



СОДЕРЖАНИЕ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Шавров А. В.* Расчет порогового значения решающей статистики для алгоритма совместного обнаружения и оценивания параметров радиосигналов..... 3
- Маркелов О. А., Смирнов Б. И.* Алгоритм построения моделей логистической регрессии при малом объеме данных 7

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

- Боревич Е. З.* Одномерная краевая задача, описывающая распределение зарядов в полупроводниках 11
- Васильев А. Н., Вендик О. Г., Рогудеев А. А.* Методика измерения эффективной емкости планарного конденсатора в СВЧ-диапазоне..... 16

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Анисимов В. И., Башкатов А. С.* Методика построения встраиваемых подсистем организации процесса распределенного проектирования 21
- Ву Зуи Линь, Кухарев Г. А.* Экспресс-метод выравнивания яркости цветных изображений с лицами для систем видеонаблюдения..... 24
- Абрамкин С. Е., Душин С. Е.* Разработка математической модели технологического комплекса "Абсорбция – десорбция"..... 29
- Кравчук Д. К., Новакова Н. Е.* Оптимизация сетевого трафика с использованием алгоритма маркерной корзины 33
- Лозовой Л. Н., Немов Д. А., Хижин Д. В.* Конструктивная процедура интеллектуального анализа данных САПР средств аналитического приборостроения (на примере диагностической процедуры)..... 39
- Антонов В. Ф., Кузьмин Н. Н.* Система управления утилизацией тепла при контактной сварке..... 44
- Мионов С. Э., Горбовский А. И.* Эскизное проектирование топологии и упрощение алгоритмов сжатия 48
- Цаплева В. В., Душин С. Е.* Разработка математической модели влияния г. Бештау на гидролитосферу региона г. Лермонтова..... 53

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

- Ветчинкин А. С., Зуев В. А.* Управление судном в режиме погони..... 57
- Гаврилов С. В., Мордовченко Д. Д., Стоцкая А. Д.* Разработка и исследование системы управления магнитным подвесом вращающегося ротора 62

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Пронин М. В., Воронцов А. Г., Нахди Т.* Гидроаккумулирующая электростанция с асинхронизированными машинами и каскадными преобразователями частоты 70

Редакционный совет

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

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

Учредитель:

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

Свидетельство о регистрации

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

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

Подписано в печать 02.02.11 г.
Формат 6084 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура "Times New Roman".
Печ. л. 15,75.
Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)
Заказ 4.

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

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Осетров А. В., Нгуен Ван Шо. Анализ поверхностных
акустических
волн в области встречно-штыревого преобразователя 81

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Лысенко Н. В., Лучинин В. В., Корляков А. В.,
Марасина Л. А., Лазарева Н. П. Международная деятельность
СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в области образования в рамках шанхайской
организации сотрудничества 89

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

Дрецинский В. А., Исаева В. М. Методика оценки
инвестиционной привлекательности отраслей экономики
депрессивного региона 97

Голигузова Г. В. Пенсионные программы предприятия как
элемент системы мотивации труда персонала 101

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

Вендик О. Г., Золотинкина Л. И. Сорок лет со дня
открытия памятника А. С. Попову в финском городе Котка 107

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Кудрявцева М. Е. Уровни свободы личности в пространстве
массовых коммуникаций (гуманитарный подход) 112

Сведения об авторах 119

Правила представления рукописей авторами 123

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

Подписка производится в любом почтовом отделении России

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



УДК 621.396.62

А. В. Шавров

РАСЧЕТ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ РЕШАЮЩЕЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АЛГОРИТМА СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОСИГНАЛОВ*

Статья является продолжением исследований алгоритма обнаружения источников радиосигналов и оценивания их параметров, освещенного в [1], где были определены потенциальные трудности для реализации этого алгоритма на практике. Предложен способ расчета порога решающей статистики по обнаружению и предварительного оценивания характеристики обнаружения.

Обнаружение, оценивание параметров, порог обнаружения

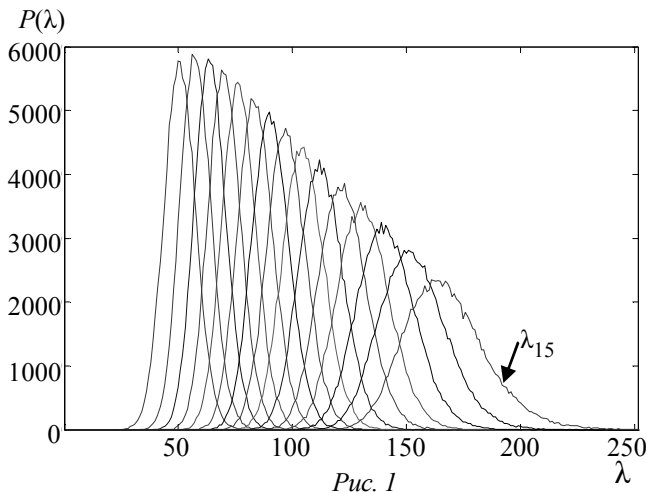
Практической реализации алгоритма прежде всего препятствует необходимость определения порога обнаружения [2]. Возможны различные подходы к решению данного вопроса, но наиболее универсальным методом представляется вывод формулы для порога обнаружения в аналитической форме, что позволит вычислять порог по заданному уровню вероятности ложной тревоги.

Чтобы получить формулу для порога обнаружения, выразим вероятность ложной тревоги при заданных условиях (отношение сигнал-шум) через функцию плотности вероятности решающей статистики:

$$\alpha = \int_{-\infty}^{Z_{\Pi}} W(x|H_0)dx, \quad (1)$$

где α – вероятность ложной тревоги; Z_{Π} – порог обнаружения; $W(x|H_0)$ – плотность вероятности решающей статистики по обнаружению при отсутствии на входе обнаружителя информационного сигнала. Таким образом, чтобы выразить из (1) порог обнаружения, необходимо знать распределение решающей статистики по обнаружению. В целях удобства изложения рассмотрим

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» (Государственный контракт от 1 октября 2010, №14.740.11.0530).



вывод для алгоритма, имеющего 5-й порядок (при любых других значениях порядка действия аналогичны). Таким образом, решающей статистикой по обнаружению являются 15 собственных чисел, которые необходимо сравнить с порогом. С помощью статистического моделирования были получены распределения 15 собственных чисел (рис. 1).

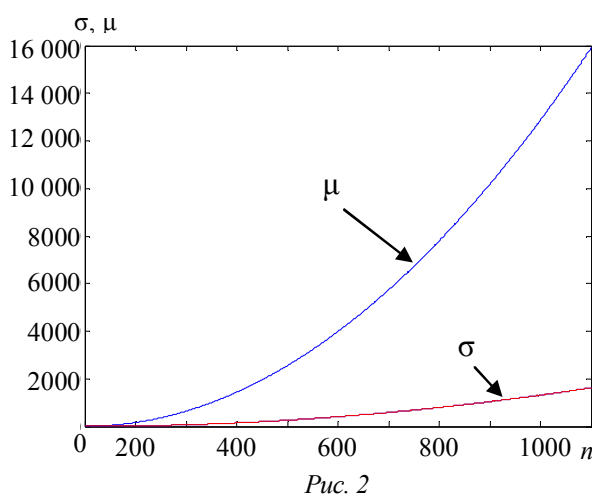
В результате этого эксперимента была установлена следующая закономерность – собственные числа упорядочиваются

алгоритмом по возрастанию, т. е. наибольшее значение имеет собственное число с максимальным порядковым номером. Следовательно, для определения вероятности ложной тревоги необходимо аппроксимировать распределение наибольшего собственного числа (в данном случае 15-го). Исследования показали, что все собственные числа подчиняются обобщенному распределению экстремумов. Гипотеза о соответствии экспериментального распределения обобщенному распределению экстремумов проверялась с помощью так называемого теста Колмогорова–Смирнова, который подтвердил соответствие на уровне 5 % значимости.

Распределение выглядит следующим образом:

$$F(x, \mu, \sigma, \varepsilon) = \exp \left\{ - \left[1 + \varepsilon \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\varepsilon} \right\},$$

$$W(x, \mu, \sigma, \varepsilon) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \varepsilon \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\varepsilon - 1},$$



где $F(x, \mu, \sigma, \varepsilon)$ – функция распределения обобщенного распределения экстремумов; $W(x, \mu, \sigma, \varepsilon)$ – плотность распределения ($\mu \in R$ – параметр смещения, $\sigma > 0$ – параметр масштаба, $\varepsilon \in R$ – параметр формы). Для применения этого распределения в дальнейших вычислениях необходимо установить зависимость параметров распределения μ, σ, ε от уровня шума. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

Для дальнейшего использования этого результата необходимо аппроксимировать данные зависимости.

По определению, вероятность ложной тревоги выражается следующим образом:

$$\alpha = F(\infty, \mu, \sigma, \varepsilon) - F(Z_{\Pi}, \mu, \sigma, \varepsilon) = 1 - \exp \left\{ - \left[1 + \varepsilon \left(\frac{Z_{\Pi} - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\varepsilon} \right\}.$$

Отсюда можно получить выражение для порога обнаружения:

$$Z_{\Pi} = 10\sigma - 10\sigma \left[-\ln(1-\alpha) \right]^{0.1} + \mu.$$

Перед применением любого алгоритма обнаружения важно предварительно оценить качество его работы. В полной мере осуществить это позволяет характеристика обнаружения – зависимость вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал-шум при заданной вероятности ложной тревоги [3]. Следовательно, необходимо вывести выражение для расчета этой характеристики применительно к рассматриваемому алгоритму.

Вероятность правильного обнаружения, по определению, выражается следующим образом:

$$D = \int_{Z_{\Pi}}^{\infty} W(x | H_1) dx,$$

где $W(x|H_1)$ – плотность вероятности решающей статистики при наличии на входе обнаружителя обнаруживаемого сигнала. Для нахождения вероятности правильного обнаружения необходимо оценить распределение наибольшего собственного числа при наличии полезного сигнала на входе. При наличии информационного сигнала наибольшее собственное число также подчиняется обобщенному распределению экстремумов. Зависимости параметров распределения от уровней сигнала и шума приведены на рис. 3 (a – параметр смещения, b – параметр масштаба, v – параметр формы).

Чтобы вывести выражение для вероятности правильного обнаружения, необходимо аппроксимировать полученные зависимости:

$$\mu = A_{\mu}(n)s^3 + B_{\mu}(n)s^2 + C_{\mu}(n)s + D_{\mu}(n),$$

где $A_{\mu}(n) = -0.003n^2 - 0.001n + 0.029$, $B_{\mu}(n) = -0.003n^3 + 0.05n^2 - 0.047n + 0.379$, $C_{\mu}(n) = -0.016n^3 + 0.139n^2 - 0.882n + 1.162$, $D_{\mu}(n) = -0.024n^3 + 0.347n^2 - 0.614n - 0.141$;

$$\sigma = A_{\sigma}(n)s^3 + B_{\sigma}(n)s^2 + C_{\sigma}(n)s + D_{\sigma}(n).$$

Здесь $A_{\sigma}(n) = -0.0011n^3 + 0.084n^2 - 0.185n + 0.115$, $B_{\sigma}(n) = 0.031n^3 - 0.275n^2 + 0.591n - 0.382$, $C_{\sigma}(n) = -0.068n^3 + 0.546n^2 - 1.171n + 0.739$, $D_{\sigma}(n) = 0.041n^3 - 0.316n^2 + 0.653n - 0.406$;

$$\varepsilon = A_{\varepsilon}(n)s^3 + B_{\varepsilon}(n)s^2 + C_{\varepsilon}(n)s + D_{\varepsilon}(n),$$

где $A_{\varepsilon}(n) = 0.007n^3 - 0.065n^2 + 0.161n - 0.131$, $B_{\varepsilon}(n) = -0.054n^3 + 0.465n^2 - 1.126n + 0.916$, $C_{\varepsilon}(n) = 0.111n^3 - 0.927n^2 + 2.154n - 1.775$, $D_{\varepsilon}(n) = -0.064n^3 + 0.515n^2 - 1.092n + 0.711$.

Для того чтобы оценить эффективность подобного метода решения поставленной задачи, требуется сравнить результаты расчета характеристики обнаружения по приведенным ранее формулам с экспериментальными данными, представленными в [1] (рис. 4).

Таким образом, сложности, связанные с практической реализацией алгоритма, были успешно разрешены посредством статистического моделирования и последующей аппроксимации результатов. Были выведены выражения для порога обнаружения и характеристики обнаружения, что позволит оценивать качество обнаружения при использовании

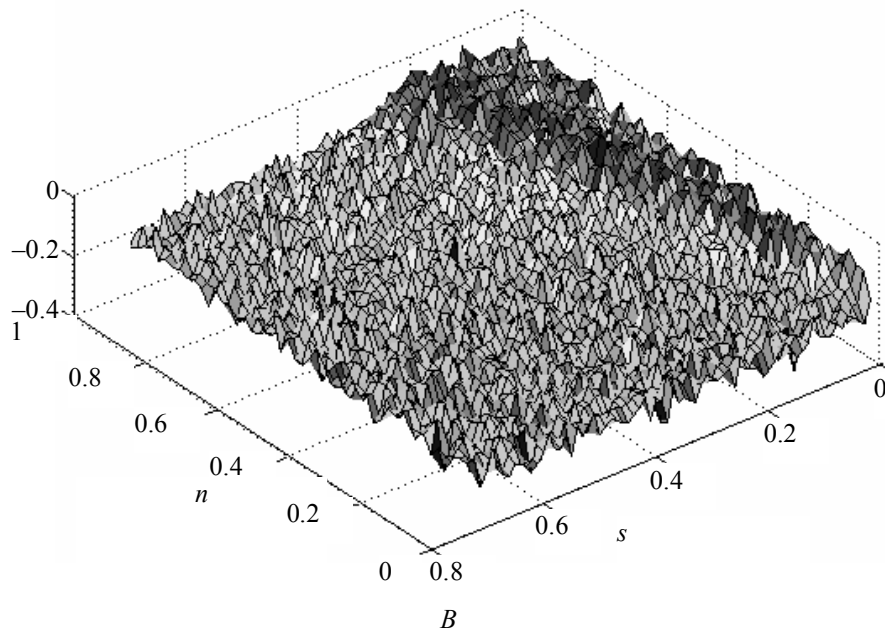
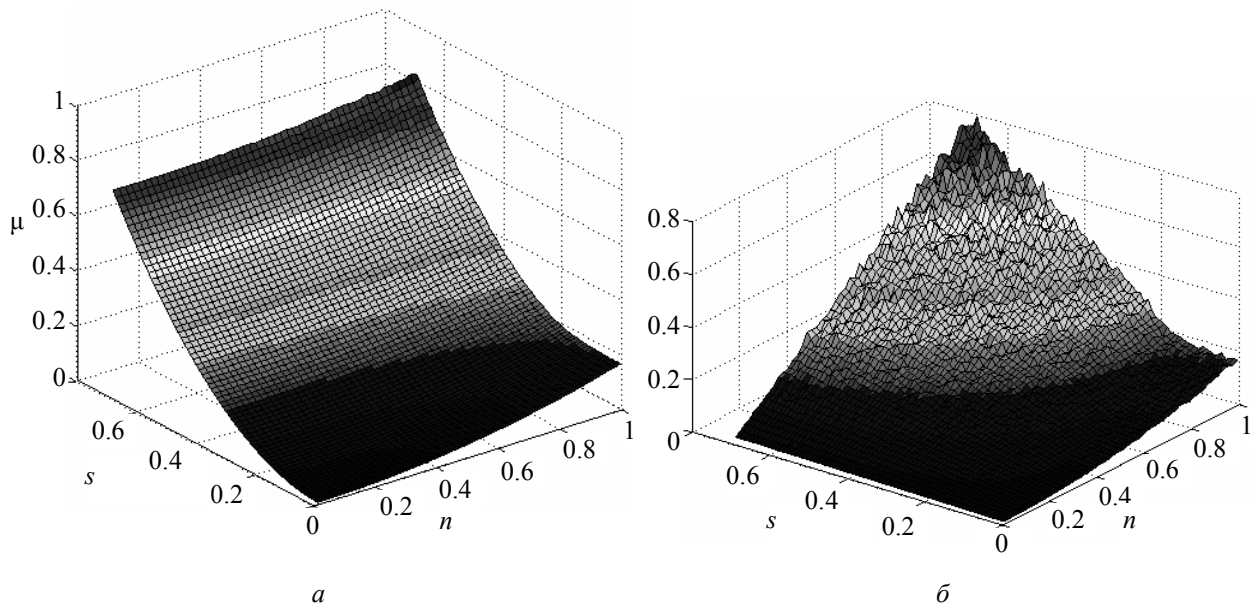


Рис. 3

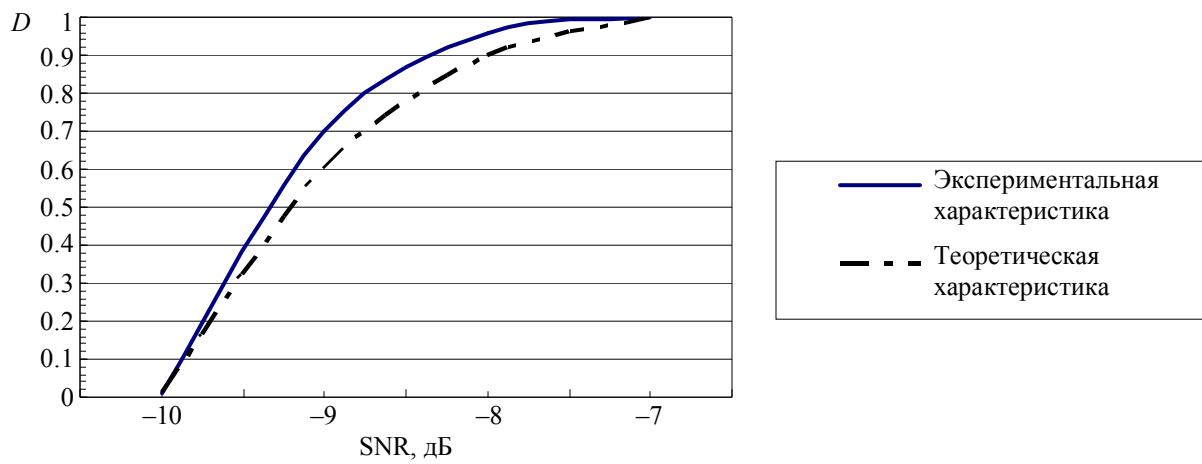


Рис. 4

конкретного алгоритма до его непосредственного практического применения и подбирать параметры алгоритма в зависимости от требуемой вероятности ложной тревоги в заданных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шавров А. В. Алгоритм совместного обнаружения-оценивания источников радиосигналов для систем радиомониторинга// Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. Вып. 1. С. 3–9.
2. Марпл С. Л.-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990.
3. Roy R., Kailath T. ESPRIT – Estimation of signal parameters via rotational invariance techniques // IEEE transactions on acoustics, speech and signal processing. 1989. Т. 37, № 7. С. 984–995.

A. V. Shavrov

Detection threshold value computing for joint estimation and detection ESPRIT-based algorithm.

The paper is a sequel to the research of the joint detection and estimation algorithm covered in [4], where potential implementation difficulties were discussed. In this paper a method for computing detection threshold value and detection characteristics is suggested.

Detection, parameter estimation, detection threshold

УДК 164+61+519.22

О. А. Маркелов, Б. И. Смирнов

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ МАЛОМ ОБЪЕМЕ ДАННЫХ*

Рассмотрена процедура, позволяющая построить семейство кривых взаимосвязи чувствительности теста прогнозирования и ошибки 1-го рода при различных предикторах (параметрах), включенных в модель.

ROC-кривые, распределение статистик, логистическая кривая

ROC-кривые для полученной регрессионной модели [1] представлены на рис. 1. При этом в качестве параметра использованы предикторы, включенные в модель, и регрессионное выражение

$$z = -3.446x_1 - 2.451x_2 - 2.452x_3 + 0.071x_4.$$

Дополнительно на рис. 1 представлена опорная линия – штрихи, соединяющие точки (0, 0) и (1, 1). Эта линия соответствует диагностике отнесения пациентов к одной или другой группе при отсутствии информации от предикторов. В этом случае распределения статистик $W(z/\text{ИБС_кнтр})$ и $W(z/\text{ИБС})$ накладываются друг на друга и центрируются относительно порога. При любом изменении порога площади под распределением статистики z и соответствующие вероятности будут равны.

Введение любого включенного в анализ предиктора приводит к разнесению распределений статистик и изменению вероятностей принятия гипотез ИБС_кнтр и ИБС. При этом сдвиг распределения $W(z/\text{ИБС_кнтр})$ влево относительно начального состояния приводит к уменьшению чувствительности, а сдвиг вправо – к ее росту. Жирностью на рис. 1 выделена ROC-кривая, характерная для модели 7 уравнения регрессии (см. [1]). Она отражает вклад всех включенных предикторов в уравнение регрессии с учетом их знаков.

* Окончание. Начало см. в [1].

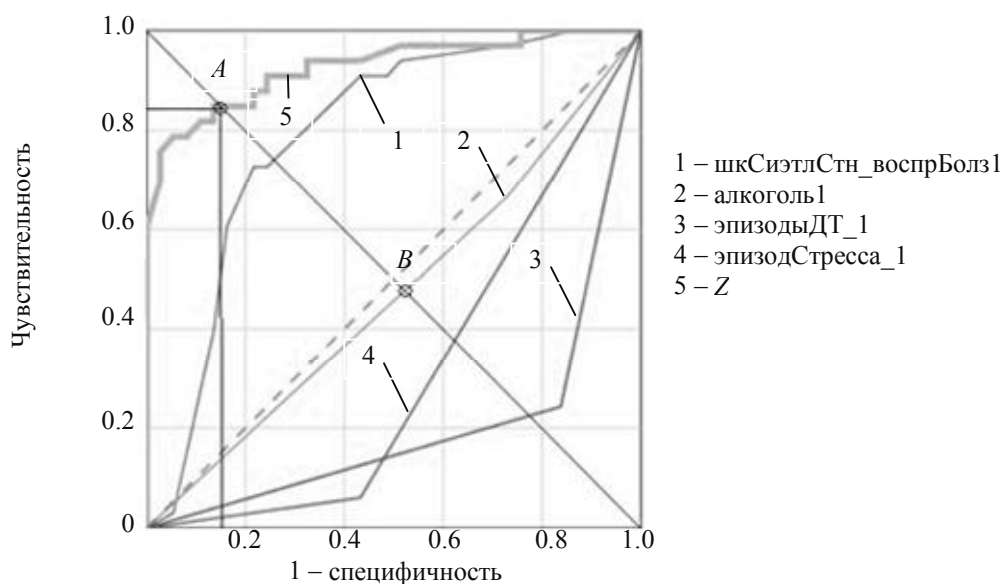


Рис. 1

Подробное исследование РХП проведено в [2], где показано, что диагональ, проведенная из точки (0, 1) рабочей характеристики приемника в точку (1, 0), соответствует примерно одинаковым стоимостям потерь, обусловленных ошибками первого и второго рода в байесовском испытании. Принятие подобного допущения вполне возможно в данном исследовании, поэтому точку пересечения этой диагонали с ROC-кривой для параметра z (точка A на рис. 1) можно использовать для получения характеристик диагностики модели, тем более, что точка пересечения диагонали с опорной линией (точка B с координатами (0.5, 0.5)) соответствует использованному в модели порогу $z = 0$. Как видно из рис. 1, координаты точки A хорошо совпадают с полученными в регрессионной модели мощностью и специфичностью (табл. 1).

Таблица 1

Модель	Observed		Predicted		
			грпСрв1		Percentage Correct
			ИБС	ИБС_кнтр	
5	грпСрв1	ИБС	26	3	89.7
		ИБС_кнтр	3	19	86.4
	Overall Percentage				88.2
7	грпСрв1	ИБС	30	7	81.1
		ИБС_кнтр	5	28	84.8
	Overall Percentage				82.9

Дополнительной особенностью процедуры построения ROC-кривых является статистический анализ площадей под графиками каждой из переменных. Площадь под опорной линией графика занимает 0.5 общей площади. Проверка значимости различия площади под кривой с ненулевым параметром и опорной площади показывает, насколько восприимчива эта модель к влиянию параметра. Результаты тестирования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Переменная	Площадь	Std. Error	Asymptotic Sig.	95 %-й доверительный интервал	
				Нижняя граница	Верхняя граница
алкоголь_1	0.468	0.070	0.651	0.332	0.605
эпизодыДТ_1	0.202	0.056	0.000	0.092	0.312
эпизодСтресса_1	0.314	0.064	0.008	0.189	0.439
Z	0.928	0.032	0.000	0.866	0.990
шкСиэтлСтн_воспрБолз1	0.791	0.056	0.000	0.681	0.901

Данные табл. 2 подтверждают целесообразность выбора предикторов регрессионного анализа. Исключение составляет только алкоголь, который сам по себе не дает значимого отличия площади под кривой относительно опорного значения. Таким образом, включение процедуры построения ROC-кривых в алгоритм построения модели является дополнительной тестом, позволяющим подтвердить качество построенной модели и интерпретации ее результатов.

В построенной модели, адекватность которой была подтверждена, полученное значение R^2 Нэйджелкерка объясняет 68 % вариаций зависимой переменной, что является хорошим показателем, учитывая, что для обработки был предоставлен малый объем неоднородных данных. Для интерпретации полученных результатов рассмотрим рис. 2.

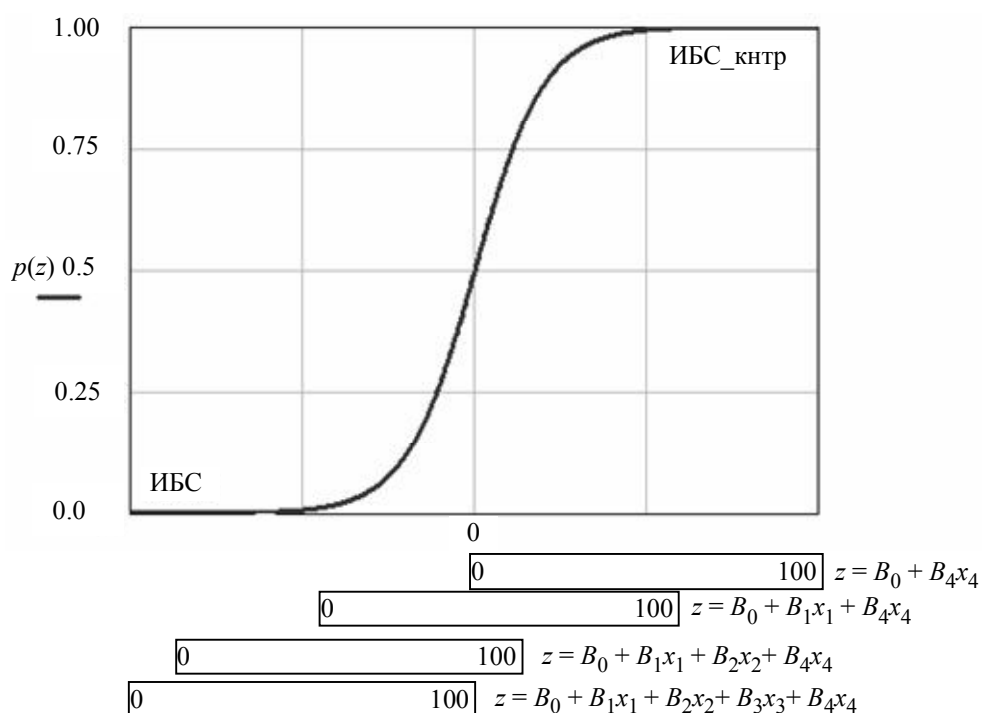


Рис. 2

На рисунке представлена логистическая кривая с дополнительными шкалами непрерывного предиктора x_4 (по данным Сиэтлского опросника по стенокардии принимает значения в диапазоне от 1 до 100), которые смещены на некоторые фиксированные интервалы.

Первая шкала (смещения нет) соответствует отсутствию категориальных предикторов (пациент не употребляет алкоголь, не имеет эпизодов депрессии и стресса), вероятность отнесения к категории ИБС зависит только от результатов теста, причем при любом значении теста пациент будет отнесен к группе ИБС. Следующие шкалы смещены: они относятся к наличию одного, двух или трех отягчающих обстоятельств. Здесь отнесение пациента к той или иной группе зависит от значений параметра x_4 . При наличии всех трех отягчающих обстоятельств смещение настолько велико, что проведение теста необязательно, так как пациент при любом его исходе должен быть отнесен к группе ИБС с эпизодами депрессии или стресса.

Таким образом, создан алгоритм, который позволил построить регрессионную модель (в условиях малого объема исследуемых данных), описывающую 68 % вариаций наблюдаемых данных (по критерию Нэйджелкерка). Мощность диагностирования модели составила 0.848 при специфичности теста – 0.811, вероятность правильного диагностирования – 0.829, а это,

несомненно, очень хорошие показатели в сфере медицины. Модель адекватна и валидна, она построена с использованием четырех предикторов – трех категориальных (наличие эпизодов депрессии, стресса, употребления алкоголя) и одного непрерывного (результатов использования Сиэтлского теста восприятия заболевания) и может быть легко встроена в исходную базу данных, использована для предварительного диагноза пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

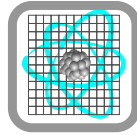
1. Маркелов О. А., Смирнов Б. И. Алгоритм построения моделей логистической регрессии при малом объеме данных // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. Вып. 10. С. 94–101.
2. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляций. Т. 1. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции / Пер. с англ.; Под ред. проф. В. И. Тихонова. М.: Сов. радио, 1972.

O. A. Markelov, B. I. Smirnov

ALGORITHM OF LOGISTIC REGRESSION MODELS FOR A SMALL AMOUNT OF DATA. Part 2.

The article describes a procedure that allows us to construct a family of curves of the relationship of sensitivity test of forecasting and errors of the first kind with different predictors (parameters) included in the model.

ROC-curves, statistics, logistic curve



УДК 517.958.536.7

Е. З. Боревич

ОДНОМЕРНАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА, ОПИСЫВАЮЩАЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

В нелинейной краевой задаче, описывающей распределение зарядов в полупроводниках, доказано существование бифуркационных решений.

Нелинейная краевая задача, полупроводник, заряды, постоянная плотность ионизированной примеси, бифуркационные решения

Рассматривается одномерная задача о распределении зарядов в полупроводниках. Она состоит в отыскании функций $E(x)$ – напряженности электрического поля и $n(x)$ – плотности движущихся электронов, удовлетворяющих при $0 < x < 1$ системе уравнений

$$\begin{cases} (D(E)(n' + nE))' = 0, \\ E' = f - n, \end{cases} \quad (1)$$

где $f > 0$ задает однородную плотность ионизированной примеси; $D(E)$ – коэффициент диффузии. Система (1) представляет собой уравнения непрерывности и Пуассона [1], [2]. Предполагается, что выполнено соотношение Эйнштейна между коэффициентом диффузии и подвижностью. Заметим, что оба уравнения системы (1) масштабированы [2]. Зададим граничные условия на функцию $E(x)$:

$$E(0) = E(1) = E_0, \quad \int_0^1 E(x)e^{E_0x/2} dx = 2(e^{E_0/2} - 1). \quad (2)$$

Для определенности будем считать, что $E_0 > 0$. Проинтегрируем первое уравнение из (1), тогда получим следующую краевую задачу:

$$\begin{cases} D(E)(n' + nE) = j, \\ E' = f - n \end{cases} \quad (3)$$

с граничными условиями (2), где j – произвольная константа. Константа j задает плотность тока электронов. В статье [3] рассматривается задача (3) при условии, что $j = D(E_0) E_0 f$ и

$$E(0) = E(1) = E_0. \quad (4)$$

При этих условиях задача (3)–(4) имеет тривиальное решение $E(x) = E_0$, $n(x) = f$. В работе [3] показано, что если выполнено условие $K(E_0) < 0$, где $K(E_0) = 1 + D'(E_0)E_0D^{-1}(E_0)$, то существует счетное число точек $f_k(E_0) = -K(E_0)^{-1} \left(E_0^2 / 4 + \pi^2 k^2 \right)$, $k = 1, 2, \dots$, в окрестности которых возникают малые бифуркационные решения задачи (3)–(4). Оказывается, что условие $K(E_0) < 0$ означает, что зависимость функции $D(E)E$ от напряженности поля E имеет N -образную форму и содержит интервал (E_1, E_2) с отрицательной производной, на котором $D(E_0) + E_0D'(E_0) < 0$ при $E_0 \in (E_1, E_2)$, т. е. выполнено так называемое условие отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП).

Предположим, что $j = fE_0D(E_0) + c$, т. е. поток электронов линейно зависит от плотности ионизированной примеси. При этих предположениях задача (3)–(2) имеет тривиальное решение $E(x) = E_0$, $n(x) = f$, $c = 0$.

Сделаем замену $E(x) = E_0 + u(x)$, тогда получим следующую краевую задачу:

$$\begin{cases} -u'' - E_0u' + fu - u'u = E_0fg(u) + \frac{c}{D(E_0 + u)}; \\ u(0) = u(1) = 0; \\ \int_0^1 u(x)e^{E_0x/2} dx = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $g(u) = D(E_0)D^{-1}(E_0 + u) - 1$.

Задача (5) имеет тривиальное решение $u \equiv 0$, $c = 0$ при любом $f > 0$.

Утверждение 1. Если выполнено условие отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП), то существует счетное число точек $f_k(E_0) = -K(E_0)^{-1} \left(E_0^2 / 4 + (2\pi k)^2 \right)$, $k = 1, 2, \dots$, в окрестности которых возникают малые бифуркационные решения задачи (5).

Доказательство. Для доказательства существования нетривиальных решений будем использовать теорию ветвления решений обыкновенных дифференциальных уравнений [4]. Запишем задачу (5) в виде

$$\begin{cases} -u'' - E_0u' - \frac{E_0^2}{4}u = \lambda u + \frac{c}{D(E_0)} + N(E_0, f, c, u, u'); \\ u(0) = u(1) = 0; \\ \int_0^1 u(x)e^{E_0x/2} dx = 0, \end{cases} \quad (6)$$

где $N(E_0, f, c, u, u')$ – нелинейный оператор из $C_0^2([0, 1]) \rightarrow C([0, 1])$, такой, что

$N(E_0, f, c, 0, 0) = 0$, $\frac{\partial N}{\partial u}(E_0, f, c, 0, 0)$, $\lambda = - \left(K(E_0)f + \frac{cD'(E_0)}{D^2(E_0)} + \frac{E_0^2}{4} \right)$. Задача (6) имеет

тривиальное решение $u = 0$, $c = 0$ при любом $\lambda > 0$. Сделаем замену $u(x) = \alpha w(x)$, тогда запишем задачу (6) в виде

$$\begin{cases} w'' + E_0 w' + \frac{E_0^2}{4} w = -\lambda w + \gamma + \varphi(a)N(E_0, f, x, w, w'); \\ w(0) = w(1) = 0; \\ \int_0^1 w(x)e^{E_0 x/2} dx = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где $\varphi(0) = 0$. При $a = 0$ линеаризованная задача (7) имеет при $\lambda_k = (2\pi k)^2$ решение $u_k(x) = e^{-E_0 x/2} \sin(2\pi k)$ и $\gamma = 0$, $k = 1, 2, \dots$

Рассмотрим следующую задачу Коши:

$$\begin{cases} w'' + E_0 w' + \frac{E_0^2}{4} w = -\mu^2 w + \gamma + \varphi(a)N(E_0, f, c, w, w'); \\ w(0) = 0; \\ w'(0) = 1, \end{cases} \quad (8)$$

где $\mu^2 = \lambda$. При $a = 0$ задача (8) имеет следующее решение:

$$w(x, \mu, \gamma) = \left(\frac{1}{\mu} - \frac{\gamma E_0}{2\mu \left(\mu^2 + \frac{E_0^2}{4} \right)} \right) e^{-E_0 x/2} \sin(\mu x) - \frac{\gamma}{\mu^2 + \frac{E_0^2}{4}} e^{-E_0 x/2} \cos(\mu x) + \frac{\gamma}{\mu^2 + \frac{E_0^2}{4}}. \quad (9)$$

Известно [4], что при достаточно малом a задача (8) имеет единственное решение $w(x, \mu, \gamma, a)$. Среди всех таких решений необходимо разыскать те, что удовлетворяют условиям

$$\begin{aligned} w(1, \mu, \gamma, a) &\equiv \varphi_1(\mu, \gamma, a) = 0; \\ \int_0^1 w(x, \mu, \gamma, a) e^{E_0 x/2} dx &\equiv \varphi_2(\mu, \gamma, a) = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Для доказательства существования ответвляющихся решений нужно показать, что при $a \neq 0$ параметры μ и γ могут быть выбраны так, чтобы были выполнены равенства (10). При $a = 0$ решение (9) удовлетворяет условиям (10), когда $\mu = 2\pi k$, $\gamma = 0$. Если при $a = 0$ якобиан

$J = \frac{\partial(\varphi_1, \varphi_2)}{\partial(\mu, \gamma)}$ отличен от нуля, то по теореме о неявной функции система (10) в окрестности

$a = 0$ имеет решения $\mu(a)$, $\gamma(a)$. Проверим это условие:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_1}{\partial \mu}(2\pi k, 0) &= \frac{e^{-E_0/2}}{2\pi k}; & \frac{\partial \varphi_1}{\partial \gamma}(2\pi k, 0) &= \frac{1 - e^{-E_0/2}}{(2\pi k)^2 + E_0^2/4}; \\ \frac{\partial \varphi_2}{\partial \mu}(2\pi k, 0) &= 0; & \frac{\partial \varphi_2}{\partial \gamma}(2\pi k, 0) &= \frac{1}{(2\pi k)^2 + E_0^2/4} \int_0^1 e^{E_0 x/2} dx, \end{aligned}$$

следовательно,

$$J = \left[\frac{\partial \phi_1}{\partial \mu} \frac{\partial \phi_2}{\partial \gamma} - \frac{\partial \phi_2}{\partial \mu} \frac{\partial \phi_1}{\partial \gamma} \right]_{\substack{\gamma=0 \\ \mu=2\pi k}} = \frac{e^{-E_0/2}}{2\pi k \left((2\pi k)^2 + E_0^2 / 4 \right)} \int_0^1 e^{E_0 x/2} dx \neq 0.$$

Значит, при $\lambda_k = (2\pi k)^2$ задача (6) имеет нетривиальное решение, что и требовалось доказать.

Запишем задачу (5) в виде

$$\begin{cases} D(E_0 + u)(-u'' - E_0 u') = D(E_0 + u)(u' - f)u + fE_0(D(E_0) - D(E_0 + u)) + c; \\ u(0) = u(1) = 0; \\ \int_0^1 u(x)e^{E_0 x/2} dx = 0 \end{cases} \quad (11)$$

и будем изучать ее в пространстве $X = \left\{ u \in W_2^1(0,1) \mid \int_0^1 e^{E_0 x/2} u(x) dx = 0 \right\}$.

Определение. Обобщенным решением задачи (11) назовем функцию $u(x) \in X$, удовлетворяющую $\forall v \in X$ тождеству

$$\int_0^1 \left[D(E_0 + u)u'v' + D'(E_0 + u)u'^2 v - E_0 D(E_0 + u)u'v + (D(E_0 + u)fu + fE_0 - E_0 u' - u'u)v \right] \times e^{E_0 x/2} dx = 0. \quad (12)$$

Утверждение 2. Для $\forall a \in L_2(0,1)$ существует единственная функция $u(x) \in X$, такая, что

$$\int_0^1 (a(x) - w(x)) e^{E_0 x/2} v(x) dx = 0, \forall v \in X.$$

Доказательство. Рассмотрим линейный функционал

$$l(v) = \int_0^1 a(x)v(x)e^{E_0 x/2} dx$$

в пространстве X . В пространстве X введем скалярное произведение

$(u, v)_X = \int_0^1 u(x)v(x)e^{E_0 x/2} dx$. Ясно, что $l(v)$ является ограниченным функционалом в X , так как

$|l(v)| \leq \|a\|_{L_2} \|v\|_X$. Следовательно, по теореме Рисса существует единственная функция

$w \in X$, такая, что $l(v) = (v, w)_X = \int_0^1 v(x)w(x)e^{E_0 x/2} dx$.

Утверждение 3 [5]. Если функция $u(x) \in C_0^2(0,1)$ и является обобщенным решением задачи (11), то она является классическим решением задачи (11).

Покажем теперь продолжимость всех бифуркационных решений по параметру f . Для этого понадобится следующее предположение. Предположим, что при $y > 0$ функция $D'(y)y$ является ограниченной: $|D'(y)y| \leq D_1 > 0$ и будем считать, что $D_0 > D_1$, где $D_0 = \inf_{y \in R_+} D(y)$.

Утверждение 4. Если $u(x)$ является обобщенным решением задачи (11), то справедлива оценка $\|u'\|_X \leq \varphi(f)$, где $\varphi(f)$ – некоторая положительная функция от f .

Доказательство. Применим интегральное тождество (12) для $v = u \in X$, тогда получим

$$\begin{aligned} & \int_0^1 D(E_0 + u)u'^2 e^{E_0x/2} dx + \int_0^1 D'(E_0 + u)uu'^2 e^{E_0x/2} dx - E_0 \int_0^1 D(E_0 + u)u'u e^{E_0x/2} dx = \\ & \int_0^1 e^{E_0x/2} D(E_0 + u)(u' - f)u^2 dx + fE_0 \int_0^1 (D(E_0) - D(E_0 + u))ue^{E_0x/2} dx. \end{aligned}$$

Заметим, что $(u' - f) \leq 0$, так как $n = f - u' \geq 0$, где $n(x)$ – плотность электронов.

