closer to his mother, and he wasn’t anxious to share her.

“Of course not”, Fernanda said, looking flustered. “I’m not going to marry anyone. I still love Daddy”.

“Good”, Sam said, looking satisfied, as he stuffed a forkful of pancakes into his mouth, and dripped syrup down his T-shirt (3) [9, с. 165].

Хотя пропозициональное содержание предложения (1) не выявляет ламентативную тактику, печальный взгляд, сопровождающий высказывание (2), раскрывает истинное отношение Сэма к возможному браку матери. Насколько искренним был ребенок мы можем только догадываться, но его поведение после достижения цели (3) может указывать на определенный уровень сознательного использования остенсивных стимулов.

Адресованность, обращенность к собеседнику свойственны любому высказыванию, а отсюда и исключительная роль *другого*. Реципиенты – это не пассивные слушатели, а активные участники речевого общения, для которых и с учетом которых создаются высказывания [10, с. 290–291]. Для побудительных высказываний в силу их апеллятивной функции фактор адресата имеет особое значение: продуцент речи формирует высказывание под влиянием метакогнитивного осознания мыслей и эмоций собеседника, так как это помогает выбрать более эффективные средства и способы реализации побудительной интенции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Premack D., Woodruff G. Does the chimpanzee have a theory of mind? // Behavioral and Brain Sciences. 1978. № 4.
2. Клепикова Т. А. Лингвистические метарепрезентации. СПб.: Астерион, 2008.
3. Murdoch I. The Sandcastle. London: Chatto & Windus, 1957.
4. Александров Ю. И. Сознание и эмоции // 3-й междунар. конгресс «Теория деятельности и социальная практика». М.: Физкультура, образование, наука, 1995.
5. Морозов В. П. Невербальная коммуникация в системе речевого общения. М.: Изд-во ИП РАН, 1998.
6. Bushnell C. Lipstick Jungle. London: Abacus, 2006.
7. Chase J. H. This Way for a Shroud. London: A Panther Book, 1965.
8. Sperber D., Wilson D. Relevance: Communication and Cognition. Oxford: Blackwell, 1986/1995.
9. Steel D. Ransom. New York: A Dell Book, 2005.
10. Бахтин М. М. Эстетика словесного творчества. 2-е изд. М.: Искусство, 1986.

J. V. Perlova

THE INFLUENCE OF THE ADDRESSEE FACTOR ON INDIRECT REALIZATION OF IMPERATIVE INTENTION.

The article deals with the analysis of the indirect imperative sentences. The attention is focused on metacognitive comprehension of interlocutors' thoughts and emotions.

A theory of mind, an addressee, indirectness, imperative intention, metacognitive comprehension, an ostensive stimulus

УДК 316.354

Е. В. Строгецкая

ОРИЕНТИРЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ В УСЛОВИЯХ ПРОТИВОРЕЧИЯ ИХ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассматривается проблема определения ориентиров организационного развития российских университетов в условиях их реформирования. Выявляется противоречие между организационной жизнеспособностью и малой эффективностью деятельности университетов. В контексте современных концепций социологии организаций формулируются гипотезы о природе этого противоречия и условиях его преодоления в процессе организационного развития.

Современные российские университеты, организационное развитие, эффективность, жизнеспособность, выживание

Данная статья посвящена проблеме поиска ориентиров организационного развития современных российских университетов в условиях противоречия между их организационной жизнеспособностью и эффективностью деятельности.

В период реформирования образования проблема поиска ориентиров организационных изменений в учебных заведениях стоит весьма остро. Она усугубляется теоретической неоднозначностью самого понятия «организационное развитие».

Мы будем придерживаться трактовки организационного развития как процесса позитивных, качественных изменений в организации, затрагивающего способы, средства деятельности и взаимодействия и отражающегося в трансформации организационной структуры [1]. Данное определение подчеркивает, что в отличие от изменений любого рода развитие подразумевает позитивный и качественно новый результат. Поэтому, решая задачу определения ориентиров развития, необходимо выделить критерии позитивности и качественности организационных изменений. Макросоциологические концепции организаций чаще всего выделяют два критерия позитивности изменений – это повышение жизнеспособности организации (естественные подходы в социологии организаций) и повышение эффективности ее деятельности (классическая школа организации и управления, стратегический и инновационный подходы и т. д.). Главным признаком нового качественного уровня организации являются устойчивые структурные изменения, произошедшие в ней.

В ракурсе социологии организаций университеты привлекают особое внимание своей долговечностью, а следовательно, высокой жизнеспособностью. Мировое образование часто подвергалось реформам, в первую очередь направленным на содержание и методики самой образовательной деятельности. Данные реформы неизбежно наталкивались на необходимость преобразований организационной составляющей высшей школы. Постулаты организационной теории и практика других сфер человеческой деятельности говорят о том, что итогом таких преобразований может стать гибель организации. Тем не менее сегодня существуют и успешно функционируют университеты, чье имя связано с зарей высшего образования.

Современные российские университеты можно отнести к вузам, обладающим высокой жизнеспособностью. Реформы в области российского образования, в том числе и высшего, перманентно проходят с конца 80-х – начала 90-х гг. Ситуация в стране была усугублена демографическим кризисом, который всерьез заставил говорить о сокращении количества вузов (в том числе и государственных). Однако состав государственных вузов чаще пополнялся, чем нес потери. Вообще закрытие государственного университета было и остается исключительным явлением. Даже если такое образовательное учреждение не проходит государственную аккредитацию, то повторная процедура, как правило, возвращает утраченный статус.

Вместе с тем эксперты настойчиво отмечают своего рода «моральный износ» российской системы высшего образования, т. е. «ее несоответствие современным потребностям общества и экономики» [2]. По мнению экспертов, это проявляется в снижении качества подготовки специалистов, в недостаточном взаимодействии образования с наукой и разделами экономики, которые основаны на внедрении современных наукоемких технологий¹; в росте доли слабых преподавателей, в снижении конкурентоспособности учреждений образования и их выпускников на глобальном рынке, в нерезультативности подготовки инноваторов и производства инноваций и т. д. [2]. На наш взгляд, оснований для вывода о «моральном износе» системы нет, поскольку вопрос несоответствия весьма спорен и субъективен [3]. Однако можно говорить о текущей неэффективности образовательной деятельности вузов.

¹ <http://www.kommentator.ru/tmru/2008/t0117-1.html>.

Можно ли в условиях противоречивого соотношения между двумя основными критериями организационного развития однозначно выделять один из них в качестве приоритета для выбора его ориентиров? Не приведет ли выбор повышения эффективности деятельности в качестве единственного приоритета развития к снижению жизнеспособности, а следовательно, к возрастанию вероятности «смерти» университетов? Для ответов на эти вопросы необходимо установить связь между организационной жизнеспособностью университетов и эффективностью их деятельности, а также выяснить условия сочетания высокой жизнеспособности и низкой эффективности.

Понятие жизнеспособности объекта, чаще всего определяемое как свойства объекта, обеспечивающие его существование и развитие, приспособленность к жизни, заставляет в процессе анализа обратиться к природе объекта. Природа организации двойственна, что породило хорошо известную бифуркацию подходов в рамках социологии организации.

Концепции, склоняющиеся к рационально-искусственной природе организации, полагают смыслом ее существования достижение заданных заранее целей деятельности. Совпадение реальных результатов деятельности с планируемыми (результатов с целями) трактуется как эффективность (продуктивность, результативность) деятельности. В этом случае продуктивность становится центральной категорией для оценки свойств организации, обеспечивающих ее существование и приспособленность к жизни. Чем выше ее результативность, тем она жизнеспособнее, и наоборот.

Базируясь на рациональном подходе, можно утверждать, что большинство современных российских вузов утрачивают или уже утратили свою жизнеспособность и, следовательно, единственным ориентиром организационного развития должен стать принцип повышения эффективности деятельности. Особенно часто такое мнение звучит при определении места вузов России в международном образовательном пространстве, поскольку цели, конвенционально принятые там, отечественными университетами не достигаются.

Необходимость сравнения объектов для определения эффективности деятельности и жизнеспособности в рамках рационального подхода отмечал Э. Мэйо, тем самым указывая на условия и ограничения использования данного подхода. Главным условием является конкуренция. Эффективность деятельности точнее всего можно определить путем сравнения с другими субъектами той же деятельности – конкурентами. В связи с этим можно обнаружить интересный парадокс, ограничивающий применение рационального подхода.

Очевидно, что конкуренция не ограничивается лишь факторами собственно деятельности. Конкурентная борьба тесно связана, например, с доступностью ресурсов, которая, в свою очередь, может сыграть ключевую роль в обеспечении реальной жизнеспособности. Так, конкурентная борьба высокорезультативных малых предприятий с крупными фирмами приводит к «смертности» первых. Таким образом, радикально-рациональные концепции упускают ряд обстоятельств соотношения жизнеспособности организации и эффективности ее деятельности.

В представлениях о естественной природе организации центральное место в тандеме рассматриваемых категорий занимает жизнеспособность, понимаемая как совокупность свойств организации, обеспечивающих сохранение ее как коллективного субъекта целевой деятельности, без которого эта деятельность невозможна. Для обозначения сохранения коллективного субъекта вводят термин «выживание», противопоставляя его смертно-

сти и наделяя позитивным смыслом (в отличие от концепций, использующих этот термин как синоним прозябанию). Здесь выживание – это не только условие существования организации, но и основной ориентир для ее развития.

Выживание организации возможно только в случае обеспечения ряда необходимых условий (универсальных требований, системных императивов). Опираясь на взгляды Ч. Барнарда, можно выделить условие целедостижения (целевой императив) и социальные условия (социальные императивы), в состав которых, по мнению Т. Парсонса, входят условия адаптации, интеграции и создания мотивов для индивидов и групп, входящих в состав организации. Эффективность деятельности организации, т. е. достижение целей этой деятельности, – признак выполнения целевого императива.

Представления о естественной природе организации позволяют утверждать, что она, будучи особым рода социальным организмом, имеет жизнеобеспечивающие потребности. Жизненные нужды организации ярче всего проявляются в случае неэффективности, дезадаптации, дезинтеграции и неудовлетворенности работников, т. е. в состояниях, угрожающих ее существованию. Такие состояния не являются исключительными для современных организаций. Они весьма характерны и устойчивы в связи с высокой динамичностью среды. Описанные потребности появляются как результат невыполнения универсальных императивов или, как их трактовали представители структурно-функционального подхода, функций организации, поэтому для их обозначения будем использовать понятие «функциональные потребности организации».

Использование понятия «функциональных потребностей» позволяет, во-первых, прояснить характер связи жизнеспособности и эффективности деятельности; во-вторых, обнаружить условия их противоречия.

Жизнеспособность организации как совокупность ее особых свойств, обеспечивающих выживание, и степень удовлетворенности функциональных потребностей выживания находятся во взаимном влиянии. С одной стороны, уровни жизнеспособности организации, соответствующие разному набору ее соответствующих свойств, обуславливают различную степень удовлетворения тех или иных функциональных потребностей. С другой стороны, развитие потребности системы вызывает развитие обеспечивающих ее свойств. Высокая или низкая эффективность деятельности – это показатель уровня развития у организации соответствующих свойств, составляющих ее жизнеспособность.