Поэтому $\int_0^1 e^{E_0x/2} D(E_0 + u)(u' - f)u^2 dx \leq 0$. Функция $g(u) = D(E_0) - D(E_0 + u)$ – ограниченная функция от u , поэтому

$$\begin{aligned} & \left| fE_0 \int_0^1 g(u)ue^{E_0x/2} dx \right| \leq fc_1 \|u\|_X; \\ & \left| E_0 \int_0^1 D(E_0 + u)u'u e^{E_0x/2} dx \right| \leq c_2 \|u'\|_X; \\ & \left| \int_0^1 D'(E_0 + u)uu'^2 e^{E_0x/2} dx \right| \leq D_1 \|u'\|_X^2; \\ & \int_0^1 D(E_0 + u)u'^2 e^{E_0x/2} dx \geq D_0 \|u'\|_X^2. \end{aligned} \tag{13}$$

Из полученных оценок (13) следует, что $\|u'\| \leq \varphi(f)$, где $\varphi(f)$ – некоторая положительная функция от f .

Обозначим через S замыкание множества всех нетривиальных решений $(f, u) \in R \times X$ задачи (12) и пусть S_k – максимальная компонента связности множества S , содержащая точку $(f_k, 0)$, где f_k , $k = 1, 2, \dots$ – собственные числа линейной задачи (7).

Утверждение 5. Для любого $k \in N$ множество S_k неограничено в $R \times X$.

Доказательство. Утверждение следует из теоремы 2.4 [6].

Утверждение 6. Бифуркационные решения, полученные в утверждении 1, продолжимы по параметру $f > f_k$, $k = 1, 2, \dots$.

Доказательство. Справедливость утверждения следует из утверждений 5 и 6.

Таким образом, в статье показано, что при больших концентрациях примеси в рассматриваемой краевой задаче возникает сколь угодно большое число бифуркационных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бонч-Бруевич В. Л. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках. М.: Наука, 1972.
2. Van Roosbroeck W. Theory of flow of electrons and holes in Germanium and other semiconductors// Bell. Syst. Tech. 1950. Vol. 29. P. 560–607.
3. Reche L. An Example for Bifurcation of Solutions of the Basic Equations for Carrier Distributions in Semiconductors // Z. Angew. Mech. 1987. Vol. 67. P. 269–271.
4. Келлер Дж. Б., Антман С. Теория ветвления и нелинейные задачи на собственные значения. М.: Мир, 1974.
5. Хенри Д. Геометрическая теория полулинейных параболических уравнений. М.: Мир, 1985.
6. Rabinowitz P. H. Some Global Results for Nonlinear Eigenvalue Problems // J. Funct. Anal. 1971. Vol. 7. P. 487–513.

E. Z. Borevich

ONE-DIMENSIONAL BOUNDARY VALUE PROBLEMS, DESCRIBING MOBILE CARRIER TRANSPORT IN SEMICONDUCTOR DEVICES

The present paper describes mobile carrier transport in semiconductor devices with constant densities of ionized impurities. For this use one-dimensional system of partial differential equations. The work considers the proofs of: existense of solutions of systems of such kind and their bifurcations.

Nonlinear boundary problem, semiconductor, charges, constant densities of ionized impurities, bifurcations

УДК 53.082.74

А. Н. Васильев, О. Г. Вендик, А. А. Розудеев

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЕМКОСТИ ПЛАНАРНОГО КОНДЕНСАТОРА В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ

Разработан метод измерения емкости конденсаторов в сверхвысокочастотном диапазоне. Метод заключается в определении полного комплексного сопротивления реактивного элемента в линии передачи по параметрам рассеяния S_{11} и S_{21} . Исследовано поведение емкости в частотном диапазоне 10 МГц...10 ГГц на примере МДМ-конденсатора. Экспериментально показано, что «эффективная» емкость такого конденсатора не постоянна в измеряемом диапазоне частот.

Методика измерения емкости, СВЧ, комплексное сопротивление, планарный МДМ-конденсатор

При использовании конденсаторов в сверхвысокочастотной (СВЧ) микроэлектронике необходимо знать их параметры до постановки их в прибор. Как правило, контролируются только низкочастотные характеристики, которые не всегда совпадают с высокочастотными. Поэтому практический интерес представляет исследование поведения параметров конденсатора в широком СВЧ-диапазоне. К таким параметрам относится не только емкость, но и добротность, в зависимости от геометрических размеров конденсатора [1]. Разработка методики измерения СВЧ-параметров планарных конденсаторов в широком диапазоне частот непосредственно на технологической диэлектрической шайбе до её резки чрезвычайно актуальна.

Рассмотрим случай, когда исследуемый емкостный элемент включен в измерительную схему анализатора цепей. Волновое сопротивление входов анализатора обозначим как Z_0 . Заметим, что исследуемый элемент отделен от входов анализатора короткими отрезками линии с волновым сопротивлением Z_S и длиной l (рис. 1). Назовем эти отрезки линии

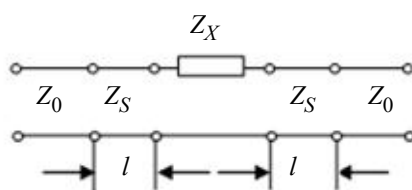


Рис. 1

технологическими отрезками. Их размер и положение связано с размещением планарных конденсаторов на диэлектрической шайбе. Обозначим: Z_X – импеданс конденсатора, Z_S – волновое сопротивление технологического отрезка линии длиной l .

Положим, что исследуемое устройство является взаимным ($S_{21} = S_{12}$) и симметричным ($S_{11} = S_{22}$). Воспользуемся методом синфазно-противофазного возбуждения [2]. На рис. 2 приведены схемы симметричного и антисимметричного режимов измерения: а) симметричное питание схемы, ток в плоскости симметрии равен нулю, $Z_L \rightarrow \infty$ (режим холостого хода); б) антисимметричное питание схемы в плоскости симметрии короткое замыкание, $Z_L = 0$ (режим короткого замыкания).

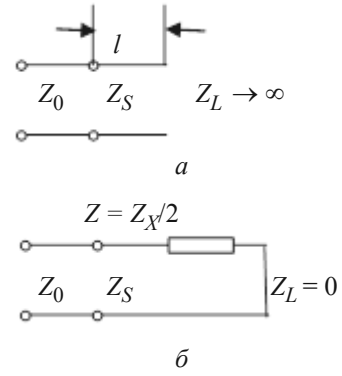


Рис. 2

Выпишем систему из двух уравнений:

$$S_{11} = \frac{1}{2}(\Gamma_e + \Gamma_{od}), \quad (1)$$

$$S_{12} = \frac{1}{2}(\Gamma_e - \Gamma_{od}), \quad (2)$$

где Γ_e и Γ_{od} – коэффициенты отражения в режимах холостого хода (четная симметрия – *even*) и короткого замыкания (нечетная симметрия – *odd*):

$$\Gamma_e = \frac{Z_e - Z_0}{Z_e + Z_0}; \quad (3)$$

$$\Gamma_{od} = \frac{Z_{od} - Z_0}{Z_{od} + Z_0}, \quad (4)$$

где Z_0 – входное сопротивление анализатора цепей; Z_e и Z_{od} – импеданс исследуемого конденсатора с коротким отрезком технологической линии передачи в случаях холостого хода и короткого замыкания соответственно.

Далее коэффициенты отражения (3), (4) подставим в уравнения (1), (2) и получим уравнения для S_{11} и S_{12} :

$$S_{11} = \frac{Z_e Z_{od} - Z_0^2}{(Z_0 + Z_e)(Z_0 + Z_{od})},$$

$$S_{12} = \frac{Z_e Z_0 - Z_{od} Z_0}{(Z_0 + Z_e)(Z_0 + Z_{od})}.$$

Теперь получим уравнение следующего вида:

$$\frac{S_{11}}{S_{12}} = \frac{Z_e Z_{od} - Z_0^2}{Z_e Z_0 - Z_{od} Z_0}, \quad (5)$$

где

$$Z_e = -iZ_S \operatorname{ctg}(\beta l); \quad (6)$$

$$Z_{od} = Z_S \frac{Z_X / 2 + iZ_S \operatorname{tg}(\beta l)}{Z_S + i(Z_X / 2) \operatorname{tg}(\beta l)}, \quad (7)$$

l – длина технологического отрезка линии; $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{S} \sqrt{\epsilon_{ef}}$ – волновое число; c – скорость света; ϵ_{ef} – эффективная диэлектрическая проницаемость технологического отрезка линии.

После подстановки уравнений (6) и (7) в уравнение (5) получаем искомое выражение для определения полного комплексного сопротивления исследуемого конденсатора:

$$Z_X = 2Z_S \frac{(Z_S^2 - Z_0^2)S_{12} + iZ_0[Z_0 \operatorname{ctg}(\beta l) + Z_S \operatorname{tg}(\beta l)]S_{11}}{-Z_0(Z_S - Z_0)S_{11} + i[Z_S^2 \operatorname{ctg}(\beta l) + Z_0^2 \operatorname{tg}(\beta l)]S_{12}}. \quad (8)$$

Если волновое сопротивление технологической линии равно волновому сопротивлению входов анализатора цепей, т. е. $Z_0 = Z_S$, формула (8) существенно упрощается:

$$Z_X = 2Z_0 \frac{S_{11}}{S_{12}}.$$

Таким образом, измерив элементы матрицы рассеяния исследуемого конденсатора с отрезками технологической линии, можно вычислить полное комплексное сопротивление измеряемого элемента. Далее можем рассчитать эффективную емкость исследуемого конденсатора:

$$C = \frac{-1}{\omega \cdot \operatorname{Im}(Z_X)}, \quad (9)$$

где $\omega = 2\pi f$.

Зная полное комплексное сопротивление измеряемого элемента, можно также вычислить и его добротность (тангенс угла потерь).

Важно отметить, что погрешность метода определяется погрешностью векторного анализатора цепей, с помощью которого измеряются значения S -параметров.

Эксперимент проводился на МДМ-конденсаторах (металл–диэлектрик–металл), изготовленных по монолитной технологии. В качестве обкладок использовалось золото, а в качестве диэлектрика между ними – диоксид кремния (толщиной 0.35 мкм). На одной пластине размещалось по три типа конденсаторов, различающихся площадью.

Сделаем оценку емкости без учета краевых эффектов:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}, \quad (10)$$

где d – толщина диэлектрика; S – площадь конденсатора; ϵ – диэлектрическая проницаемость материала; $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – диэлектрическая проницаемость вакуума. Для SiO_2 $\epsilon = 4$.

Полученные данные сведем в таблицу.

Основные параметры измеряемых конденсаторов	$S_{\text{бол}}$	$S_{\text{ср}}$	$S_{\text{мал}}$
Площадь, мм ²	0.104	0.058	0.02
Емкость, пФ	10.47	5.83	1.98

Полученные значения емкости для исследуемых конденсаторов справедливы для низких частот (десятки мегагерц), что подтверждается экспериментом.

Измерения по предложенному методу проводились в диапазоне от 10 МГц до 10 ГГц. Было рассчитано волновое сопротивление технологической линии ($Z_S = 43.8$ Ом) и далее расчет

производился при $Z_0 = 50$ Ом по формуле (8) при $l = 90$ мкм. Для измерений использовался векторный анализатор цепей с зондовой измерительной станцией (рис. 3). Зонд имеет три контакта, которые прикладываются к соответствующим контактам конденсатора.

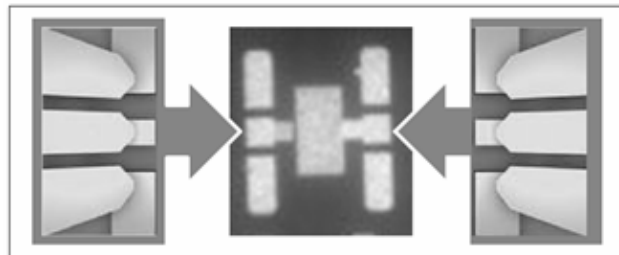


Рис. 3

Емкость исследуемого конденсатора вычислялась с помощью формул (8) и (9). Полученные значения емкости не соответствует формуле (10). Поэтому эти полученные числовые значения целесообразно называть «эффективной» емкостью. На рис. 4 приведены зависимости «эффективной» емкости от частоты для конденсаторов с большой (а), средней (б) и малой (в) площадью. Значения площади указаны в таблице.

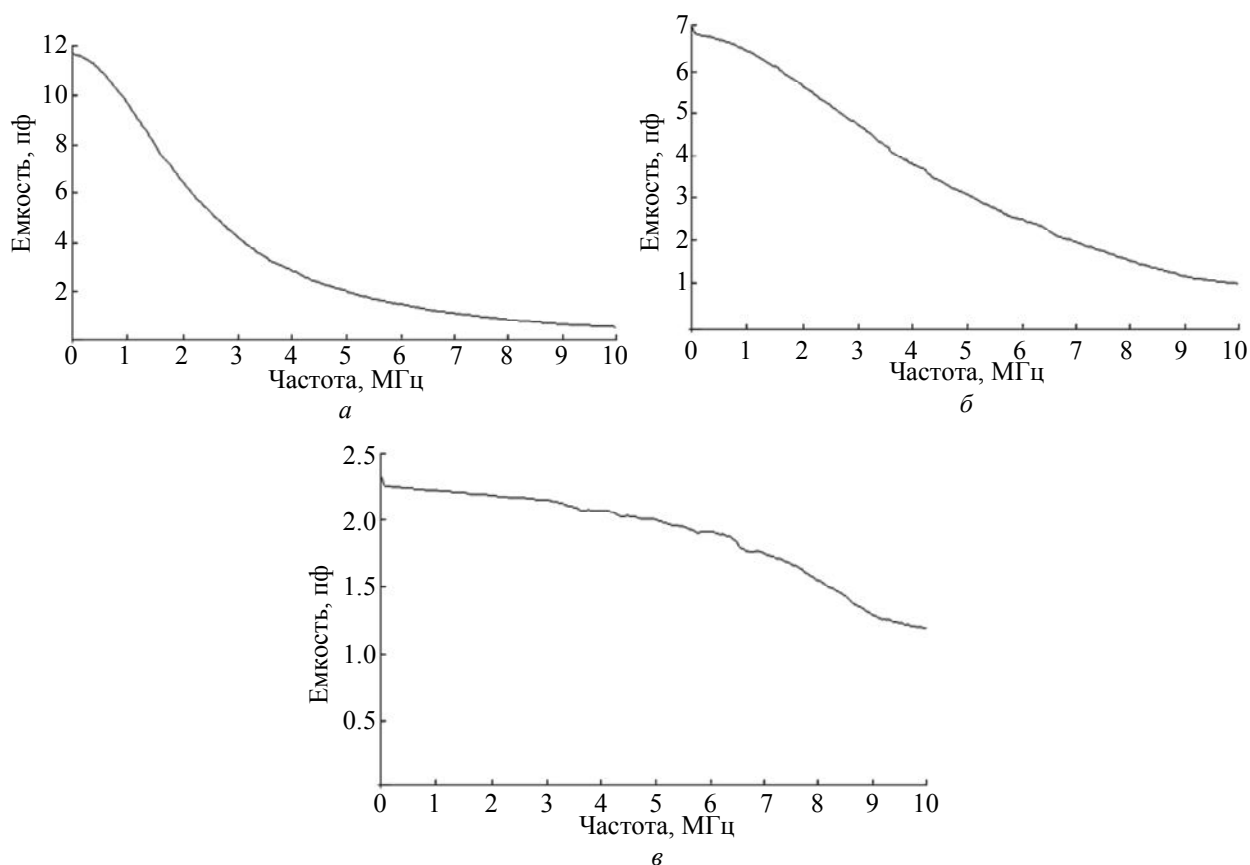


Рис. 4

Зависимость «эффективной» емкости от частоты связана с тем, что конденсатор представляет собой эквивалентную цепь, состоящую из емкостей и индуктивностей. С ростом частоты возрастает индуктивный характер цепи, тем самым уменьшая значения «эффективной» емкости. И как показывает эксперимент, для разных площадей получаются различные зависимости. Из кривых рис. 4 видно, что наибольшее падение эффективной емкости по сравнению с емкостью, измеренной на низкой частоте, наблюдается у конденсаторов с большей площадью.

Также можно сделать вывод о том, что на частотах свыше 6 ГГц исследованный конденсатор уже перестает существовать как сосредоточенный элемент.

В заключение заметим, что в статье представлен сравнительно простой метод определения полного комплексного импеданса измеряемого конденсатора в линии передачи при наличии технологических отрезков линии. Этот метод удобно использовать при измерении емкости конденсаторов на технологической шайбе до её резки. Проведен эксперимент по исследованию зависимости эффективной емкости МДМ-конденсатора в широком диапазоне частот.

Можно сделать следующие выводы и рекомендации:

- «эффективная» емкость с ростом частоты падает;
- скорость падения емкости с ростом частоты зависит от площади конденсатора. Чем больше площадь, тем быстрее падает «эффективная» емкость с ростом частоты;
- при разработке СВЧ-устройств необходимо учитывать, что номинал эффективной емкости конденсатора на высоких частотах меньше, чем на низких частотах;
- рекомендуется при возможности использовать несколько параллельно соединенных конденсаторов с малыми площадями вместо одного конденсатора с большей площадью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pervez Nadia K., York Robert A. Geometry-Dependent Quality Factors in $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ Parallel-Plate Capacitors // IEEE Transactions on microwave theory and techniques. Feb. 2007. Vol. 55, № 2. P. 410–417.
2. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ-устройств. М.: Радио и связь, 1987.

A. N. Vasilev, O. G. Vendik, A. A. Rogudeev

THE METHOD OF MEASUREMENTS OF EFFECTIVE CAPACITANCE'S PLANAR CAPACITOR IN MICROWAVE FREQUENCY RANGE

The method of measurement capacitance of capacitor in microwave frequency range was developed. The method consists in definition of full complex resistance of a reactive element in a transfer line on dispersion's parameters S_{11} and S_{21} . The capacity's behavior in a frequency range of 10 MHz...10 GHz on an example of MDM condenser (metal–dielectric–metal) is investigated. It is experimentally shown that "the effective" capacity of such condenser isn't constant in a measured range of frequencies.

Method of capacitance measurement, microwave frequency range, complex impedance, planar metal-dielectric-metal capacitor



УДК 519.688

В. И. Анисимов, А. С. Башкатов

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ПОДСИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассматривается методика построения встраиваемых систем организации оперативного обмена информацией между распределенными коллективами пользователей непосредственно из рабочей среды.

Распределенное проектирование, встраиваемые системы, автоматизация проектирования, база данных, рабочая среда, сокетное соединение

Современный уровень организации проектной и производственной деятельности определяет высокую востребованность систем, координирующих различные работы и автоматизирующих процессы взаимодействия между распределенными коллективами [см. лит.]. В настоящей статье рассматривается методика организации программного комплекса, формирующего подобную систему. Методика основана на сочетании системного и процессного подходов.

Система распределенного проектирования, как и любая система, имеет вход и выход. Входом системы является техническое задание и формализованная матрица данных, минимально необходимых для начала функционирования системы. Выходом системы является выполнение технического задания в полном объеме и в установленные сроки. На протяжении всего процесса проектирования необходимо предоставить набор инструментов оперативной связи между всеми участниками процесса. Каждый отдельный участник процесса должен иметь доступ ко всем необходимым ему инструментам связи непосредственно из своей рабочей среды.

Построенная система распределенного проектирования должна поддерживать выполнение ряда процессов и процедур. Основной функциональной частью данной системы является подсистема управления взаимодействием (ПУВ). Она представляет собой программный комплекс, доступный для всех других подсистем. Основными процессами в деятельности ПУВ являются:

- процесс авторизации и аутентификации пользователей в системе;
- процесс анализа технического задания и матрицы данных;

- процесс автоматизированного планирования деятельности и распределения ресурсов;
- процесс мониторинга и контроля выполняемого проектирования;
- процесс документирования результатов проектирования;
- процесс реализации результатов проектирования с обратной связью от исполнителей;
- процесс мониторинга и контроля соответствия реализации проекта техническому заданию и исходным данным;
- процесс анализа выполнения технического задания в полном объеме в установленные сроки и передачи результатов деятельности системы инициатору всего процесса.

Все взаимодействие распределенных коллективов пользователей ведется под управлением ПУВ. Для создания связи между ПУВ и каждым отдельным коллективом используются специальные встраиваемые подсистемы (ВП). Каждая отдельная подсистема ВП разрабатывается под конкретную САПР. ВП предоставляет пользователю набор инструментов для обмена в режиме реального времени различного рода информацией с другими участниками процесса проектирования. Доступ к ВП и всем предоставляемым ею инструментам осуществляется непосредственно из рабочей среды конкретной САПР.

При связи распределенных коллективов требуется уделить особое внимание решению задач синхронизации процессов проектирования, унификации проектируемых моделей, контролю версий проектируемых моделей, обеспечению разграниченного по правам доступа всех распределенных коллективов к актуальной версии проектируемых моделей и обеспечению защиты всей информации.

Для хранения данных о ходе и результатах проектирования необходимо использовать базу данных (БД) и ftp-сервер. Доступ к БД и ftp-серверу следует организовать через ПУВ. Для получения данных или внесения изменений встраиваемая в САПР подсистема направляет соответствующий запрос в ПУВ. Выполнение или невыполнение запроса и формирование ответа происходят в строгом соответствии с процедурой, определенной установленными для конкретного пользователя правами.

Связь между подсистемами организовывается посредством сокетов. ПУВ создает сокет, слушающий определенный порт. ПУВ находится в ожидании входящих подключений. Обмен любыми данными между ВП и ПУВ всегда инициируется только ВП. Обмен данными с БД инициируется только ПУВ. При необходимости ВП создает со своей стороны сокет и делает попытку соединиться с ПУВ. Затем ВП проходит процедуру аутентификации и авторизации. Если указанные выше этапы были успешно пройдены и права пользователя допускают подключение к ПУВ, то через сокет устанавливается соединение ВП с ПУВ и инициируется передача данных в строго установленном порядке. Когда все данные будут переданы, любая сторона может закрыть соединение. Для обеспечения независимости протокола обмена данными от размеров и формата данных следует использовать описанную далее последовательность. Сначала отправляется описание передаваемых данных в формате xml. Затем последовательно передаются сами данные. В ПУВ должна быть предусмотрена возможность приема неограниченного количества входящих соединений. Каждому входящему соединению создается отдельный поток, который закрывается по завершении сеанса обмена информацией. Для обеспечения гибкости функционирования системы в различных условиях конкретные параметры осуществления подключений через сокет определяются заранее установленными настройками.

Для передачи данные разбиваются на отдельные пакеты, содержащие набор полей. Вне зависимости от рода передаваемых данных пакет должен содержать информацию, однозначно определяющую принадлежность пакета к конкретному сообщению, уникальный идентификатор источника сообщения, назначение сообщения и саму подлежащую передаче информацию. Таким образом, любой пакет содержит как минимум 6 полей: дескриптор сообщения, идентификатор получателя, идентификатор источника, дескриптор содержания, порядковый номер пакета в сообщении, размер пакета и тело пакета. Разбиение сообщения на пакеты происходит до отправки xml-файла с описанием сообщения. Количество пакетов и их общий размер подсчитываются и добавляются в описание сообщения. Затем отправляется xml-описание сообщения и последовательно все пакеты. После получения принимающей стороной всех пакетов указанного размера происходит сборка сообщения с последующей обработкой. Алгоритм одинаков для всех возможных направлений передачи данных.

Каждое устанавливаемое соединение предваряется рядом процессов, определяющих права доступа. Каждый зарегистрированный в системе пользователь имеет уникальный идентификатор. При установке любого соединения ВП с ПУВ в первую очередь передается идентификатор пользователя и открытый ключ. Передача идентификатора и ключа происходит строго от ВП к ПУВ. Ключ формируется случайным образом. Затем выполняется процесс аутентификации данного пользователя. При установке действительности идентификатора проходит процесс авторизации пользователя в системе. Идентификатор состоит из имени пользователя и пароля, зашифрованных открытым ключом. Данные о всех зарегистрированных пользователях и их идентификаторы хранятся в БД.

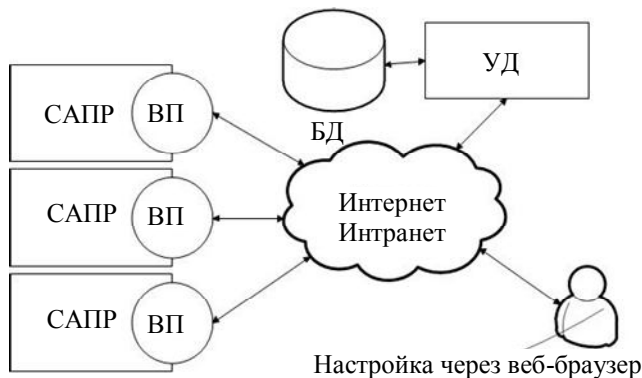
Аутентификация и авторизация при подключении ПУВ к БД и ftp-серверу выполняются встроенными средствами БД и ftp-сервера.

Настройку параметров системы целесообразно реализовать по протоколу http. Этот способ управления не требует установки специального программного обеспечения, минимально зависит от используемого аппаратного обеспечения, отличается простотой использования и не требует от оператора специфических навыков и знаний.

Для реализации доступа к системе через веб-браузер необходимо расширить функционал ПУВ соответствующей программной реализацией. Права доступа в данном случае определяются по ранее описанной общей схеме.

Подсистема настройки (ПН) не имеет прямого доступа к БД и ftp-серверу. Все запросы к системе ПН выполняет через ПУВ. Подключение к ПУВ осуществляется через сокеты. Данные передаются по ранее описанному алгоритму передачи данных от ВП к ПУВ. Доступ пользователей к ПН осуществляется по протоколу http через веб-браузер. Кроме инструментов для настройки различных характеристик системы ПН содержит инструменты для просмотра и редактирования информации, которая находится в БД и на ftp-сервере. Права пользователя на доступ к тем или иным инструментам определяются после процедур аутентификации и авторизации по описанному ранее единому для всех подсистем алгоритму. Данные для формирования идентификатора принимаются в этом случае через веб-форму.

На рисунке показаны связи между описанными подсистемами.



Использование данной методики при организации процесса распределенного проектирования значительно упрощает обмен данными между его различными этапами. Существенно сокращается объем проектных работ и их сложность за счет автоматизации управления и контроля данных. Несомненным достоинством методики является ориентация на широко распространенные технологии при

организации взаимодействия между подсистемами, что существенно упрощает разработку и внедрение системы в целом. Построенные по данной методике системы отличаются гибкостью и масштабируемостью за счет слабых связей между подсистемами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимов В. И., Гридин В. Н. Методы построения систем автоматизированного проектирования на основе Internet технологий и компактной обработки разреженных матриц // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2009. № 1. С. 3–7.

V. I. Anisimov, A. S. Bashkatov

A METHOD FOR CONSTRUCTING EMBEDDED SUBSYSTEMS OF THE DISTRIBUTED DESIGN PROCESS ORGANIZATION

The technique for constructing embedded subsystems ensure timely exchange of information between distributed teams of users directly from the environment.

Distributed design, embedded systems, design automation, database, working environment, socket connection

УДК 004.932.2

Ву Зуи Линь, Г. А. Кухарев

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ВЫРАВНИВАНИЯ ЯРКОСТИ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЛИЦАМИ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Представлен метод выравнивания яркости цветного изображения. Метод основан на регрессионной модели гамма-коррекции исходного изображения по параметрам его средней и требуемой яркости. Результативность метода подтверждена экспериментами на тестовых базах изображений лиц и любительских фотоснимках.

Распознавание лиц, регрессионная модель, гамма-коррекция, яркость цветных изображений

В последнее десятилетие возникает повышенный интерес к биометрическим технологиям распознавания людей, позволяющим получить точное решение этих задач в режиме «он-лайн». Особенно привлекательны технологии, основанные на геометрии лица [1], поскольку распознавание людей и наблюдение за ними (например, для оценки психофизического состояния и намерений человека) можно осуществлять «на расстоянии» и незаметно для самого человека. Другим примером может быть решение задач поиска террористов и преступников по их фотопортретам и фотороботам в потоке данных, получаемых от систем видеонаблюдения.

В рамках этих технологий изображения лиц наблюдаемых людей сравниваются с фотопортретами (эталоны), хранящимися в базе систем распознавания лиц (Face Recognition System – FaReS [1], [2]). Типовая структура FaReS, предназначенная для обработки потока видеоданных, представлена на рис. 1. Здесь реализуются следующие базовые этапы: детекция лиц на исходном изображении Д; предварительная обработка выделенного фотопортрета ПОФ; экстракция признаков из фотопортрета ЭП; сравнение признаков и их классификация К. База портретов содержит как исходные данные, так и соответствующие им признаки. На рисунке также выделены: 1 – поток видеоданных с камеры системы наблюдения; 2 – результат детекции области лица; 3 – результат предварительной обработки фотопортрета; 4 – вариант вектора признаков, полученный блоком ЭП; 5 – выход результата классификации.

Одной из нерешенных сегодня проблем в практике распознавания изображений с лицами остается динамика освещенности сцены и как следствие этого – нестабильность яркости изображений на входе FaReS [3]–[5]. Эта нестабильность ухудшает работу детекторов лиц и/или приводит к динамике исходных признаков, а следовательно, к ухудшению результативности работы FaReS.

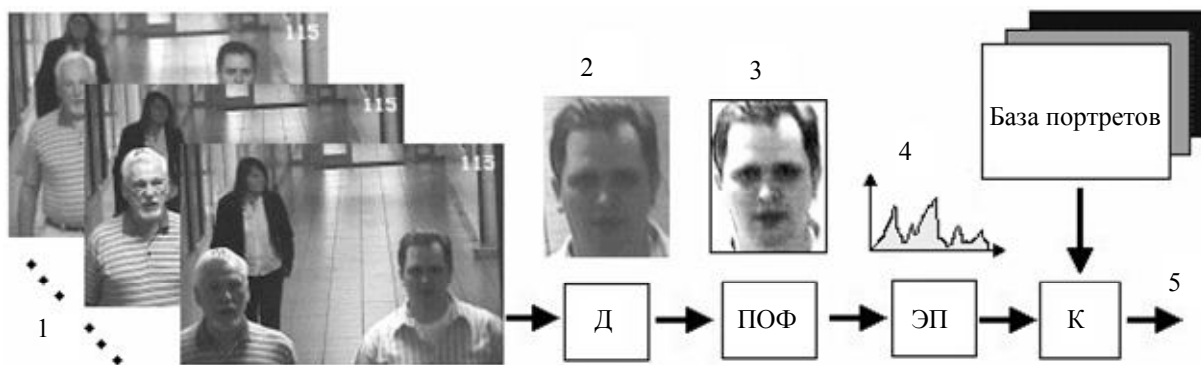


Рис. 1

Цель статьи – представление простого метода выравнивания яркости цветных изображений, полученных в условиях нестабильного освещения, предназначенного для систем видеонаблюдений.

Оценка параметров гамма-коррекции цветного изображения. Пусть заданы цветные изображения I , основными объектами на которых являются лица людей. Изображения представлены в формате RGB и имеют размер $M \times N$ пикселей. Главная характеристика этих изображений – динамика яркости от некоторого минимума J_{\min} до некоторого максимума J_{\max} . Средняя яркость цветных изображений определяется как среднее значение всех его $3MN$ пикселей:

$$J = \left\{ \sum_{i=1}^3 \left(\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N i_{(m,n)}^{(i)} \right) \right\} / (3MN), \quad (1)$$

где J – средняя яркость; $i_{(m,n)}^{(i)}$ – пиксель с координатами m и n ; i – слой изображения.

Изменим яркость изображения I на основе процедуры гамма-коррекции [6] преобразовав каждый отдельный его пиксель следующим образом:

$$i_{(m,n)}^{(i, \text{new})} = \left(i_{(m,n)}^{(i)} \right)^\gamma, \quad \forall i; \forall m \text{ и } \forall n, \quad (2)$$

где $i_{(m,n)}^{(i, \text{new})}$ – новое значение пикселя; γ – параметр гамма-коррекции ($\gamma > 0$).

Пусть исходное изображение характеризуется яркостью J и пусть необходимо получить новое изображение с заданной пороговой яркостью P . Для этого решим следующую вариационную задачу. Будем выполнять гамма-коррекцию исходного изображения в соответствии с (2), изменяя параметр γ от 0,1 до 2,5. При этом для каждого значения γ будем оценивать текущую яркость J_γ получаемого изображения в соответствии с (1). Подбор параметра γ закончим при достижении условия: $\text{abs}(P - J_\gamma) \leq \delta$, где δ – допустимая ошибка ($\delta \leq 0,1$).

Поставленную вариационную задачу решим для изображений базы Face94, имеющих следующие параметры: $\{M = 200; N = 180; J_{\min} = 30; J_{\max} = 130\}$.

Рассчитанные значения γ и J_γ для значений яркости $20 \leq J \leq 130$ и значений пороговой яркости $70 \leq P \leq 150$ с шагом 10 показаны в табл. 1.

Таблица 1

Данные эксперимента			
γ	J	J_γ	P
0,54	30,75	70,12	70
1,37	92,63	70,20	70
0,76	59,43	90,16	90
1,33	100,13	90,19	90
0,57	58,90	99,86	100
1,00	100,31	100,02	100
1,32	121,02	100,19	100
0,34	44,80	130,03	130
0,27	30,51	130,04	130
0,65	114,61	144,81	145
0,38	66,60	144,82	145

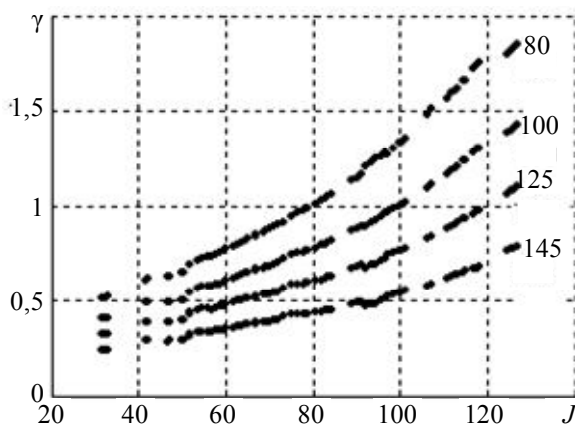


Рис. 2

На рис. 2 представлены графики зависимости $\gamma = f(J)$ для фиксированных значений P .

Анализируя эти результаты, отметим, что значения параметра γ нелинейно зависят как от исходных значений J , так и от заданных значений пороговой яркости P .

Для полученных значений γ в зависимости от исходной средней яркости J и фиксированных значений P рассчитаем отдельные уравнения регрессии:

$$\gamma_p = \sum_{k=0}^K a(k, p) J^{(k)}, \quad (3)$$

где $K = 2$.

Граничное значение параметра K выбиралось из условия сходимости рассчитанных по (3) значений γ_p к соответствующим значениям γ , полученным в ходе решения вариационной задачи. В табл. 2 показаны примеры рассчитанных по (3) значений параметра γ_p для текущих значений J и выбранных значений P . В последней колонке показаны абсолютные значения ошибки $\Delta = |\gamma_p - \gamma|$.

Таблица 2

Данные эксперимента				
γ_p	γ	J	J_γ	Δ
0,59	0,55	30,75	70,12	0,04
1,37	1,37	92,63	70,2	0,00
0,75	0,76	59,43	80,16	0,01
1,32	1,33	100,13	80,19	0,01
0,60	0,58	58,90	99,86	0,02
1,01	1,01	100,31	100,02	0,00
1,31	1,32	121,02	100,19	0,01
0,35	0,34	44,80	130,03	0,01
0,31	0,27	30,51	130,04	0,04
0,66	0,65	114,61	144,81	0,01
0,37	0,38	66,60	144,82	0,01

На рис. 3 показаны кривые, представляющие рассчитанные значения параметра γ_p , наложенные на данные эксперимента. Видно, что кривые относительно неплохо совпадают с экспериментальными данными. Анализ ошибок «невязки» показывает, что среднее значение ошибки не превосходит 0,0145.

Коэффициенты γ_p модели (3) принимают значения, представленные в табл. 3.

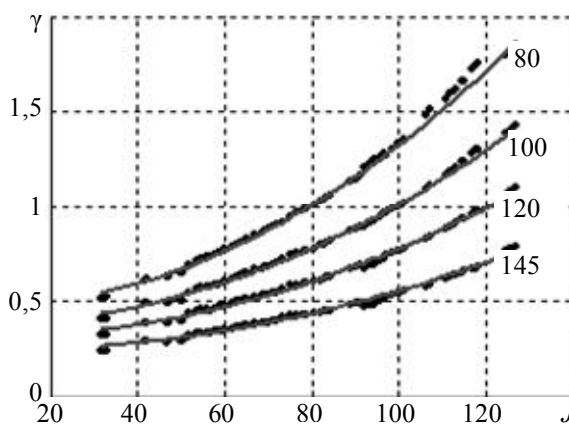


Рис. 3

Таблица 3

a	Значения порога P				
	70	90	110	130	150
$a(0, P)$	0,49159	0,43636	0,34388	0,25392	0,22542
$a(1, P)$	0,00010	-0,00091	-0,00038	-0,00043	-0,00039
$a(2, P)$	0,00010	0,00008	0,00006	0,00004	0,00003

В свою очередь значения коэффициентов $a(k, P) \forall k$ также можно представить в рамках отдельного уравнения регрессии:

$$a(k, P) = \sum_{l=0}^L b(k)P^l \quad (4)$$

$\forall k$ и фиксированных значений параметра P .

Коэффициенты $b(k)$ из (4) принимают значения, представленные в табл. 4.

Объединяя решения (3) и (4), получим следующее соотношение для параметра γ_p в

зависимости от исходных значений J и заданных значений P :

Таблица 4

k	$b(0)$	$b(1)$	$b(2)$
1	0,392250	0,017252	0,000196
2	0,007421	0,000492	-0,000001
3	-0,000109	0,000004	0,000000

$$\gamma_p = \sum_{k=0}^K \left(\sum_{l=0}^L b(k)P^l \right) J^{(k)}. \quad (5)$$

Аналогичные по структуре и параметрам модели были получены для баз изображений лиц Face96 и базы Grimace¹.

Стабилизация яркости цветных изображений. Поставим эксперимент по стабилизации яркости цветных изображений, используя представленный ранее подход. Значение коэффициента гамма-коррекции будем определять по (5) с учетом текущих значений J исходного изображения и заданных значений P . Поставленную задачу решим для изображений базы Face96. Полученные результаты иллюстрирует рис. 4.

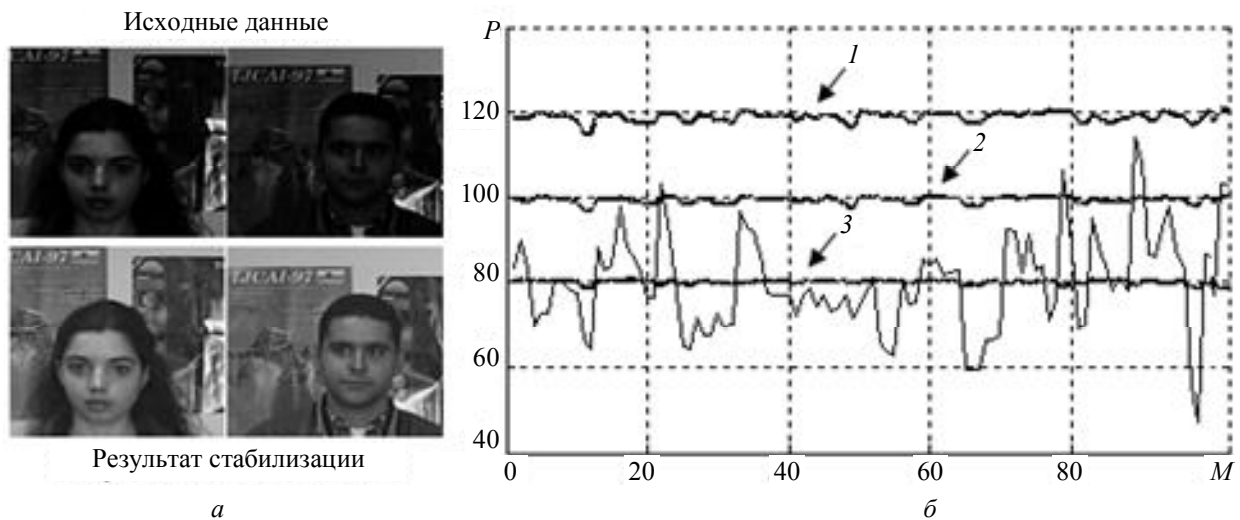


Рис. 4

На рис. 4, *а* представлены 2 исходных изображения (в верхней строке) и эти же изображения, полученные после стабилизации их яркости. На рис. 4, *б* показаны результаты стабилизации яркости для 100 изображений базы Face96.

Волнистая линия соответствует текущим значениям яркости J исходных изображений, а 3 почти параллельные линии представляют оценку значений яркости этих изображений после их гамма-коррекции для трех значений P , где линия 1 соответствует порогу $P = 120$, линия 2 – 100 и линия 3 – 80.

На рис. 5 представлены результаты выравнивания яркости изображений для трех фото и двух изображений из TV-новостей.

В верхней строке рис. 5 показаны исходные изображения, а в нижней – полученные изображения после стабилизации их яркости. Представленные результаты получены с использованием модели (5) для вычисления текущего коэффициента γ_p .

Таким образом, модель (5) может быть использована для вычисления параметра гамма-коррекции в задаче выравнивания и стабилизации яркости изображений. Использование такой стабилизации на входе FaReS позволит улучшить детекцию области лиц из исходных изображений, а также может повлиять на результат экстракции признаков из них, что в целом позволит улучшить результативность FaReS.

¹ <http://cswww.essex.ac.uk/mv/allfaces/>.



Рис. 5

Метод основан на последовательном использовании процедур (1), (5) и (2), поэтому его главная характеристика – простота реализации. Это позволяет отнести его к классу экспресс-методов и предложить для мобильных FaReS и систем наблюдения, имеющих ограниченные ресурсы быстродействия, памяти и ограничения на встроенные методы обработки изображений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li S., Jain A. Handbook of Face Recognition. Springer, 2005.
2. Кухарев Г. А., Щеголева Н. Л. Системы распознавания человека по изображению лица. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006.
3. Tan X., Triggs B. Enhanced Local Texture Feature Sets for Face Recognition under Difficult Lighting Conditions // IEEE Transactions on Image Processing. 2010. Vol. 19, №. 6. P. 1635–1650.
4. Gao X. Standardization of Face Image Sample Quality // Lecture Notes in Computer Science. 2007. Vol. 4642. P. 242–251.
5. Kuang-Chih Lee. Acquiring Linear Subspaces for Face Recognition under Variable Lighting // IEEE Transactions on PAMI. 2005. Vol. 27, №. 5. P. 1–15.
6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982.

Vu Duy Linh, G. A. Kukharev

THE EXPRESS-METHOD OF STABILIZATION BRIGHTNESS OF THE COLOR FACE IMAGES FOR VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

In this paper we represent a method of stabilization brightness of the color face images. The method is used regression models of gamma correction for the initial image by value average mean and required brightness. Results of a method are confirmed by experiments with test bases of images of faces and amateur photo-graphics.

Face recognition, model of regression, gamma-correction, brightness color images

УДК 681.5.017:66.08.012-52

С. Е. Абрамкин, С. Е. Душин

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «АБСОРБЦИЯ – ДЕСОРБЦИЯ»

Описаны непрерывная и дискретно-непрерывная математические модели технологического комплекса систем «Абсорбция – Десорбция».

Абсорбционная осушка газа, технологический комплекс, абсорбция, десорбция, математическая модель, дискретно-непрерывная модель

Необходимость математического моделирования газопромысловых технологических процессов (ТП) обусловлена тем, что в настоящее время ведется не только реконструкция и модернизация технологических аппаратов, но также разработка и внедрение нового

газопромыслового технологического оборудования и ввод в эксплуатацию новых месторождений. Высокий уровень автоматизации вновь вводимых технологических мощностей требует детального математического анализа с целью оптимизации систем управления газопромысловыми ТП. Самым распространенным ТП подготовки газа к транспортировке на месторождениях Крайнего Севера является абсорбционная осушка.

Вопросы математического моделирования химико-технологических процессов и процессов газопромысловых технологий широко представлены, например, в работах [1]–[3]. Однако в большинстве исследований, проводившихся по данной теме, рассматривались задачи построения математических моделей (ММ) либо конкретного типа технологического оборудования, либо конкретного ТП.

Цель данной статьи – представить единое математическое описание процессов в двух взаимосвязанных системах: абсорбции газа и десорбции абсорбента. Особенности рассматриваемых процессов – физическая разнородность и нестационарность.

Решению поставленной задачи должно предшествовать [4]:

- определение управляющих величин, влияющих на ход ТП, а также регистрируемых, измеримых и регулируемых величин для каждой системы;
- получение обобщенной функциональной схемы комплекса систем «Абсорбция – Десорбция», позволяющей сформировать для него иерархическую структуру.

В результате анализа поведения систем «Абсорбция» и «Десорбция» в части массообменных процессов были приняты следующие допущения:

- жидкость (абсорбент) в насадках колонн (абсорбционной и регенерирующей) полностью перемешивается (модель идеального перемешивания);
- в основе получения ММ массообменных процессов между газом и жидкостью, а также паром и жидкостью лежит гидродинамическая модель полного вытеснения (поршневого режима течения фаз);
- режим продольного перемешивания фаз отсутствует;
- скорости газа v_{Γ} , пара v_{Π} и жидкости $v_{\text{ж}}$ одинаковы как по сечениям аппаратов, так и по высоте насадочных колонн;
- концентрации газа C_{Γ} , пара C_{Π} и жидкости $C_{\text{ж}}$ одинаковы по сечениям аппаратов;
- массопередача на насадках эквимолярная, т. е. через поверхность раздела фаз в противоположных направлениях переносится одинаковое количество целевого компонента;
- жидкость, проходя через насадку, не задерживается, что исключает образование зон простоя в насадках, а также исключается зависание жидкости в насадках;
- выполняется закон Генри, т. е. зависимость равновесной концентрации целевого компонента в газе $C_{\text{цг}}^{\text{р}}$ ($C_{\text{цж}}$) линейна;
- температурные профили газа и жидкости по всей высоте абсорбера принимаются постоянными (на практике процесс физической абсорбции газа может сопровождаться снижением температуры абсорбента).

С учетом принятых допущений динамическая ММ процесса абсорбции может быть представлена системой дифференциальных уравнений (ДУ) в частных производных [5]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_{\text{цг}}(z,t)}{\partial t} &= -v_{\text{зг}} \frac{\partial C_{\text{цг}}(z,t)}{\partial z} - R_{\Gamma} (C_{\text{цг}}(z,t) - \Gamma C_{\text{цж}}(z,t)); \\ \frac{\partial C_{\text{цж}}(z,t)}{\partial t} &= v_{\text{зж}} \frac{\partial C_{\text{цж}}(z,t)}{\partial z} + R_{\text{ж}} (\Gamma C_{\text{цж}}(z,t) - C_{\text{цг}}(z,t)), \end{aligned} \quad (1)$$

где $C_{цг}(z,t)$, $C_{цж}(z,t)$ – концентрации целевого компонента в газе и жидкости; $v_{зг}, v_{зж}$ – скорости газа и жидкости вдоль вертикальной оси z аппарата; Γ – коэффициент Генри. Коэффициенты $R_{г}$ и $R_{ж}$ вычисляются по формулам:

$$R_{г} = K\sigma/(\rho_{г}\varepsilon_{г}), R_{ж} = K\sigma/(\rho_{ж}\varepsilon_{ж}),$$

где $\rho_{г}, \rho_{ж}$ – плотности газа и жидкости; K – коэффициент массопередачи, определяемый экспериментально либо из справочников; σ – удельная поверхность насадки; $\varepsilon_{г}$ и $\varepsilon_{ж}$ – относительные (удельные) объемы газа и жидкости.

Получение ММ подсистемы «Регенерация» системы «Десорбция» основывается на тех же допущениях, что позволяет представить процессы массообмена системой ДУ, аналогичной (1). Ее отличие состоит в учете теплообменных процессов, происходящих в регенерационной колонне (РК):

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_{цп}(z,t)}{\partial t} &= -v_{зп} \frac{\partial C_{цп}(z,t)}{\partial z} - R_{п} [C_{цп}(z,t) - \Gamma C_{цж}(z,t)]; \\ \frac{\partial C_{цж}(z,t)}{\partial t} &= v_{зж} \frac{\partial C_{цж}(z,t)}{\partial z} + R_{ж} [\Gamma' C_{цп}(z,t) - C_{цж}(z,t)]; \\ \frac{\partial \theta_{п}(z,t)}{\partial t} &= -v_{зп} \frac{\partial \theta_{п}(z,t)}{\partial z} - R_{п}^{\theta} [\theta_{п}(z,t) - \theta_{ж}(z,t)]; \\ \frac{\partial \theta_{ж}(z,t)}{\partial t} &= v_{зж} \frac{\partial \theta_{ж}(z,t)}{\partial z} + R_{ж}^{\theta} [\theta_{ж}(z,t) - \theta_{п}(z,t)], \end{aligned} \quad (2)$$

где $C_{цп}(z,t)$ и $C_{цж}(z,t)$ – концентрации целевого компонента в паре и жидкости; $\theta_{п}(z,t)$ и $\theta_{ж}(z,t)$ – температуры пара и жидкости; $v_{зп}, v_{зж}$ – скорости пара и жидкости вдоль вертикальной оси z аппарата; Γ, Γ' – коэффициенты Генри для равновесных концентраций целевого компонента в паре и жидкости. Коэффициенты $R_{п}$ и $R_{ж}$ для уравнений массообмена рассчитываются аналогично коэффициентам $R_{г}$ и $R_{ж}$ в ММ (1). Для уравнений теплообмена коэффициенты $R_{п}^{\theta}$ и $R_{ж}^{\theta}$ определяются по формулам:

$$R_{п}^{\theta} = 2\pi r K_{т} / (S \rho_{п} c_{п}), R_{ж}^{\theta} = 2\pi r K_{т} / (S \rho_{ж} c_{ж}),$$

где $\rho_{п}, \rho_{ж}$ – плотности пара и жидкости; $c_{п}, c_{ж}$ – удельные теплоемкости пара и жидкости; $K_{т}$ – коэффициент теплопередачи, определяемый экспериментально либо из справочников; S – площадь поперечного сечения аппарата, через который протекают пар и жидкость; r – радиус РК.

Граничные условия для ММ (1) принимаются равными известным постоянным значениям концентраций на входах аппарата:

$$C_{цг}(z,t)|_{z=0} = C_{цг}^{вх}, C_{цж}(z,t)|_{z=l} = C_{цж}^{вх}.$$

Начальные профили концентраций газа и жидкости по высоте абсорбера:

$$C_{цг}(z,t)|_{t=0} = C_{цг}^{вх}(z), C_{цж}(z,t)|_{t=0} = C_{цж}^{вх}(z),$$

где $C_{цг}^{вх}(z)$, $C_{цж}^{вх}(z)$ – известные функции.

Граничные и начальные условия для ММ (2) в части уравнений, описывающих массообменный процесс, аналогичны граничным и начальным условиям для ММ (1).

Граничные и начальные условия для уравнений теплообмена описываются следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \theta_{\text{ж}}(z, t)|_{z=l} &= \theta_{\text{ж}}^{\text{BX}}, & \theta_{\text{п}}(z, t)|_{z=0} &= \theta_{\text{п}}^{\text{BX}}; \\ \theta_{\text{ж}}(z, t)|_{t=0} &= \theta_{\text{ж}}^{\text{BX}}(z), & \theta_{\text{п}}(z, t)|_{t=0} &= \theta_{\text{п}}^{\text{BX}}(z), \end{aligned}$$

где $\theta_{\text{ж}}^{\text{BX}}(z)$, $\theta_{\text{п}}^{\text{BX}}(z)$ – известные температурные профили по высоте РК.

Для проведения численного моделирования процессов был осуществлен переход от непрерывных моделей (1) и (2) к дискретно-непрерывным.

Дискретно-непрерывная модель массообменных процессов в абсорбере:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_{\Gamma i}}{\partial t} &= -\left(\frac{v_{z\Gamma}}{h} + R_{\Gamma}\right) C_{\Gamma i} + R_{\Gamma} \Gamma C_{\text{жи}} + \frac{v_{z\Gamma}}{h} C_{\Gamma i-1}, \\ \frac{\partial C_{\text{жи}}}{\partial t} &= \left(\frac{v_{z\text{ж}}}{h} + R_{\text{ж}} - R_{\text{ж}} \Gamma\right) C_{\text{жи}} - \frac{v_{z\text{ж}}}{h} C_{\text{жи}-1}, \end{aligned}$$

где $i = \overline{1, N}$, N – число насадок в абсорбере; $h = l_{\text{а}}/N$ – высота насадки; $l_{\text{а}}$ – высота абсорбера; $C_{\Gamma 0} = C_{\Gamma}^{\text{BX}}$, $C_{\text{ж}0} = C_{\text{ж}}^{\text{BX}}$.

Дискретно-непрерывная модель тепломассообменных процессов в РК:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_{\text{цпи}}}{\partial t} &= -\left(\frac{v_{z\text{п}}}{h} + R_{\text{п}}\right) C_{\text{цпи}} + R_{\text{п}} \Gamma C_{\text{цжи}} + \frac{v_{z\text{п}}}{h} C_{\text{цпи}-1}; \\ \frac{\partial C_{\text{цжи}}}{\partial t} &= -\left(\frac{v_{z\text{ж}}}{h} + R_{\text{ж}}\right) C_{\text{цжи}} + R_{\text{ж}} \Gamma' C_{\text{цпи}} + \frac{v_{z\text{ж}}}{h} C_{\text{цжи}-1}; \\ \frac{\partial \theta_{\text{пи}}}{\partial t} &= -\left(\frac{v_{\text{п}}}{h} + R_{\text{п}}\right) \theta_{\text{пи}} + R_{\text{п}} \theta_{\text{жи}} + \frac{v_{\text{п}}}{h} \theta_{\text{пи}-1}; \\ \frac{\partial \theta_{\text{жи}}}{\partial t} &= -\left(\frac{v_{\text{ж}}}{h} - R_{\text{ж}}\right) \theta_{\text{жи}} - R_{\text{ж}} \theta_{\text{пи}} + \frac{v_{\text{ж}}}{h} \theta_{\text{жи}-1}, \end{aligned}$$

где $i = \overline{1, M}$, M – число насадок в РК; $h = l_{\text{р}}/M$ – высота насадки РК; $l_{\text{р}}$ – высота РК; $C_{\text{цп}0} = C_{\text{цп}}^{\text{BX}}$, $C_{\text{цж}0} = C_{\text{цж}}^{\text{BX}}$; $\theta_{\text{п}0} = \theta_{\text{п}}^{\text{BX}}$, $\theta_{\text{ж}0} = \theta_{\text{ж}}^{\text{BX}}$.

С целью упрощения дискретно-непрерывных моделей вместо чисел N, M насадок могут выбираться группы насадок, что устанавливается в ходе вычислительных экспериментов. Результаты сравнения численного моделирования процессов в системах с экспериментальными данными подтверждают адекватность полученных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рамм В. М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976.
2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Учеб. для вузов: В 2 кн. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия, 1995.
3. Репин Н. Н., Тагиев В. Г. Оптимальное управление установками комплексной подготовки природного газа. М.: Недра, 1992.
4. Абрамкин С. Е. Анализ технологических схем процесса абсорбционной осушки газа и разработка обобщенной функциональной схемы / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2007. 15 с. Деп. в ВИНТИ РАН, г. Москва, №11, 2007, б/о 60.

5. Абрамкин С. Е., Душин С. Е. Разработка динамической математической модели процесса абсорбции в системе «газ-жидкость» // Системный синтез и прикладная синергетика: Междунар. науч. конф., Пятигорск, 29.09 – 02.10.2009. Пятигорск: РИА на КМВ, 2009. С. 208–212.

S. E. Abramkin, S. E. Dushin

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF THE TECHNOLOGICAL COMPLEX «ABSORPTION – DESORPTION»

The continuous and discrete-continuous mathematical models of the technological complex «Absorption – Desorption» are worked out.

Absorption gas dewatering, technological complex, absorption, desorption, mathematical model, discrete-continuous model

УДК 37.014.1

Д. К. Кравчук, Н. Е. Новакова

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА МАРКЕРНОЙ КОРЗИНЫ

Рассмотрена задача выбора оптимальной стратегии управления параметрами фильтров трафика, работающих по алгоритму маркерной корзины.

Сетевой трафик, сетевые ресурсы, пропускная способность сети, качество сетевого обслуживания, мультиплексор, оптимизация, алгоритм маркерной корзины

В [1] был рассмотрен механизм QoS-фильтрации трафика «маркерная корзина». Были предложены модели участка сети с несколькими источниками трафика, соответствующими им фильтрами и мультиплексором трафика. Рассмотрим способы выбора параметров этих фильтров с целью оптимизации трафика, т. е. повышения качества сетевого обслуживания.

Качество предоставляемого сетью обслуживания можно характеризовать рядом параметров [2]. Важной характеристикой является средняя пропускная способность сети. Она равна объему трафика, пропускаемого сетью в единицу времени, т. е.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^K T_i(t_k) - \sum_{k=0}^K L(t_k) - \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^K l_i(t_k)}{t_K - t_0}.$$

Другая величина, определяющая эффективность работы сети, – это ее утилизация, т. е. степень использования ее ресурсов. Она определяется отношением реально пропускаемого сетью трафика в единицу времени и максимально возможного значения пропускной способности сети:

$$U = \frac{P}{R} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^K T_i(t_k) - \sum_{k=0}^K L(t_k) - \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^K l_i(t_k)}{R(t_K - t_0)}.$$

Однако главным показателем качества сетевого обслуживания являются потери пакетов. Как было показано в [1], потери пакетов могут возникать как на маркерных корзинах, так и на мультиплексоре. Кроме того, существуют задержки доставки, возникающие из-за ожидания пакетов передачи в очереди мультиплексора.

Сформируем целевую функцию, учитывающую эти факторы:

$$Y(r) = \sum_{k=0}^K \left[\alpha(t_k)L(t_k) + \sum_{i=1}^n \beta_i(t_k)l_i(t_k) + \gamma(t_k)Q(t_k) \right]. \quad (1)$$

Первое слагаемое в правой части выражения (1) определяет взвешенное значение суммарных потерь трафика на мультиплексоре, второе – взвешенное значение суммарных потерь на всех маркерных корзинах, а последнее – взвешенное значение сумм длин очередей мультиплексора на всем отрезке времени $[t_0; t_K]$. Параметры $\alpha(t_k)$, $\beta_i(t_k)$ ($i=1, 2, \dots, n$) и $\gamma(t_k)$ – это веса соответствующих слагаемых.

Целевая функция зависит от управляющего вектора $\mathbf{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, определяющего значения скоростей поступления маркеров в маркерные корзины. Задача оптимизации заключается в определении такого значения вектора \mathbf{r} , при котором значение $Y(r)$ будет минимальным. Если в системе нет задержек, этот вектор определяется как

$$\mathbf{r}(t_k) = F(T(t_k), \mathbf{a}(t_{k-1}), Q(t_{k-1})),$$

где первый параметр определяет входное воздействие на систему в момент t_k , а второй и третий – состояние системы в предыдущий момент времени. Вектор $\mathbf{a}(t_{k-1})$ определяет состояние всех маркерных корзин: $\mathbf{a}(t_{k-1}) = (a_1(t_{k-1}), a_2(t_{k-1}), \dots, a_n(t_{k-1}))$.

Если принять во внимание временную задержку передачи и обработки данных, то при том же законе управления F управляющий вектор примет вид

$$\mathbf{r}_d(t_k) = F(T(t_{k-d_1}), \mathbf{a}(t_{k-1-d_2}), Q(t_{k-1-d_3})),$$

где d_1, d_2, d_3 – число интервалов времени, за которое информация доходит до объекта управления. Очевидно, что в этом случае управление осуществляется на основе устаревшей информации и, следовательно, будет гораздо менее эффективным.

Самый простой способ определения параметров маркерных корзин – это нахождение значения r только по входному воздействию, т. е. по трафику, поступающему на маркерные корзины. Если известны статистические характеристики трафика – такие, как среднее, максимальное значения и дисперсия – значение r можно определить, исходя из них.

Возможно использование двух подходов. *Первый* – использование пикового значения трафика:

$$r(t_k) = T_p.$$

При таком значении управляющего вектора число маркеров во всех маркерных корзинах всегда будет достаточным для трафика любого объема. Эта стратегия не слишком эффективна, так как максимальный битрейт потока данных с переменной скоростью часто бывает гораздо большим, чем средний, и, следовательно, большую часть времени потоку выделяется слишком много ресурсов. При этом маркерная корзина будет беспрепятственно пропускать трафик пиковых объемов, перегружая всю сеть.

Второй подход – использование среднего значения трафика:

$$r(t_k) = KT_m,$$

где K , очевидно, близко к единице. По сравнению с предыдущей эта стратегия выбора параметров корзин гораздо эффективней. Экспериментально было установлено, что оптимальными являются значения коэффициента K , на несколько десятых большие единицы.

Для описанных ранее методов регулировки параметров маркерных корзин необязательна информация обо всем трафике, который поступит на вход (во многих случаях о нем заранее ничего не известно). Управляющий вектор можно менять динамически, подстраиваясь под трафик по мере его поступления. Выберем некоторое «окно» наблюдения (интервал времени, на котором производится наблюдение) длиной w . Тогда, для первой стратегии:

$$\mathbf{r}(t_k) = \max\{T_p(t_m)\}, m = k - w, k - w + 1, \dots, k.$$

Если задержка передачи и обработки данных значительна, то

$$\mathbf{r}_d(t_k) = \max\{T_p(t_m)\}, m = k - d - w, k - d - w + 1, \dots, k - d,$$

где d – число отрезков времени, составляющее задержку.

Аналогично, для второй стратегии

$$\mathbf{r}(t_k) = \frac{\sum_{m=k-w}^k T_p(t_m)}{w}.$$

Для системы с задержкой:

$$\mathbf{r}_d(t_k) = \frac{\sum_{m=k-d-w}^{k-d} T_p(t_m)}{w}.$$

Размер окна наблюдения зависит от характеристик трафика. Выбор слишком большого размера окна приведет к использованию неактуальной информации о трафике, слишком малого – к недостатку этой информации. Существуют более эффективные способы предсказания трафика (например, [3]). Их рассмотрение и реализация выходят за рамки данной статьи.

Потери на маркерных корзинах всегда предпочтительнее потерь на мультиплексе, так как последние вызывают непредсказуемое поведение сети. Следовательно, потери на мультиплексе нужно свести к минимуму. Исходя из этих соображений, логично будет подстраивать скорости пополнения маркерных корзин маркерами под текущую длину очереди мультиплексора так, чтобы очередь не переполнялась. Этого можно добиться, контролируя текущее число маркеров в маркерных корзинах и изменяя скорость их пополнения так, чтобы объем суммарного результирующего трафика, проходящего через все маркерные корзины, не превышал объема, который может вместить мультиплексор.

Если не вводить в алгоритм приоритеты потоков данных (считать приоритеты всех потоков равными), то очевидным решением будет распределение пропускной способности канала между источниками данных пропорционально объемам трафика, передаваемого каждым из источников. Другими словами, если доступная пропускная способность в момент t равна $\Theta(t_k)$, то пропускная способность канала каждого источника должна быть ограничена величиной

$$\Theta_i(t_k) = \frac{T_i(t_k)}{\sum_{j=1}^n T_j(t_k)} \Theta(t_k), \quad (2)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$.

Значение $\Theta(t_k)$ зависит от загруженности мультиплексора и определяется разностью размеров буфера очереди и самой очереди в начале соответствующего интервала времени:

$$\Theta(t_k) = S - O(t_k).$$

Выделять потоку данных пропускную способность выше требуемой для его беспрепятственной передачи нецелесообразно. Таким образом, действительное количество требуемых маркеров

$$\tau_i(t_k) = \max\{\theta_i(t_k), T_i(t_k)\}.$$

Результирующее значение скорости пополнения маркерных корзин маркерами определяется настоящими и требуемыми значениями числа маркеров:

$$r_i(t_k) = [\tau_i(t_k) - a_i(t_k)]I(\tau_i(t_k) > a_i(t_k)).$$

Таким образом, если маркерная корзина уже содержит необходимое число маркеров, новые маркеры в него не поступают. Если же существующих маркеров недостаточно, в корзину будут добавлены только недостающие.

Если разным пользователям требуется назначить разные приоритеты, то выражение для пропорционального распределения пропускной способности (2) нужно модифицировать следующим образом:

$$\theta_i(t_k) = \frac{\sigma_i(t_k)T_i(t_k)}{\sum_{j=1}^n \sigma_j(t_k)T_j(t_k)} \Theta(t_k),$$

где σ_i ($i=1, 2, \dots, n$) – коэффициенты, определяющие приоритеты соответствующих маркерных корзин. Коэффициенты должны быть нормированы, т. е.

$$0 \leq \sigma_i(t_k) \leq 1, \sum_{i=1}^n \sigma_i(t_k) = 1.$$

Если задержка передачи информации о поступающем трафике и/или о состояниях мультиплексора и маркерных корзин значительна, то приведенные ранее алгоритмы необходимо модифицировать для ее учета.

Пусть d_1, d_2, d_3 – задержки информации о трафике, маркерных корзинах и мультиплексоре соответственно. Тогда для алгоритма без приоритетов ограничение пропускной способности канала, выделяемой каждому источнику данных, равно:

$$\theta_i(t_k) = \frac{T_i(t_k - d_1)}{\sum_{j=1}^n T_j(t_k - d_1)} \Theta(t_k - d_3),$$

где, очевидно, $\Theta(t_k - d_3) = S - O(t_k - d_3)$.

Для алгоритма с приоритетами

$$\theta_i(t_k) = \frac{\sigma_i(t_k)T_i(t_k - d_1)}{\sum_{j=1}^n \sigma_j(t_k)T_j(t_k - d_1)} \Theta(t_k - d_3).$$

Число (предполагаемое) требуемых маркеров

$$\tau_i(t_k) = \max \{ \theta_i(t_k), T_i(t_{k-d_1}) \}.$$

Как уже отмечалось, количество маркеров в корзинах определяется с задержкой d_2 . Тогда элементы управляющего вектора

$$r_i(t_k) = [\tau_i(t_k) - a_i(t_{k-d_2})] I(\tau_i(t_k) > a_i(t_{k-d_2})).$$

Для выбора параметров маркерных корзин также можно использовать алгоритмы оптимизации. Очевидно, что разработанная модель может использоваться для оптимизации только как «черный ящик»: связь между характеристиками возможных решений и результатами их использования достаточно сложна, а результат достигается с помощью имитационного моделирования. Единственным способом поиска оптимума является семплирование, т.е. получение большого числа реализаций. Выбор очередных действий в поиске решения возможен лишь на основе полученных ранее результатов семплирования (никакой иной информации о зависимости между решением и его оптимальностью не существует).

Дискретность пространства возможных решений сводит задачу к комбинаторной. Кроме того, нахождение точного глобального оптимума не является обязательным условием, в особенности учитывая его вычислительную сложность. Таким образом, для данной задачи следует использовать метаэвристические алгоритмы Монте-Карло. В данной статье рассмотрен простой и быстрый алгоритм подъема.

Очевидно, что вероятные решения задачи оптимизации будут представлять собой векторы $\mathbf{r} = \{r_k\} = \{(r_{1,k}, r_{2,k}, \dots, r_{n,k})\}$, где $k = 0, 1, \dots, K$ – индексы временных отрезков, на которых действует данный управляющий вектор; $r_{i,k} \in Z$.

Успешность решения будет определяться значением целевой функции (1), получаемым в результате проведения имитационного эксперимента с использованием разработанной модели.

Для определения области поиска решения необходимо установить граничные значения для элементов решения. Очевидно, что скорость поступления токенов в маркерные корзины не может быть меньше нуля. Кроме того, бессмысленно устанавливать скорость больше, чем размер корзины. Таким образом, $0 \leq r_{i,k} \leq s_i \quad \forall k \in \{0, 1, \dots, K\}, i \in \{1, 2, \dots, n\}$, и задача сводится к комбинаторной оптимизации на конечном множестве потенциальных решений.

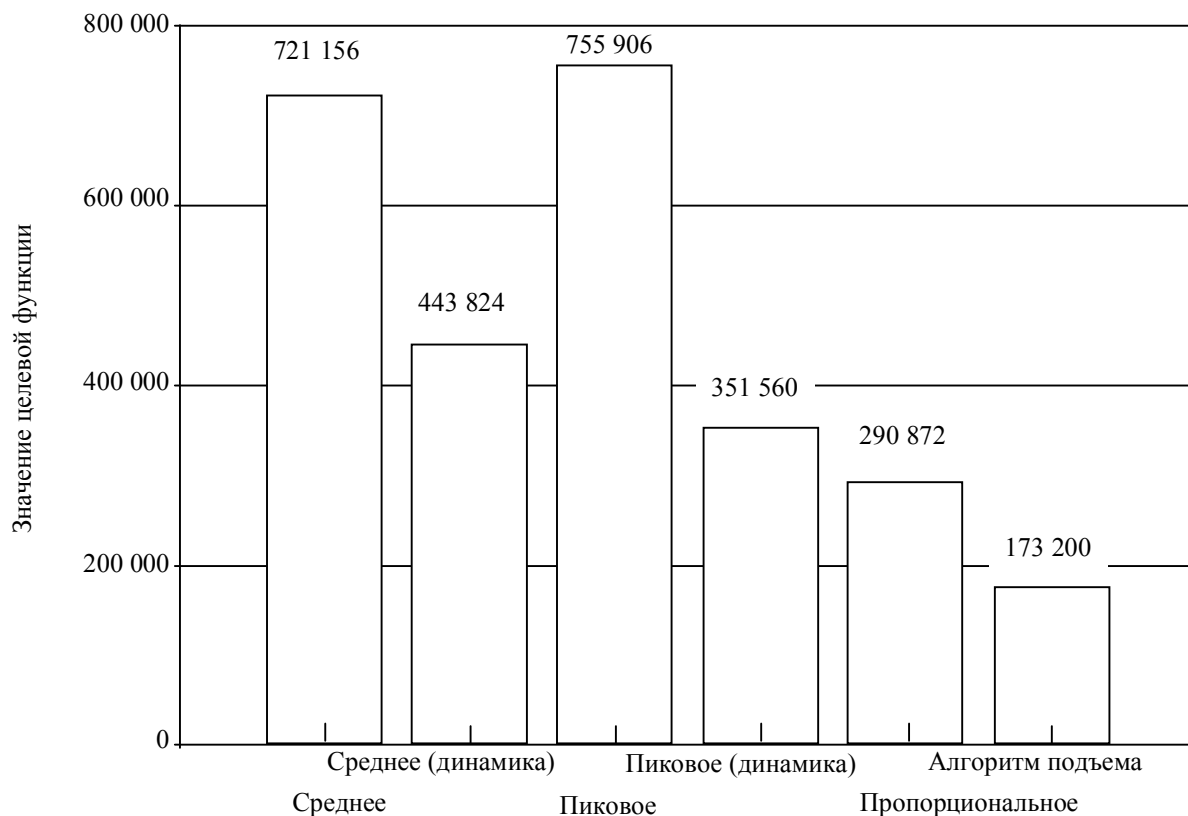
Рассмотрим алгоритм подъема^{*}. Его основой является цикл, в котором лучшее найденное на данный момент решение используется для производства единственного потомка. Если потомок является лучшим решением, чем родитель, он заменяет его. После этого цикл повторяется. Таким образом, с каждым шагом алгоритм двигается по пространству решений, улучшая текущее:

```
solution <- getInitSolution()
while not terminationCriterion()
  offspring <- mutate(solution)
  if cost(offspring) < cost(solution)
    solution <- offspring
```

^{*} Weise T. Global Optimization Algorithms: Theory and Application. 2009. <http://www.it-weise.de/>

В приведенном алгоритме оптимизации функция `getInitSolution()` может возвращать заранее определенное стартовое решение или случайным образом выбирать его из пространства возможных решений.

Типичный результат одного из имитационных экспериментов приведен на рисунке.



Как видно из рисунка, алгоритм подъема показал наилучший результат оптимизации. Результаты первых четырех стратегий нестабильны и сильно зависят от характера трафика. Алгоритм пропорционального распределения доступной пропускной способности стабильно показывает хорошие результаты, имея при этом крайне небольшую вычислительную сложность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравчук Д. К., Новакова Н. Е. Моделирование QoS-мультиплексора на основе алгоритма маркерной корзины // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2010. № 8. С. 8–15.
2. Evans J., Filsfils C. Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks: Theory and Practice. Morgan Kaufmann, 2007.
3. Bhattacharya A., Parlos A. G., Atiya A. F. Prediction of MPEG-coded video source traffic using recurrent neural networks // IEEE Transactions on Signal Processing. 2003. № 8. P. 2177–2190.

D. K. Kravchuk, N. E. Novakova

NETWORK TRAFFIC OPTIMIZATION BASED ON THE TOKEN BUCKET ALGORITHM

In this paper, we investigate the problem of optimal token bucket parameters control strategy choice.

Network traffic, network resources, network throughput, quality of service, multiplexor, optimization, token bucket

КОНСТРУКТИВНАЯ ПРОЦЕДУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ САПР СРЕДСТВ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ПРОЦЕДУРЫ)

Приводятся основные аспекты, требования и принципы построения сервисных подсистем для сред виртуальных инструментов САПР на примере конструктивной диагностической процедуры аналитических приборов.

САПР средств аналитического приборостроения, диагностика, язык сервисных действий

Интеллектуальный анализ данных (ИАД) непосредственно связан с тестовыми экспериментами над объектом обслуживания (ОО). Формальным представлением этих экспериментов являются управляющие тест-программы. В связи с этим сервисные задачи в рамках VI-среды* САПР средств аналитического приборостроения (САП) сводятся к созданию процедур, порождающих управляющие тест-программы. Схему порождающей процедуры в упомянутом контексте будем называть моделью класса сервисных задач, а схему управляющей тест-программы – моделью знаний для порождающей процедуры. Схема порождающей процедуры очевидно зависит от модели знаний.

Для класса процедур, порождающих управляющие тест-программы, из литературы неизвестны разработки схем. Для выполнения такой разработки необходимо рассмотреть методы ИАД. Это позволит выбрать метод принятия решений, в рамках которого существуют формализуемые процедуры, порождающие управляющие тест-программы. Последующий анализ порождающей процедуры позволит выделить ее структуры данных, базовые операторы и схему управления. Последние будут служить основой для создания функциональных спецификаций операторов абстрактной сервисной машины, что является техническим заданием на функциональном уровне для проектирования сервисной машины и в конечном счете VI-среды САПР САП.

Как известно, основной задачей ИАД является определение с заданной достоверностью фактического состояния объекта обслуживания (ОО). В таблице представлена декомпозиция основной задачи ИАД на 5 подзадач.

Номер п/п	Определение фактического состояния с заданной степенью достоверности
1	Формализация ОО и описание математической модели (ММ) идеально работающего ОО
2	Введение классов неисправностей (КН) в ОО. Формирование словаря неисправностей (СН). Формализация КН путем задания модели дефектов (МД)
3	Формальное описание полного набора дефектных модификаций ОО и представление его диагностической модели (ДМ)
4	Определение функции f , задающей отображение: $ДМ \xrightarrow{f} ОО$ и функции f_1 , задающей обратное отображение: $ДМ \xrightarrow{f_1} ОО$
5	Введение критериев оценки качества диагностирования: – оценка глубины диагностирования; – оценка полноты соответствия СН и МД; – оценка достоверности идентификации неисправности из СН по дефекту из МД

* VI-среда (VI – Virtual Instruments) – среда виртуальных инструментов.

Пути к решению поставленных подзадач определяются рядом допущений. Методы решений и допущения, на которых они базируются, изображены на рис. 1. Допущения, связанные с МД, определяются сложностью ОО.

Известно, что формализованное представление ОО включает в себя две составляющие: 1 – формализованное описание идеально работающего ОО; 2 – формализованное описание полного набора дефектных модификаций ОО (см. таблицу), т. е. формализованное представление ОО есть его ДМ (ДМ = <ММ, МД>).

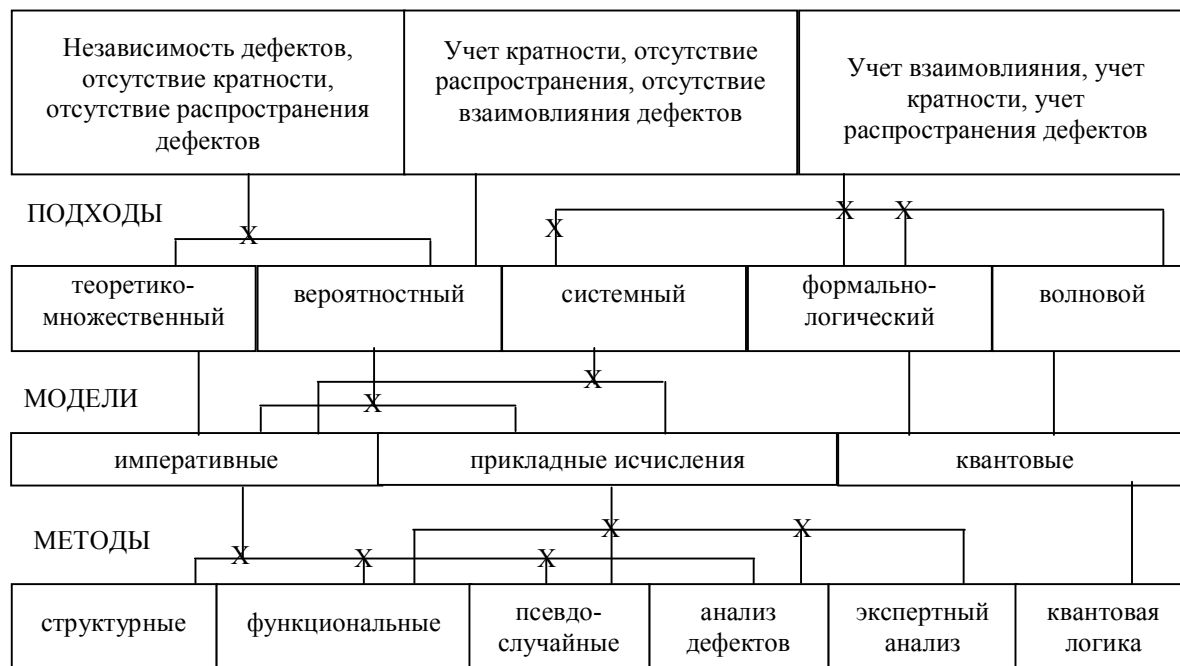


Рис. 1

Выбор ДМ связан со сложностью ОО. Широкоизвестные явные ДМ, которые включают описание исправного ОО и совокупность описаний каждой его дефектной модификации, основаны на допущении о независимости дефектов (об отсутствии их взаимовлияния). Ясно, что подобное представление, применимое для комбинационных схем, не обладает выразительными возможностями, которые требуются для конечных автоматов и тем более автоматных сетей.

Применяемые неявные модели, включающие: 1 – ММ исправного ОО, 2 – МД, 3 – правила получения дефектной модификации ОО для дефектов произвольной кратности, основываются на нескольких подходах. *Первый*, распространенный, – теоретико-множественный [1], [2]. Он предполагает идентификацию состояния ОО (см. п. 3 таблицы) на основе анализа числовых множеств: входного информационного потока и выходных реакций. Считается, что достаточным условием идентификации состояния ОО является пропуск через него всех возможных информационных потоков и распознавание всех правильных по технической документации выходных реакций, а также установление соответствия между дефектами ОО и каждой неправильной выходной реакцией. Недостатком подобного подхода является принципиальная невозможность установить взаимовлияние дефектов, например: доминирование, компенсацию и т. п. *Второй*, менее распространенный, – телеологический подход [3]. Он базируется на волновой теории систем, которая утверждает, что свойства последних проявляются как отношения на классах эквивалентности [4]–[6]. *Третий* – экспертный подход, основанный на представлении ОО как прикладного исчисления.

Прикладное исчисление задает не только основные символы с интерпретацией на множестве объектов различной природы, функциональных преобразований и предикатных отношений на них, но и абстрактные механизмы вывода новых отношений (правила вывода).

Предлагаемый анализ существующих диагностических процедур ИАД предназначен для выделения их базовых операторов. Эти операторы являются основой для представления команд сервисной машины. Основная цель анализа – получение функциональных спецификаций базовых операторов. Функциональные спецификации воплощаются в виде языка сервисных действий (ЯСД). ЯСД определяет архитектуру сервисной машины в составе VI-среды САПР САП.

Содержательно, формализация конструктивной порождающей процедуры осуществляется следующим образом: вводится конструктивная математическая модель (КММ) ОО; вводится конструктивная модель дефектов (КМД), а также правила получения всех дефектных модификаций ОО с дефектами любой кратности, правила определения классов на множестве всех дефектных модификаций и правила отображения классов в идентификаторы классов, в векторы (входные воздействия). Каждый класс дефектных модификаций имеет ранг. Ранги определяют отношение доминирования на классах. Эти ранги приписываются к идентификаторам классов, что позволяет упорядочить входные воздействия в рекурсивную структуру, т. е. получить управляющую тест-программу. Семантика рангов связана с тем, что одни группы дефектов могут маскировать другие. Это значит, что, пока не сняты доминирующие дефекты, не распознать остальных. Упорядоченная последовательность правил, которая порождает дефектные модификации, классифицирует их, упорядочивает классы и отображает их на идентификаторы-векторы, является порождающей процедурой.

По существу КММ и КМД являются структурами данных абстрактной сервисной машины, а правила получения дефектных модификаций, правила классификации и правила отображения классов в векторы – ее операторами. Порядок применения правил-операторов зависит от рангов классов. Математическое описание порождающей процедуры включает в себя КММ и КМД, заданные на языке первого порядка L_1 . Язык первого порядка содержит предметные константы и переменные, символы функциональных преобразований и предикатных отношений. Интерпретация первого порядка связывает каждую предметную переменную или константу с объектом, включенным в ОО на соответствующем уровне абстрагирования; каждый функциональный символ – с определенной функцией, реализуемой ОО; каждый предикатный символ – с управляющим воздействием в ОО.

Алфавит языка L_1 :

$U = \{u_1, \dots, u_m\}$ – множество предметных переменных;

$F = \{f_1, \dots, f_k\}$ – множество функциональных символов;

$P = \{p_1, \dots, p_l\}$ – множество предикатных символов;

$C = \{c_1, \dots, c_n\}$ – множество константных символов. Конструктивный метод

предполагает задание ММ в виде алгебраической системы (АС) и устанавливает соответствие между алфавитными символами языка L_1 и элементами АС. $KMM = \langle A, \Omega \rangle$, где A – основное множество АС, в том числе содержащее неопределенные элементы; $\Omega = \langle F, P \rangle$ – сигнатура, включающая в себя множество функциональных символов F и символов предикатных отношений P , определенных на A .

Постановка задачи обслуживания не конкретизирует ОО. Она утверждает, что ОО – это широкий класс САП, обладающих следующими признаками:

1) высокой сложностью, которая оценивается количественно и качественно по числу функционально-ориентированных процессоров, уровней иерархии, степени нерегулярности связей, степени неоднородности структуры, количеству БИС, ТЭЗ, конструктивов, выводов, контрольных точек и т. п.;

2) внутренним параллелизмом, или одновременной работой однотипных и разнотипных функциональных блоков;

3) не фон-неймановскими схемами управления процессом обработки данных.

В связи с этим КММ для ОО такого типа должна быть иерархической, такой, что представляется вложенными базами описания (рис. 2) и обеспечивает единообразный язык описания всех уровней абстрагирования.