Казалось бы, естественные взгляды на природу организации не расходятся с рациональными в вопросе взаимосвязи жизнеспособности и эффективности деятельности: чем ниже эффективность, т. е. чем менее развиты «деятельностные» свойства организации, тем ниже ее жизнеспособность. Однако ситуация с российскими университетами говорит об обратном. Естественный подход дает объяснение этому противоречию.

Прямая зависимость между жизнеспособностью и любым свойством, ее составляющим, не учитывает комплексности и взаимного влияния функциональных потребностей. Как и в любой другом «организме», в случае невозможности удовлетворения одной потребности она может замещаться другой; потребности могут входить в конфликт друг с другом; наконец, отсутствие какого-либо условия существования вообще может не восприниматься системой как потребность.

Таким образом, естественные подходы в социологии организации так же, как и рациональные концепции, ставят организационную жизнеспособность и эффективность деятельности в жесткую взаимную зависимость. Однако в отличие от своих оппонентов представители онтологически-природных взглядов на организацию подчеркивают нелинейность этой зависимости. Относительно условий сочетания высокой организационной жизнеспособности и низкой эффективности деятельности, характерной для современных российских университетов, естественные концепции позволяют сформулировать следующие гипотезы.

Если организация в целом жизнеспособна, а общество (эксперты) оценивает ее деятельность как не эффективную, то:

- гипотеза 1: достижение целей, обозначенных обществом и экспертами, не ощущается организацией как потребность;
- гипотеза 2: целевая потребность входит в конфликт с социальными потребностями, в результате чего удовлетворяются вторые;
- гипотеза 3: организация не может достичь обозначенных целей и, как следствие, имеет место замещение потребности целедостижения удовлетворением социальных потребностей организации.

Подтверждение той или иной гипотезы является основанием для выбора ориентира организационного развития университета, поскольку указывает на причину рассогласования жизнеспособности и эффективности деятельности.

Для проверки первой гипотезы необходимо сопоставить общественные запросы к высшему образованию и их учет в качестве руководящих принципов деятельности вузов страны. При решении этой задачи эмпирическому анализу подвергаются сам факт наличия и содержание стратегических планов и программ вузов.

Абсолютным признаком правомерности первой гипотезы является отсутствие стратегических планов и программ как таковых. Как показывают результаты анализа сайтов государственных университетов, крайне редко вузы не публикуют свои стратегические планы. Их структура и содержание в общем сходны. Они декларируют удовлетворение всех актуальных общественных требований к высшему образованию. Однако являются ли эти стратегии средством удовлетворения исключительно целевой потребности?

Необходимость разработки государственными вузами программ развития, обязательно включающих в себя отражение таких общественных запросов, как повышение качества образования, укрепление связей университетов с работодателями, инновационность, обеспечение возможностей для академической мобильности и т. д., обусловлена требованиями министерства образования России. Отсутствие такой программы или ее неполнота являются основанием для лишения университета государственной поддержки и возможности участвовать в различных ресурсных проектах. Таким образом, потребность современных российских вузов в создании стратегий выражает как потребность в целедостижении, так и потребность в адаптации. Своими стратегиями вузы декларируют долгосрочные цели своего существования, а также стараются достичь состояния институционального изоморфизма. Данный пример довольно ярко демонстрирует взаимосвязь системных императивов.

Относительным признаком правоты первой гипотезы является приоритетность социальных императивов над целевым, выраженная в стратегических программах или, что чаще, в осуществляемых в вузе организационных проектах и во внутренних документах, регламентирующих его деятельность. Вместе с тем этот же признак может подтверждать и конфликт императивов, и невозможность достичь требуемых обществом целей.

В рамках проверки сформулированных гипотез важным представляется вопрос о мере осознанности менеджментом указанных выше проблем. Если выбор в пользу того или иного императива обоснован в стратегии, проектах, регламентирующих документах организации или высказанных позициях менеджмента (т. е. имеет любое вербальное выражение), то конфликт или невозможность достичь цели осознаны. В случае наличия конфликта императивов и осознанного выбора менеджментом одного из них как приоритетного (например, в случае дилеммы повышения эффективности деятельности посредством развития новых востребованных экономикой научно-прикладных исследований или интеграции коллектива вокруг старых научных школ, осуществляющих фундаментальные исследования) необходимость в организационных изменениях часто является внешней для организации. Она скорее продиктована политическими интересами среды, чем организационными потребностями. При осознанной невозможности достичь общественно значимых целей (например, в случае недостатка квалифицированных кадров или неоптимальной структуры организации) вопрос организационного развития становится остроактуальным.

Когда менеджмент настойчиво утверждает в качестве основного приоритета повышение эффективности, но оно не реализуется на практике, а организация при этом не утрачивает своей жизнеспособности, то требуется дифференциация второй и третьей гипотез. Для этого необходимо установить, имеет ли организация ресурсы и средства для достижения своих целей. Если они есть, то имеет место конфликт ее функциональных потребностей (например, в вузе есть научный потенциал для создания новых самостоятельных научно-образовательных центров, направленных на развитие высокотехнологичных направлений, но переход к дивизиональной структуре требует изменений в принципах управления и интеграции коллектива, к чему последний не готов). Чаще всего такой конфликт проявляется в дисфункциях организационной системы.

Будем отличать дисфункции от организационных патологий по признаку их последствий для выживания организации. Если прямых угроз для выживания организации нет, то незапланированные результаты действий, направленных на удовлетворение ее функциональных потребностей, будем относить к дисфункциям. Если организация столкнулась с проблемой дисфункций, то для определения ориентира ее развития необходимо выявить, какие функциональные потребности вступили в конфликт, в чем заключается природа противоречия, каковы способы его разрешения. Так, привлечение в вузы сторонних высококвалифицированных кадров решает проблему качества преподавателей, а следовательно, и эффективности образовательной деятельности. Вместе с тем такое действие будет вызывать проблемы интеграционного характера. Для их разрешения либо должны быть радикально изменены принципы подбора кадров в вузы, что может уничтожить последние, либо созданы новые кадровые структуры или введены дополнительные функции для кадровых служб.