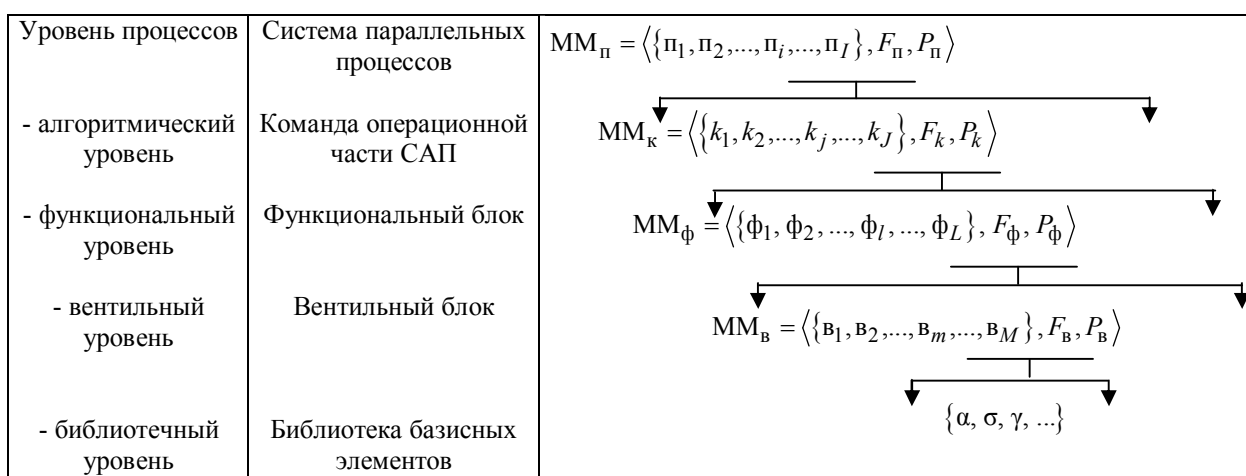


Рис. 2

ДМ является расширением КММ и задается в символах КММ. Множество дефектов определяется заменой символа модели на другой символ или константу. Допущение о наличии кратных дефектов и устранение компенсации учитываются структурированием МД. Поскольку конструктивная ММ – многоуровневая, то и МД, и ее структурирование вводятся для каждого уровня отдельно, но схема ДМ на всех уровнях единообразная. Дефекты задаются математической конструкцией – решеткой (рис. 3): $B = \langle Q, \omega \rangle$, где B – МД; Q – решеточно-упорядоченное относительно ω множество дефектов; ω – множество отношений на Q .

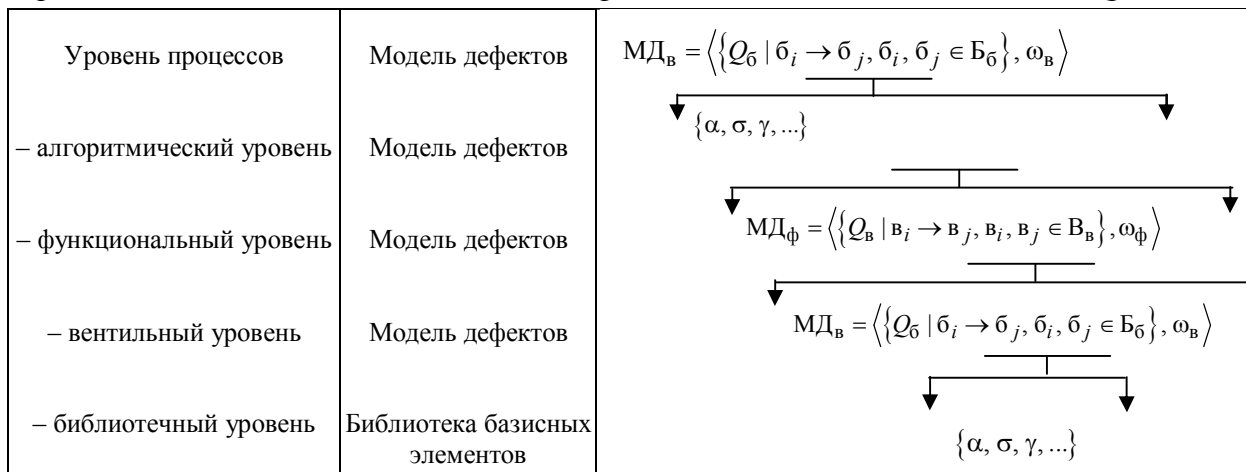


Рис. 3

Множество является решеточно-упорядоченным, если каждая пара его элементов имеет верхнюю и нижнюю грани. Верхней гранью является объединение элементов, нижней – пересечение. Идея объединения дефектов в группы неразличимых дефектов (ГНД) путем анализа системных характеристик ОО, упорядочение ГНД по отношению доминирования и построение идентификаторов каждой группы составляют основу конструктивного метода. Идентификаторами ГНД являются вход-выходные последовательности (тесты).

Формализация правил получения дефектных модификаций осуществляется следующим образом. Допустим, ОО до подачи теста находился в одном из технических состояний: 1 – ОО исправен; 2 – ОО неисправен вследствие возникновения неисправности, формальное задание которой есть $q \in Q$.

Если M – модель исправного ОО, M^\wedge – модель исследуемого ОО, а M_q – модель с дефектом q из некоторого Q : $q \in Q$, то процедура диагностирования сводится к отождествлению M^\wedge с M или с M_q , т. е.

$$M^\wedge \cong M, \quad (1)$$

$$M^\wedge \cong M_q, \quad (2)$$

где \cong – операция неразличимости моделей M^\wedge и $(M \cup M_q)$. Две модели M^\wedge и $M^{\wedge\wedge}$ неразличимы, если $M^\wedge|-\Phi \leftrightarrow M^{\wedge\wedge}|-\Phi$, т. е. тогда и только тогда, когда формула Φ , истинная на M^\wedge , истинна и на $M^{\wedge\wedge}$. Формула Φ интерпретируется как вход-выходной набор для ОО (тест). Для установления эквивалентности (1) используются проверяющие тесты, для (2) – тесты поиска дефектов. Доказательство неразличимости моделей связано с их декомпозицией.

Если каждой подмодели приписать индекс, то формальное представление процедуры конструктивного диагностирования связано с декомпозицией модели M на семейство подмоделей $\langle M_i, i \in I \rangle$ и с получением множества частичных изоморфных отображений $f_{ij} : M_i \rightarrow M_j, i, j \in I$.

Поиск дефектов идет с точностью до символа, т. е. с точностью до ГНД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Домарацкий С. Н., Лозовой Л. Н. Аппаратные и программные средства новой серии многоканальных портативных рентгеновских спектрометров «РОСА» // Приборы и системы управления. 1987. № 3. С. 21–23.
2. Лозовой Л. Н. Проявление законов функциональной целостности и организованности при проектировании VI-средств аналитического приборостроения // Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий: Межвузовский сб. / СЗТУ. СПб., 2002. Вып. 4. С. 91–103.
3. Герасимов И. В. Телеологический подход к представлению информационных процессов // Изв. Белорусской инженерной академии. 2002. № 1(13)/2. С. 118–124.
4. Герасимов И. В., Калмычков В. А., Лозовой Л. Н. Комплементарное моделирование в средах САПР: виртуализация квантовых объектов информации. СПб.: Техномедиа, 2007.
5. Никитин А. В., Ндайонгеже Д. Свойство-ориентированные языки функциональных спецификаций для концептуального этапа проектирования // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2010. Вып. 6. С. 25–30.
6. Компьютерные информационные технологии в контексте автоматизации проектирования изделий электроники / И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин, Л. Н. Лозовой, А. В. Никитин // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2010. Вып. 9. С. 39–46.

L. N. Lozovoy, D. A. Nemov, D. V. Hizhin

CONSTRUCTIVE PROCEDURE FOR INTELLECTUAL DATA ANALYSIS OF CAD OF ANALYTICAL INSTRUMENTATION TOOLS (ON EXAMPLE OF DIAGNOSTIC PROCEDURE)

Basic aspects, requirements and principles of construction of service subsystem for CAD virtual instruments environments on example of constructive diagnostic procedure of analytical instruments are mentioned.

CAD of analytical instrumentation tools, diagnostics, service actions language

УДК 681.5.013

В. Ф. Антонов, Н. Н. Кузьмин

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

Рассмотрены построение системы управления температурным полем в зоне контактной сварки и утилизация выделяемого тепла. При этом в системе управления используется регулятор прямого действия.

Контактная сварка, математическая модель, тепловые процессы

Для решения технологических задач точечной сварки в большинстве случаев требуется определить количество теплоты, выделившееся в зоне сварки, и распределение в ней температуры. Характер температурного поля в зоне формирования соединения определяют в основном 2 процесса, одновременно протекающие и противоположно направленные: тепловыделение сварки и теплопередача из нее в окружающий холодный металл и электроды [1]–[3].

В статье рассмотрим утилизацию тепла при контактной сварке на сварочном агрегате АТМС-14х75. Сварочный агрегат АТМС-14х75 (рис. 1) состоит из электрической и механической частей, пневмосистемы и системы водяного охлаждения. Суммарное тепло, выделяемое при работе агрегата контактной сварки, составляет около 75 кВт. Это тепло рассеивается в окружающем пространстве. Рассмотрим способ утилизации тепла, для чего закроем зону сварки специальным кожухом.

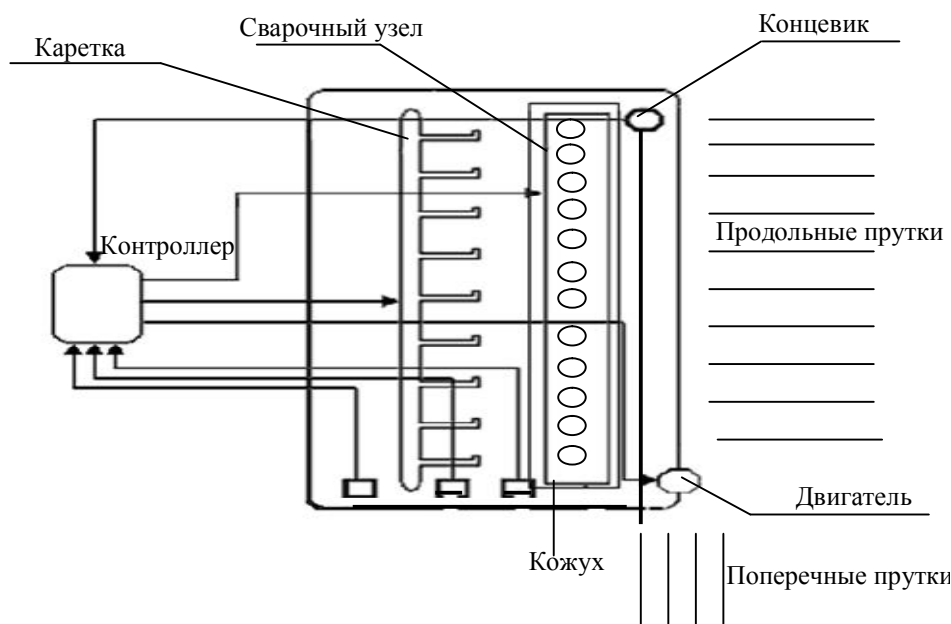


Рис. 1

Математическая модель тепловых полей внутри кожуха может быть описана следующими уравнениями:

$$\frac{d\theta(y, x, z, \tau)}{d\tau} = a \left(\frac{d^2\theta_1(y, x, z, \tau)}{dx^2} + \frac{d^2\theta(y, x, z, \tau)}{dy^2} + \frac{d^2\theta(y, x, z, \tau)}{dz^2} \right) + \delta(x_i, y_i, z_i) q_i(\tau), \quad (1)$$

$$0 < y < Y, 0 < x < X, 0 < z < Z,$$

где $\theta(x, y, z, \tau)$ – температурное поле воздуха внутри кожуха; a – коэффициент теплопроводности воздуха; $\delta(x_i, y_i, z_i)$ – дельта-функция, указывающая координаты i -го источника тепла; $q_i(\tau)$ – функция, отражающая мощность i -го источника тепла.

Снаружи кожух покрыт теплоизолирующим материалом (рис. 2).

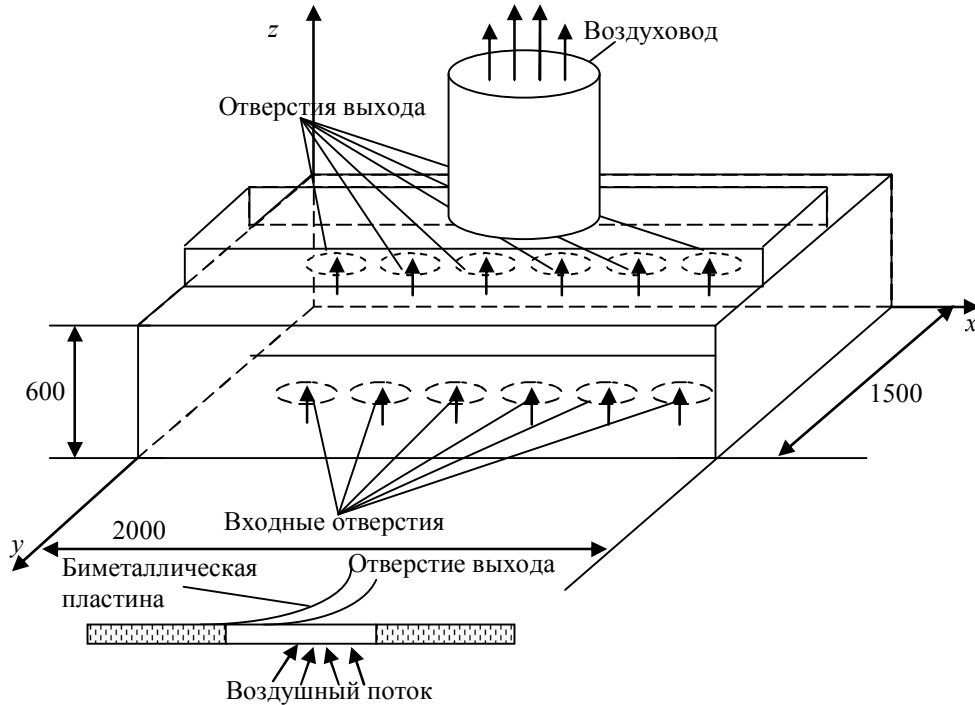


Рис. 2

При описании граничных условий сделаем следующие допущения:

- боковая поверхность кожуха покрыта теплоизоляционным слоем;
- температура воздуха во входных отверстиях ($j = 1, \dots, 6$) остается постоянной.

Учитывая сделанные ранее допущения, граничные условия, при которых следует решать уравнение (1), записываются в виде следующих соотношений:

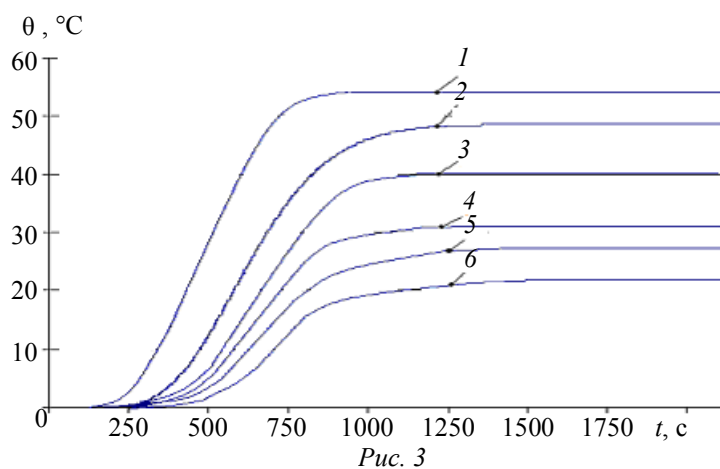
$$\frac{d\theta(y, x, z, \tau)}{dr} = 0, \quad y, x, z \in S_b,$$

$$\theta(y, x, z, \tau) = 0, \quad y, x, z \in S_j, \quad j = \overline{1, 6}.$$

Для верификации математической модели объекта управления был поставлен натурный эксперимент. Входные и выходные отверстия были открыты на 0,25 площади (при этом технологический процесс сварки продолжался). Были реализованы 2 способа формирования входного воздействия:

- 1) скачком на 0,25 площади отверстия увеличили площадь живого сечения 1-го отверстия входа и выхода;
- 2) скачком на 0,25 площади отверстия увеличили площадь живого сечения 1-го отверстия выхода.

Температуру воздуха на выходе каждого выходного отверстия измеряли с помощью термопар. Графики изменения температуры (отклонения от установившегося значения) для первого входного воздействия по каждому выходу приведены на рис. 3.



Аналогичные графики были получены для 2–6 входных воздействий. Используя представленную ранее математическую модель, был проведен численный эксперимент, результаты которого близки к результатам, приведенным на рис. 3. По полученным графикам была построена передаточная матрица рассматриваемого объекта управления:

$$W = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{26} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{36} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & \dots & a_{66} \end{pmatrix},$$

где $a_{ij} = \frac{k_{ij}}{\theta_{ij} p + 1} e^{-p\tau_{ij}}$ ($i, j = 1 \dots 6$).

Как следует из полученных параметров, передаточная матрица обладает свойством диагональной доминантности.

Чтобы обеспечить определенный температурный режим внутри кожуха, будем использовать распределенный регулятор прямого действия. Эти регуляторы управляют «живым» сечением канала воздушного потока и используются в системах подвода (отвода) тепловой энергии.

Входным воздействием служит температурное поле потока, омывающего регулятор прямого действия.

Функцией выхода является перемещение $L_s(x, \tau)$ [4]. Структурная схема рассматриваемого регулятора приведена на рис. 4.



Рис. 4

Рассмотрим другие конструкции регуляторов прямого действия, управляющих «живым» сечением каналов текущих жидкостей с целью регулирования скорости подвода (отвода) тепловой энергии.

Опишем тепловые процессы, протекающие в пограничном слое и в биметаллической пластине (БП). При описании тепловых процессов предполагаем следующее:

- боковые грани БП, за исключением поверхностей, не влияют на процессы, протекающие внутри БП; тепловые процессы вблизи плоскости БП, находящейся в «тени» потока теплоносителя, не влияют на тепловые процессы БП;
- БП имеет прямоугольную форму.

С учетом принятых допущений математическая модель тепловых процессов в БП может быть записана в виде

$$\frac{\partial \theta_i}{\partial \tau} = a_i \left(\frac{\partial^2 \theta_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta_i}{\partial z^2} \right) \quad (i=1, 2, 3) \quad (2)$$

$$0 < x < L_x; \quad 0 < y < L_y; \quad Z_{i+1} < z < Z_i \quad (z_0 = 0),$$

где $\theta_i(x, y, z, \tau)$ – температурное поле i -й среды ($i = 1$ – пограничный слой, $i = 2$ – материал A , $i = 3$ – материал B); a_i – коэффициенты температуропроводности i -й среды; L_x, L_y, Z_i – заданные значения (координаты границ раздела сред).

Граничные условия для системы уравнений (2), отражающие неразрывность тепловых полей и тепловых потоков на границах раздела сред, записываются в виде следующих соотношений:

$$\theta_1(x, y, 0, \tau) = \theta_{cp}(x, y, z_c, \tau), \quad (z_c = 0); \quad \theta_i(x, y, z_i, \tau) = \theta_{i+1}(x, y, z_i, \tau), \quad i = 1, 2;$$

$$\lambda_i \frac{\partial \theta_i(x, y, z_i, \tau)}{\partial z} = \lambda_{i+1} \frac{\partial \theta_{i+1}(x, y, z_i, \tau)}{\partial z}, \quad i = 1, 2;$$

$$0 < x < L_x; \quad 0 < y < L_y;$$

$$\frac{\partial \theta_2(x, y, z, \tau)}{\partial x} = 0 \Big|_{x=0, x=L_x}, \quad z_1 < z < z_2; \quad 0 < y < L_y;$$

$$\frac{\partial \theta_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial z} = 0, \quad 0 < x < L_x; \quad 0 < y < L_y;$$

$$\frac{\partial \theta_3(x, y, z, \tau)}{\partial x} = 0 \Big|_{x=0, x=L_x}, \quad z_2 < z < z_3; \quad 0 < y < L_y;$$

$$\frac{\partial \theta_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial y} = 0 \Big|_{y=0, y=L_y}, \quad 0 < x < L_x; \quad z_2 < z < z_3,$$

где λ_i – коэффициент теплопроводности i -й среды ($i = \overline{1, 3}$).

Используя полученную модель тепловых процессов, можно оценить динамические характеристики регулятора прямого действия.

Как известно, теплофизические параметры (λ, α) материалов биметаллической пластины (активного и пассивного слоев) близки. Следовательно, тепловые процессы, протекающие в биметаллической пластине, близки к тепловым процессам пластины, полностью изготовленной из материала активного слоя. Схема регулятора прямого действия приведена на рис. 5.

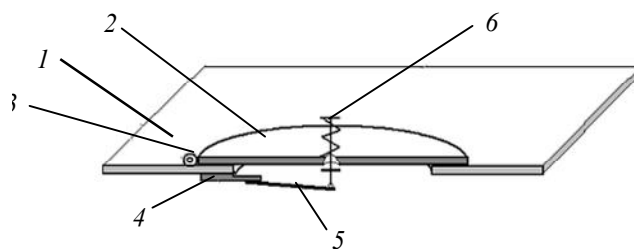


Рис. 5

Рассматриваемая конструктивная схема реализации регулятора прямого действия состоит из корпуса устройства 1, на котором расположены отверстия выхода, закрытые подвижными крышками 2, имеющими шарнир 3. На траверсе 4 смонтирован регулятор прямого действия 5, который при перемещении открывает либо закрывает крышку 2. Для компенсации движения регулятора прямого действия в процессе разогрева до рабочего режима используется пружина 6, установленная на оси, соединенной со свободным концом термопары.

По разработанной методике [4] были синтезированы параметры биметаллической пластинки для рассматриваемого объекта управления, которые соответственно равны (длина и толщина БП) $L = 50$ мм, $S = 3$ мм.

Как показывают результаты моделирования замкнутой системы управления, система устойчива, а ошибка регулирования не превышает 10 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосов В. И. Формирование температурных полей при контактной сварке // Сварочное производство. 1994. № 6. С. 27–28.
2. Колосов В. И., Гореликов П. А., Мусин Р. А. Новые возможности контактной точечной сварки // Сварочное производство. 2001. № 10. С. 25–28.
3. Козловский С. Н. Основы теории и технологии контактной точечной сварки / СибГАУ. Красноярск, 2003.
4. Першин И. М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. Пятигорск: РИА на КМВ, 2007.

V. F. Antonov, N. N. Kuzmin

CONTROL SYSTEM FOR DISPOSAL OF HEAT WELDING

We consider the construction of the system control of the temperature field in the zone of welding and utilization of available heat. This control system uses a controller direct action

Contact welding; mathematical model; thermal processes

УДК 621.3.049.77.001.2

С. Э. Миронов, А. И. Горбовский

ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ И УПРОЩЕНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ

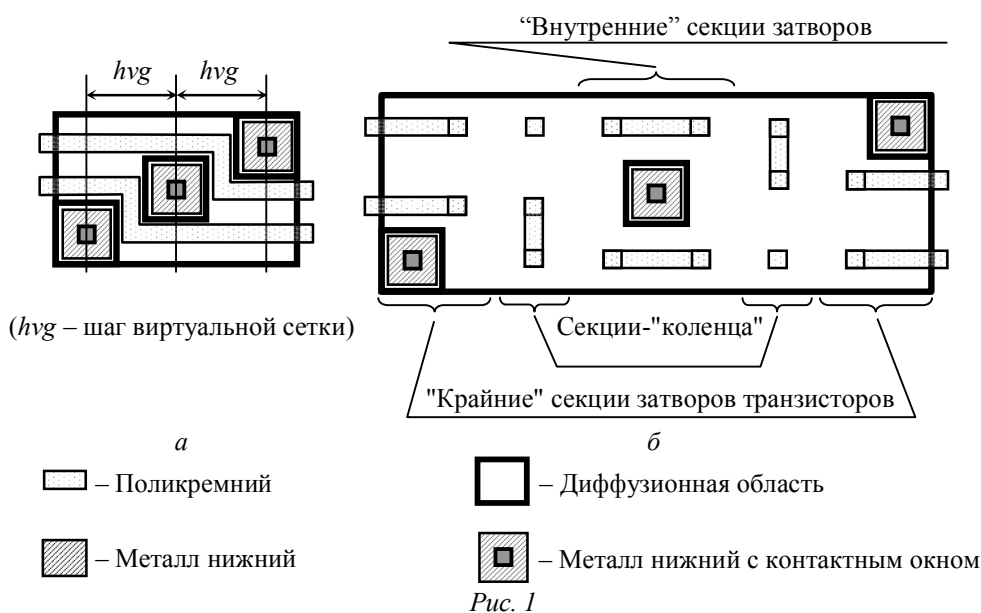
Рассматриваются вопросы эскизного проектирования топологии в системах технологически инвариантного проектирования, упрощающие алгоритм сжатия топологии.

Эскиз топологии, средства описания топологии, сжатие топологии, технологически инвариантное проектирование

Технологически инвариантное проектирование топологии. Основными требованиями, предъявляемыми к микроэлектронным проектам, являются малая площадь кристалла и высокое быстродействие. В конце XX в. к ним добавилась технологическая инвариантность

– возможность настройки проекта на любые проектные нормы. Она достигается с помощью систем сжатия топологии, минимизирующих расстояние между элементами в соответствии с проектными нормами и задаваемыми разработчиком ограничениями на расположение отдельных частей топологии. Топология фрагментов БИС описывается с помощью системы виртуальных координат, отражающих лишь взаимное (выше или ниже, левее или правее) расположение элементов топологии, а их точные реальные координаты определяются в процессе сжатия топологии в конкретных проектных нормах.

Изменение формы транзисторов при сжатии. Наибольшая плотность упаковки топологии достигается, когда контакты к активным областям транзисторов располагаются в шахматном порядке, а затворы транзисторов после сжатия с образованием "коленец" "обвивают" контакты (рис. 1, а). Ранее минимизация площади схем путем изменения формы транзисторов считалась прерогативой человека [1] и решение данной проблемы в САПР БИС казалось невозможным. Тем не менее, оказалось, что в системах сжатия топологии это может обеспечиваться организацией транзисторов в виде набора из прямолинейных секций [2], [3]: основных и вспомогательных секций-"коленец" переменной длины, возникающих на транзисторах в результате сжатия с изгибом затворов (точнее, со смещением основных секций друг относительно друга) и совпадающих по ориентации с направлением сжатия (рис. 1, б). При этом с целью упрощения сжатия минимизацией числа объектов, над которыми многократно выполняются действия по анализу и изменению положения, секции транзисторов представляются затворами секций, а активные области – контурами, но не индивидуальными для каждого транзистора или тем более секции, а общими для всей сборки (рис. 1, б) [2], [3].



Сжатие с изменением формы транзисторов [4], [5], увеличивающее плотность упаковки кристаллов, представляет собой сложный процесс, предусматривающий помимо собственно сжатия топологии вдоль осей координат аналогичные ему этапы "выпрямления конструктива".

Эти этапы отличаются от собственно сжатия лишь тем, что осуществляются в пределах полученных в результате сжатия габаритов и выполняются в обратном направлении и с несколько иными ограничениями на длины возникших при сжатии "коленец" транзисторов и отрезков шин. Их целью является устранение "петель" межсоединений и "коленец" транзисторов или сокращение длины секций транзисторов и отрезков шин.

Сжатие топологии выполняется вдоль каждой из осей координат в 2 прохода:

- 1) сжатие топологии по столбцам виртуальной сетки;
- 2) "выпрямление конструктива" по столбцам виртуальной сетки.

В свою очередь при сжатии столбцов топологии, содержащих затворы транзисторов (рис. 2, *a* – топология до сжатия), форма транзисторов изменяется также в 2 прохода вдоль соответствующих ячеек каждого столбца виртуальной сетки: смещение элементов, образование "коленец" транзисторов (с возможным превышением максимально допустимой длины "коленца" транзистора $h_{\text{КЛ}}$) на первом (рис. 2, *б*) и коррекция длины "коленец" и положения элементов на втором (рис. 2, *в*).

Применение рассмотренного способа организации конструктива и описанных в [4], [5] способов упрощения алгоритма сжатия топологии позволило уже на начальных этапах получить достаточно простой и эффективный продукт, первые экспериментальные результаты работы которого приведены на рис. 3. Здесь представлены окна программы с эскизами исходной топологии сумматора в 1-микронной КМОП-технологии (рис. 3, *a*) и топологии после этапа "сжатия влево" (рис. 3, *б*). Чтобы не загромождать эскизы не принципиальными в данном контексте подробностями, на них приведены лишь точки привязки контактов и закрылков транзисторов и осевые линии затворов и поликремниевых шин.

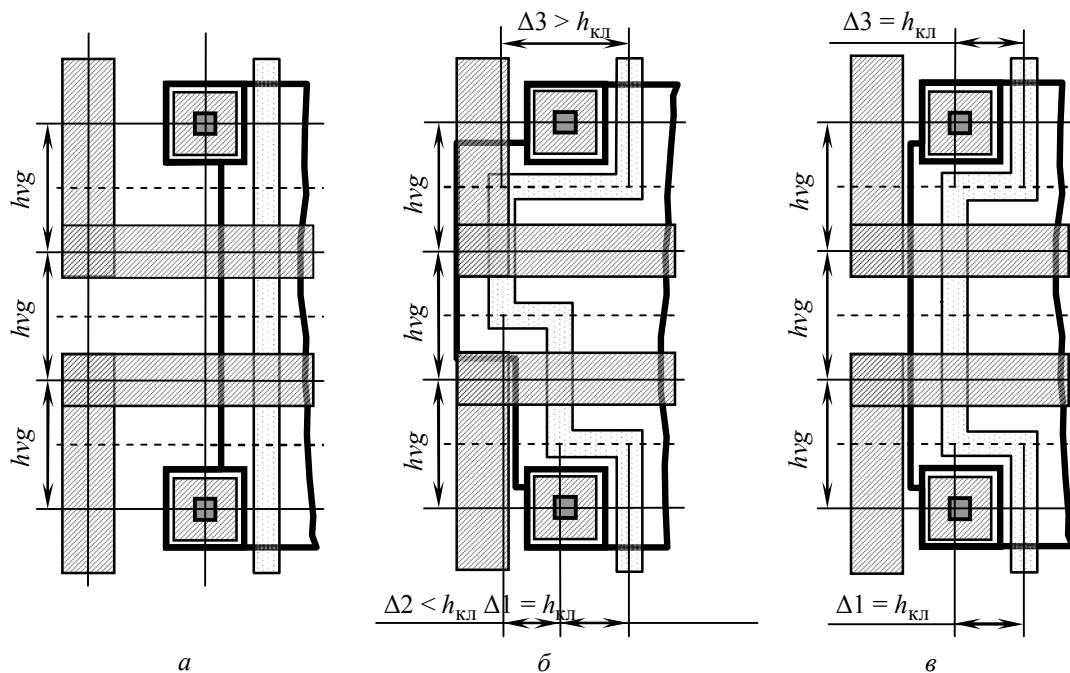


Рис. 2

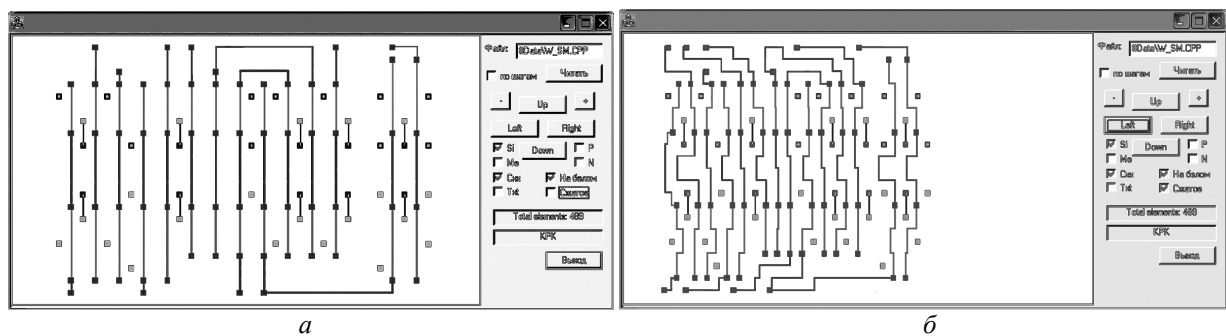


Рис. 3

Технология проектирования топологических эскизов, повышающая эффективность сжатия. Традиционно метод технологически инвариантного проектирования топологии характеризуется двумя составляющими: способом организации конструктива и алгоритмом сжатия топологии. Однако оказалось, что к этому тандему имеет смысл добавить третий компонент [6], от которого в ряде случаев может зависеть эффективность двух первых.

Поскольку сжатие (как уже отмечалось) выполняется поочередно вдоль двух осей фрагмента, в топологиях с различной пространственной ориентацией затворов (например, как на рис. 4, *a*) даже самые совершенные методы и средства перехода от абстрактного технологически инвариантного эскиза к топологическому чертежу в конкретных проектных нормах не гарантируют высокую эффективность сжатия, выражающуюся в плотности упаковки схемы на кристалле.

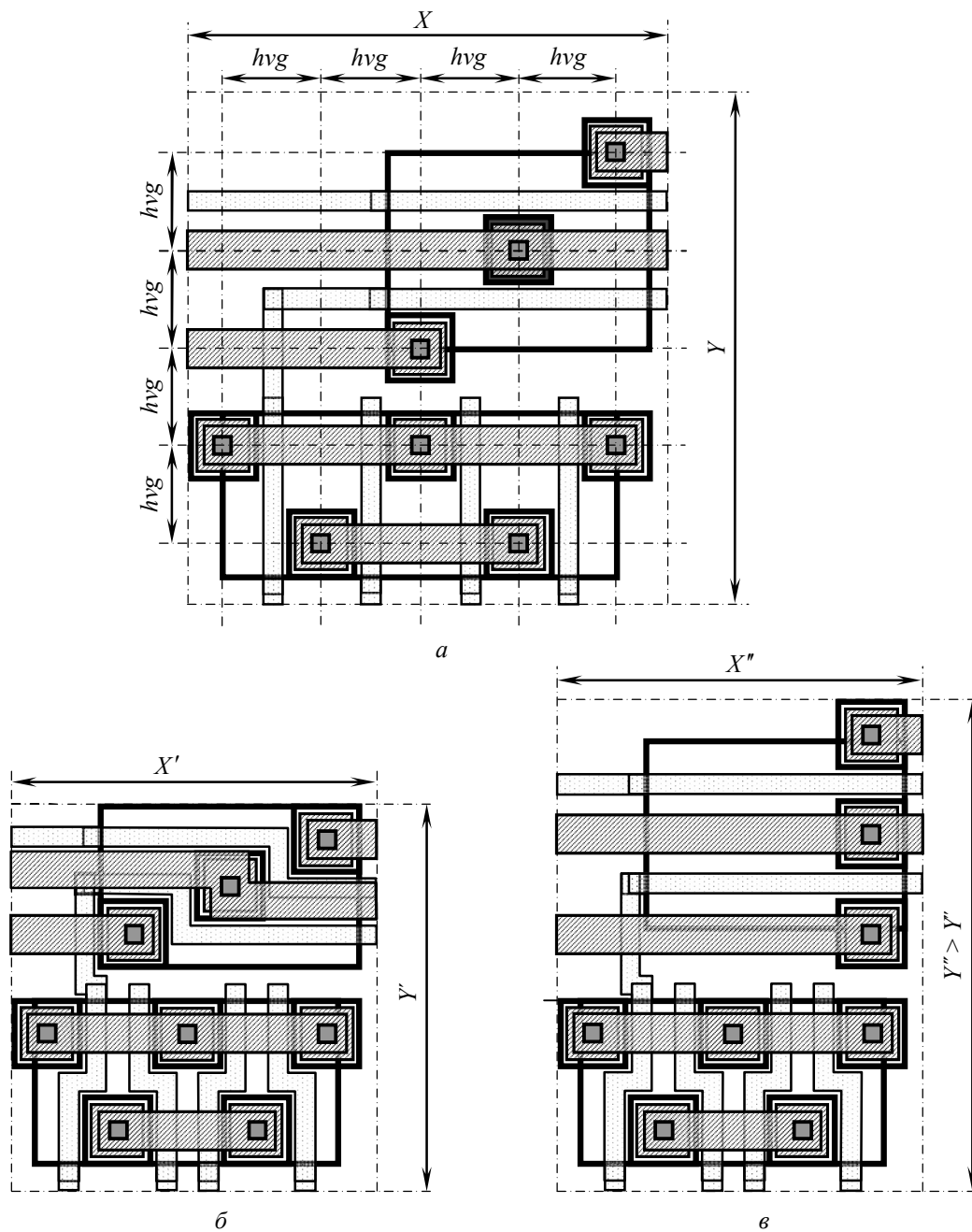


Рис. 4

Такая топология (рис. 4, *a*) при использовании алгоритма сжатия с изменением формы шин и транзисторов в результате сжатия приобретает совсем не тот вид, к которому стремиться тополог (рис. 4, *б*). На первом этапе сжатия, выполняемого вдоль горизонтальной оси фрагмента, контакты сборки с горизонтальными затворами могут сместиться так, что будут мешать сжатию по вертикали, и его результат (рис. 4, *в*) по плотности упаковки будет весьма существенно отличаться от ожидаемого оптимального (рис. 4, *б*).

Максимальная эффективность сжатия может быть обеспечена введением дополнительных (не связанных напрямую с проектными нормами) ограничений на взаимное расположение отдельных частей эскиза топологии с прямыми затворами (рис. 5, *a*). Однако гораздо более простым и, что особенно важно, наглядным вариантом является использование при эскизном описании топологии затворов транзисторов и шин сложной формы (рис. 5, *б*), обеспечивающих четкую фиксацию взаимного расположения элементов, предотвращающую их нежелательные смещения в процессе сжатия. В этом случае тополог, несмотря на необходимость более детальной прорисовки эскиза топологии, получает и определенные преимущества, потому что при проектировании эскиза с изогнутыми затворами он более наглядно, а потому и более достоверно и точно представляет себе результат, так как сразу видит, что именно будет получено в процессе сжатия.

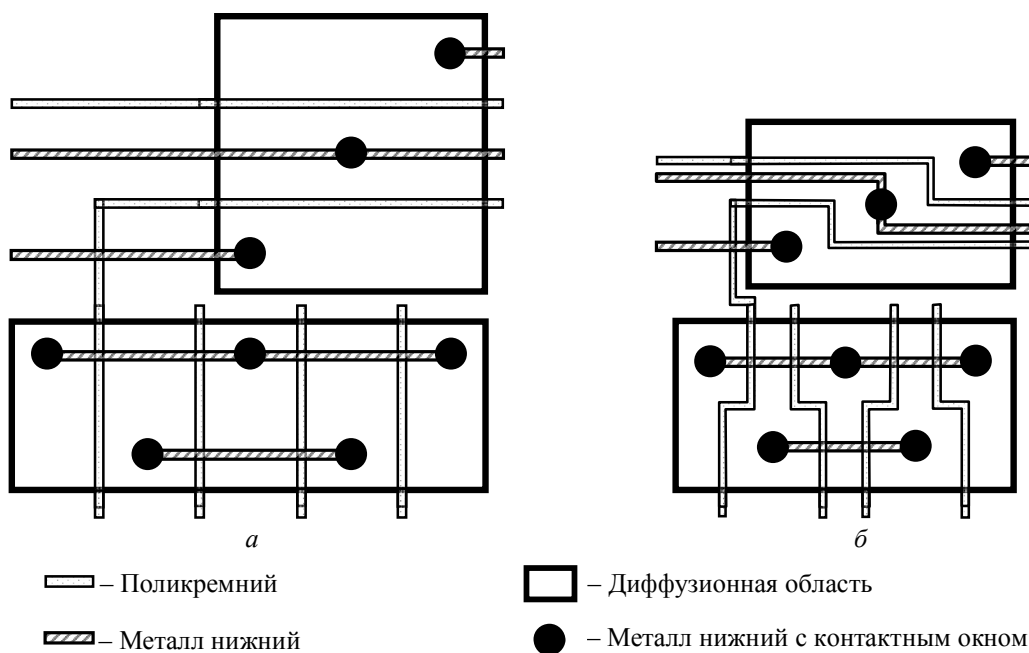


Рис. 5

При этом элементы топологии, составленной опытным разработчиком, в ходе сжатия могут подвергаться лишь незначительным взаимным смещениям без изменения формы элементов, а в ряде случаев и без изменения порядка их расположения.

В связи с тем, что более детальная проработка топологом технологически инвариантного эскиза необходима даже при использовании алгоритмов сжатия топологии с изменением формы элементов, можно применять ее для существенного повышения плотности упаковки схем на кристалле при использовании гораздо более простых алгоритмов сжатия, не предусматривающих автоматического изменения ни формы элементов, ни даже порядка их расположения [6]. Единственным требованием к таким системам должна являться возможность задания транзисторов сложной формы, обеспечиваемая описанным ранее способом организации конструктива.

Приведенные в статье материалы получены при выполнении научного проекта по гранту № 10-07-90008 Бел_а "Топологическое проектирование макроэлементов СБИС с иерархически организованной структурой", осуществляемого при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках Международного конкурса российско-белорусских проектов 2010 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Croes K., De Man H. J., Six P. CAMELEON: A Process Tolerant Symbolic Layout // IEEE Journ. of Solid-State Circuits. 1988. Vol. 23, № 3. P. 705–713.
2. Миронов, С. Э. Организация конструктива, уменьшающая сложность сжатия топологии фрагментов КМОП БИС с изменением формы транзисторов / С. Э. Миронов, А. И. Горбовский // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2004. Вып. 1. С. 59–63.
3. Миронов, С. Э. Конструктив, уменьшающий сложность сжатия топологии фрагментов КМОП БИС с изменением формы транзисторов / С. Э. Миронов, А. И. Горбовский // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD'2004: Материалы 5-й Междунар. конф., Минск, 16-17 нояб. 2004. Минск, 2004. Т. 2. С. 182–187.
4. Миронов, С. Э. Уменьшение сложности алгоритма сжатия топологии с изменением формы элементов путем сокращения числа объектов сжатия // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD'2001: Материалы 4-й Междунар. конф., Минск, 14–16 нояб. 2001 / Объединенный ин-т проблем информатики. Минск, 2001. Т. 2. С. 182-187.
5. Миронов, С. Э. Способы упрощения алгоритмов сжатия топологии фрагментов КМОП БИС с изменением формы транзисторов / С. Э. Миронов, А. И. Горбовский // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2003. Вып. 4. С. 12–15.
6. Миронов, С. Э. Эскизное проектирование топологии в системах сжатия с изменением формы элементов / С. Э. Миронов, А. И. Горбовский; СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2007. 9 с. Деп. в ВИНТИ 07.11.2007, № 1030-B2007.