В случае подтверждения третьей гипотезы (независимо от того, осознана ли проблема менеджментом или нет) ориентиром развития университета становится поиск ресурсов и средств для повышения эффективности деятельности при одновременном сохранении всех остальных составляющих организационной жизнеспособности. В смысле организационного развития средствами будут выступать характеристики структуры организации (ее размер, уровень структурной дифференциации, особенности диверсификации), а ресурсами – определенные качества менеджеров, позволяющие осуществить соответствующие изменения. Для определения реальных ориентиров развития при этом удобнее обратиться к познавательным ресурсам организационно-экологического подхода, рассматривающего не отдельные организации, а их популяции. Методом моделирования на основе аналогий возможно установить все те необходимые структурные характеристики, которые будут обеспечивать совокупность эффективности и жизнеспособности организации.

Таким образом, сочетание организационной жизнеспособности и малой эффективности деятельности, характерное для современных российских университетов, является важным признаком целого ряда условий, способных задать ориентиры организационного развития вузов. Особого внимания требуют условия неосознаваемого менеджментом конфликта функциональных потребностей организации и отсутствия ресурсов и средств для достижения организационных целей. В первом случае ориентиры организационного развития будут связаны с установлением природы конфликта, а во втором – с определением необходимых ресурсов и средств для достижения целей путем анализа состояния вузов в соответствующей организационной популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербина В. В. Социальные теории организации. М.: ИНФРА-М, 2000.
2. Модель системы образования России в перспективе 2020 года: поворот к экономике, основанной на знаниях / А. Е. Волков, Я. И. Кузьминов, И. М. Реморенко и др. // Высшее образование сегодня. 2008. № 5.
3. Строецкая Е. В. Современное образование: содержание, технологии, качество // Материалы XVII междунар. науч.-метод. конф. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.

E. V. Stroetskaya

REFERENCE POINTS OF MODERN RUSSIAN UNIVERSITIES ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT IN THE CONDITIONS OF THEIR CONTRADICTION VIABILITY AND EFFICIENCY OF ACTIVITY

The problem of reference points search of the Russian universities organizational development in the conditions of their reforming is considered. The contradiction between organizational viability and low efficiency of activity of universities comes to light. In a context of modern concepts of organization sociology of the hypotheses about the nature of this contradiction and conditions of its overcoming in the course of organizational development are formulated.

Modern Russian universities, organizational development, efficiency, viability



УДК 621.37 – 621.396 (091)

В. Ю. Рогинский

КРАТКИЙ ОЧЕРК НАУЧНОЙ, ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ И ОБЩЕСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОВАЛЕНКОВА ВАЛЕНТИНА ИВАНОВИЧА¹

Приведены основные факты из жизни студента и выпускника ЭТИ (1909), ученика А. С. Попова, лауреата премии им. А. С. Попова (1916), профессора ЛЭТИ, крупного ученого, специалиста в области проводной связи, автоматики и телемеханики, члена-корреспондента АН СССР В. И. Коваленкова. Особый интерес представляют воспоминания самого В. И. Коваленкова о работе над созданием первой в мире телефонной трансляции на электронной лампе. Экземпляр статьи В. Ю. Рогинского, выпускника и преподавателя ЛЭТИ много лет хранился в машинописном виде в фонде Музея истории «ЛЭТИ».

В. И. Коваленков, Электротехнический институт, А. С. Попов, проводная связь, телефония, электронная лампа, многоканальная связь

Валентин Иванович Коваленков родился 25 (13) марта 1884 г. в дер. Межник Крестецкого уезда Новгородской губ. Скончался 10 июля 1960 г. в Москве. Его отец, Иван Тимофеевич, учительствовал в двухклассной земской школе дер. Зайцево, а к началу 1900-х гг. стал учителем 3-го приходского училища в Новгороде. Как указывалось в справке, представленной Валентином Ивановичем для получения стипендии, «...И. Т. Коваленков не имеет ни родового, ни благоприобретенного имущества, содержит на свои средства четырех сыновей и дочь, обучающихся в учебных заведениях г. Новгорода, ...с 1-го января 1902 г. находится в чине XIV-го класса...».

Эта справка исчерпывающе характеризует материальное состояние семьи Коваленковых, вечную заботу Валентина Ивановича о помощи своим братьям и сестре в благоустройстве их жизненного пути. Благодаря своему огромному трудолюбию и упорству Валентин Иванович стал одним из виднейших ученых и изобретателей в области электрической проводной связи, теоретиком электромагнитных цепей, специалистом по звукозаписи в кинотехнике, даровитым педагогом и учителем многих поколений специалистов, общественным деятелем, оставаясь вместе с тем обаятельным, трудолюбивым и плодотворным до последних дней жизни.

¹ Продолжение в след. номере.

Валентин Коваленков закончил двухклассную школу в дер. Зайцево, а затем – реальное училище в г. Новгороде. Чтобы иметь возможность поступить в институт, ему потребовалось окончить дополнительный класс обучения (8-й) при реальном училище. В 1902 г. В. И. Коваленков поступил в Петербургский электротехнический институт.

К этому времени Электротехнический институт (ЭТИ) был уже сложившимся высшим учебным заведением со своими специфическими особенностями как по составу студентов и преподавателей, так и по системе обучения. Позади остались организационные неурядицы, и институт пользовался хорошей репутацией среди молодежи и в Министерстве внутренних дел, в ведении которого находился. Студенты «ЭТИ императора Александра III» с гордостью носили форму, в которую входила фуражка с желтым околышем, чинно ходили по воскресеньям в институтскую церковь. Никому не приходило в голову, что институт вовсе не является «оплотом» царского режима и в нем, как и во многих других учебных заведениях России, бушует пламя революционной борьбы...