S. E. Mironov, A. I. Gorbovsky

SKETCH DESIGN OF LAYOUT AND COMPACTION ALGORITHM SIMPLIFICATION

In this article considered the questions of sketch design of layout in process-tolerant design system, which simplified layout compaction algorithm.

Sketch of layout, layout description means, layout compaction, process-tolerant design

УДК 28; 50, 556.3, 575.3

В. В. Цаплева, С. Е. Душин

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ Г. БЕШТАУ НА ГИДРОЛИТОСФЕРУ РЕГИОНА Г. ЛЕРМОНТОВА

Рассматривается методология построения математических моделей для оценки влияния техногенных отходов г. Бештау на гидролитосферные процессы, и приводятся результаты моделирования для конкретного региона Кавказских Минеральных Вод (КМВ).

Водоносный горизонт, гидролитосфера, техногенные отходы, математическая модель

В России встречаются практически все известные в мире виды минеральных вод. Из них только в регионе КМВ разведано и используется 12 различных типов минеральных вод, не имеющих себе равных по набору лечебных свойств и вкусовым качествам. В связи с этим рациональное использование гидроминеральных ресурсов и их охрана – задача первостепенной важности.

Регион г. Лермонтова является месторождением лечебных минеральных вод, однако их использование ограничено ввиду существенного загрязнения некоторых источников гидроминеральных вод техногенными отходами.

Для оценки состояния окружающей среды региона г. Лермонтова были исследованы данные о загрязнении техногенными отходами следующих ресурсов:

- шахтных (технических) вод;
- поверхностных вод;
- почв;
- подземных вод.

Наиболее важным аспектом проблемы качества подземных и поверхностных вод региона КМВ является наличие в его пределах Бештаугорского месторождения руд, отработанного до начала 90-х гг. XX в.

Процесс переноса техногенных отходов из г. Бештау, схематично показанный на рис. 1, является диффузионным. Расчетная модель изображена на рис. 2. Уравнение диффузии представляет собой частный вид дифференциального уравнения в частных производных, т. е. при решении уравнения диффузии ищется зависимость концентрации вещества от пространственных координат и времени.

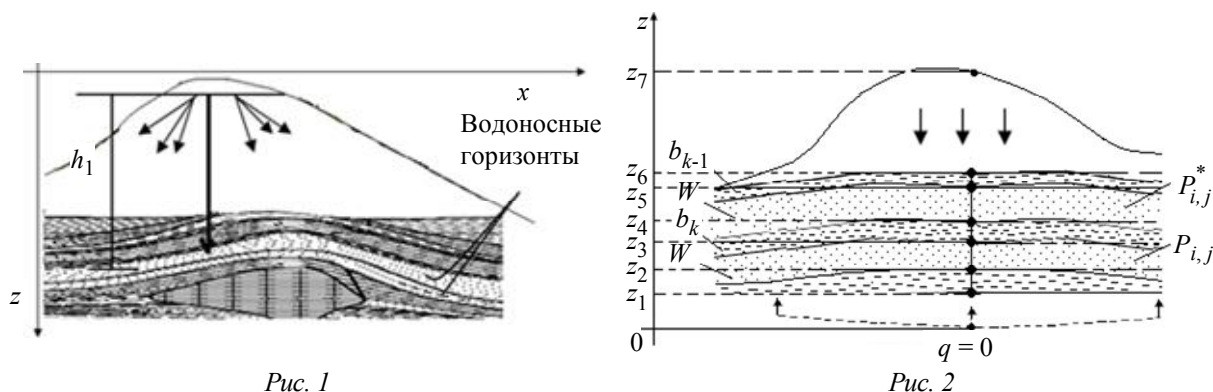


Рис. 1

Рис. 2

Для выявления количественных показателей загрязненности гидроминеральных источников техногенными отходами г. Лермонтова и составления прогнозных моделей развития ситуации опишем математически влияние техногенных отходов г. Бештау на гидролитосферу региона.

Принципы построения математических моделей (методология) для оценки влияния техногенных отходов на гидролитосферные процессы заключаются в следующем: формируются системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих рассматриваемые процессы в различных средах. Полученные дифференциальные уравнения связываются между собой граничными условиями.

В общем случае система исходных дифференциальных уравнений, описывающих пространственный процесс фильтрации и массопереноса, при некоторых допущениях может быть представлена следующим образом [1]:

$$\begin{cases} \mu^* \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(km_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(km_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + b_k (H_k - H) + b_n (H_n - H), \\ mn \frac{\partial P}{\partial t} = m \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial P}{\partial x} \right) - \frac{\partial (q_x P)}{\partial x} + m \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial P}{\partial y} \right) - \frac{\partial (q_y P)}{\partial y} - 2J - W_n P_0 + W_k P_0, \end{cases}$$

где μ^* – водоотдача пласта; b_k, b_n – параметр перетекания относительно водоупорного пласта, залегающего в кровле и подошве; H_k, H_n – напоры в смежных водоносных горизонтах (кровле и подошве соответственно); km – водопроводимость пласта; m – мощность водоносного горизонта; n – активная пористость; P, P_0 – текущая и фоновая концентрации; $q_x = q_{0x} + (W_k - W_n)(x - x_0)$; $q_y = q_{0y} + (W_k - W_n)(y - y_0)$ – единичные расходы в сечениях x и y соответственно [2]; $J = -D^* \frac{\partial P^*}{\partial z}$; D^* – коэффициент молекулярной диффузии; P^* – средняя концентрация в относительно водоупорном слое.

Уравнения дополняются условиями однозначности, представляющими собой совокупность начальных и граничных условий.

Рассматривая пласт как кусочно-однородный со средним значением водопроводимости km , для самого нижнего пласта рассматриваемой системы (при равномерной дискретизации пространства $\Delta x = \Delta y$) можно записать:

$$-\Delta W_k = km_k \left(\frac{P_{i-1,j} + P_{i+1,j} + P_{i,j-1} + P_{i,j+1} - 4P_{i,j}}{\Delta x^2} \right), \quad (1)$$

а при известных напорах в смежных горизонтах:

$$-\Delta W_k = km_k \left(\frac{P_{i-1,j} + P_{i+1,j} + P_{i,j-1} + P_{i,j+1} - 4P_{i,j}}{\Delta x^2} \right),$$

откуда можно определить параметр перетекания:

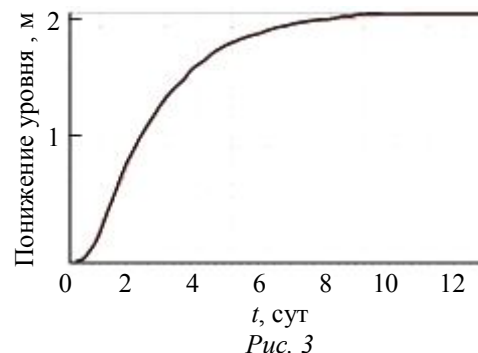
$$-\Delta W_k = b_k (P_{i,j} - P_{i,j}^*) = km_k \left(\frac{P_{i-1,j} + P_{i+1,j} + P_{i,j-1} + P_{i,j+1} - 4P_{i,j}}{(P_{i,j} - P_{i,j}^*) \Delta x^2} \right).$$

Дискретная модель, описывающая данный процесс, имеет вид

$$\mu^* \frac{H_{i,j,l}^{t+1} - H_{i,j,l}^t}{\Delta t} = \left(\frac{km_i (H_{i-1,j} - 2H_{i,j,l} + H_{i+1,j,l})}{\Delta x^2} \right) + \left(\frac{km_j (H_{i,j-1,l} - 2H_{i,j,l} + H_{i,j+1,l})}{\Delta y^2} \right) + \left(\frac{km_i (H_{i,j,l+1} - 2H_{i,j,l} + H_{i,j,l+1})}{\Delta z^2} \right) + b_k (H_k - H_{ij}) + b_n (H_n - H_{ij}).$$

В результате моделирования получен график изменения депрессионной воронки в контрольной точке в зависимости от изменения депрессионной воронки в точке расположения добывающей скважины (рис. 3).

При моделировании были заданы следующие параметры объекта управления (г. Бештау): длина 1000 м, ширина 125 м, высота 1200 м.



Физические параметры, используемые при моделировании объекта управления, были выбраны следующими:

- коэффициенты фильтрации: $k_{xj}, k_{yj}, k_{zj} = 0,20$ м /сут ($j = 1, 2, 3$);
- коэффициенты упругости: $\eta_1 = 1.5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1}$, $\eta_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1}$, $\eta_3 = 2.25 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1}$;
- эффективная мощность пласта $m = 90$ м;
- шаги дискретизации по координатам: $\Delta x = 25$ м, $\Delta y = 25$ м, $\Delta z = 40$ м.

Перетекание между горизонтами рассчитывалось по формуле (1).

В рассматриваемом случае установлено, что, как только уровень давления опустится ниже 397 м, техногенные отходы из хвостохранилища попадут в рассматриваемую гидrolитосферу (это достигается при понижении депрессионной воронки до 15 м) (рис. 4).

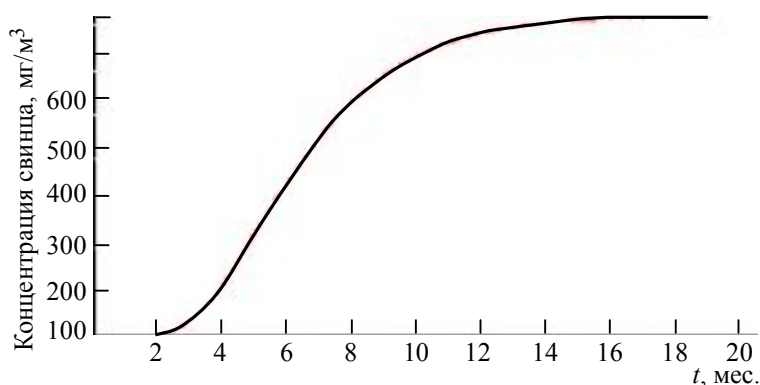


Рис. 4

В данной статье исследовалось попадание в гидrolитосферу только свинца, однако техногенные отходы – это целый спектр компонентов, неблагоприятно влияющих на биосферу. Для оценки влияния остальных компонентов необходимы дополнительные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

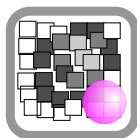
1. Малков А. В., Першин И. М. Синтез распределенных регуляторов для систем управления гидrolитосферными процессами. М.: Научный мир, 2007.
2. Михайлов Л. Е. Гидрогеология. Л.: Гидрометеиздат, 1985.

V. V. Capleva, S. E. Dushin

DRAWING UP OF MATHEMATICAL MODEL OF INFLUENCE BESHTAU ON THE HYDROLITHOSPHERE OF REGION OF G.LERMONTOV

The article discusses the methodology of mathematical models to assess the impact of industrial waste gidrolitosfernye processes and results of simulation for a specific region of KMV

Water-carry horizon, gidrolitosfera, industrial waste, mathematical model



УДК: 629.5

А. С. Ветчинкин, В. А. Зувев

УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ В РЕЖИМЕ ПОГОНИ

Рассматриваются вопросы синтеза законов управления судном, обеспечивающих погоню за подвижным объектом.

Алгоритм погони, аналитическое конструирование регуляторов

Материалы, приведенные в статье, получены в рамках выполнения гранта РФФИ 09-08-00884-а.

В литературе [1] описаны два основных метода построения траекторий наведения преследователя на цель: движение в упреждающую точку и движение по «траектории погони». Важным моментом, общим для обоих методов, является то, что в рассматриваемых случаях движение преследователя кинематически связано с некоторой прямой линией. При движении в упреждающую точку упомянутая прямая соединяет точку старта погони и точку встречи и не меняет своего положения; при движении по «траектории погони» эта прямая связывает точку текущего положения преследователя и текущую точку положения цели и меняет свое положение в процессе погони.

Отмеченные особенности позволяют сделать вывод о том, что решение задачи преследования связано с задачей стабилизации движения преследователя относительно прямой общего положения.

В том случае, когда движение преследователя (предполагается, что это водоизмещающее судно) происходит вдоль оси x_a неподвижной системы координат, показанной на рис. 1, динамика его движения может быть описана системой уравнений (1):

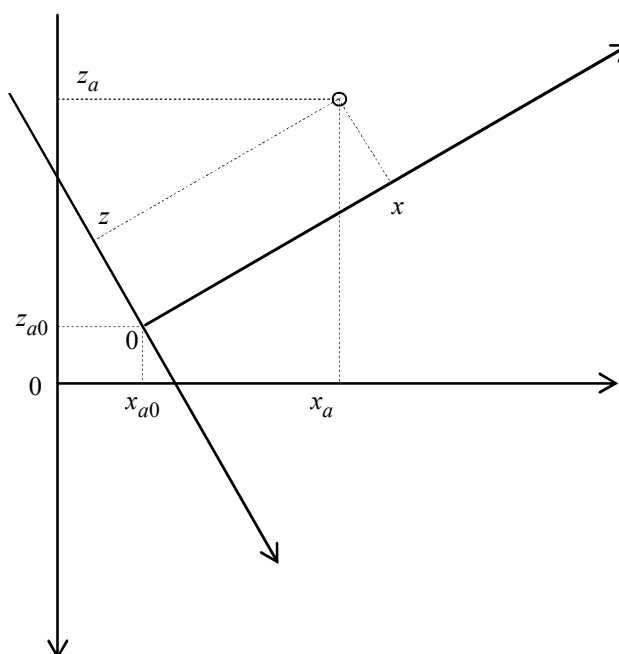


Рис. 1

$$\begin{aligned}
\frac{d\varphi}{dt} &= \omega_y, \\
\frac{d\omega_y}{dt} &= a_{22}\omega_y + a_{23}\beta + b_{21}\delta, \\
\frac{d\beta}{dt} &= a_{32}\omega_y + a_{33}\beta + b_{31}\delta, \\
\frac{dx_a}{dt} &= v \cos(\varphi - \beta), \\
\frac{dz_a}{dt} &= v \sin(\beta - \varphi),
\end{aligned} \tag{1}$$

где φ – угол рыскания; ω_y – угловая скорость рыскания; t – время; β – угол дрейфа; δ – угол перекладки руля; x_a , z_a – координаты судна относительно основной системы координат (см. рис. 1); v – скорость движения судна.

Если предположить, что в процессе движения вектор скорости преследователя мало отклоняется от направления оси x_a , то малость угла траектории позволяет записать уравнения (1) в линейной форме:

$$\begin{aligned}
\frac{d\varphi}{dt} &= \omega_y, \\
\frac{d\omega_y}{dt} &= a_{22}\omega_y + a_{23}\beta + b_{21}\delta, \\
\frac{d\beta}{dt} &= a_{32}\omega_y + a_{33}\beta + b_{31}\delta, \\
\frac{dx_a}{dt} &= v, \\
\frac{dz_a}{dt} &= v(\beta - \varphi).
\end{aligned}$$

Угол перекладки руля δ ограничен величиной 35° .

Можно показать, что закон управления рулем, обеспечивающий движение преследователя, минимизирующее квадратичное отклонение от оси x_a имеет вид:

$$\delta = k_1 z_a + k_2 \varphi + k_3 \omega_y + k_4 \beta. \tag{2}$$

Предполагая, что коэффициент k_1 вводит в закон управления расстояние между преследователем и заданной прямой, а коэффициент k_2 – рассогласование между текущим углом курса и заданным направлением движения, закон управления (2) можно обобщить на случай стабилизации движения преследователя относительно прямой общего положения на основе преобразования координат, преобразующего координаты преследователя в основной системе $x_a z_a$ к координатам дополнительной системы $x z$, абсцисса которой направлена по заданной прямой движения преследователя (рис. 1).

С учетом упомянутого выше преобразования координат обобщенный закон управления будет иметь вид:

$$\delta = k_1 \left((x_a - x_{a0}) \sin \varphi_0 - (z_a - z_{a0}) \cos \varphi_0 \right) + k_2 (\varphi - \varphi_0) + k_3 \omega_y + k_4 \beta, \quad (3)$$

где x_{a0}, z_{a0} – координаты начального положения преследователя (при использовании метода движения в упреждающую точку) или текущие координаты преследователя (при использовании метода движения по кривой погони); φ_0 – пеленг на упреждающую точку (при использовании метода движения в упреждающую точку) или пеленг на цель (при использовании метода движения по кривой погони).

Поскольку закон управления (3) содержит параметры заданного движения, то есть все основания предполагать, что он может обеспечить управление движением преследователя в соответствии с выбранным методом преследования.

Следует отметить что при использовании метода движения в упреждающую точку значения параметров x_{a0}, z_{a0} и φ_0 остаются постоянным. При использовании метода движения по кривой погони упомянутые параметры зависят от времени.

Проверка работоспособности обобщенного закона управления может быть выполнена методом моделирования. На рис. 2 (кривая 1) показана зависимость расстояния между преследователем и целью $r = \sqrt{(x_a - x_{ac})^2 + (z_a - z_{ac})^2}$ от времени, соответствующая методу движения в упреждающую точку.

Параметры соответствующих математических моделей приведены ниже. Динамика корабля-преследователя определяется параметрами, приведенными в табл. 1 [2].

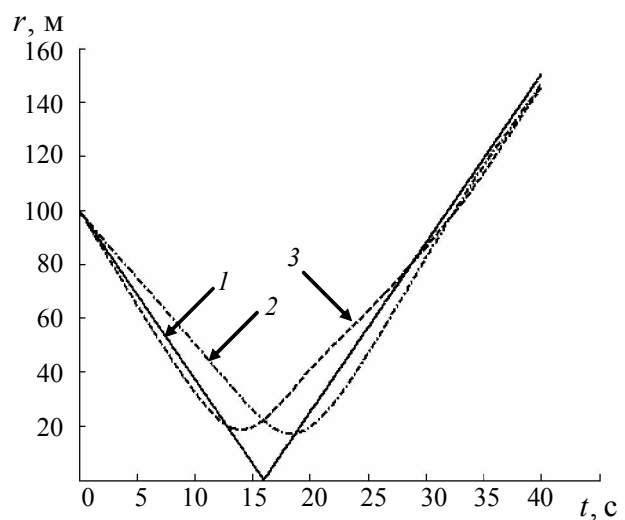


Рис. 2

Функционал, используемый при синтезе закона управления:

$$J = \int_0^{\infty} (10z_a^2 + \delta^2) dt. \quad (4)$$

Параметры закона управления, соответствующие минимуму (4), приведены в табл. 2.

Таблица 1

Параметр	Значение
a_{22}	-1.2139
a_{23}	0.1219
a_{32}	-0.69
a_{33}	-0.2412
b_{21}	0.0121
b_{31}	0.087
v	7.71

Таблица 2

Параметр	Значение
k_1	-387.89
k_2	-316.64
k_3	6.75
k_4	3.16

В момент начала движения преследователь находится в точке с координатами $x_a = 0$ и $z_a = 0$; вектор скорости преследователя в начальный момент времени направлен в упреждающую точку, т. е. $\varphi(0) = \varphi_0$. В момент начала движения цель находится в точке с координатами $x_{ac} = 100$ и $z_{ac} = 0$; цель движется прямолинейно и равномерно со скоростью $v_c = 4.5$ м/с. Вектор скорости цели в начальный момент времени направлен по оси ординат.

Для определения направления на точку встречи представим вектор скорости преследователя в виде двух составляющих, одна из которых параллельна движению цели v_t , а другая – перпендикулярна v_n .

Очевидно, что для обеспечения встречи достаточно, чтобы $v_t = v_c = 4.5$ м/с, а $v_n = \sqrt{v^2 - v_c^2} = \sqrt{7.71^2 - 4.5^2} = 6.26$ м/с.

Следовательно, направление на упреждающую точку $\varphi_0 = \arctg \frac{v_t}{v_n} = \arctg \frac{4.5}{6.26} = -35.71^\circ$.

Время встречи преследователя и цели $t_c = \frac{x_{ac}}{v_n} = \frac{100}{6.26} = 15.97$ с.

Данные рис. 2 подтверждают работоспособность выбранного алгоритма управления движением преследователя. Для проверки качества работы алгоритма преследования на этом же рисунке показаны кривые, соответствующие различным начальным курсовым углам преследователя. Кривая 1 иллюстрирует зависимость расстояния между преследователем и целью при равенстве начального курсового угла преследователя расчетному значению $\varphi = \varphi_0 = -35.71^\circ$. Кривая 2 соответствует отклонению начального курсового угла преследователя на 10° в сторону упреждения, а кривая 3 – отклонению начального курсового угла преследователя на 10° в сторону запаздывания.

На рис. 3 показана траектории движения преследователя и цели: кривая 1 соответствует траектории движения цели; кривая 2 – траектории движения преследователя, имеющего начальный курсовой угол, соответствующий расчетному значению; кривая 3 – траектории движения преследователя, соответствующей отклонению начального курсового угла преследователя на 10° в сторону запаздывания относительно расчетного значения.

Полученные данные показывают, что в целом рассматриваемый алгоритм управления работоспособен, однако точность наведения преследователя на цель существенно зависит от выбора начального углового положения преследователя. Причиной ошибки наведения является недостаточная поворотливость преследователя, которая не позволяет ему выйти на заданную линию движения до предполагаемой точки встречи.

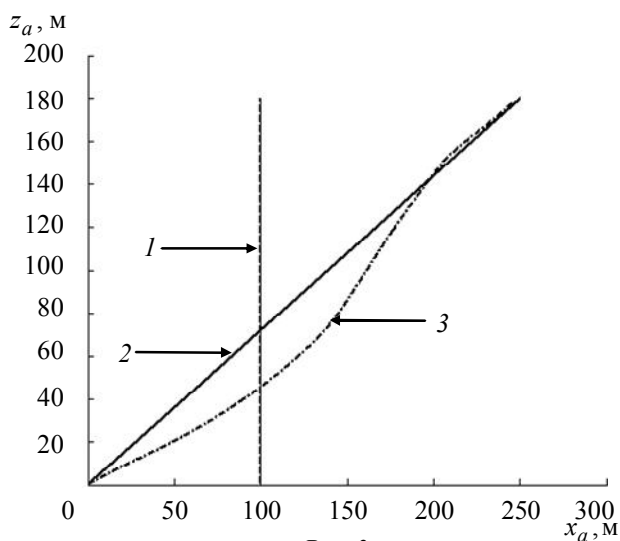


Рис. 3

На рис. 4–7 показаны результаты моделирования процессов погони с использованием метода движения по кривой погони. Рисунки 4, 5 соответствуют следующим начальным кинематическим параметрам: $z_a(0) = 0$, $x_a(0) = 0$, $z_{ac}(0) = 0$, $x_{ac}(0) = 100$.

На рис. 4 приняты следующие обозначения: 1 – траектория движения цели; 2 – траектория движения преследователя; 3 линии пеленга преследователь – цель.

На рис. 5 приняты следующие обозначения: 1 – зависимость курсового угла преследователя от времени; 2 – зависимость пеленга на цель от времени; 3 – зависимость угла перекладки руля преследователя от времени.

Данные моделирования показывают, что в рассматриваемом случае преследователю не хватает поворотливости для возможности движения в заданном направлении до пересечения траектории движения цели, несмотря на то, что управляющее воздействие находится на границе допустимых значений. Поскольку преследователь обгоняет цель, после пересечения ее траектории алгоритм движения переводит преследователя в циркуляцию для последующего выхода в заднюю полуокружность цели.

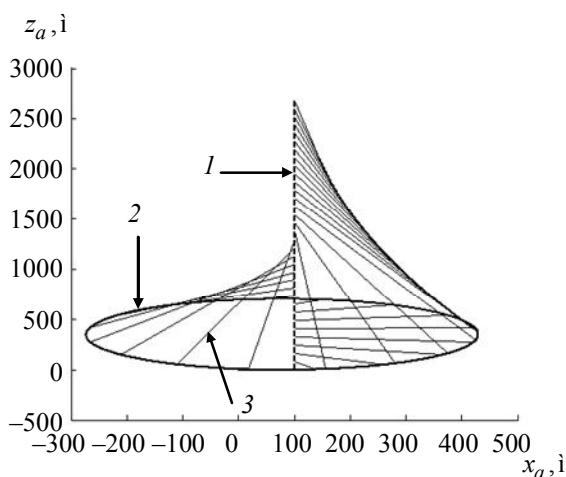


Рис. 4

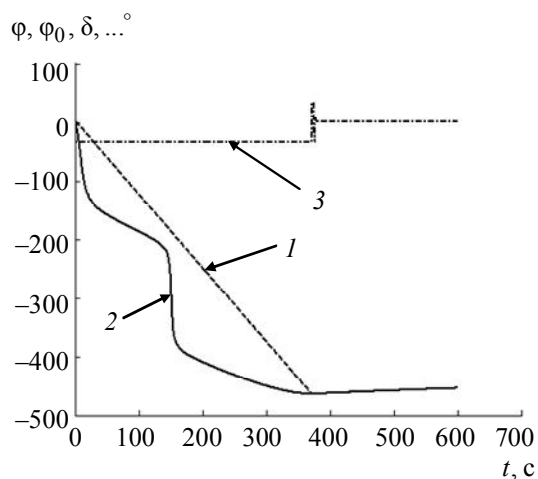


Рис. 5

Данные моделирования показывают, что в рассматриваемом случае преследователю не хватает поворотливости для возможности движения в заданном направлении до пересечения траектории движения цели, несмотря на то, что управляющее воздействие находится на границе допустимых значений. Поскольку преследователь обгоняет цель, после пересечения ее траектории алгоритм движения переводит преследователя в циркуляцию для последующего выхода в заднюю полуокружность цели.

Рисунки 6, 7 соответствуют измененным начальным кинематическим параметрам: $z_a(0) = 0$, $x_a(0) = 0$, $z_{ac}(0) = 400$, $x_{ac}(0) = 100$.

Данные моделирования показывают, что изменение начальных кинематических параметров позволило снизить требования к поворотливости преследователя, и он оказался в состоянии двигаться в требуемом направлении.

Выполненные исследования убеждают, что успешность погони существенно зависит от начальных кинематических параметров цели и преследователя. Получение точного ответа об успешности погони возможно только в результате моделирования процесса. В качестве

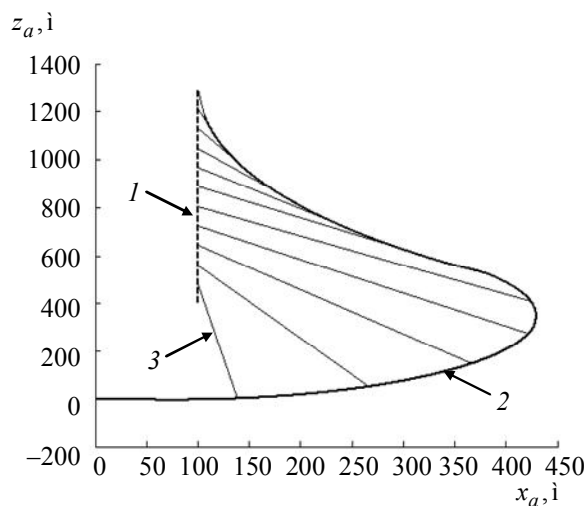


Рис. 6

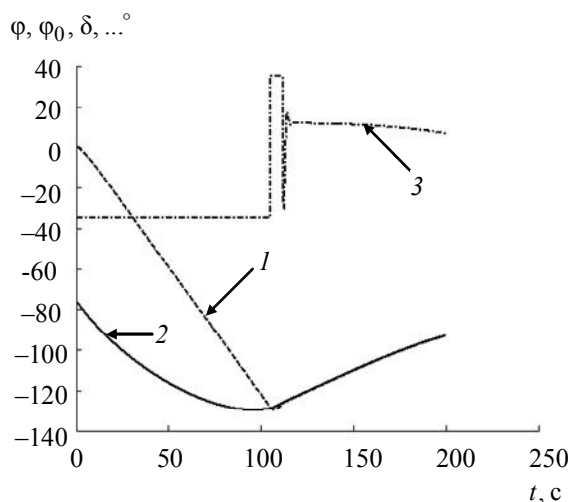


Рис. 7

грубой оценки неуспешности погони можно предложить попадание точки предполагаемой встречи в круг, границей которого является циркуляция минимального радиуса, описываемая преследователем из начальной точки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крысенко Г. Д. Управление реактивными снарядами. М.: Воениздат, 1966.
2. Лукомский Ю. А., Пешехонов В. Г., Скороходов Д. А. Навигация и управление движением судов. Учебник. СПб.: Элмор, 2002.

A. S. Vetchinkin, V. A. Zuev

PURSUIT MODE VESSEL CONTROL

Questions of the analytical regulators construction, providing a vessel automation control in the pursuit mode are examined.

Automation control, manoeuvring, pursuit mode

УДК 62-83-52, 621.313.5/.8, 534.1

С. В. Гаврилов, Д. Д. Мордовченко, А. Д. Стоцкая

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНЫМ ПОДВЕСОМ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РОТОРА

Рассмотрено построение системы управления объектом «электромагнит-ротор» на базе стандартных линейных ПИД-регуляторов, а также дана оценка ресурсов управления с учетом реальных возмущений на вращающийся ротор. Основой построения системы управления послужили упрощение математического описания и возможность приведения структуры системы к варианту с отдельным управлением по каждому электромагниту. Исследование моделированием показало возможность достижения качественных (со значительным запасом) динамических и статических характеристик системы управления магнитным подвесом вращающегося ротора.

Активный магнитный подвес, ПИД-регуляторы, модель вращающегося ротора, уравнения Лагранжа второго рода

В современном высокоскоростном машиностроении нередко возникают задачи, требующие поддержания скорости вращения ротора свыше 7000 об/мин. В таких случаях использование традиционных подшипников качения или скольжения экономически нерентабельно из-за их

быстрого износа. На сегодняшний день рядом зарубежных и отечественных производителей разработаны системы магнитной левитации, удерживающие вращающийся ротор электрической машины в заданном положении относительно статора. Однако до сих пор не выработано общепринятых методов построения закона управления положением ротора при использовании в качестве подшипниковых узлов активных магнитных подшипников (АМП). Сравнивая принципы построения системы управления электромагнитным подвесом вращающегося ротора на основе различных методов управления (при использовании класса линейных регуляторов, оптимальных регуляторов, регуляторов с робастным законом управления¹ [1]–[5]), можно заключить, что еще остается возможность реализовать проектируемую систему на основе стандартных ПИД-регуляторов. Синтез робастных и оптимальных регуляторов дает возможность унифицировать систему управления и расширить класс объектов, к которым она применима, но построение регуляторов вышеуказанными методами является более сложным и трудоемким процессом. Эти причины обуславливают необходимость проектирования регулятора системы таким образом, чтобы ядром оставались стандартные ПИД-регуляторы.

Целью данной работы является синтез системы управления электромагнитным подвесом вращающегося ротора, удовлетворяющей следующим требованиям: обеспечение высокого быстродействия во всем диапазоне скоростей вращения ротора, малой статической ошибки в установившихся режимах во всем диапазоне скоростей вращения ротора, отработка воздействия гравитационных и обобщенных возмущающих сил.

Основные принципы работы, состав проектируемой системы электромагнитного подвеса и его математическое описание. Рассматривается система электромагнитного подвеса двухстороннего действия, в которой используется два противоположно расположенных электромагнита в каждой плоскости, создающие две противоположно направленные магнитные силы. Ротор должен удерживаться на одинаковом расстоянии от электромагнитов магнитными силами, имеющими, согласно теореме Ирншоу [6], характер притягивающих. Помимо магнитных, на ротор также действуют внешние силы (гравитационная и обобщенная возмущающая), а создаваемое токами смещения магнитное смещение обеспечивает в подвесе предварительный силовой натяг. Управление силой происходит за счет увеличения натяга в одном направлении при одновременном его уменьшении в противоположном направлении. Однако с ростом токов смещения растут потери энергии на нагрев обмоток. Кроме того, должен оставаться запас по току для отработки динамических нагрузок. Ток смещения i_c выбран таким образом, чтобы обеспечивалось равенство ресурсов положительных и отрицательных управляющих токов.

Проектируемая система электромагнитного подвеса двустороннего действия представляет собой совокупность нескольких компонентов, а именно: активных магнитных подшипников, ротора, системы управления (усилителей, датчиков и регуляторов). Структурная схема системы представлена на рис. 1.

Для создания эффективного электромагнитного подвеса, конкурентоспособного по отношению к традиционным системам, необходимо сначала решить задачу построения математической модели силовой части электромагнитного подвеса, позволяющей синтезировать систему управления и законы ее функционирования.

¹ Макаричев Ю. А., Стариков А. В., Ткаченко И. С. Синтез системы подчиненного регулирования электромагнитным подвесом ротора. <http://elibrary.ru/item.asp?id=9913846>.

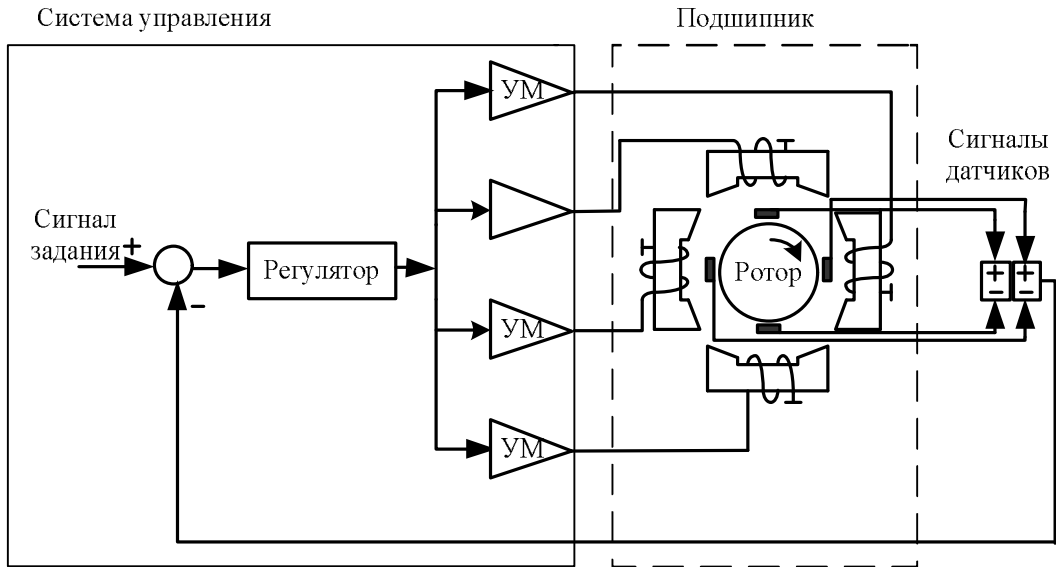


Рис. 1

Для определения положения ротора вводятся обобщенные координаты:

$$\mathbf{q} = (q_1, q_2, q_3, q_4)^T = (x_1, y_1, x_2, y_2)^T,$$

где x_1, y_1 – координаты центра ротора в сечении первого АМП; x_2, y_2 – координаты центра ротора в сечении второго АМП.

Рассматривается ротор массой M , вращающийся с постоянной скоростью ω в двух активных магнитных подшипниках АМП1 и АМП2. Для вывода дифференциальных уравнений движения ротора используются уравнения Лагранжа второго рода.

Так как жесткий ротор в активных магнитных подшипниках является по своей природе неустойчивой механической системой, то на стадии составления математической модели целесообразно введение компенсации. Одновременно ставится задача достижения раздельного управления по току по четырем независимым каналам, каждый из которых соответствует одной из координат введенного вектора \mathbf{q} .

Тогда уравнение движение имеет вид $\ddot{\mathbf{q}} + \zeta \dot{\mathbf{q}} + \Lambda \mathbf{q} = 0$, где $\zeta = \text{diag}(2\zeta\lambda, 2\zeta\lambda, 2\zeta\lambda, 2\zeta\lambda)$, $\Lambda = \text{diag}(\lambda^2, \lambda^2, \lambda^2, \lambda^2)$, λ – недемпфируемая парциальная собственная частота; ζ – параметр затухания.

Выберем закон управления током в виде $\mathbf{i} = -(K_1 \mathbf{q} + K_2 \dot{\mathbf{q}})$ с диагональными матрицами коэффициентов усиления обратной связи соответственно по перемещению и скорости K_1 и K_2 .

В результате получена математическая модель жесткого ротора в виде уравнения Лагранжа второго рода:

$$A\ddot{\mathbf{q}} + B\dot{\mathbf{q}} + C\mathbf{q} = F,$$

где $A = J$; $B = H + H_i K_2 T_m Z_m Z^{-1}$; $C = H_i K_1 T_m Z_m Z^{-1} - C_q$, C_q – матрица «отрицательной» жесткости; H_i – матрица токовой жесткости; J – инерционная матрица; H – матрица гироскопических сил; C – матрица потенциальных сил; F – вектор магнитных управляющих сил,

$T_m Z_m Z^{-1}$ – матрицы преобразования координат; K_1, K_2 – матрицы стабилизирующих коэффициентов в обратных связях. Дополнительно к инерционной и гироскопической связанности, присущей объекту, в данных моделях добавляется связанность движений x_1 с x_2 и y_1 с y_2 за счет несовпадения точек измерения и управления.

Элементы системы, для которых разработаны математические модели, объединены в единую систему, включающую модель магнитной системы, модель ротора в виде уравнения Лагранжа второго рода, модель гравитационных сил Q , модель обобщенных возмущающих сил $Q(t)$.

Уравнение модели в матричной форме имеет вид

$$A\ddot{\mathbf{q}} + B\dot{\mathbf{q}} + C\mathbf{q} = F + Q + Q_v(t),$$

где

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & a_{13} & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & a_{24} \\ a_{31} & 0 & a_{33} & 0 \\ 0 & a_{42} & 0 & a_{44} \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & b_{13} & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & b_{24} \\ b_{31} & 0 & b_{33} & 0 \\ 0 & b_{42} & 0 & b_{44} \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} c_{11} & 0 & c_{13} & 0 \\ 0 & c_{22} & 0 & a_{24} \\ c_{31} & 0 & c_{33} & 0 \\ 0 & c_{42} & 0 & c_{44} \end{bmatrix};$$

$$Q = \frac{Mg}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}; \quad Q_v(t) = \frac{M\varepsilon\omega^2}{l} \begin{bmatrix} z_2 \cos(\omega t) \\ z_2 \sin(\omega t) \\ -z_1 \cos(\omega t) \\ -z_1 \sin(\omega t) \end{bmatrix} + \frac{(J_1 - J_3)\gamma\omega^2}{l} \begin{bmatrix} \sin(\omega t) \\ -\cos(\omega t) \\ -\sin(\omega t) \\ \cos(\omega t) \end{bmatrix};$$

ε – эксцентриситет (статический дисбаланс); γ – динамическая неуравновешенность масс (динамический дисбаланс); l – длина базы подшипников (расстояние между подшипниками); z_1 и z_2 – координаты подшипников по продольной оси Z ; J_1 и J_3 – осевой и экваториальный моменты инерции; A, B, C – симметричные матрицы.

Закон управления для токов имеет вид:

$$L \frac{d\mathbf{i}}{dt} + S \frac{d\mathbf{q}}{dt} + \hat{R}\mathbf{i} = \mathbf{u},$$

где L – матрица индуктивностей; S – матрица коэффициентов «ЭДС движения – скорость»; \hat{R} – матрица активных сопротивлений обмоток; $\mathbf{u} = \mathbf{u}(t)$ – управление напряжением, приложенным к обмоткам электромагнитов.

Построение закона управления. Для реализации отдельного управления по независимым каналам необходимо преобразовать исходную модель ротора в виде уравнения Лагранжа II рода к модели в пространстве состояния, для чего производится операции линеаризации и приведения к канонической жордановой форме. Далее при формировании закона управления необходимо, чтобы регулятор отвечал следующим требованиям: осуществлять регулирование сигналов управления магнитами, осуществлять регулирование выходных сигналов при влиянии гравитационных и обобщенных возмущающих сил, обеспечивать малое время переходных процессов, обеспечивать малую статическую ошибку переходных процессов.

Стратегия проектирования регулятора системы определена следующим образом: система управления выполнена на базе ПИД-регуляторов, а структура имеет вид децентрализованного каскада, где контуры объединены попарно, образуя «внешний» и «внутренний» контуры. В связи со

сложностью объекта «магнит-ротор» и высокими требованиями к регулятору, синтез регулятора на основе ЛАХ невозможен. Поэтому при расчете коэффициентов усиления регулятора применяется приложение NCD (Nonlinear Control Design, Matlab/Simulink), осуществляющее оптимальный выбор коэффициентов исходя из поставленных граничных условий.

Синтез регулятора внешнего контура. Регулятор внешнего контура выполняет функцию управления выходными переменными системы – перемещениями ротора. При этом регулятор должен обеспечивать малое время переходного процесса и малую статическую ошибку.

При формировании закона управления за основу взят каскад, состоящий из ПД- и ПИ-регуляторов с коэффициентами усиления $k_1..k_4$, на каждый из которых приходит масштабированный (k_0) сигнал датчиков положения. Каскадное соединение составных частей регулятора обеспечивает хорошую динамику системы и легкость настройки независимых друг от друга каналов управления.