Подъем революционного движения 1900-х гг. не прошел мимо студентов ЭТИ. Еще в 1896 г. здесь была организована группа студентов, образовавших социал-демократический кружок. Академик С. Г. Струмилин, учившийся в те годы на первых курсах института и позднее уволенный из института за революционную деятельность, пишет, что у них имелись организации землячеств, общество Красного креста; идеи созданного В. И. Лениным «Союза борьбы» проникли в среду передового студенчества. В 1900 г. в ЭТИ была создана искровская группа, которая к 1902 г. насчитывала 20 студентов, имела контакты с рабочими организациями и участвовала в демонстрации протеста против полицейского произвола. К этому времени профессора М. А. Шателен и В. В. Скобельцын были уволены из института за то, что в числе первых подписали протест против полицейской расправы над студентами... В эту волну революционного протеста, поступив в Электротехнический институт, подключился и В. И. Коваленков.

В Электротехническом институте в годы революции 1905 г. бывал В. И. Ленин [1]. Об этих исторических для института событиях писали многие, в том числе и Валентин Иванович. В своих воспоминаниях он отмечал: «...Выступление В. И. Ленина произвело сильное впечатление на участников собрания. Ленинская речь поразила нас простотой и ясностью мысли. Все наши недоумения по мере развития речи исчезали. Все казалось так просто и ясно...». Эти воспоминания относятся к первому выступлению В. И. Ленина в Электротехническом институте 24 (11) ноября 1905 г. в общегитии студентов. Были выступления В. И. Ленина и несколько дней спустя, в том числе 26 и 29 ноября 1905 г. В. И. Коваленков был ответственным за безопасность пребывания В. И. Ленина в институте.

Впоследствии в выступлениях перед студентами В. И. Коваленков неоднократно упоминал о своих беседах с В. И. Лениным [2]. В своих воспоминаниях Валентин Иванович пишет, что В. И. Ленин указывал на то, что практическая деятельность инженеров-электриков всегда «будет красная, так как электрификация России и социализм неотделимы...».

Участие В. И. Коваленкова в деятельности социал-демократической организации ЭТИ не прошло незамеченным полицией. В 1907 г. директору института (*проф. П. Д. Войнаровскому* – Л. З.) жандармское Управление направило уведомление о том, что «студент вверенного Вам института Валентин Коваленков привлечен к производящемуся во вве-

ренном мне Управлении дознанию в качестве обвиняемого в преступлении, предусмотренном 129 ст. Угол. Улож., и, согласно состоявшегося постановления, отдан под особый надзор полиции в С. Петербурге...».

Слушая лекции изобретателя радио профессора физики ЭТИ А. С. Попова, Валентин Иванович увлекся физикой и радиотехникой, тщательно записывал все, что излагал Александр Степанович на лекциях, помогал профессору готовить печатный курс. Об этой работе и влиянии А. С. Попова на весь его жизненный путь Валентин Иванович писал: «...Я, один из его слушателей, присутствовал на лекции. Теперь мы сидим вместе в его кабинете, он расспрашивает меня о причинах рассеянности студентов. Ему хочется знать, какие места лекции были недостаточно ясно изложены. Я успокаиваю его, объясняю подмеченную им рассеянность аудитории каким-нибудь событием студенческой жизни, не имеющим ничего общего с лекцией. Стараюсь уверить его, что лекция была как всегда понятна и интересна для студентов... Совсем другое настроение у Александра Степановича, когда он чувствует заинтересованность аудитории, когда видит, что захватил внимание слушателей. Он сам увлекается, речь льется плавнее, доказательства убедительнее. Домой он приходит усталым, но с хорошим настроением. Как обычно садится в свое любимое кресло, и разговор принимает добродушно-шутливый характер. Когда чай готов, переходим в столовую. За длинным столом собралось все семейство. Начинается обсуждение событий дня, поведение детей и их успехов в школе. После чая мы возвращаемся в кабинет и приступаем к нашим занятиям – к подготовке материалов для литографированного издания лекций Александра Степановича. Я записываю лекции в институте, обрабатываю их дома, и теперь Александр Степанович корректирует мои записи. Вносит изменения и дополнения. ...Я помню наши разговоры с Александром Степановичем в 1903 г. о стоящих перед нами научных проблемах. Эти беседы предопределили всю мою последующую научную деятельность. Я помню наши разговоры о возможности осуществления радиотелеграфа на большие расстояния. ...Особо интересовала Александра Степановича дальняя междугородняя связь по проводам. Он находил ненормальным состояние техники междугороднего телефонирования. В то время наибольшее расстояние, допускающее телефонирование, не превосходило 700 верст. Громадные пространства нашей страны настоятельно требовали разработки особых методов телефонирования, значительно расширяющих пределы таких расстояний. Эта задача могла быть решена только с помощью телефонных трансляций. Основная трудность была связана с усилением весьма слабых телефонных токов, одинаково важным как для проводной, так и для беспроводной связи. В связи с этой задачей Александр Степанович познакомил меня с работой микрофонно-телефонного усилителя и указал на его слабые стороны, не позволяющие воспользоваться им на практике» [3].

Так, под влиянием изобретателя радио А. С. Попова студент Коваленков был приобщен к решению важнейшей проблемы времени. «...Под влиянием бесед с Александром Степановичем я выбрал своей специальностью электросвязь, преимущественно дальнюю связь по проводам. Александр Степанович советовал мне начать с лабораторно-экспериментальной работы. Он не ограничился только советами, он обратился к заведующему физическими лабораториями Электротехнического института С. И. Покровскому с просьбой оказать мне всяческое содействие. Этим содействием я пользовался в течение многих лет. С помощью С. И. Покровского мне удалось разрешить поставленную Поповым проблему дальнего телефонирования».

Исследовательские работы В. И. Коваленкова в студенческие годы дали ему хорошую подготовку в решении проблемы телефонирования на большие расстояния. В мае 1909 г. Валентин Иванович окончил институт, защитив с отличием дипломный проект на тему «О наивыгоднейшем размещении телефонных и телеграфных трансляций». За успешную защиту проекта и его актуальность В. И. Коваленков был награжден медалью и его имя занесено на мраморную доску наиболее отличившихся питомцев ЭТИ. Содержанием дипломной работы Валентина Ивановича было проведенное им исследование «О влиянии омического сопротивления, самоиндукции и емкости, распределенных неравномерно, на пропускную способность телеграфной цепи». Но несмотря на достаточно серьезный уровень математической подготовки в ЭТИ, он, уже инженер-электрик 1-го разряда, в своем прошении в совет ЭТИ пишет: «...Для теоретического обоснования этого исследования, а также целого ряда других намеченных мною работ, необходима солидная математическая подготовка, которую я бы мог получить в Петербургском Университете. ...Поступать же туда я не имею возможности за недостаточностью средств. А потому имею честь покорнейше просить Совет ходатайствовать перед Главным управлением Почт и Телеграфов о предоставлении мне платной должности, которая дала бы мне возможность одновременно прослушать курс Петербургского Университета». В том же 1909 г. Валентин Иванович поступает на физико-математический факультет Петербургского университета и заканчивает его в 1911 г. На рис. 1 фотография В. И. Коваленкова (1914).



Рис. 1

Одновременно с обучением в университете Валентин Иванович занимается исследованиями прикладного значения на линиях телеграфной связи и печатает ряд статей, основанных на этих исследованиях и на материалах своего дипломного проекта. Уже в первых статьях В. И. Коваленкова, таких как «О выборе емкости аккумуляторной батареи для телеграфных цепей», «Распределение средних значений изоляции телеграфных проводов по территории Европейской России», «О влиянии утечки на устанавливающуюся силу и напряжения в телеграфных сетях», а также в изданном в 1911–1913 гг. двухтомном труде «Устанавливающиеся процессы и распространение прерывистого тока по телеграфным проводам» заложены все основные черты, характерные для творчества автора. В этих статьях приведены конкретные материалы, множество вспомогательных и справочных таблиц, а главное – мы видим творческое обобщение процессов с математическим обоснованием и конкретными выводами. Например, в работе «Устанавливающиеся процессы...» даны теоретические основы распространения прерывистого тока по линиям с распределенными параметрами на основе единого рассмотрения электромагнитных процессов.

В работе была показана практическая возможность уменьшить диаметр телеграфных проводов с 6 до 5 мм. Такая замена проводов сулила огромный технико-экономический эффект не только в России, но и в ряде стран мира. В то время у связистов существовала тенденция увеличивать диаметр телеграфных проводов и удлинять участки. На линиях применялись шестимиллиметровые железные провода. В. И. Коваленков доказал, что наибольшую скорость и четкость передачи можно получить при диаметре провода не более 5 мм.

Ученые Европы и Америки обратили внимание на эту работу автора. Отдельные главы книги были переведены на английский язык. Известный электротехник Вагнер предложил В. И. Коваленкову издать книгу под его редакцией.

Параллельно с этими работами Валентин Иванович продолжает решение основной задачи по усилению телефонных сигналов. Совместно с преподавателями ЭТИ С. И. Покровским (*ассистентом А. С. Попова на кафедре физики – Л. 3.*) и Н. А. Скрицким (*учеником А. С. Попова – Л. 3.*) он начинает исследование электронных и ионных ламп для этой цели. Вначале это были диоды. Как пишет Валентин Иванович, «...была также сделана попытка применить микрофонно-телефонный усилитель, причем мы испробовали несколько различных схем, прежде чем остановились на одной, как казалось нам, наиболее эффективной... Исследования показали, что подобное усиление было уже значительным шагом вперед, однако оно все еще было недостаточным... Довольно большое усиление телефонных токов мы получили с помощью говорящей машины. Однако звук при этом был настолько «загрязнен» различными хрипами, сипением и другими помехами от токов, возбуждаемых в массивном железном якоре громоздкой машины, что от подобного «усилителя» пришлось отказаться... Я начал исследовать диоды, изготовленные в 1907 г. в физической лаборатории ЭТИ. Полученные характеристики показали, что при определенных условиях даже весьма малые изменения температуры накала катода сильно сказываются на токе анодной цепи. Это навело на мысль сочетать микрофонно-телефонный усилитель с диодом.

Принцип действия такого усилителя заключается в следующем. Телефон, действуя на микрофон со специально подобранным угольным порошком, меняет накал нити, а следовательно, и ток в анодной цепи... Он и был применен в 1909 г. при конструировании в телефонной лаборатории ЭТИ первой практической телефонной трансляции...».

В 1910–1911 гг., как известно, уже появились трехэлектродные электронные лампы. Как пишет В. И. Коваленков, «...хотя они были очень далеки от совершенства, но некоторые их свойства позволяли думать, что эти лампы можно применить и для усиления телефонных токов. Детально изучив свойства катодной лампы, я с помощью С. И. Покровского приступил к ее переделке в нужном для нас направлении. 1910 год ознаменовался важным событием – была создана первая лампа, усиливающая слабые телефонные токи».