Закон управления, реализуемый внешним контуром каскадного регулятора для одного канала имеет вид:

$$Y_1 = \alpha_1 r - \alpha_2 x + \alpha_3 sr - \alpha_4 sx + \frac{1}{s} (\alpha_5 r - \alpha_6 x + \alpha_7 sr - \alpha_8 sx),$$

где $\alpha_1 = k_1 k_3$, $\alpha_2 = k_0 k_1 k_3 + k_0 k_3$, $\alpha_3 = k_2 k_3$, $\alpha_4 = k_0 k_2 k_3$, $\alpha_5 = k_1 k_4$, $\alpha_6 = k_0 k_1 k_4 + k_0 k_4$, $\alpha_7 = k_2 k_4$, $\alpha_8 = k_0 k_2 k_4$.

Синтез регулятора внутреннего контура. Регулятор внутреннего контура (с коэффициентами усиления $k_5..k_8$) обеспечивает коррекцию сигналов, подаваемых на магниты, т. е. формирует сигналы управления, значения которых в каждый момент времени находились бы в диапазоне значений рабочего воздушного зазора. При этом регулятор осуществляет демпфирование системных колебаний в начале переходного процесса.

Закон управления, реализуемый внутренним контуром каскадного регулятора для одного канала, имеет вид:

$$Y_2 = \alpha_9 Y_1 + \alpha_{10} x + \alpha_{11} s Y_1 + \alpha_{12} sx + \frac{1}{s} (\alpha_{13} Y_1 + \alpha_{14} x + \alpha_{15} s Y_1 + \alpha_{16} sx),$$

где $\alpha_9 = k_5 k_7$, $\alpha_{10} = -(k_5 k_7 + k_7)$, $\alpha_{11} = k_6 k_7$, $\alpha_{12} = -k_6 k_7$, $\alpha_{13} = k_5 k_8$, $\alpha_{14} = -(k_5 k_8 + k_8)$, $\alpha_{15} = k_6 k_8$, $\alpha_{16} = -k_6 k_8$.

Структура полного каскада регулятора ПД/ПИ/ПД/ПИ для одного канала управления представлена на рис. 2.

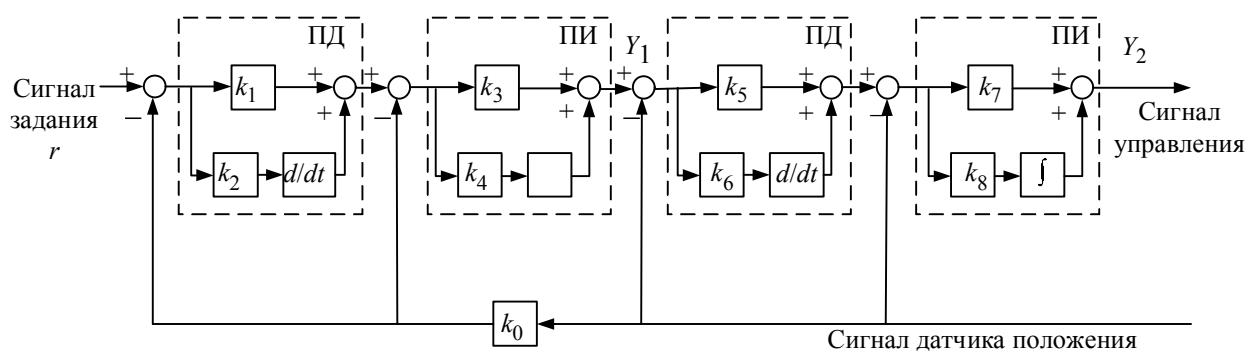
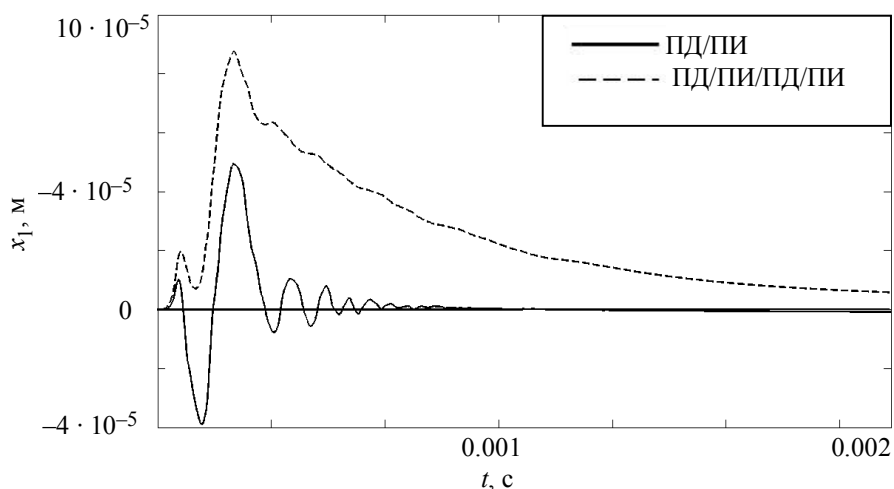


Рис. 2

Результаты исследование динамики системы. Для оценки ресурсов управления необходимо рассмотреть влияние скоростей вращения, соответствующие рабочему диапазону, на переходные процессы перемещения ротора.

Внешний контур управления ПД/ПИ каскадного регулятора. Регулятор внешнего контура выполняет функцию управления сигналами перемещения ротора. Рассмотрим случай, когда устройство управления состоит только из ПД- и ПИ-регуляторов. При таком управлении достигнута желаемая динамика системы в установившемся режиме, а именно: выполнены требования по статической ошибке, которая не превышает $7 \cdot 10^{-6}$ м. Однако, исследование графика переходных процессов показало, что при таком управлении появляются системные колебания, которые не регулируются ПД/ПИ каскадом. Оптимизация коэффициентов регулятора в пакете NCD не привела к уменьшению частоты или амплитуды системных колебаний, что свидетельствует о необходимости введения дополнительного внутреннего контура.

Полный каскадный регулятор ПД/ПИ/ПД/ПИ. Внешний контур осуществляет управление сигналами перемещения ротора, внутренний контур обеспечивает коррекцию сигналов управления электромагнитами с целью демпфирования системных колебаний. График переходных процессов перемещения ротора по каналу x_1 до введения «внутреннего» контура управления и при управлении полным каскадом приведены на рис. 3.



При этом достигнута желаемая динамика системы в установившемся режиме, а именно: выполнены требования к статической ошибке, которая не превышает $5 \cdot 10^{-6}$ м, и быстродействию, которое составляет 0.002 с. Введение в структуру регулятора внутреннего контура обеспечивает уменьшение частоты и амплитуды системных колебаний.

Влияние скорости вращения ротора. Для оценки влияния скорости вращения ротора на динамику системы будем рассматривать четыре значения скорости из рабочего диапазона: 100 рад/с, 400 рад/с, 700 рад/с, 1000 рад/с. Для каждой скорости построены графики для одного канала управления. На рис. 4 представлены графики переходных процессов перемещения ротора для одного канала управления системы (канал X АМП1). Для более наглядного представления полученных результатов и иллюстрации зависимости частоты и амплитуды системных колебаний от скорости вращения, на рис. 5 приведены те же зависимости, но во временном диапазоне от 0 до 0.002 с.

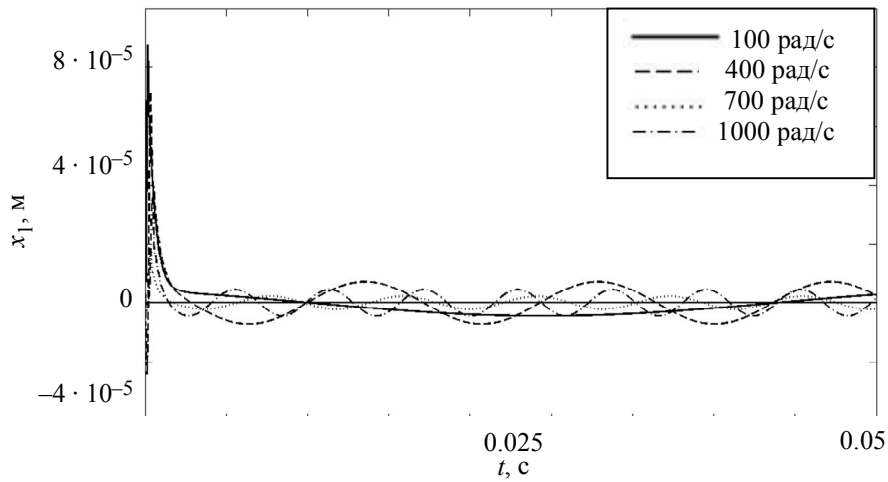


Рис. 4

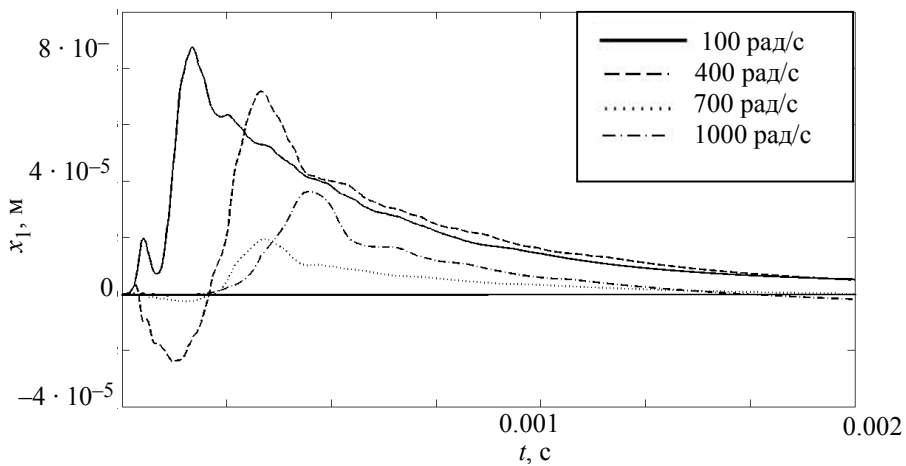


Рис. 5

Рассмотрим зависимость магнитных сил Q , а также обобщенных возмущающих сил $Q_v(t)$ от скорости вращения. На рис. 6, а представлены графики переходных процессов магнитных сил ротора для одного канала управления системы (канал X АМП1), на рис. 6, б – зависимости для обобщенных возмущающих сил ротора также для одного канала управления системы.

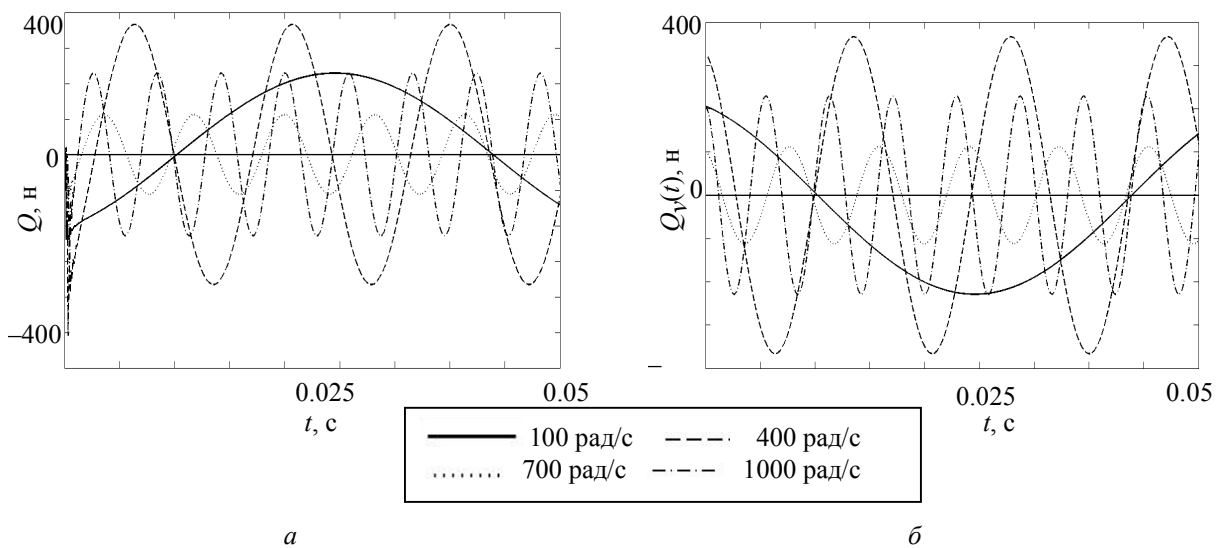


Рис. 6

Из анализа графиков переходных процессов на рис. 5, 6 можно сделать вывод, что система, устройством управления которой является каскадный ПД/ПИ/ПД/ПИ-регулятор, обладает высоким быстродействием и малой статической ошибкой в установившемся режиме.

Для предварительно линеаризованной управляемой модели сложного объекта управления «электромагнит-ротор» при учете внешних и внутренних возмущений, действующих на данный объект, сформулирован закон управления, реализуемый регулятором. Регулятор включает два каскадных контура – внутренний и внешний, – каждый из которых состоит из четырех каналов. Такая архитектура регулятора, с одной стороны, позволяет обеспечить требуемую динамику системы, а с другой – погасить системные колебания за счет усиления демпфирующих свойств. Расчет коэффициентов усиления регуляторов каскада произведен таким образом, что внешний контур регулирует переходные процессы выхода системы, а внутренний контур обеспечивает коррекцию сигналов управляющих магнитных сил. Из сравнительного анализа графиков переходных процессов системы следует, что динамика системы во всем диапазоне скоростей вращения и при воздействии всех вышеуказанных возмущений удовлетворяет техническому заданию, то есть переходные процессы обладают высоким быстродействием и малой статической ошибкой в установившемся режиме (амплитуда колебаний на самых высоких скоростях вращения не превышает 10 % рабочего воздушного зазора), а в течение времени регулирования максимальное отклонение положения ротора не превышает $8 \cdot 10^{-5}$ м при том, что допустимое значение отклонения составляет $2 \cdot 10^{-4}$ м. Это позволяет сделать вывод, что спроектированная система управления обеспечивает качественное функционирование электромагнитного подвеса вращающегося ротора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев Ю. Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение. СПб.: Политехника, 2003.
2. Decentralized PI/PD position control for active magnetic bearings/ B. Polařzer, J. Ritonja, G. Stumberger et al. // Electrical Engineering. 2005. DOI 10.1007/s00202-005-0315-1.
3. Журавлев Ю. Н. ЛК-управление активными магнитными подшипниками// Машиноведение. 1987. № 4. С. 49–56.
4. Grega W., Piłat A. comparison of linear control methods for an AMB system // Int. J. Appl. Math. Comput. Sci. 2005. Vol. 15, № 2. P. 245–255.
5. Chiang R. Y., Safonov M. G. Matlab Robust Control Toolbox/ Users Guide Version2. 1996.
6. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. III. Электричество. М.: Наука, 1983.

S. V. Gavrilov, D. D. Mordovchenko, A. D. Stotskaya

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF MAGNETICALLY SUSPENDED ROTATIONAL ROTOR CONTROL SYSTEM

The problems of «electromagnet-rotor» control system design based on standard PID controller architecture and control resource estimation with respect to disturbances on rotational rotor are under consideration. Basis for building management systems have served to simplify the mathematical description and the possibility of aligning the structure of the variant with separate management for each electromagnet. Magnetically suspended rotational rotor control system simulation results present the possibility of qualitative dynamic and static characteristics accomplishment.

Active magnetic suspension, PID controller, model of rotational rotor, second type Lagrangian differential equations



УДК 621.313.39

М. В. Пронин, А. Г. Воронцов, Т. Нахди

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С АСИНХРОНИЗИРОВАННЫМИ МАШИНАМИ И КАСКАДНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ

Рассмотрена структура гидроаккумулирующей электростанции с асинхронным генератором-двигателем с фазным ротором, активным преобразователем частоты в цепи ротора и пусковым устройством в цепи статора. Скольжение ротора регулируется преобразователем частоты и направляющим аппаратом турбины. Рассмотрен вариант системы с каскадным преобразователем частоты. Предложены алгоритмы управления комплектом электрооборудования. Построена компьютерная модель, выполнен анализ режимов работы, подтверждена работоспособность системы.

Гидроаккумулирующая электростанция, генератор-двигатель, асинхронная машина, фазный ротор, преобразователь частоты, система управления, моделирование

Высокая стоимость энергоносителей и постоянное ее повышение приводят к необходимости более эффективного использования возобновляемых источников энергии. В этом направлении большое значение имеет строительство гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) [1]–[7]. Агрегаты ГАЭС содержат обратимые гидротурбины и генераторы-двигатели. На многих электростанциях генераторы-двигатели выполняются с фазным ротором. Эти машины можно рассматривать как асинхронные (АГД) или двойного питания [7], [8]. Изменение частоты тока ротора АГД позволяет изменять частоту вращения для повышения КПД ГАЭС. При этом снижаются требования к направляющим аппаратам (НА) турбин, регулирующим расход воды.

На действующих ГАЭС в цепи ротора АГД используются тиристорные преобразователи частоты с непосредственной связью (НПЧ) [1], [2]. НПЧ имеют низкий $\cos \phi$. Габаритная мощность НПЧ и согласующих трансформаторов достигает 30 % мощности АГД. Для компенсации реактивной мощности применяются фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ).

В настоящее время преобразователи частоты в цепи ротора АГД могут быть выполнены полностью управляемыми [3], [5]. Габаритная мощность преобразователей и трансформаторов может быть уменьшена в несколько раз, ФКУ могут быть исключены.

На построенных ГАЭС используется в основном система с НПЧ. Для их внедрения необходимы исследования, обоснования. В России в этом направлении работают ОАО «НТЦ электроэнергетики» и другие организации [9]–[13].

Схема ГАЭС и постановка задачи: разработка структуры силовой схемы и системы управления оборудованием ГАЭС, разработка алгоритмов управления, создание моделей, анализ режимов работы ГАЭС.

В соответствии с поставленными задачами рассматривается структура ГАЭС (рис. 1) с АГД, турбиной (Т), транзисторным преобразователем частоты (ПЧ) в цепи ротора, тиристорным пусковым устройством (ПУ) в цепи статора и защитным устройством (ЗУ) в цепи ротора. Обмотка статора АГД подключается к энергосистеме через ПУ или выключатель. Обмотка ротора подключается к ПЧ, который через трансформатор подключается к энергосистеме. АГД снабжен датчиком положения ротора (ДПР). Особенностью системы является то, что ПЧ в цепи ротора выполняется каскадным.

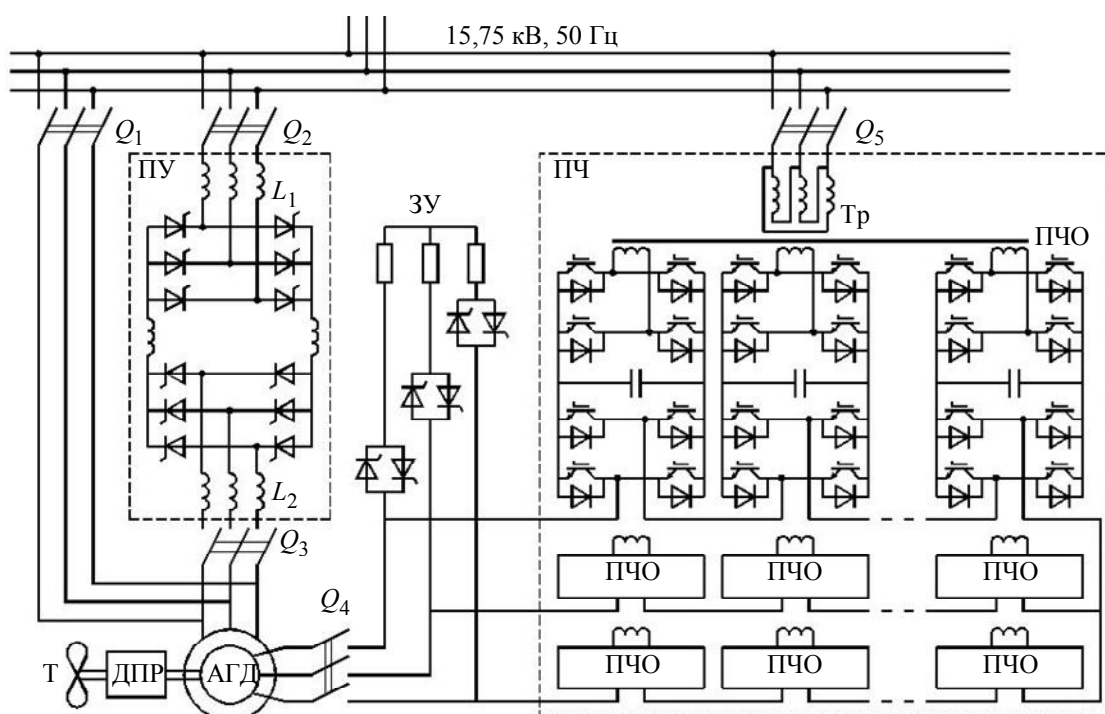


Рис. 1

Тиристорное ПУ содержит выпрямитель В, зависимый инвертор И, сглаживающий реактор L_d и токоограничивающие реакторы L_1 и L_2 в фазах выпрямителя [14], [15]. ПЧ содержит многообмоточный трансформатор Тр и однофазные транзисторные преобразователи частоты ПЧО [16]. Каждый ПЧО питается от индивидуальной обмотки трансформатора Тр. В каждом ПЧО имеются активный выпрямитель и инвертор. В каждой фазе нагрузки несколько ПЧО соединены последовательно и образуют высоковольтный источник питания ротора АГД.

Алгоритмы и схема управления ГАЭС. Структурная схема системы управления ГАЭС (СУ ГАЭС) представлена на рис. 2. В СУ ГАЭС можно выделить следующие блоки: система управления ПУ (СУ ПУ); система управления активными выпрямителями ПЧ (СУ АВ ПЧ); система управления инверторами напряжения ПЧ; регулятор направляющего аппарата (РНА) турбины; система управления защитным устройством.

В ПЧ выпрямители работают в режиме ШИМ. Каждый выпрямитель решает несколько задач – поддерживает заданное выпрямленное напряжение, обеспечивает синусоидальность тока трансформатора и заданный коэффициент мощности. Эти задачи реализуются векторной системой управления, которая описана в [15], [16].

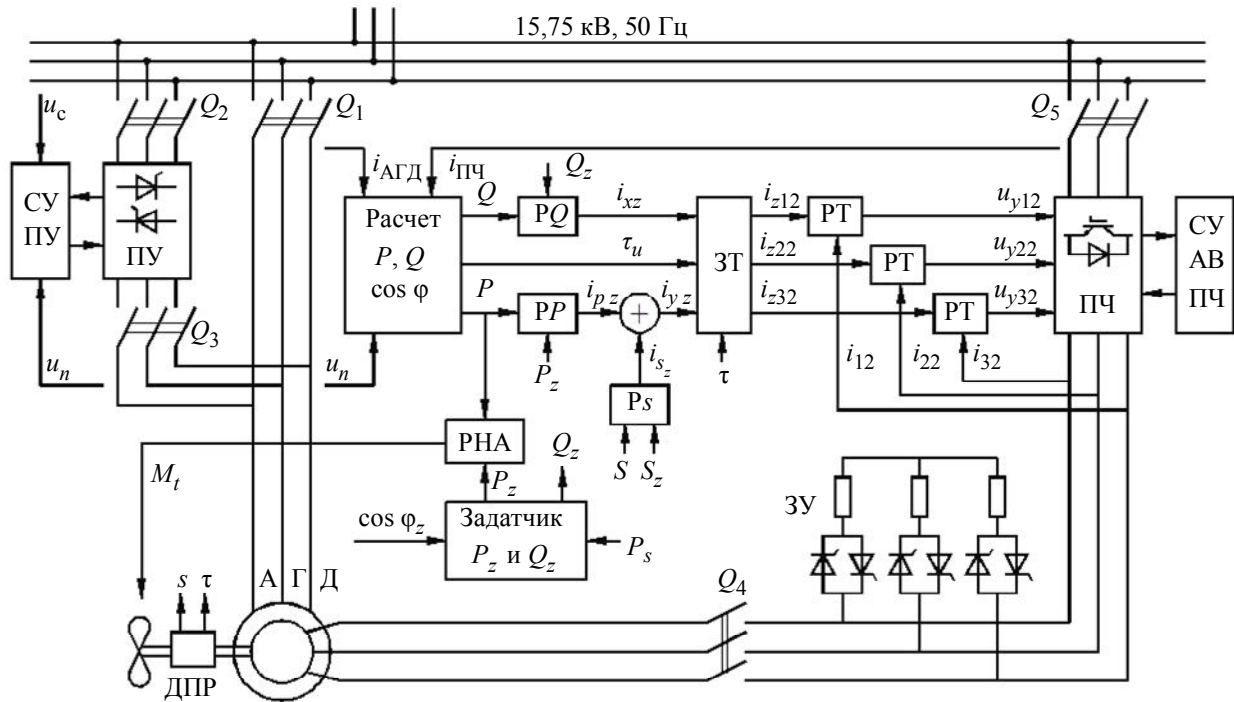


Рис. 2

При пуске АГД инверторы ПЧ обеспечивают создание в фазах ротора АГД токов, которым соответствует приблизительно постоянный магнитный поток. При регулировании мощности и частоты вращения АГД в роторе создается трехфазная система токов с заданными частотой и амплитудой.

В ПУ в режимах пуска АГД зависимый инвертор работает при постоянном угле инвертирования. Выпрямитель ПУ поддерживает заданный выпрямленный ток. Формирование заданного тока осуществляется регулятором скорости вращения ротора АГД. При этом в зависимости от напряжения АГД формируется задание на ток возбуждения (на ток ПЧ). ПУ осуществляет синхронизацию АГД с энергосистемой. После синхронизации ПУ отключается и АГД переходит в генераторный или двигательный режим работы в энергосистеме.

При работе АГД в энергосистеме энергетические и электромеханические процессы регулируются системами управления инверторов ПЧ и НА турбины в соответствии с рис. 2 (НА выполняет роль задвижки, регулируя расход воды).

Основные регулируемые параметры: активная P и реактивная Q мощности энергосистемы, частота вращения ротора АГД n (или скольжение s).

Расчет фазы τ_u и амплитуды U_m вектора напряжений сети осуществляются в соответствующем блоке (рис. 2):

$$\left. \begin{aligned} u_x &= (u_3 - u_2) / \sqrt{3}, & U_m &= \sqrt{u_x^2 + u_1^2}, \\ \text{если } u_x > 0, & \text{ то } \tau_u &= \arcsin(u_1 / U_m), \\ \text{иначе} & & \tau_u &= \pi - \arcsin(u_1 / U_m), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где u_1, u_2, u_3 – напряжения фаз энергосистемы.

Активная P и реактивная Q мощности энергосистемы и $\cos \varphi$ рассчитываются в том же блоке (рис. 2) по сигналам датчиков напряжения u_n и тока $i_{\text{АГД}}$ и $i_{\text{ПЧ}}$.

С углом τ_u связываются ортогональные координаты xu , неподвижные относительно вектора напряжений энергосистемы. Вектор активной мощности направлен по оси x , вектор реактивной мощности – по оси y (рис. 3).

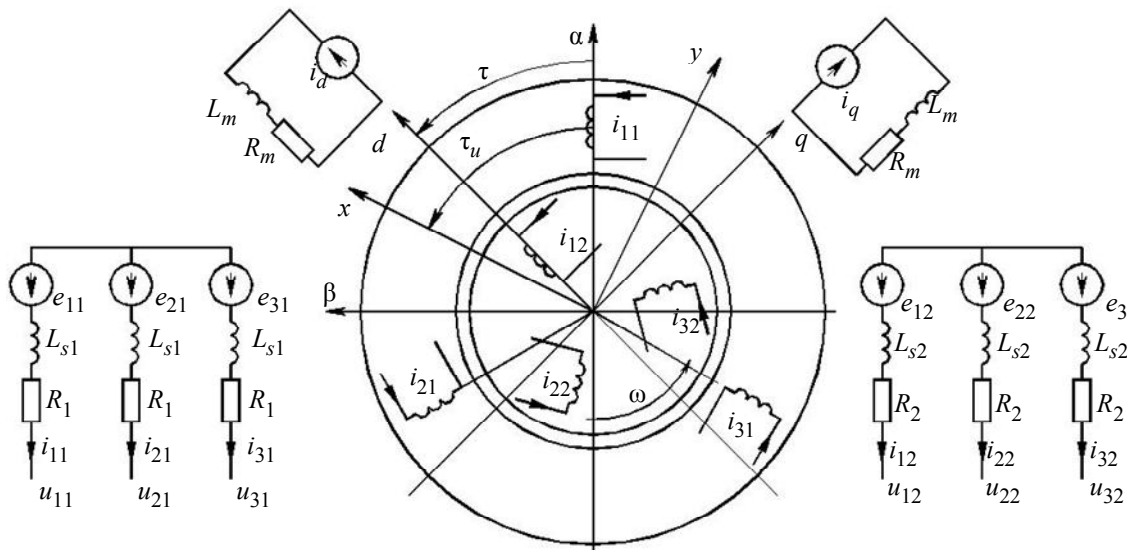


Рис. 3

Полученные фактические значения P и Q передаются на входы ПИ-регуляторов мощностей. На другие входы этих регуляторов поступают сигналы по заданным активной P_z и реактивной Q_z мощностям энергосистемы:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q &= Q_z - Q, & i_{xz} &= K_{uo} \Delta Q + K_{ui} \int \Delta Q dt, \\ \Delta P &= P_z - P, & i_{pz} &= K_{po} \Delta P + K_{pi} \int \Delta P dt, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где K_{uo} , K_{ui} , K_{po} , K_{pi} – коэффициенты регуляторов.

На выходе регулятора активной мощности формируется сигнал i_{pz} задания по току по оси y при $s = 0$. Если $s \neq 0$, то часть активной мощности АГД поступает через ПЧ (со знаками + или –). Для поддержания активной мощности энергосистемы составляющая тока ротора по оси y изменяется ПИ-регулятором скольжения АГД (P_s). На его входы поступают сигналы по заданному s_z и фактическому s скольжениям. На выходе формируется составляющая заданного тока ротора i_{sz} по оси y :

$$\Delta s = s_z - s, \quad i_{sz} = K_{so} \Delta s + K_{si} \int \Delta s dt, \quad (3)$$

где K_{so} , K_{si} – коэффициенты регулятора.

Заданный ток ротора по оси y :

$$i_{yz} = i_{pz} + i_{sz}. \quad (4)$$

В блоке ЗТ при использовании сигналов по фазе напряжений сети τ_u заданные проекции токов в осях xu проектируются на оси α и β :

$$i_\alpha = i_{xz} \cos \tau_u + i_{yz} \sin \tau_u, \quad i_\beta = i_{xz} \sin \tau_u - i_{yz} \cos \tau_u. \quad (5)$$

В том же блоке ЗТ проекции токов по осям оси α и β преобразуются в проекции по осям ротора d и q при использовании сигнала по положению ротора τ :

$$i_d = i_\alpha \cos \tau + i_\beta \sin \tau, \quad i_q = i_\alpha \sin \tau - i_\beta \cos \tau. \quad (6)$$

Заданные токи фаз ротора:

$$\left. \begin{aligned} i_{z12} &= i_d, \\ i_{z22} &= -i_d/2 - \sqrt{3} i_q/2, \\ i_{z32} &= -i_d/2 + \sqrt{3} i_q/2. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

В режимах регулирования мощностей энергосистемы скольжение АГД изменяется в небольших пределах, а в роторе протекают токи низких частот. Это позволяет для регулирования токов использовать ПИ-регуляторы. В схеме на рис. 2 на входы этих регуляторов поступают сигналы по заданным токам фаз i_{z12} , i_{z22} , i_{z32} и фактическим токам i_{12} , i_{22} , i_{32} . На выходах формируются напряжения управления инверторов ПЧ u_{y12} , u_{y22} , u_{y32} :

$$\left. \begin{aligned} \Delta i_{12} &= i_{z12} - i_{12}, & u_{y12} &= K_{iro} \Delta i_{12} + K_{iri} \int \Delta i_{12} dt \\ \Delta i_{22} &= i_{z22} - i_{22}, & u_{y22} &= K_{iro} \Delta i_{22} + K_{iri} \int \Delta i_{22} dt \\ \Delta i_{32} &= i_{z32} - i_{32}, & u_{y32} &= K_{iro} \Delta i_{32} + K_{iri} \int \Delta i_{32} dt, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где K_{iro} , K_{iri} – коэффициенты регуляторов.

Напряжения управления сравниваются с пилообразными опорными напряжениями. При этом формируются импульсы управления транзисторами ПЧ 0.

Задания на активную и реактивную мощности системы P_z и Q_z формируются задатчиком (см. рис. 2). Заданная активная мощность P_z поступает на вход ПИ-регулятора направляющего аппарата. На другой вход этого регулятора поступает сигнал по фактической активной мощности P . На выходе регулятора формируется вращающий момент турбины (использовано упрощенное представление системы).

В переходных режимах работы системы, а также в аварийных режимах в цепи ротора АГД возможны перенапряжения и перегрузки. Вероятность их возникновения особенно велика, поскольку АГД выполняется без демпферной системы. Для устранения указанных нежелательных явлений используется защитное устройство ЗУ [14]. Оно выполняет роль внешнего демфера (по отношению к АГД). Включается ЗУ системой управления и выключается при исчезновении перенапряжений и перегрузок.

Модели АГД, ПУ, ПЧ и ГАЭС. Модель ГАЭС построена по методологии моделирования сложных систем по взаимосвязанным подсистемам, которая описана в [17]. Полная модель ГАЭС содержит в виде подсистем модели АГД, ПЧ, ПУ, ЗУ и СУ [15], [17].

Основным элементом ГАЭС является асинхронный генератор-двигатель с фазным ротором. При его описании используется представление машины в виде подсистем, взаимосвязанных независимыми источниками напряжения и тока, как изображено на рис. 3.

Обмотка статора имеет напряжения фаз u_{11}, u_{21}, u_{31} , токи i_{11}, i_{21}, i_{31} . В ней учитываются активные сопротивления R_1 и индуктивности рассеяния L_{s1} . Связи с другими контурами учитываются зависимыми источниками напряжения e_{11}, e_{21}, e_{31} . Для обеспечения устойчивости вычислений индуктивности фаз увеличиваются до L_1 (на величину стабилизационной индуктивности L_{st}), и соответственно изменяются ЭДС фаз [1], [14].

Обмотка ротора имеет напряжения u_{12}, u_{22}, u_{32} и токи i_{12}, i_{22}, i_{32} . В ней учитываются активные сопротивления R_2 и индуктивности рассеяния L_{s2} . Связи подсхемы ротора с другими контурами учитывается зависимыми источниками напряжения e_{12}, e_{22}, e_{32} . Для обеспечения устойчивости вычислений индуктивности фаз увеличиваются до L_2 (на величину L_{st}), и соответственно изменяются ЭДС фаз. Напряжения u_{12}, u_{22}, u_{32} создаются внешними устройствами и определяются их описанием.

Контур намагничивания описывается в осях d и q и в них учитываются индуктивности намагничивания L_m и активные сопротивления R_m . Связи с другими подсхемами учитываются зависимыми источниками тока i_{ad} и i_{aq} .

При переходах от неподвижной системы координат $n = 1, 2, 3$ к вращающимся с ротором координатам d и q и при обратных переходах используются преобразования переменных к неподвижным осям α и β . На рис. 3 указаны эти оси, направление вращения ротора с частотой ω , а также угол поворота τ оси d ротора относительно оси α .

Для подсхемы статора (1-й обмотки) справедливы уравнения (n – номер фазы)

$$\frac{di_{n1}}{dt} = \frac{1}{L_{s1} + L_{st}} \left(u_{n1} - e_{n1} - R_1 i_{n1} + L_{st} \frac{di_{n1}}{dt} \right). \quad (9)$$

Проекция производных токов фаз статора на оси α и β :

$$\frac{di_{\alpha 1}}{dt} = \frac{di_{11}}{dt}, \quad \frac{di_{\beta 1}}{dt} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{di_{21}}{dt} - \frac{di_{31}}{dt} \right). \quad (10)$$

Производные токов обмотки статора по осям d и q :

$$\left. \begin{aligned} \frac{di_{d1}}{dt} &= \frac{di_{\alpha 1}}{dt} \cos \tau + \frac{di_{\beta 1}}{dt} \sin \tau - \omega_2 i_{q1}, \\ \frac{di_{q1}}{dt} &= \frac{di_{\alpha 1}}{dt} \sin \tau - \frac{di_{\beta 1}}{dt} \cos \tau + \omega_2 i_{d1}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Для подсхемы ротора (2-й обмотки) справедливы уравнения (n – номер фазы)

$$\frac{di_{n2}}{dt} = \frac{1}{L_{s2} + L_{st}} \left(u_{n2} - e_{n2} - R_2 i_{n2} + L_{st} \frac{di_{n2}}{dt} \right). \quad (12)$$

Производные токов обмотки ротора по осям d и q :

$$\frac{di_{d2}}{dt} = \frac{di_{12}}{dt}, \quad \frac{di_{q2}}{dt} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{di_{32}}{dt} - \frac{di_{22}}{dt} \right). \quad (13)$$

Производные токов намагничивания по осям d и q :

$$\frac{di_{ad}}{dt} = \frac{di_{d1}}{dt} + \frac{di_{d2}}{dt}, \quad \frac{di_{aq}}{dt} = \frac{di_{q1}}{dt} + \frac{di_{q2}}{dt}. \quad (14)$$

Проекция напряжений зависимых источников обмотки ротора на оси d и q :

$$e_{d2} = L_m \frac{di_{ad}}{dt}, \quad e_{q2} = L_m \frac{di_{aq}}{dt}. \quad (15)$$

В проекциях напряжений зависимых источников обмотки статора на оси d и q учитываются составляющие вращения, трансформации и потерь энергии в стали:

$$\left. \begin{aligned} e_{d1} &= L_m i_{aq} \omega_2 + e_{d2} + R_m i_{ad}, \\ e_{q1} &= -L_m i_{ad} \omega_2 + e_{q2} + R_m i_{aq}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Проекция ЭДС обмотки статора на оси α и β :

$$e_\alpha = e_{d1} \cos \tau + e_{q1} \sin \tau, \quad e_\beta = e_{d1} \sin \tau - e_{q1} \cos \tau. \quad (17)$$

ЭДС зависимых источников в фазах статора и ротора:

$$\left. \begin{aligned} e_{11} &= e_\alpha, & e_{12} &= e_{d2}, \\ e_{21} &= -\frac{1}{2} e_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} e_\beta, & e_{22} &= -\frac{1}{2} e_{d2} - \frac{\sqrt{3}}{2} e_{q2}, \\ e_{31} &= -\frac{1}{2} e_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2} e_\beta, & e_{32} &= -\frac{1}{2} e_{d2} + \frac{\sqrt{3}}{2} e_{q2}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Проекция токов фаз статора на оси α и β :

$$i_{\alpha 1} = i_{11}, \quad i_{\beta 1} = (i_{21} - i_{31}) / \sqrt{3}. \quad (19)$$

Преобразование токов статора в осях $\alpha\beta$ к осям dq :

$$i_{d1} = i_{\alpha 1} \cos \tau + i_{\beta 1} \sin \tau, \quad i_{q1} = i_{\alpha 1} \sin \tau - i_{\beta 1} \cos \tau. \quad (20)$$

Проекция токов фаз ротора на оси d и q :

$$i_{d2} = i_{12}, \quad i_{q2} = (i_{32} - i_{22}) / \sqrt{3}. \quad (21)$$

Токи намагничивания по осям d и q :

$$i_{ad} = i_{d1} + i_{d2}, \quad i_{aq} = i_{q1} + i_{q2}. \quad (22)$$

Электромагнитный момент:

$$M_{\text{эм}} = \frac{3}{2} L_m (i_{aq} i_{d1} - i_{ad} i_{q1}). \quad (23)$$

Частота вращения ротора при моменте инерции J определяется с учетом момента сопротивления M_c :

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_{\text{эм}} - M_c). \quad (24)$$

Угол поворота оси d ротора относительно оси 1-й фазы обмотки статора:

$$\frac{d\tau}{dt} = \omega. \quad (25)$$

В математическом описании машины учитывается насыщение по основному магнитному потоку, другие параметры постоянны [17].

Расчет режимов работы ГАЭС. Анализ осуществлялся для следующего оборудования: мощность АГД – 246 МВт; коэффициент мощности – 0,85; напряжение АГД – 15,75 кВ; частота – 50 Гц; коэффициент приведения параметров ротора к статору – 5; индуктивность рассеяния фазы статора – 0,18 о.е.; индуктивность рассеяния фазы ротора – 0,17 о.е.; индуктивность намагничивания – 1,62 о.е.; момент сопротивления на валу при пуске – 7%; выпрямленный ток ПУ – 1250 А. Момент инерции АГД и турбины, приведенный к двухполюсному исполнению ротора, – 6000 кг·м². На описанной модели ГАЭС выполнены расчеты. На рис. 4 представлен результат расчета пуска АГД. Изображены: токи фаз статора и ротора АГД; магнитный поток в зазоре АГД; электромагнитный момент АГД; активная и реактивная мощности энергосистемы; частота вращения АГД.

В момент времени t_0 начинается пуск АГД от ПУ. До момента t_1 ПУ работает при искусственной коммутации. ПЧ обеспечивает постоянство токов в фазах ротора АГД. В АГД создается электромагнитный момент и разгон осуществляется соответственно заданному ускорению.