В лампе были применены две сетки с целью увеличения крутизны характеристики и уменьшения необходимого высокого анодного напряжения с тем, чтобы упростить батарею анодного питания. В процессе исследований и экспериментирования пришлось от второй сетки лампы отказаться из соображений упрощения схемы усилителя. Лампы, пригодные для целей усиления телефонных токов, удалось создать лишь в 1914–1915 гг. К этому времени выработалась конструкция лампы Коваленкова. В ней катод помещался внутри металлической сетки, выполненной в виде параллелепипеда, а ее, в свою очередь, окружала сплошная металлическая пластинка, служащая анодом.

Так В. И. Коваленковым были созданы усилитель и схема телефонной трансляции с трехэлектродной лампой. Работа трансляции (две схемы – одна с искусственной линией, а другая – без нее) демонстрировалась на VII-м Всероссийском съезде инженеров-электриков в 1915 г. в телефонной лаборатории Электротехнического института. В 1914 г. В. И. Коваленков представил в качестве диссертационной работы изданные книги (*см. выше – Л. 3.*) на со-

искание ученой степени адъюнкт-профессора. Он не только защитил диссертацию и получил ученую степень, но в 1916 г. был награжден премией им. А. С. Попова и удостоен Почетного отзыва Академии наук.

Еще в 1915 г. в организованной в 1911 г. в Петрограде под руководством преподавателя ЭТИ П. А. Азбукина научно-исследовательской лаборатории (*впоследствии – ЛОНИИС – Ленинградское отделение научно-исследовательского института связи – Л. З.*) была поставлена задача в кратчайший срок сконструировать телефонную трансляцию для установки на линиях связи.

Практическое испытание телефонной трансляции удалось осуществить лишь в 1917 г. на линии Москва – Петроград. Опыты проводились В. И. Коваленковым при участии инженеров И. Я. Ламстера и П. И. Преображенского. Один аппарат находился на телеграфно-телефонном заводе Военно-инженерного ведомства в Москве, другой – в кабинете начальника Главного управления почт и телеграфов в Петрограде. Без усилителя речь с трудом понималась, приходилось кричать в микрофон. С усилителем создавалось впечатление, что разговор происходит в пределах города. Это были предварительные опыты. Ввиду их успеха предполагалось поставить опыты на междугородных телефонных магистралях Петроград – Москва и Москва – Харьков. Практически опыты такого масштаба В. И. Коваленкову удалось провести лишь после Октябрьской революции².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Известия Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина). Л.: Изд-во Ленинград. ун-та. 1963. Вып. L.
2. Воспоминания проф. В. И. Коваленкова «В. И. Ленин в Электротехническом институте». / Об Ильиче: сб. статей-воспоминаний. Л.: Прибой, 1924. С. 77–81.
3. Александр Степанович Попов в характеристиках и воспоминаниях современников / Сост. М. И. Радовский; под ред. К. К. Баумгарта. М.-Л.: АН СССР, 1958. С. 261–264.

V. U. Roginskiy

A SHORT ESSAY OF VALENTIN IVANOVICH KOVALENKOV'S SCIENTIFIC, PEDAGOGICAL AND SOCIAL ACTIVITY

The paper provides the main facts of V. I. Kovalenkov's life who was a student and a graduate of the ETI (1909), A. S. Popov's associate and the A. S. Popov award laureate (1916). He was professor of LETI, a great scientist, a specialist in the field of wire telegraphy, automatics and telemechanics, a corresponding member of the USSR Academy of Science. Of special interest are V. I. Kovalenkov's memories devoted to creating the first in the world telephone translation via the electron lamp. A copy of V. U. Roginsky's paper, the LETI graduate and lecturer, has been kept for a long time in print in the LETI history museum fund.

V. I. Kovalenkov, Electrotechnical institute, A. S. Popov, wire telegraphy, electron lamp, telephony, multichannel communication

² Статья написана в 1984 г. к 100-летию В. И. Коваленкова (фонд Музея истории ЛЭТИ. Инв. № Д-770) печатается с сокращениями, подготовлена к печати канд. техн. наук Л. И. Золотинкиной.

Сведения об авторах

Анисимов Сергей Андреевич

Инженер кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (951) 653-49-76. E-mail: pilamaster@gmail.com.

Амрия Амр

Аспирант кафедры микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-16-97. E-mail: amr.hamid@gmail.com.

Богачев Михаил Игоревич

Докторант кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 346-28-59. E-mail: rogex@mail333.com.

Богданов Александр Владимирович

Директор НОЦ «Метакомпьютинг» СПбГЭТУ, профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, д-р физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 920-82-92. E-mail: bogdanov@csa.ru.

Боронахин Александр Михайлович

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

Тел.: +7 (921) 924-33-83. E-mail: boronachin@mail.ru.

Буслаева Марина Владимировна

Доцент кафедры высшей математики № 2 СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: +7 (906) 270-22-83. E-mail: mbuslaeva@mail.ru.

Васенев Александр Николаевич

Доцент Ивановской государственной текстильной академии (ИГТА), канд. техн. наук.

Тел.: +7 (4932) 35-78-57. E-mail: vasenev@gmail.com.

Васенев Андрей Николаевич

Старший преподаватель кафедры организации производства и логистики Ивановской государственной текстильной академии (ИГТА), канд. экон. наук.

Тел.: +7 (4932) 35-78-32. E-mail: anvasenev@mail.ru.

Вейнмейстер Андрей Викторович

Аспирант кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 934-27-40. E-mail: dron_wein@mail.ru.

Гаврилова Мария Сергеевна

Студентка кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (952) 397-25-87. E-mail: marya.gavrilova@gmail.com.

Горбачевич Феликс Феликсович

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

E-mail: gorbachevich@gmail.com

Звонцов Александр Викторович

Доцент кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

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

Иванов Аркадий Анатольевич

Доцент кафедры микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры СПбГЭТУ,
канд. техн. наук.

Тел.: (812) 972-10-36. E-mail: aai2@yandex.ru.