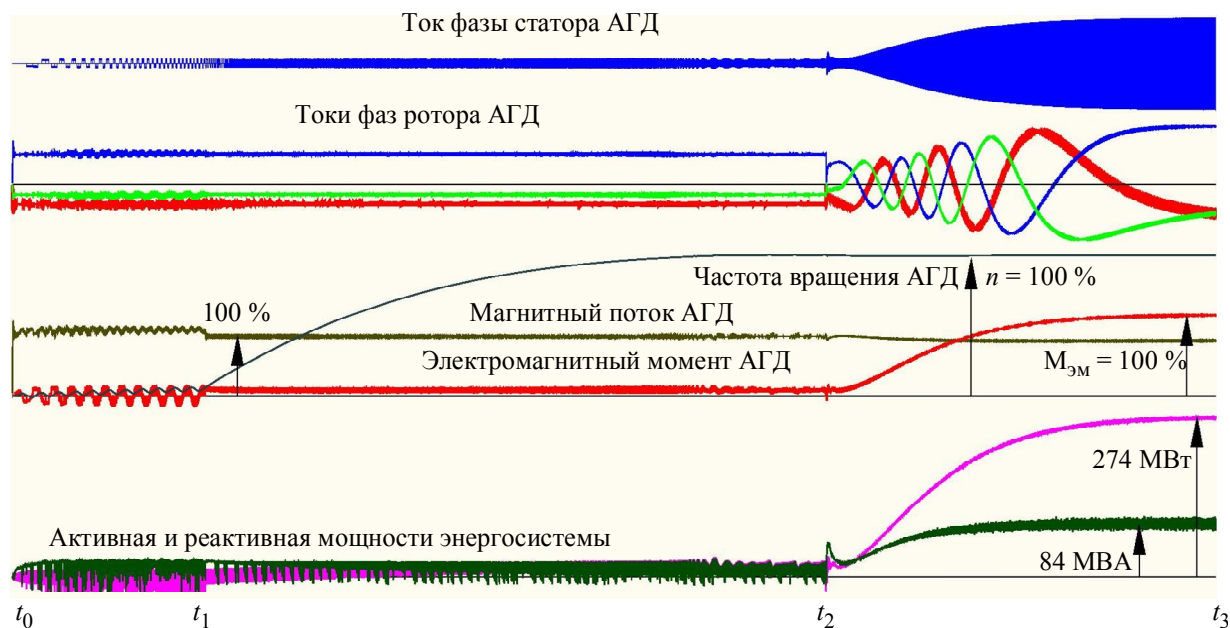


Рис. 4

В момент t_1 ЭДС АГД достаточна для перевода инвертора ПУ в режим естественной коммутации. В этом режиме осуществляется более быстрый разгон. В момент t_2 частота напряжения АГД и энергосистемы, их действующие напряжения и фазы приблизительно равны, т. е. созданы условия синхронизации АГД с сетью, формируются команды на включение ЗУ, на гашение токов ПУ и на подключение АГД непосредственно к сети. До момента t_3 увеличивается нагрузка АГД при его работе в двигательном режиме с номинальной частотой вращения.

Регулирование частоты вращения АГД при стабилизации активной и реактивной мощностей энергосистемы осуществляется по схеме на рис. 5. Диаграмма регулирования частоты вращения АГД также представлена на том же рисунке.

На рис. 5 с момента времени t_0 до t_1 АГД работает в синхронном режиме. Частота вращения ротора – 100 %, в энергосистеме поддерживается активная мощность $P = 274$ МВт, реактивная мощность $Q = 90$ МВА. ПЧ создает в роторе постоянные токи.

С момента t_1 до t_2 (30 с) частота вращения ротора АГД увеличивается до 107 %. Активная мощность ПЧ увеличивается до 19 МВт и передается из сети ротору.

С момента t_3 до t_4 (60 с) частота вращения ротора снижается до 93 %. Активная мощность ПЧ изменяется до 19 МВт и передается из ротора в сеть.

С момента t_5 до t_6 (30 с) частота вращения возрастает до 100 %. Активная мощность ПЧ уменьшается до 0.

При указанных изменениях режима работы АГД токи в роторе регулируются по частоте и имеют приблизительно постоянную амплитуду 3200 А. Потокосцепление воздушного зазора Ψ_δ приблизительно постоянно.

Анализ расчетных данных показывает, что применение каскадного транзисторного ПЧ в цепи питания ротора АГД по сравнению с тиристорными НПЧ позволяет существенно улучшить электромагнитную совместимость электрооборудования. В частности, каскадные ПЧ позволяют формировать токи ротора АГД с минимальными искажениями, что видно из рис. 4. В рассматриваемом применении они содержат активные выпрямители (см. рис. 1) и, следовательно, могут работать с $\cos \varphi$ сети, равным 1 [15], [16].

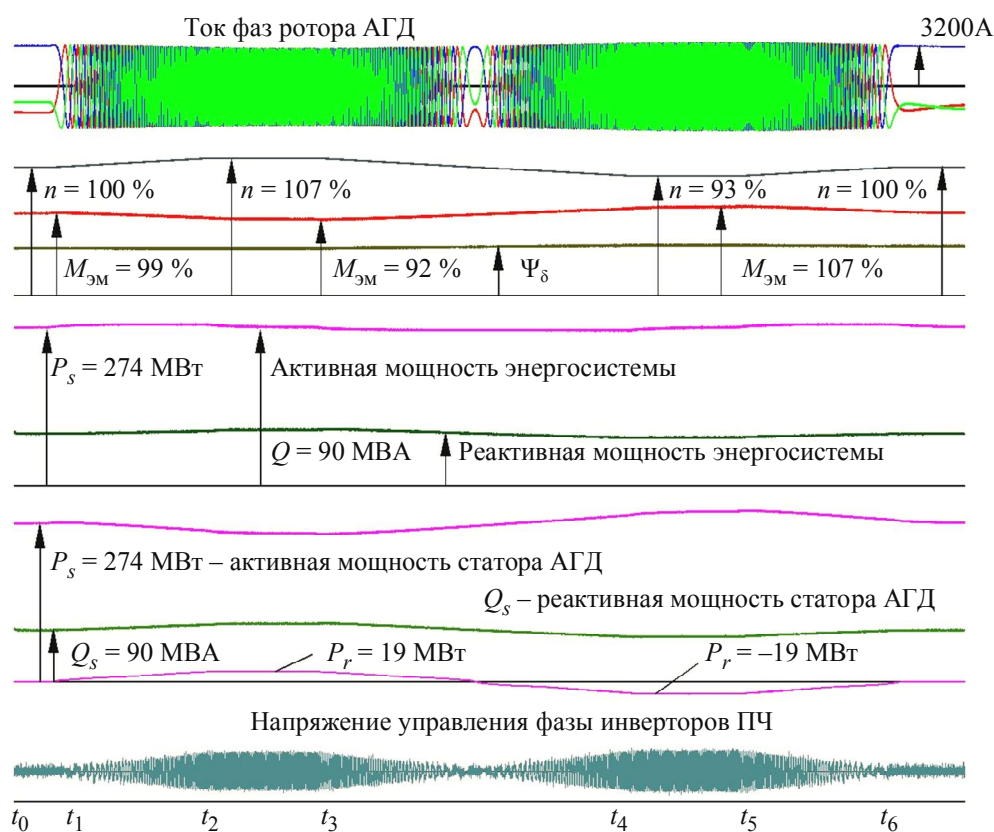


Рис. 5

В результате исследования можно сделать следующие выводы.

1. Предложена структура ГАЭС с асинхронным генератором-двигателем с фазным ротором, активным преобразователем частоты и защитным устройством в цепи ротора, тиристорными пусковым устройством в цепи статора, отличающаяся тем, что

преобразователь в цепи ротора – каскадный. Активный каскадный преобразователь выполняется на повышенное напряжение ротора, способен передавать электроэнергию в двух направлениях, может работать с синусоидальными токами на входе и выходе с заданным коэффициентом мощности. Он может выполнять все функции, требуемые в ГАЭС.

2. Предложен алгоритм векторного управления электрооборудованием ГАЭС – асинхронным генератором-двигателем с фазным ротором, транзисторным активным каскадным преобразователем частоты, защитным устройством в цепи ротора, тиристорным пусковым устройством в цепи статора. В алгоритме предусмотрено отдельное регулирование активной и реактивной мощностей энергосистемы, частоты вращения ротора, активной и реактивной мощностей каскадного преобразователя.

3. Выполнено математическое описание силового оборудования и системы управления ГАЭС, на основе которого построена компьютерная модель. Модель пригодна для расчета и анализа переходных и установившихся режимов работы ГАЭС. Модель позволяет рассчитывать активную и реактивную мощности и токи обмотки статора АГД с погрешностями измерений датчиками напряжения и тока. Расчет мощностей и токов обмотки ротора АГД осуществляется с погрешностью 5...15 % (в зависимости от насыщения стали, а также от точности определения параметров АГД).

4. Исследованиями на компьютерной модели доказано, что предложенная структура ГАЭС и алгоритмы управления работоспособны и могут быть использованы при проектировании оборудования ГАЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bocquel A., Janning J. 4*300 MW Variable speed drive for pump-storage plant applications / EPE 2–4 Sept. 2003. Toulouse, Fr.
2. Bocquel A., Janning J. Analysis of a 300 MW variable speed drive for pump-storage plant applications / EPE 11–14 Sept. 2005, Dresden, Germ.
3. Janning J., Schwery A. Next generation variable speed pump-storage stations / EPE 8–10 Sept, 2009. Barcelona, Spain.
4. Suul J. A., Uhlen K., Undeland T. Variable speed pumped storage hydropower for integration of wind energy in isolated grids // IEEE, NORPHIE. 2008, Nordic Workshop on Power and Industrial Electronics, June 9–11, 2008.
5. Benefits of variable speed pumped storage units in mixed Islanded power network during transient operation / C. Nicolet, Y. Pannatier, B. Kawkabani et al.; Hydro 26–28 Oct. 2009, Lyon, Fr.
6. Operating policies for wind-pumped storage hybrid power stations in Island grids / Papaefthimiou S., Karamanou E., Parathanasiou S., Papadopoulos M. // IET renewable power generation. Vol. 3, № 3, Sept. 2009. P. 293–307.
7. Шакарян Ю. Г. Асинхронизированные синхронные машины. М.: Энергоатомиздат, 1984.
8. Мамиконянц Л. Г., Шакарян Ю. Г. Асинхронизированные синхронные генераторы: состояние, проблемы, перспективы // Электричество. 1994. № 3.
9. Промышленные испытания асинхронизированного синхронного генератора мощностью 50 МВ·А / С. И. Гурьянов, М. И. Зархи, В. Н. Мешков и др. // Электричество. 1973. № 4.
10. Испытания АС генератора мощностью 50 МВ·А в динамических режимах / С. И. Гурьянов, М. И. Зархи, Н. Н. Блоцкий и др. // Электричество. 1974. № 11.
11. Испытания асинхронизированного синхронного двигателя / Н. Н. Блоцкий, М. М. Ботвинник, Б. П. Климов и др. // Электричество. 1971. № 7.
12. Гидроаккумулирующие электростанции. Строительство и эксплуатация Загорской ГАЭС / Н. И. Серебряников, В. Г. Родионов, А. П. Кулешов и др. // М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. 368 с.
13. Синюгин В. Ю., Магрук В. И., Родионов В. Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. М.: ЭНАС, 2008.
14. Тиристорные пусковые устройства для асинхронизированных компенсаторов АСК-100 / Б. З. Дробкин, М. В. Пронин, Е. А. Крутяков, А. Г. Воронцов // Электрические станции. 2010. № 7.

15. Пронин М. В., Воронцов А. Г., Терещенков В. В. Управление многотактным активным выпрямителем экскаватора ЭКГ-35К // Горное оборудование и электромеханика. № 10. 2009. С. 29–33.

16. Пронин М. В., Воронцов А. Г. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) / ОАО «Электросила». СПб., 2003. 172 с.

17. Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями (моделирование, расчет, применение) / М. В. Пронин, А. Г. Воронцов, П. Н. Калачиков, А. П. Емельянов СПб.: ОАО «Силовые машины “Электросила”», 2004. 252 с.

M. B. Pronin, A. G. Voronsov, T. Nahdi

A STORAGE PLANT WITH ASYNCHRONIZED SYNCHRONOUS MACHINE AND WITH A CASCADE CONVERTER

A storage plant with asynchronous motor-generator and phase-wound rotor, an active frequency converter and a thyristor converter are considered. The motor slip is controlled by a cascade converter of frequency and the directional device of turbine. A control algorithm of a storage plant is presented. Also a new model of the power network and the analysis of running regimes are realized.

Storage plant, motor-generator, asynchronous synchronous machine, phase-wound rotor, frequency converter, control system, simulation



УДК 534.8

А. В. Осетров, Нгуен Ван Шо

АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ОБЛАСТИ ВСТРЕЧНО-ШТЫРЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

С использованием программы COMSOL определяется фазовая скорость поверхностной акустической волны (ПАВ) сагиттальной поляризации, распространяющейся вдоль полубесконечной границы различных пьезоэлектрических материалов при наличии на поверхности пьезоэлектрика встречно-штыревого преобразователя (ВШП). Рассматривается влияние параметров формы электродов на фазовую скорость ПАВ и коэффициент отражения ПАВ от ВШП. Анализируются ограничения программы COMSOL в задачах распространения ПАВ.

Поверхностная акустическая волна, встречно-штыревой преобразователь, акустоэлектроника, метод конечных элементов

Изучение параметров ПАВ, распространяющихся в пьезоэлектрическом материале при наличии ВШП, играет важную роль при проектировании устройств акустоэлектроники. Эту задачу можно решать различными методами, условно разделив их на две группы. К первой группе относятся методы, основанные на построении аналитического решения, которое затем рассчитывается с использованием численных процедур (методы этой группы будем называть традиционными). Ко второй группе отнесем полностью численные методы, основанные на конечно-элементной дискретизации модели (это методы конечных и граничных элементов и их модификации). Применение традиционных методов ограничивается довольно простыми геометриями (например, прямоугольным сечением электродов) и существенными приближениями (например, электроды считаются тонкими), что недостаточно для многих реальных практических задач. Поэтому в последнее десятилетие бурно развиваются численные подходы, первоначально основанные на разработке собственного программного обеспечения “с нуля”, что было трудоемким и позволяло решать ограниченный круг задач. С развитием универсальных пакетов (таких, как ANSYS или NASTRAN) делались попытки их применения в задачах ПАВ, однако многие из таких задач выходили за рамки используемых в этих пакетах моделей. В последнее время все шире используется программа COMSOL Multiphysics, признанная особенно удобной для исследователей, так как она создана в тесной

взаимосвязи с программой MATLAB и позволяет использовать отдельные функции для решения новых задач, пока не реализованных в этой или других программах. В рамках данной статьи ставилась задача рассмотреть возможности и ограничения решения двумерной задачи распространения ПАВ с использованием стандартных средств программы COMSOL. Рассматриваются две задачи: распространение ПАВ в полубезграничной среде без ВШП и полубезграничной среде при наличии ВШП.

Постановка задач. Пакет COMSOL имеет акустический модуль, позволяющий рассчитывать поля в пьезоэлектрических средах. Для двумерных задач имеется мода плоских деформаций (“piezo plane strain application”), в которой предполагается, что у тензора деформаций S_{ik} равны нулю следующие компоненты: $S_{31} = S_{32} = S_{33} = 0$. Применительно к исследованию поверхностных акустических волн это означает наличие смещений в волне лишь в сагиттальной плоскости, т. е. для вектора смещений U_i считается $U_1 \neq 0, U_2 = 0, U_3 \neq 0$, что соответствует рэлеевскому типу волны (сагиттальная поляризация волны). Случай $U_2 \neq 0$ выходит за пределы стандартных возможностей COMSOL и в данной статье не рассматривается.

При проведении вычислений были выбраны материалы и ориентации, обеспечивающие условия распространения сагиттально поляризованной ПАВ или ПАВ с незначительной составляющей U_2 (т. е. $|U_2| \ll |U_1|, |U_3|$). Так у кристаллов кубической симметрии арсенида галлия GaAs (0, 0, 0) и GaAs (0, 0, 45°) волна сагиттально поляризована, причем в первом случае это классическая рэлеевская непьезоэлектрическая ПАВ, а во втором – вырожденная псевдоПАВ (т. е. псевдоПАВ без затухания). Здесь после названия материала в скобках указаны углы Эйлера для z - x - z -вращения, как это общепринято при исследовании ПАВ в пьезоэлектриках [1]. Для ниобата лития LiNbO₃ (0, 0, 0) и LiNbO₃ (0, 38, 0) (или в других обозначениях (128° Y-X) LiNbO₃) существует отличная от нуля компонента U_2 , составляющая порядка 10 % для LiNbO₃ (0, 38, 0) и порядка 30 % для LiNbO₃ (0, 0, 0) по отношению к другим компонентам смещения. Причина, по которой были выбраны срезы арсенида галлия, – возможность сопоставить 2 метода (традиционный и метод конечных элементов), так как для ПАВ выполнено условие $U_2 = 0$. Срез LiNbO₃ (0, 38, 0) широко используется в устройствах акустоэлектроники. Константы материалов, используемые при вычислениях [2], [3], приведены в табл. 1.

Решение задач распространения ПАВ традиционными методами и методом конечных элементов предполагает различную постановку. В простейшем случае полубезграничной среды (рис. 1, а) при традиционном подходе задается вид решений для вектора смещений $U_i = U_{0i}(z) \exp[j(\omega t - k_x x)]$ и потенциала $\varphi = \varphi_0(z) \exp[j(\omega t - k_x x)]$, т. е. ПАВ распространяется вдоль оси x и имеет частоту ω . Ставится задача определить значение k_x , а также зависимости от глубины $U_{0i}(z)$ и $\varphi_0(z)$, которые бы удовлетворяли уравнению движения, уравнениям пьезоэффекта и граничным условиям. Фазовая скорость ПАВ определяется по формуле $v_0 = \omega / k_x$.

Таблица 1

Константы материалов	Материал	
	GaAs(0, 0, 0)	LiNbO ₃ (0, 0, 0)
Плотность ρ , кг/м ³	5310	4628
Упругие константы $c_{ij} \times 10^{-10}$, Па	$\begin{bmatrix} 11.9 & 5.38 & 5.38 & 0 & 0 & 0 \\ 5.38 & 11.9 & 5.38 & 0 & 0 & 0 \\ 5.38 & 5.38 & 11.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.95 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5.95 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.95 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 19.839 & 5.472 & 6.513 & 0.788 & 0 & 0 \\ 5.472 & 19.839 & 6.513 & -0.788 & 0 & 0 \\ 6.513 & 6.513 & 22.79 & 0 & 0 & 0 \\ 0.788 & -0.788 & 0 & 5.965 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5.965 & 0.788 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.788 & 7.183 \end{bmatrix}$
Пьезоэлектрические константы e_{ij} , Кл/м ²	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -0.16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.16 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.16 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 3.69 & -2.42 \\ -2.42 & 2.42 & 0 & 3.69 & 0 & 0 \\ 0.30 & 0.30 & 1.77 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Диэлектрические константы $(\epsilon_{ij}/\epsilon_0)$	$\begin{bmatrix} 9.735 & 0 & 0 \\ 0 & 9.735 & 0 \\ 0 & 0 & 9.735 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 45.6 & 0 & 0 \\ 0 & 45.6 & 0 \\ 0 & 0 & 26.3 \end{bmatrix}$

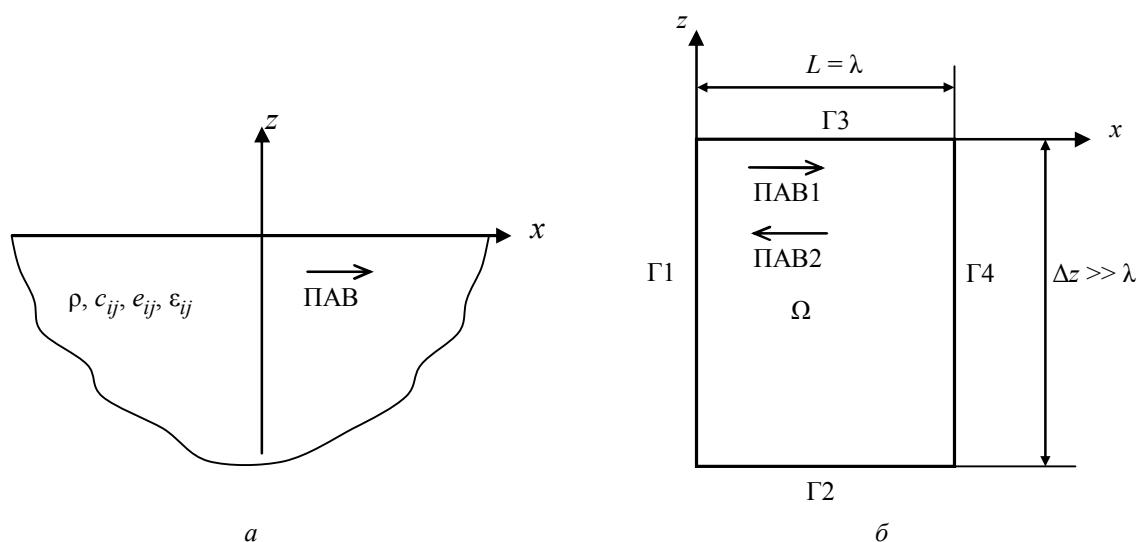


Рис. 1

В случае использования метода конечных элементов предпочтительной является следующая формулировка [4]. Область задачи конечна с размерами $L = \lambda$, $\Delta z \gg \lambda$ (рис. 1, б), где λ – длина ПАВ, т. е. $\lambda = \frac{2\pi}{k_x}$. На границах $\Gamma 1$ и $\Gamma 4$ задаются периодические граничные условия

$$\left. \begin{aligned} U_i^{(I)} &= U_i^{(IV)}, \quad i = 1, 2, 3; \\ \sum_j T_{ij}^{(I)} n_j^{(I)} &= -\sum_j T_{ij}^{(IV)} n_j^{(IV)}, \quad i = 1, 2, 3; \\ \varphi^{(I)} &= \varphi^{(IV)}; \\ \sum_i D_i^{(I)} n_i^{(I)} &= -\sum_i D_i^{(IV)} n_i^{(IV)}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где T_{ij} – тензор напряжений; n_i – вектор внешней нормали границы; D_i – вектор индукции. Длина этих границ выбирается из условия обеспечения затухания ПАВ, при вычислениях в данной статье было выбрано $\Delta z = 5\lambda$. На границе Г3 задаются граничные условия для свободной поверхности, т. е.

$$\left. \begin{aligned} \sum_j T_{ij}^{(\text{III})} n_j^{(\text{III})} &= 0, i = 1, 2, 3; \\ \sum_i D_i^{(\text{III})} n_i^{(\text{III})} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Считается, что на нижней границе Г2 отсутствуют акустическое и электрическое поля, т. е. граничные условия на Г2 можно описать в виде

$$\left. \begin{aligned} U_i^{(\text{II})} &= 0, i = 1, 2, 3; \\ \varphi^{(\text{II})} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Ставится задача определить собственную частоту ω_0 , соответствующую ПАВ, причем необходимо отделить ее от других собственных частот, которые соответствуют объемным волнам, распространяющимся вдоль оси z (как продольным, так и поперечным). Выделить требуемую собственную частоту можно, например, по виду поля в области Ω . Зная ω_0 и L можно определить скорость ПАВ по формуле $v_0 = \frac{L\omega_0}{2\pi}$. Заметим, что поле в области Ω будет описывать стоячую волну, представляющую совокупность двух, показанных на рис. 1, б, бегущих волн.

Сравнение решений, полученных традиционным методом и методом конечных элементов для случая распространения ПАВ в полубезграничной среде (рис. 1), позволяет сделать вывод о точности метода конечных элементов и выбрать его параметры с целью использовать их в задачах, для которых традиционный метод решения является слишком громоздким или приближенным.

Одна из таких задач – задача изучения параметров акустических волн, распространяющихся в зоне ВШП. Аналитическая постановка задачи (рис. 2, а) предполагает наличие двух ПАВ, так как при распространении ПАВ1 начинают формироваться волны, отраженные от ВШП (см. стрелочки на рис. 2, а). Обычно говорят о волнах R - и S - и решение представляют в виде связанных мод (СОМ, “couple of modes”) [5], [6]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dR}{dx} &= -j\delta R + jkS + j\alpha V, \\ \frac{dS}{dx} &= j\delta S - jk^* R - j\alpha^* V, \\ \frac{dI}{dx} &= -2j\alpha^* R + 2j\alpha S + j\omega CV, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где акустические поля R и S на поверхности пьезоэлектрика связаны с током I и напряжением V ВШП с помощью коэффициентов отражения k , прохождения δ , преобразования α и удельной емкости C , называемых СОМ-параметрами; знаком $*$ обозначена операция комплексного сопряжения, j – мнимая единица. Ставится задача

определения СОМ-параметров, что необходимо в дальнейшем при проектировании ВШП для конкретных устройств акустоэлектроники.

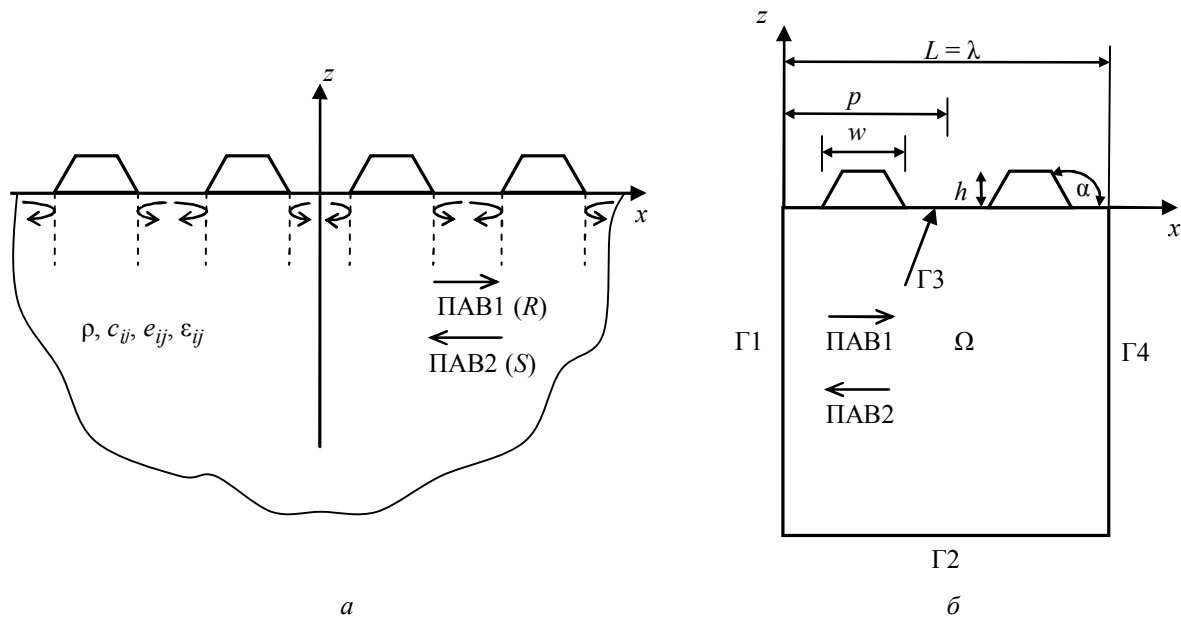


Рис. 2

В методе конечных элементов постановка будет отличаться. Вместо затухающих бегущих волн (см. (4)) следует рассматривать незатухающие стоячие волны, для которых можно определить собственные частоты. Если выбрать значение $L = \lambda$ (рис. 2, б), то собственных частот будет две: ω_1 и ω_2 [4], [7], зная которые для различных электрических условий (обычно постоянный потенциал на электродах и постоянный ток электродов), можно определить СОМ-параметры. Геометрическая форма электродов определяется коэффициентом металлизации $\eta = w/p = w/(L/2)$, высотой h и углом наклона α . Граничные условия формулируются следующим образом:

- На границах $\Gamma 1$ и $\Gamma 4$, $\Gamma 3$, $\Gamma 2$ тоже задаются граничные условия (1), (2), (3) соответственно.
- На свободных поверхностях электродов:

$$\left. \begin{aligned} \sum_j T_{ij}^{(\text{э})} n_j^{(\text{э})} &= 0, \quad i = 1, 2, 3; \\ \varphi &= 0 \quad \text{или} \quad \varphi = \text{const.} \end{aligned} \right\}$$

• На границе раздела электродов и пьезоэлектрика механические условия обеспечивают непрерывность механических параметров, а электрические условия зависят от значения электрических потенциалов, возбужденных на электродах ($\varphi = 0$ или $\varphi = \text{const}$).

- Механические граничные условия:

$$\left. \begin{aligned} U_i^{(\text{э})} &= U_i^{(\text{п})}, \quad i = 1, 2, 3; \\ \sum_j T_{ij}^{(\text{э})} n_j^{(\text{э})} &= -\sum_j T_{ij}^{(\text{п})} n_j^{(\text{п})}, \quad i = 1, 2, 3, \end{aligned} \right\}$$

где буквы «э» и «п» в скобках означают «электрод» и «пьезоэлектрик» соответственно. Заметим, что в COMSOL не реализованы граничные условия, обеспечивающие непрерывность

механических параметров, и вместо них задавались условия, соответствующие свободной поверхности, т. е. не учитывался эффект механической нагрузки электрода (mass loading effect).

Результаты моделирования. Для полубезграничной среды сравнивались скорости звука v_0 , полученные традиционным методом (считается, что он дает точное решение) и методом конечных элементов с использованием программы COMSOL (считается, что он дает приближенное решение из-за погрешности дискретизации и допущения $U_2 = 0$). Значения этих скоростей и погрешность метода конечных элементов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметр		Материал			
		GaAs (0, 0, 0)	GaAs (0, 0, 45)	LiNbO ₃ (0, 0, 0)	(128° Y-X) LiNbO ₃
Скорость v_0 , м/с	Традиционный метод	2722.3	2866.62	3787.05	3978.97
	Метод конечных элементов	2722.3	2866.7	3902	3983.3
Погрешность, %		0	0.003	3.035	0.109

Видно, что для чисто сагиттальных колебаний, реализуемых в арсениде галлия, метод конечных элементов может считаться очень точным, т. е. при корректном выборе параметров как ошибки дискретизации, так и ограниченность области Ω можно считать несущественными. Для ниобата лития результаты не столь оптимистичны, что главным образом связано с несоответствием расчетной модели, пренебрегающей одной компонентой смещения. Заметим, что чем выше доля этой компоненты, тем ниже точность решения.

Для полубезграничной среды с нанесенными электродами (рис. 2) решение традиционным способом можно получить лишь при определенных приближениях, поэтому желательно использовать метод конечных элементов (рис. 2, б). Пример сетки конечных элементов показан на рис. 3. При решении возникают две собственные частоты ω_1 и ω_2 ,

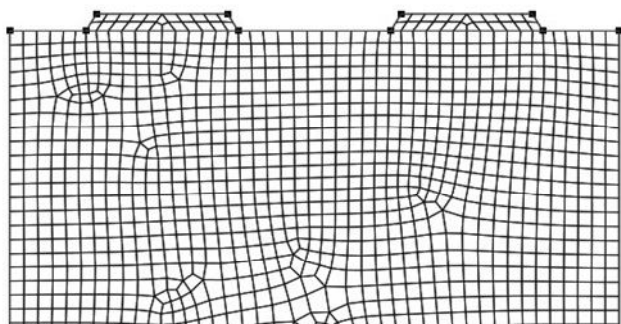


Рис. 3

соответствующие разным ПАВ: одна из них представляет колебания, при которых электрический потенциал симметричен относительно центра электродов, а другая – колебания, при которых электрический потенциал антисимметричен относительно центра электродов. По этим двум частотам можно определить фазовую скорость ПАВ v_{ph} и коэффициент отражения $|k|L$, используя выражения [7]:

$$\omega = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2);$$

$$v_{ph} = \frac{\omega\lambda}{2\pi} = \frac{\omega L}{2\pi};$$

$$|k|L = \pi \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0}.$$

На рис. 3–5 показаны зависимости фазовой скорости и коэффициента отражения от параметров формы электродов для GaAs (0, 0, 45). На рис. 4 коэффициент металлизации $\eta = 0.5$ и отношение высоты к периоду $h/L = 0.03$, а меняется угол α (см. рис. 2, б). На рис. 5, наоборот, фиксируется $\alpha = 90^\circ$, а изменяется η при $h/L = 0.03$. Наконец, рис. 6 показывает влияние высоты электродов при $\eta = 0.5$, $\alpha = 120^\circ$.

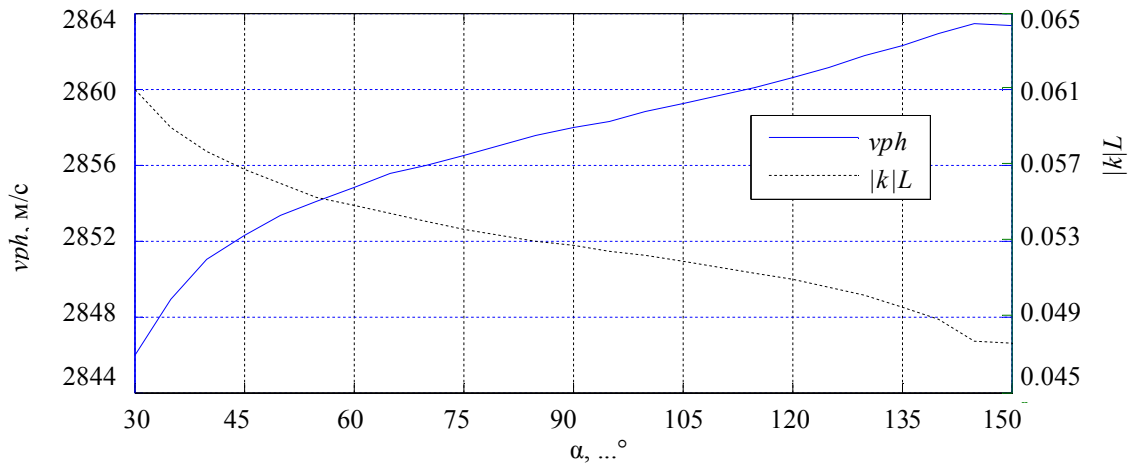


Рис. 4

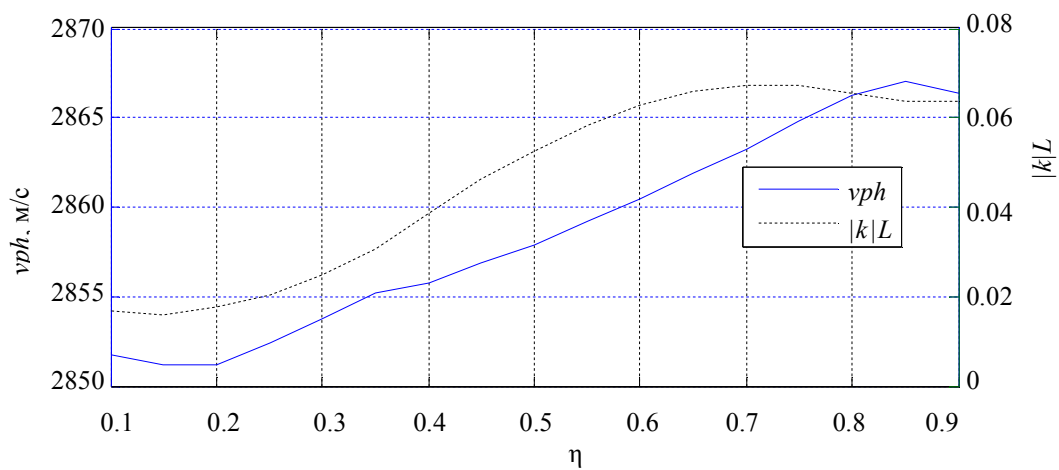


Рис. 5

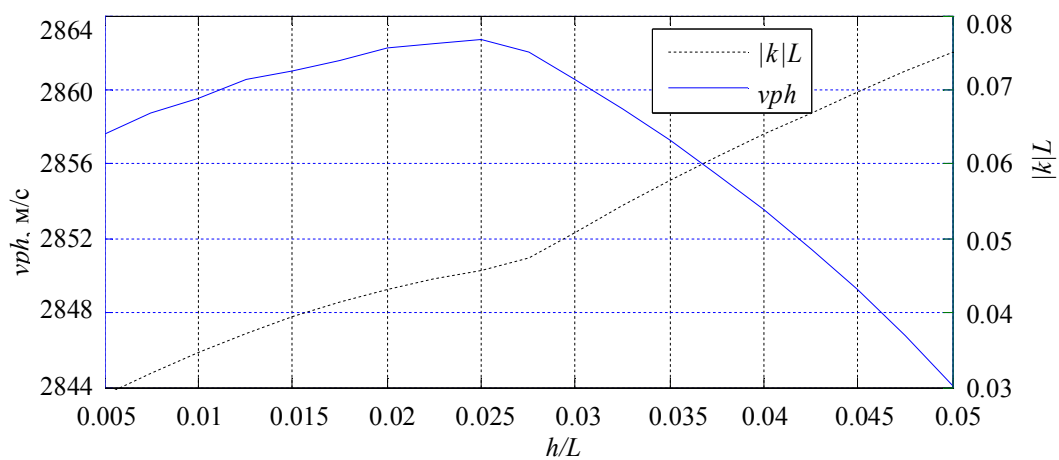


Рис. 6

Можно сделать вывод о существенном диапазоне изменения как фазовой скорости, так и коэффициента отражения при варьировании параметров электродов. Это еще раз подтверждает необходимость решения задачи распространения ПАВ при наличии ВШП с реальной конфигурацией электродов, что как раз и можно выполнить с помощью метода конечных элементов.

Итак, построены математические модели, позволяющие использовать программу COMSOL для расчета параметров акустического поля в полубезграничной среде как при отсутствии, так и при наличии ВШП. Применительно к данной задаче выявлены ограничения программы COMSOL 3.5: прежде всего возможность учета только лишь сагиттально поляризованных волн, а также недостаточно полный набор граничных условий. Указанные ограничения можно преодолеть написанием собственного программного кода в дополнение к существующему в COMSOL.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morgan D. Surface acoustic wave filters. London: Academic Press, 2007.
2. Slobodnik A. J., Conway E. D., Delmonico R. T. Microwave Acoustics Handbook, vol. I. Surface wave velocities / Air force Cambridge research labs. Cambridge, 1973.
3. Improved material constants for LiNbO₃ and LiTaO₃ / G. Kovacs, M. Anhorn, H. E. Engan et al. // IEEE Ultras. Symp. 1990. P. 435–438.
4. FEM analysis of the reflection coefficient of saws in an infinite periodic array / M. Buchner, W. Ruile, A. Dietz, R. Dill // IEEE Ultras. Symp. 1991. P. 371–375.
5. Chen D. P., Haus H. A. Analysis of metal strip SAW gratings and transducers // IEEE SU. 1985. 32. P. 395–408.
6. Thoma C. Fast COM parameter extraction theoretically derived dispersion relations for SAWs propagating in periodic metallic gratings // IEEE Ultras. Symp. 1999. P. 151–154.
7. Reflection and transmission coefficients of saw in periodic grating computed by finite element analysis / P. Bauerschmidt, R. Lerch, J. Machui et al. // IEEE Ultras. Symp. 1990. P. 421–423.

A. V. Osetrov, Nguyen Van So

SURFACE ACOUSTIC WAVES ANALYSIS UNDER THE INTERDIGITAL TRANSDUCER

The phase velocity of surface acoustic wave (SAW) propagating in the sagittal plane of different piezoelectric substrate under the interdigital transducer has been determined on the basis of programs COMSOL. The influence of parameters of the electrode's shape on the phase velocity and the reflection coefficient of SAWs was considered. The COMSOL's limitations in problems of propagation of SAWs have been analyzed.

Surface acoustic wave, interdigital transducer, acoustoelectronics, finite element method



УДК 378.1

*Н. В. Лысенко, В. В. Лучинин, А. В. Корляков,
Л. А. Марасина, Н. П. Лазарева*

МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СПБГЭТУ «ЛЭТИ» В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ ШАНХАЙСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СОТРУДНИЧЕСТВА

Рассматриваются цели и основные этапы создания Университета ШОС, система управления Университетом и финансовые основы его функционирования. Обсуждается схема обучения в Университете и опыт ЛЭТИ в создании согласованных программ подготовки бакалавров и магистров по направлению «Нанотехнологии».

Шанхайская организация сотрудничества, сетевой Университет ШОС, нанотехнологии, согласованные образовательные программы

Шанхайская организация сотрудничества (ШОС). Постоянно действующая региональная международная организация, членами которой являются шесть стран – Россия, Китай, Казахстан, Киргизия, Таджикистан и Узбекистан. Официальная дата создания ШОС – июнь 2001 г.

Статус наблюдателей предоставлен Монголии, Индии, Ирану и Пакистану. В 2009 г. Белоруссия и Шри-Ланка получили статус партнеров по диалогу ШОС.

Территория ШОС, включая страны-наблюдатели, охватывает пространство от Атлантического до Тихого океана и от Северного ледовитого до Индийского океана и занимает 61 % всего Евразийского материка или 1/4 земной суши. Совокупный демографический потенциал организации – свыше 1,5 млрд чел. – это четвертая часть населения планеты, а с учетом стран-наблюдателей он составляет немногим менее половины населения Земли – 2,9 млрд чел. Учитывая обширный географический ареал, Шанхайская организация сотрудничества является уникальной площадкой для диалога: здесь соединились несколько мировых культур и цивилизаций – российская, китайская, центральноазиатская и индийская.

Первоначально ШОС создавалась для решения проблем обеспечения безопасности на границах государств-участников, борьбы с терроризмом, сепаратизмом и экстремизмом в Средней Азии. Но постепенно сферы ее интересов расширились, она превратилась в организацию многопрофильного сотрудничества, отвечающую за обеспечение мира,

благополучия и совместного процветания стран-участников. Целями альянса являются стабильность и безопасность в регионе, а также развитие сотрудничества в политической, экономической и гуманитарной сферах.

В организации активно развивается сотрудничество в области образования. В частности, в мае 2009 г. первым Форумом ректоров ведущих университетов государств – членов ШОС было одобрено решение об открытии не имеющего аналогов в мире сетевого Университета ШОС, который представляет собой систему взаимодействия университетов стран – членов организации.