Иванов Павел Алексеевич

Аспирант кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (962) 698-92-78. E-mail: ivanov_etu@mail.ru.

Кадиев Исмаил Гаджиевич

Доцент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

Тел.: +7 (906) 253-84-07. E-mail: ismmut@gmail.com.

Ковалишина Екатерина Алексеевна

Инженер-химик ОАО «ЦНИИ “Электрон”».

Тел.: +7 (904) 619-49-95. E-mail: werbenka@ya.ru.

Королёв Юрий Алексеевич

Студент кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (962) 704-31-54. E-mail: yury.king@gmail.com.

Котова Елена Евгеньевна

Доцент кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-37-98. E-mail: apu_kotova@mail.ru.

Кринкин Кирилл Владимирович

Руководитель лаборатории кафедры математического обеспечения и применения
ЭВМ СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (921) 305-20-83. E-mail: kirill.krinkin@fruct.org.

Кудрявцев Алексей Сергеевич

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 331-61-10. E-mail: alexey_s_k@mail.ru.

Кустов Денис Анатольевич

Ведущий инженер ФГУП «НИИТ», НТК-18.

Тел.: +7 (911) 214-10-44. E-mail: dkustov77@yandex.ru.

Лу Мо Каинг

Аспирант кафедры вычислительной техники и информационной технологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 262-45-27. E-mail: phoekhine@gmail.com.

Митягин Сергей Александрович

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 267-25-36. E-mail: smityagin@list.ru.

Михалев Сергей Владимирович

Аспирант кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 428-27-38. E-mail: serjm1982@ yandex.ru.

Нгуен Хай Винь

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (960) 234-36-65. E-mail: haivinh@mail.ru.

Нестеров Игорь Анатольевич

Заместитель начальника отдела ОАО «ЦНИИ “Электрон”».

Тел.: +7 (911) 227-43-52. E-mail: nesterov_ia@mail.ru.

Никифоров Игорь Борисович

Доцент кафедры менеджмента и систем качества, директор информационно-методического центра факультета экономики и менеджмента СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 346-44-89, +7 (921) 314-56-23. E-Mail Nik_Uks@mail.ru.

Пантелеев Михаил Георгиевич

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

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

Перлова Юлия Витальевна

Ассистент кафедры иностранных языков СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 346-45-47, +7 (921) 976-67-80. E-mail: perlova_julia@mail.ru.

Петров Александр Сергеевич

Начальник лаборатории ОАО «ЦНИИ “Электрон”».

Тел.: +7 (921) 913-38-02. E-mail: alexpetrov2001@mail.ru.

Попков Сергей Владимирович

Профессор кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ, начальник лаборатории ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», д-р техн. наук, ст. науч. сотр.

Тел.: (812) 723-60-72.

Разумовский Андрей Геннадьевич

Выпускник по специальности «Программное обеспечение ВТ и АС» СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (916) 599-26-32. E-mail: razumovsky.andrey@gmail.com.

Рогинский Владимир Юрьевич [1911–1992].

Специалист в области разработки радиоэлектронной аппаратуры, канд. техн. наук (1941), доцент (ЛЭТИ, ЛИАП). Зам. руководителя секции «История развития радиотехники, электроники и связи» (1970–1980).

Рытенков Алексей Сергеевич

Инженер-программист ООО «Санкт-Петербургский центр разработок ЕМС».

Тел.: +7 (921) 392-55-26. E-mail: alexi.rytenkov@gmail.com.

Соколов Алексей Николаевич

Инженер ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», аспирант заочной формы обучения.

Тел.: (812) 723-67-67.

Станкова Елена Николаевна

Доцент кафедры компьютерного моделирования и многопроцессорных систем СПбГУ.

Тел.: (812) 929-62-09. E-mail: lena@csa.ru.

Степанов Андрей Борисович

Аспирант кафедры цифровой обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.

Тел.: +7 (921) 362-54-52. E-mail: sabiko@yandex.ru.

Степанов Борис Георгиевич

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-37-26. E-mail: BGStepanov@mail.eltech.ru.

Строгецкая Елена Витальевна

Доцент, зав. кафедрой социологии и политологии СПбГЭТУ, канд. полит. наук.

Тел.: +7 (921) 301-44-07. E-mail: avs1973@list.ru.

Федотов Александр Александрович

Доцент кафедры высшей математики и математической физики СПбГУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 387-41-76. E-mail: fedotov.s@mail.ru.

Фотеева Виктория Николаевна

Магистрант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 637-32-03. E-mail: vnfoteyeva@gmail.com.

Шмидт Владимир Константинович

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

E-mail: vks@peterlink.ru.

Правила представления рукописей авторами

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

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи (статья должна быть объемом 4–8 маш. с., обзорная статья – до 16 маш. с.);
 - сведения об авторе(ах);
 - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
 - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Сведения об авторах должны содержать:

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

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

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

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

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Times New Roman» 14 pt; межстрочный интервал одинарный); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Times New Roman» 12 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman» 14 pt; жирный; выравнивание по левому краю; отступы слева и справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него – 12 pt; межстрочный интервал одинарный).

Аннотация содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.75 см; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал одинарный).

Ключевые слова состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него 9 pt; межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

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

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

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

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 8 pt, «символ» 14 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив; интервалы: перед формулой 6 pt, после нее 6 pt.

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

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом; интервалы: перед таблицей 4 pt, после нее 4 pt.

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

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и

обозначения на рисунке даются шрифтом размером 10 pt, индексы 8 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок и номер рисунка даются курсивом. Буквенные обозначения фрагментов рисунка (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) ставятся внизу фрагмента; интервалы: перед рисунком 6 pt, после него 6 pt.

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

Перечень основных тематических направлений журнала:

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

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

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