Концепция Университета ШОС. Университет функционирует как сеть уже существующих университетов в государствах – членах ШОС, а также странах-наблюдателях. Подготовку кадров высшей квалификации в рамках Университета ШОС планируется осуществлять по приоритетным областям культурного, научно-образовательного и экономического сотрудничества стран – участниц Организации: энергетика, экология, машиностроение, металлургия, материаловедение, строительство, транспорт, топливно-энергетический комплекс, история, лингвистика, IT-технологии, нанотехнологии. На начальном этапе развертывания деятельности Университета ШОС по предложению действующей экспертной рабочей группы государств – членов ШОС учебный процесс осуществляется по следующим направлениям подготовки: «Энергетика», «Экология», «Регионоведение», «Нанотехнологии» и «IT-технологии».

Цели создания Университета ШОС определены в рамках ШОС многосторонними нормативно-правовыми актами, принятыми государствами – членами ШОС:

- укрепление взаимного доверия и добрососедских отношений между странами – участницами ШОС;
- развитие интеграционных процессов в области образования, науки и технологий;
- придание нового импульса к расширению многостороннего образовательного, научного и культурного сотрудничества;
- расширение возможностей для молодежи получать качественное современное образование, а для педагогов и ученых – развивать научные контакты;
- содействие эффективному сотрудничеству стран – участниц Организации в политической, торгово-экономической, научно-технической и культурной областях.

Мероприятия по развитию Университета ШОС направлены на решение следующих основных задач:

- расширение обмена учащимися, студентами, аспирантами, докторантами и научно-педагогическими работниками;
- увеличение научно-академического сотрудничества;
- внедрение современных образовательных методик и технологий;
- создание механизмов признания и эквивалентности документов об образовании Университета ШОС государствами – членами ШОС и мировым образовательным сообществом;
- проведение экспертиз и выработка рекомендаций в конкретных областях сотрудничества ШОС;
- подготовка кадров для структур ШОС и связанных с ней организаций;

- создание сети языковых (русский и китайский) и страноведческих курсов.

Модель Университета ШОС. Подготовка кадров высшей квалификации должна осуществляться по следующим видам образовательных программ:

- подготовительные языковые курсы;
- бакалавриат (4 года);
- магистратура (2 года);
- аспирантура (3 года), предусмотренная двусторонними соглашениями;
- докторантура (3 года);
- программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

Основными языками обучения в рамках Университета ШОС являются государственный язык страны местонахождения и/или официальные языки ШОС – русский и китайский.

Модель Университета ШОС основывается на взаимодействии университетов государств – членов ШОС, являющихся базовыми (головными) вузами по соответствующим областям подготовки в своей стране. Задача головных вузов заключается в поэтапном согласовании программ аспирантов, магистров и бакалавров, реализуемых в рамках образовательных стандартов своих стран, с целью создания единых учебных программ Университета ШОС по соответствующим областям подготовки.

Сотрудничество вузов в рамках Университета ШОС началось с разработки согласованных программ подготовки магистров, доля вузовской составляющей которых в соответствии с ГОС ВПО больше, чем в бакалаврских программах. Обучаясь в бакалавриате, студент будет иметь возможность на должном уровне получить языковую подготовку для дальнейшего обучения в магистратуре Университета ШОС без потери времени, выделенного для изучения языка.

Система управления Университетом ШОС. В соответствии с механизмами управления, существующими в ШОС, система управления Университетом ШОС включает несколько ступеней:

Координационный (исполнительный) совет, в который входят по одному представителю от страны из органа, отвечающего за образовательное сотрудничество. Координационный совет обеспечивает координацию деятельности Университета ШОС на уровне соответствующих министерств и руководящих органов ШОС и вносит предложения по обеспечению нормативно-правовой деятельности Университета ШОС.

Попечительский совет, который обеспечивает формирование положительного имиджа Университета ШОС в странах – участницах Организации и мировом образовательном сообществе, привлечение бизнес-структур для совместной подготовки специалистов и содействия в трудоустройстве выпускников; способствует привлечению финансовых средств для развития Университета ШОС; продвигает интересы Университета ШОС в различных государственных и негосударственных структурах, фондах и организациях.

Секретариат (ректорат) Университета ШОС, осуществляющий управление текущей деятельностью Университета ШОС, в том числе информационно-аналитическое, юридическое и финансово-организационное обеспечение деятельности Университета ШОС, ведение текущих дел и документации.

Экспертные группы по каждой области подготовки, включающие по одному представителю от каждого базового вуза по каждой области подготовки. Экспертные группы

осуществляют поддержку учебно-методической и научно-исследовательской деятельности в конкретной области подготовки.

Финансовые основы функционирования Университета ШОС. Финансовой основой деятельности Университета ШОС является его бюджет, который должен обеспечивать:

- функционирование координационного (исполнительного) совета, секретариата и экспертных групп Университета ШОС;
- разработку согласованных учебных программ;
- проведение рабочих встреч по проблемам развития Университета ШОС;
- стипендиальное обеспечение международной мобильности по программам Университета ШОС;
- покрытие расходов вузов на обучение иностранных студентов по программам Университета ШОС.

Бюджет Университета ШОС формируется из различных источников:

- средств соответствующих министерств государств – членов ШОС или целевых программ;
- взносов стран – участниц Организации в рамках развития структур ШОС;
- внебюджетных (контрактных) средств обучения студентов;
- прочих источников.

Финансирование конкретных направлений деятельности должно осуществляться из соответствующих источников.

Схема обучения в Университете ШОС. Студент, обучающийся по программе Университета ШОС, имеет возможность с любого семестра продолжить свое обучение в головном иностранном вузе, который реализует согласованную программу. При этом максимальный срок пребывания и количество иностранных вузов-партнеров не ограничивается, но максимальный срок пребывания должен соответствовать сроку обучения и общему количеству часов, необходимых для получения документа об образовании в своем национальном вузе. Студент обязан пройти обучение в иностранном вузе-партнере – головном (базовом) вузе УШОС сроком не менее длительности одного модуля программы, при этом рекомендуемый срок обучения – не менее одного семестра.

Набор студентов осуществляется на основе взаимосогласованных квот на прием студентов в университеты по линии Университета ШОС. Квоты в целом должны соответствовать долевым взносам государств – членов ШОС в бюджете Университета. Такие квоты определяются странами ежегодно и применяются только для студентов, обучение которых финансируется из бюджета Университета ШОС. Вторая группа студентов – это студенты, обучающиеся на контрактной основе и самостоятельно покрывающие расходы на свое обучение. Количество студентов этой группы не квотируется и определяется по согласованию между базовыми вузами. Предварительное согласование необходимо, прежде всего, для планирования и регулирования последующих потоков академической мобильности.

По итогам обучения студент получает диплом вуза, в котором он целиком выполнил учебную программу и сдал соответствующие экзамены.

На начальном этапе развития Университета ШОС студент также получает взаимосогласованный сертификат Университета ШОС. Страны совместно работают над введением единого диплома Университета ШОС.

Участие СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в Университете ШОС. В 2009 г. СПбГЭТУ «ЛЭТИ» участвовал в открытом публичном конкурсе по отбору головных (базовых) образовательных учреждений высшего профессионального образования Российской Федерации, формирующих Университет Шанхайской организации сотрудничества как сеть высших учебных заведений, по направлениям обучения в Университете Шанхайской организации сотрудничества: «Регионоведение», «Экология», «Энергетика», «IT-технологии» и «Нанотехнологии».

По результатам конкурса головными (базовыми) вузами по направлению подготовки «Нанотехнологии» стали Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (вуз-координатор), Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) и Национальный исследовательский университет «Белгородский государственный университет».

По направлению «Нанотехнологии» в Университете ШОС кроме вузов Российской Федерации принимают участие вузы Республики Казахстан, Республики Таджикистан и Китайской Народной Республики, список которых представлен в таблице.

Государства – члены ШОС	Наименование вуза
Республика Казахстан	Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева (вуз-координатор) Казахский национальный университет имени аль-Фараби Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева
Республика Таджикистан	Таджикский национальный университет Таджикский государственный медицинский университет им. А. Сино
Китайская Народная Республика	Пекинский университет (вуз-координатор) Университет Цинхуа Университет науки и техники Центрального Китая

В 2009 г. кафедрой микроэлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» были разработаны и согласованы с другими головными (базовыми) вузами по направлению подготовки «Нанотехнологии» модули магистерской программы «Нано- и микросистемная техника», нацеленной на формирование профессиональных компетенций области наноматериалов и наносистем, процессов нанотехнологии и методов нанодиагностики, физико-математических и физико-химических моделей процессов синтеза, диагностики и функционирования нано- и микросистем, моделирования, проектирования и получения компонентов нано- и микросистемной техники.

Для согласованной магистерской программы были разработаны учебный план и учебно-методические комплексы приоритетных дисциплин, отражающих научную школу кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ»:

- материаловедение микро- и наносистем;
- физика наносистем;
- нано- и микросенсорика;
- процессы микро- и нанотехнологии;
- нано- и микромашины;
- бионические наносистемы.

Эти дисциплины рекомендуются для первоочередного включения в образовательные траектории магистрантов.

Для проведения скоординированных научных исследований в рамках Университета ШОС кафедрой микроэлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» были предложены следующие темы:

1. Теоретическое исследование энергетического спектра носителей заряда в полупроводниковых материалах (научный руководитель – Глинский Геннадий Федорович, д-р физ.-мат. наук, профессор).

2. Разработка методов неразрушающего контроля параметров полупроводниковых наногетероструктур (научный руководитель – Глинский Геннадий Федорович, д-р физ.-мат. наук, профессор).

3. Повышение эффективности каскадных солнечных элементов на основе аморфного и микрокристаллического кремния (научный руководитель – Теруков Евгений Иванович, д-р техн. наук, профессор).

4. Разработка портативного источника питания на основе водород-воздушных топливных элементов (научный руководитель – Теруков Евгений Иванович, д-р техн. наук, профессор).

5. Разработка и оптимизация методов формирования каталитических слоев водород-воздушных топливных элементов (научный руководитель – Теруков Евгений Иванович, д-р техн. наук, профессор).

6. Упругие и фононные характеристики графена и силицена (научный руководитель – Давыдов Сергей Юрьевич, д-р физ.-мат. наук, профессор).

7. Адсорбционные свойства графена (научный руководитель – Давыдов Сергей Юрьевич, д-р физ.-мат. наук, профессор).

8. Исследование полупроводниковых квантоворазмерных наногетероструктур методами модуляционной оптической спектроскопии и фурье-спектроскопии (научный руководитель – Комков Олег Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, доцент).

9. Рост и эволюция фрактальных агрегатов в золь-гель-процессах при формировании нанокомпозитов (научный руководитель – Мошников Вячеслав Алексеевич, д-р физ.-мат. наук, профессор).

10. Исследование газочувствительных металлооксидных слоев с иерархической структурой пор (научный руководитель – Мошников Вячеслав Алексеевич, д-р физ.-мат. наук, профессор).

11. Исследования квантоворазмерных наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса (научный руководитель – Зубков Василий Иванович, д-р физ.-мат. наук, доцент).

12. Построение информационно-измерительных систем нового поколения в технологии «виртуальных приборов» для диагностики электрофизических параметров приборов и структур наноэлектроники (научный руководитель – Зубков Василий Иванович, д-р физ.-мат. наук, доцент).

К настоящему времени было подготовлено и заключено Соглашение о совместной подготовке квалифицированных кадров по согласованным образовательным программам подготовки магистров по направлению «Нанотехнологии» в рамках Университета ШОС между Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) и Казахским национальным техническим университетом имени К. И. Сатпаева. В текущем учебном году в пилотном режиме осуществлен запуск Университета ШОС по

подготовке обучающихся по программам магистратуры, в соответствии с которым СПбГЭТУ «ЛЭТИ» выделены квоты на обучение студентов из Казахстана.

В 2010 г. разработан модуль согласованной образовательной программы Университета ШОС по направлению «Нанотехнологии».



В рамках международной конференции «Университет ШОС как инновационная инфраструктура взаимодействия образовательных систем в многостороннем формате» 26 апр. 2010 г. в г. Москве состоялось подписание Меморандума о сотрудничестве вузов государств – членов ШОС по созданию Университета ШОС, который от Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) подписал проректор по учебной работе Николай Владимирович Лысенко (см. на фото).

На состоявшейся 23 сент. 2010 г. в г. Новосибирске международной научно-практической конференции «Университет ШОС: от интеграции к инновационному развитию» были обозначены мероприятия по развитию Университета ШОС в среднесрочной (2010–2012 гг.) и долгосрочной перспективе (2012–2015 гг.).

Планы дальнейшего развития предполагают:

- согласование и запуск программ и модулей обучения в аспирантуре/докторантуре, а также программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки;
- запуск подготовки по системе «бакалавр плюс магистр» по тем направлениям подготовки, которые реализовывались на магистерском уровне;
- создание сети информационного обеспечения и дистанционного образования Университета ШОС;
- расширение списка направлений и специальностей подготовки;
- издание научных вестников и других изданий Университета ШОС;
- проведение мероприятий, направленных на широкое международное признание Университета ШОС и выдаваемых им дипломов, а также на международную аккредитацию

образовательных программ бакалавриата и магистратуры для повышения конкурентоспособности Университета;

- создание студенческих сообществ и иных ассоциаций.

Университет ШОС открыт для новых вузов и создания новых совместных программ подготовки.

N. V. Lysenko, V. V. Luchinin, A. V. Korlyakov, L. A. Marasina, N. P. Lazareva

LETI INTERNATIONAL ACTIVITIES IN THE SPHERE OF EDUCATION WITHIN THE LIMITS OF THE SHANGHAI COOPERATION ORGANIZATION

The purposes and the basic stages of the SCO University creation, its management and financial system are considered. The training scheme at the SCO University and LETI experience of creation of the coordinated bachelor and master programs on nanotechnology are discussed.

The Shanghai Cooperation Organization, net SCO University, nanotechnology, coordinated master program



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 658.1

В. А. Дрещинский, В. М. Исаева

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ ДЕПРЕССИВНОГО РЕГИОНА

Излагается подход к оценке инвестиционной привлекательности отраслей экономики депрессивного региона, которые позволят определить приоритетные направления государственного инвестирования.

Инвестиционная привлекательность, депрессивный регион

При разработке стратегии выравнивания экономики депрессивного региона важным вопросом является оценка инвестиционной привлекательности экономики региона².

Проблема методического обеспечения инвестиционной привлекательности и ее комплексного анализа представляет не только теоретический, но и практический интерес. Если региональные проблемы инвестиционной привлекательности, так или иначе, активно разрабатываются, то в отраслевом разрезе они почти не исследованы. Это при том, что с народнохозяйственной точки зрения оба аспекта по своей значимости вовсе не уступают друг другу.

Необходимость вывода экономики депрессивного региона из кризиса, завоевания достойных позиций в экономическом пространстве не может обойтись без анализа объективно складывающихся отраслевых инвестиционных потоков. Инвестиционный климат в регионе может быть признан благоприятным или неблагоприятным под влиянием характеристик развития одной или нескольких приоритетных для региона отраслей, тогда как остальные могут представлять собой совершенно иную сферу для инвестирования. Методический аспект ранжирования регионов по степени благоприятности инвестиционного климата должен заключаться, по мнению авторов статьи, в обосновании таких подходов, которые могут обеспечить учет как чисто отраслевых и территориальных факторов, так и их взаимное влияние. Система характеристик инвестиционного климата региона должна включать в себя отраслевые оценки по отдельным укрупненным группам отраслей, сферам производства.

² Под депрессивным в статье понимается регион, оказавшийся в результате острого кризиса в основной (основных) отраслях экономики в состоянии крайнего экономического упадка.

Однако методика сопоставления инвестиционной привлекательности отраслей не отменяет необходимости конкретного рассмотрения потенциальных объектов инвестирования.

На основании анализа статистических показателей, представленных региональной статистикой, были выявлены наиболее существенные факторы, воздействующие на инвестиционную привлекательность отраслей, и разработана ее комплексная оценка.

Для оценки инвестиционной привлекательности отраслей предлагается использовать рейтинговую оценку. Под рейтингом инвестиционной привлекательности отрасли понимаются критерии деятельности предприятий отрасли и ее положения относительно других отраслей. Этапы выполнения расчетов оценки инвестиционной привлекательности отраслей экономики депрессивного региона представлены на рисунке.

При формировании набора показателей необходимо выполнить условия репрезентативности, некоррелированности, а также отсутствия эффекта мультиколлинеарности.

Конструирование сводного динамического показателя инвестиционной привлекательности отрасли (вид экономической деятельности) предполагает построение индивидуальной матрицы наблюдений и определение координат эталона развития.

Координатами эталона служат нормативные либо определяемые экспертно значения признаков. Признаки, оказывающие положительное влияние на уровень развития, будем считать стимуляторами, в отличие от признаков-дестимуляторов, которые оказывают тормозящее влияние.

При решении задач мониторинга инвестиционной привлекательности отраслей региона в качестве эталона целесообразно принять фиксированные на некоторый период значения признаков, учитывая как нормативные, так и расчетные показатели, рассматривая их не только как цель, но и как условия развития.

Для исключения влияния размерности показателей производится стандартизация матрицы наблюдений и эталона развития.

Стандартизация имеет отрицательные последствия, заключающиеся в том, что каждый из стандартизованных признаков оказывает в среднем одинаковое влияние на расстояние между изучаемыми точками-объектами. Смягчения этого нежелательного явления можно добиться введением коэффициентов иерархии (весов), разделяющих признаки по их важности.

Построение динамического показателя качества функционирования отрасли начинается с расчета отклонений до эталона развития:

$$C_{io} = \left[\sum (Z_{ik} - Z_k)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Далее находят:

– среднее расстояние до эталона развития:

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_{i0};$$

– стандартное отклонение:

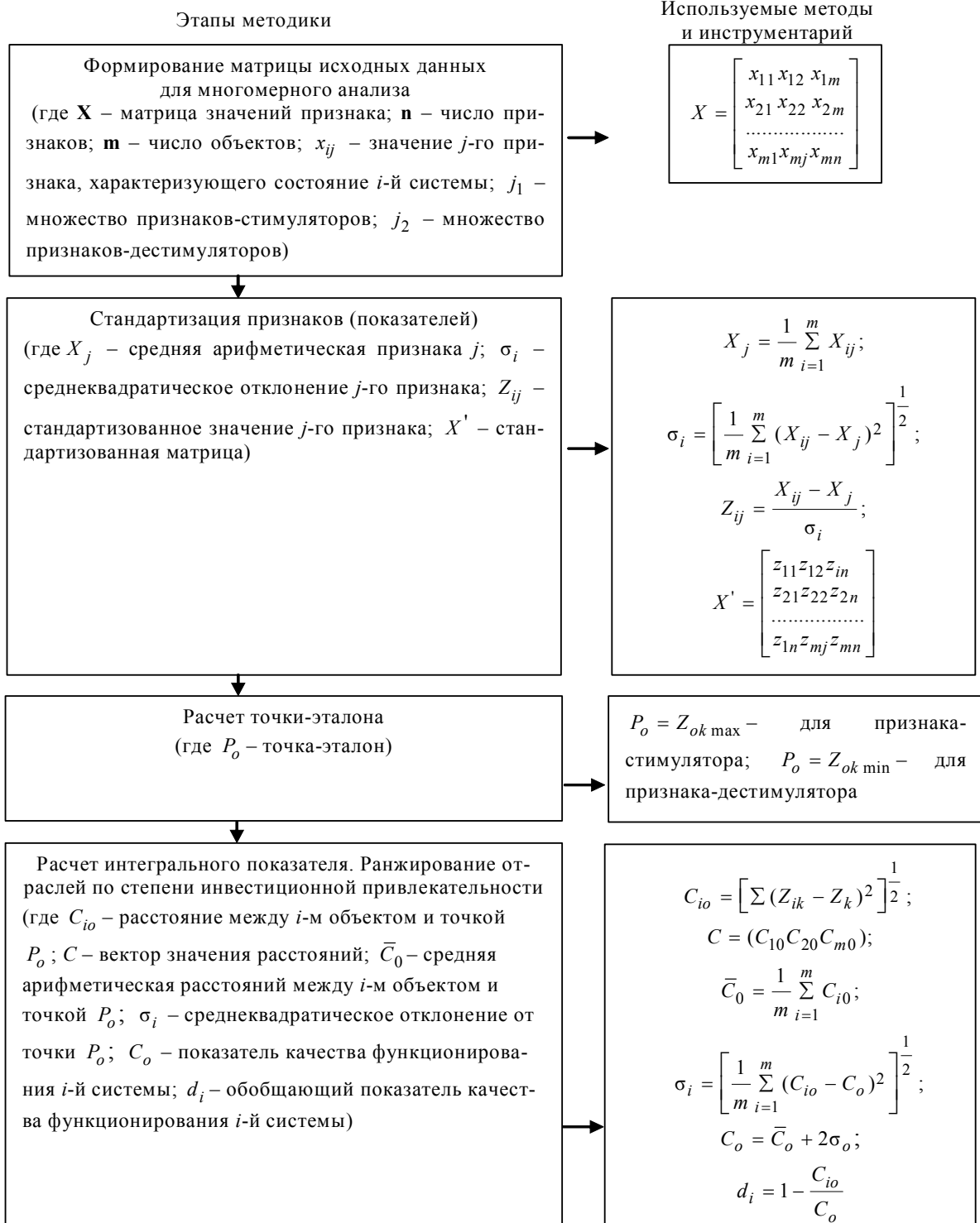
$$\sigma_i = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (C_{io} - C_o)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

– максимально возможное отклонение от сводного эталона:

$$C_o = \bar{C}_o + 2\sigma_o.$$

Сводный динамический показатель уровня качества функционирования определяется формулой

$$d_i = \frac{C_{io}}{C_o}.$$



Показатель качества функционирования (уровня развития) характеризуется тем, что является величиной положительной и лишь с вероятностью, близкой к нулю, может оказаться больше единицы.

На практике удобнее использовать сводный показатель в виде

$$d_i = 1 - \frac{C_{io}}{C_o},$$

который интерпретируется следующим образом: данная исследуемая система находится на тем более высоком уровне развития (в смысле приближения к эталону), чем ближе значение показателя уровня развития к единице.

Основная трудность исследований инвестиционной привлекательности заключалась в выборе показателей (признаков), с помощью которых должна проводиться оценка. С расширением данных статистики при выявлении приоритетов развития появляется возможность исследовать различные блоки показателей, характеризующие не только эффективность производственной деятельности и финансовое состояние отраслей, а также перспективы роста, институциональную среду и инновационную активность отраслей.

Авторами были сформированы основные блоки показателей, используемые для оценки инвестиционной привлекательности отрасли.

Показатели динамики развития отрасли, к которым относятся: темп роста (падения) уровня производства (индекс физического объема, настоящего года по сравнению с предыдущим, % (стимулятор); темп роста физического объема производства, настоящего года к 1990 г., % (стимулятор); отношение индекса физического объема производства отрасли в регионе к индексу по России в целом, настоящего года по отношению к предыдущему, % (стимулятор); отношение индекса физического объема производства в регионе к индексу по России в целом, настоящего года к 1990 г. (стимулятор); показатель устойчивости отрасли (с 1990 г. по настоящий год), % (дестимулятор).

Показатели эффективности: коэффициент рентабельности всего капитала, % (стимулятор); коэффициент рентабельности продаж, % (стимулятор); коэффициент рентабельности собственного капитала, % (стимулятор); доля убыточных предприятий, % (дестимулятор); рентабельность затрат, % (стимулятор).

Показатели финансового состояния. Характеризуют степень защищенности интересов инвесторов и кредиторов: коэффициент финансового рычага (левериджа), % (дестимулятор); коэффициент обеспеченности предприятий собственными оборотными средствами, % (стимулятор); коэффициент текущей ликвидности, (стимулятор); коэффициент восстановления, % (стимулятор).

Показатели деловой активности (оборачиваемости) и технико-экономического состояния отраслей: износ ОПФ, % (дестимулятор); коэффициент ввода ОПФ, % (стимулятор); коэффициент оборачиваемости (оборотов) запасов (стимулятор); общий коэффициент оборачиваемости (оборотов) капитала (стимулятор); фондоотдача основных фондов, р./р. (стимулятор).

Характеристика институциональной среды: отношение кредиторской задолженности к дебиторской, % (дестимулятор); коэффициент отношения выручки от реализации просроченной

дебиторской задолженности и авансов (стимулятор); коэффициент отношения выручки от реализации к просроченной кредиторской задолженности (стимулятор); доля просроченной кредиторской задолженности в общей сумме задолженности, % (дестимулятор); доля просроченной дебиторской задолженности в общей сумме задолженности, % (дестимулятор).

Характеристика инновационной активности отраслей: темпы роста объема отгруженной инновационной продукции инновационно-активных предприятий, % (стимулятор); удельный вес инновационно-активных предприятий в общем объеме предприятий отрасли, % (стимулятор); доля отгруженной инновационной продукции инновационно-активных организаций, % (стимулятор); доля значительно измененной или вновь внедренной продукции, % (стимулятор).

С учетом данных официальной статистики, а также методики, предложенной в настоящей статье, можно провести обобщенную оценку инвестиционного потенциала отраслей экономики депрессивного региона.

V. A. Dreshchinsky, V. M. Isaeva

METHODS OF EVALUATION OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF PARTICULAR SECTORS OF THE ECONOMY DEPRESSED REGION

The paper sets out the approach to the evaluation of investment attractiveness of industries depressed region, which will identify priority areas for public investment.

Investment attractiveness, depressed regions

УДК 364

Г. В. Голигузова

ПЕНСИОННЫЕ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА

Рассмотрены практические аспекты построения пенсионной программы предприятия.

Негосударственное пенсионное обеспечение, пенсионная программа, система мотивации труда

Современная концепция повышения эффективности деятельности предприятий нашла широкое распространение в странах Западной Европы и Азии, США и Японии, в других странах, активно развивающихся в настоящее время. Основной идеей такой концепции стало положение о партнерских отношениях между администрацией предприятия и работниками, в результате которых достигается справедливое распределение полученных доходов. Данная концепция рассматривает уровень жизни работника своей важнейшей составляющей. Трудовые ресурсы рассматриваются как ключевой фактор в системе повышения эффективности производства.

Создать сплоченный квалифицированный и заинтересованный в успешной работе предприятия коллектив работников – одна из важнейших задач современного руководителя.

Все чаще российские предприятия для дополнительной мотивации труда персонала используют пенсионные программы, которые позволяют обеспечить не только социальную защиту работников, но и решают ряд других задач:

- повышение трудовой мотивации работников;
- стимулирование талантливых работников к дальнейшему профессиональному росту;
- привлечение и закрепление в штате предприятия высококвалифицированных менеджеров и специалистов;
- снижение текучести кадров;
- укрепление дисциплины;
- планомерная ротация кадров;
- формирование статуса социально-ответственной организации;
- повышение конкурентоспособности предприятия;
- повышение эффективности производства;
- сокращение затрат на подготовку специалистов;
- сокращение затрат на финансирование социальных программ за счет налоговых преференций государства.

Многие аспекты при формировании пенсионных программ на промышленных предприятиях, обеспечивающих мотивацию труда персонала и повышение эффективности производства, еще очень мало освещены в экономической литературе и требуют детального изучения. Полностью отсутствует понимание места пенсионной программы промышленного предприятия в общей системе пенсионного обеспечения и страхования в стране, отсутствуют исследования методов формирования пенсионных программ, недостаточно проработаны вопросы взаимосвязи с формами мотивации труда, не определены параметры конкретных пенсионных программ.

С целью определения места пенсионной программы в системе повышения эффективности производства и в общей системе пенсионного обеспечения и страхования в стране, необходимо рассмотреть закономерности развития системы обязательного и дополнительного пенсионного обеспечения и страхования, определить сущность, понятия и проблемы системы пенсионного обеспечения, выявить тенденции развития системы пенсионного обеспечения и проблемы реализации и развития системы дополнительного негосударственного пенсионного обеспечения.

Пенсионное обеспечение – это часть системы социальной защиты населения в стране, причем наиболее значимая, так как должна защищать социальные интересы наиболее уязвимой части населения – пенсионеров, инвалидов, населения, не имеющего возможности трудиться.

Пенсия – это отложенная заработная плата, которая может быть выплачена работнику через много лет после того времени, когда была выполнена работа.

Для реализации целей пенсионного обеспечения в государственном масштабе необходимо создание пенсионной системы, которая представляет собой сложную технологическую цепочку процессов – от назначения до выплаты пенсий, сюда же обязательно должно быть включено предприятие и сам человек, через дополнительные взносы в негосударственный пенсионный фонд.

В России система негосударственного пенсионного обеспечения населения начала создаваться после принятия Указа Президента РФ.

В мае 1998 года в России был принят Федеральный закон "О негосударственных пенсионных фондах" [1]. Это существенно изменило ситуацию в системе пенсионного обеспечения, появилась реальная возможность включить в пенсионную систему и предприятие, и человека, при этом статус негосударственного пенсионного фонда стал таким же, как банки и страховые компании.

Анализ государственной политики в области пенсионного обеспечения, зарубежный опыт функционирования систем пенсионного обеспечения, правовые особенности разработки пенсионных программ позволяют сделать вывод о том, что главная задача государства при проведении пенсионной реформы заключается в обеспечении условий, при которых коэффициент после трудового возмещения будет достигать уровня среднеевропейских показателей.

К таким условиям, по мнению автора настоящей статьи, следует отнести:

- установление налогового режима, стимулирующего более активное участие как работодателей, так и самих граждан в формировании пенсионных накоплений;
- обеспечение строгого контроля за соблюдением всеми субъектами и участниками процесса обязательного и добровольного дополнительного пенсионного обеспечения норм и правил, гарантирующих сохранность пенсионных накоплений;
- обеспечение льготного доступа к инвестированию пенсионных накоплений в эффективные инвестиционные проекты.

Реализация этих условий предполагает понимание государством необходимости стимулировать все виды пенсионных накоплений с целью достижения коэффициента возмещения утраченного заработка до 75 % предшествующей оплаты труда. И не в среднем по стране, а для каждого конкретного человека. Сегодня этот коэффициент составляет приблизительно 25 %, а во многих случаях – и менее.

Развитие системы дополнительных негосударственных пенсий, по мнению М. М. Аранжереева [2], объективно должно идти по нарастающей, поскольку добровольные отчисления работодателя и личные пенсионные накопления могут обеспечить вполне прогнозируемый уровень жизни работника после выхода на пенсию. Реформирование системы пенсионного обеспечения должно осуществляться у нас в стране таким образом, чтобы стимулировать работодателя и работника к участию в дополнительном пенсионном обеспечении.

В условиях рынка смогут выжить только те предприятия, которые больше внимания будут уделять таким вопросам, как:

- усиление мотивации труда работников, использование новых подходов и форм;
- улучшение качества рабочей среды, включая установление гармоничных партнерских отношений между администрацией и работниками с целью максимизации их интеллектуального вклада и фактической производительности труда;
- создание оптимального для человека режима работы в условиях высокого уровня автоматизации производства;
- совершенствование стратегии развития предприятия в отношении развития трудовых ресурсов, трудовых отношений между администрацией и работниками через внедрение новой системы ценностей.

Действующая в настоящее время система обязательного пенсионного обеспечения и страхования в обозримом будущем (15–20 лет) не сможет обеспечить уровень жизни пенсионера, приближающийся к европейским стандартам. Главной причиной этого недостатка стал тот факт, что при реформировании пенсионной системы в нашей стране недостаточно глубоко рассматривается вопрос о привлечении средств работодателя к формированию пенсионных накоплений своих работников.

В странах с развитой экономикой большинство фирм или корпораций имеют пенсионные программы в рамках социального пакета, который они предлагают своим работникам. Пенсионная программа формирует дополнительную к государственной пенсию. Это может обеспечить

уровень пенсии, соответствующий мировым стандартам. Источниками формирования дополнительной пенсии могут быть как средства работодателя, так и собственные средства работника. Для привлечения дополнительных средств работника работодатель закладывает в пенсионную программу условия, которые способствуют усилению мотивации труда.

Социальный компенсационный пакет или система вознаграждений, которые используются на предприятии, может складываться из трех элементов – основная оплата труда (базовая зарплата), дополнительная оплата (побудительные выплаты, премии, бонусы) и социальные выплаты или льготы.

Сегодня регулируемые государством и финансируемые работодателями и частными лицами накопительные пенсионные программы начинают играть все более важную роль. Пенсионные программы становятся частью договора о причитающемся работнику наборе социальных гарантий и вознаграждений. Такие программы обеспечивают поддержку необходимого человеческого уровня жизни пенсионера, позволяют промышленным предприятиям повышать эффективность производства.

Пенсионная программа – это система договорных отношений, в результате которых работодатель берет на себя обязательства по обеспечению дополнительными пенсиями своих работников на определенных условиях.

Этапы формирования пенсионной программы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Этап	Содержание решаемых задач
Первый	Анализ социально-экономических показателей предприятия: половозрастная структура работников, динамика заработной платы по категориям, текучесть кадров, темпы выхода на пенсию, стоимость пенсионной программы по предварительным актуарным расчетам и т. п.
Второй	Разработка концепции пенсионной программы: определение целей, степень охвата работников предприятия, режимы уплаты пенсионных взносов и порядок выплат, условия приобретения работником права на получение пенсии
Третий	Разработка и утверждение внутренних нормативных и организационных документов: <ul style="list-style-type: none"> – Положение о пенсионной программе предприятия; – Положение о пенсионной комиссии; – Положение о персональных дополнительных пенсиях; – Инструкция по назначению и исчислению размеров дополнительной пенсии; – формы протокола заседания пенсионной комиссии; – дополнительное соглашение к трудовому договору, заявления и другие документы
Четвертый	Создание пенсионной комиссии, оформление списков участников пенсионной программы

Очень важным показателем эффективно действующей пенсионной программы является соотношение пенсионных взносов и инвестиционного дохода, так как пенсионные деньги принято считать «длинными». Чем дольше процесс накопления, тем очевиднее выгода и для предприятия, получающего дополнительный источник финансирования для развития бизнеса, и для работника, получающего дополнительные начисления на пенсионный счет, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Доля, %	Накопительный период, лет				
	5	10	15	20	30
Пенсионных взносов	85	70	55	45	2
Инвестиционного дохода	15	30	45	55	75

Следовательно, чем раньше начинается процесс пенсионного накопления, тем больше доля инвестиционного дохода в пенсии работника.

В зависимости от размеров собственных пенсионных взносов работников предприятие может обеспечить пропорциональное увеличение пенсионных накоплений человека к моменту выхода его на пенсию. При достижении определенных условий, принятых в пенсионной программе предприятия, фактические накопления в пользу работника могут переводиться с солидарного счета предприятия на именной пенсионный счет работника, например:

- *Пенсионная программа «Паритетный план»* – размер пенсии работника в программе зависит от размера накоплений предприятия в пользу конкретного работника, величины собственных накоплений работника, срока его участия в пенсионной программе, возраста, стажа и его социального статуса (должности) и различных коэффициентов, устанавливаемых пенсионной программой. Этот вариант пенсионной программы также может быть использован, когда для основной группы работников назначается пенсия в зависимости от определенного тарифа, установленного пенсионной комиссией предприятия, а для другой категории работающих (например, высший менеджмент, ключевые специалисты) оформляются пожизненные пенсионные выплаты, с учетом различных коэффициентов, также устанавливаемых пенсионной комиссией.

- *Пенсионная программа «Инвестиционный план»* – промышленное предприятие перечисляет пенсионные взносы в негосударственный пенсионный фонд как базовый капитал, который не предназначен для пенсионных выплат работникам и по договору будет возвращен предприятию через определенный период (например, 5 лет). Пенсионные резервы по данной программе формируются за счет инвестиционного дохода от вложения базового капитала.

- *Пенсионная программа «Индивидуальный план»* – предприятие открывает именные пенсионные счета на всех своих работников, перечисляет на них первоначальный пенсионный взнос, а далее предоставляет своим работникам самостоятельно заботиться о своей дополнительной негосударственной пенсии.

В зависимости от результатов производственно-финансовой деятельности предприятия оно может ежегодно перечислять дополнительные суммы на именные пенсионные счета своих работников.

Параметры и условия реализации конкретной корпоративной пенсионной программы выстраиваются исходя из особенностей и интересов предприятия, возможных источников ее финансирования, расчетов размера пенсионных взносов, выплат и периода накопления с учетом половозрастного состава работников, выбранных предприятием пенсионных схем.

Применение различных технологий солидарного и именного пенсионного счета, срочных и пожизненных пенсионных выплат работникам позволяет предприятию наиболее эффективно использовать возможности налогового планирования. Одновременно до наступления у работника оснований на пенсионные выплаты предприятие имеет право распоряжаться средствами солидарного пенсионного счета, по своему усмотрению перераспределяя их среди работников или изымая в виде выкупной суммы.

В конечном итоге, внедрив пенсионную программу, предприятие повысит свою конкурентоспособность на рынке труда и приобретет имидж социально-ориентированной организации. Этот фактор, безусловно, привлечет инвесторов и будет способствовать развитию бизнеса.

Предлагаемые в статье пенсионные программы успешно используются многими предприятиями и организациями, которые заключили договоры с негосударственными пенсионными фондами. Учитывая налоговые преференции государства в части негосударственного пенсионного обеспечения для работодателей, дополнительные пенсии становятся более чем весомым стимулом добросовестного труда работника и эффективным средством управления предприятием.

Дополнительное пенсионное обеспечение сможет обеспечить в совокупности с государственной пенсией достойный уровень жизни для граждан страны в возрасте, когда человек уже не может трудиться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 8 апреля 1998 г. № 75 "О негосударственных пенсионных фондах" (в ред. 2009 г.).
2. Аранжереев М. М. Как обеспечить достойное будущее, или Возможности негосударственных пенсионных фондов. М.: Эксмо, 2008.

G. V. Goliguzova

COMPANY'S RETIREMENT PLANS AS AN ELEMENT OF THE SYSTEM OF PERSONNEL'S LABOR MOTIVATION

Practical aspects of company's retirement program construction are considered.

Non-governmental retirement insurance, retirement program, system of labor motivation



УДК 621(099)

О. Г. Вендик, Л. И. Золотинкина

СОРОК ЛЕТ СО ДНЯ ОТКРЫТИЯ ПАМЯТНИКА А. С. ПОПОВУ В ФИНСКОМ ГОРОДЕ КОТКА

Краткая история событий, связанных с памятником А. С. Попову в г. Котка, открытом в 1970 г. Рассказано об экспозиции, посвященной линии радиосвязи между г. Котка и о. Гогланд, открытой в музейном комплексе «Морской центр “Велламо”» в г. Котка.

А. С. Попов, г. Котка, о. Гогланд, Д. Б. Рябичев, Л. Хейнянен, Е. А. Попова-Кьяндская, Морской центр «Велламо», броненосец «Генерал-адмирал Апраксин», А. А. Реммерт, Э. Дюкрете

10 октября 1970 г. в г. Котка на перекрестке двух улиц: Папинкату и Итякату – был открыт памятник А. С. Попову (рис. 1) [1]. Скульптор памятника Д. Б. Рябичев, архитектор Л. Хейнянен. В те дни научно-техническая общественность СССР и Финляндии отмечала 70-летие успешной эксплуатации первой в мире профессиональной беспроволочной линии связи между г. Котка и о. Гогланд. Линия связи протяженностью 45 верст была построена при непосредственном участии А. С. Попова для обеспечения работ по спасению броненосца береговой обороны «Генерал-адмирал Апраксин», который вследствие навигационной ошибки получил пробоину и сел на камни около о. Гогланд. Двусторонняя связь была установлена 6 февраля 1900 г. и успешно действовала в течение 84 дней – до завершения спасательных работ.

В течение 1970 г. директор Мемориального музея А. С. Попова в ЛЭТИ Е. А. Попова-Кьяндская неоднократно бывала в Котке. Тогда она приняла участие в организации в местном краеведческом музее экспозиции, посвященной деятельности А. С. Попова, передав большое количество копий фотографий и документов. По-видимому, она и пригласила скульптора Д. Б. Рябичева для работы над памятником ученому в Котке. До этого Д. Б. Рябичев был автором памятника А. С. Попову на родине Александра Степановича в Краснотурьинске (1959 г.) [1], [2].

На радиолинии Гогланд – Котка впервые использовался телефонный приемник депеш, изобретенный А. С. Поповым летом 1899 г. На памятнике в руке А. С. Попова – телефонный наушник. Высокая чувствительность нового приемника, обусловленная применением кристаллического детектора, позволила обеспечить требуемую дальность и устойчивую работу радиолинии. А. С. Попов тщательно исследовал когерентный эффект и разработал

усовершенствованный когерер (кристаллический диод) на основе контакта между окисленными в разной степени металлами (стальными иглами) и электродами (платиновыми или угольными) и схему телефонного детекторного приемника.

Радиостанция на о. Кутсало была построена группой моряков под руководством А. С. Попова и морского офицера А. А. Реммерта на земле, принадлежавшей крестьянину В. Брунеле, с которым был заключен контракт на аренду участка с оплатой 5 финских марок в месяц. В то же время радиостанция на о. Гогланд была построена под руководством ассистента А. С. Попова П. Н. Рыбкина и морского офицера И. И. Залевского.



Рис. 1

Первая радиограмма, отправленная А. С. Поповым из Котки (о. Кутсало) и принятая П. Н. Рыбкиным на о. Гогланд, содержала приказ командиру ледокола «Ермак» выйти в открытое море для помощи финским рыбакам, унесенным в море. К вечеру 6 февраля «Ермак» вернулся с 27 рыбаками на борту. Таким образом, изобретение А. С. Попова уже при первом его практическом применении послужило гуманной цели – спасению попавших в беду людей.

За время действия линии связи по ней было передано 440 радиограмм. Отметим также, что, начиная с 23 февраля 1900 г., по беспроволочной линии связи Котка – Гогланд производилась передача сигналов точного времени. Для этого было издано специальное распоряжение адмирала З. П. Рожественского.

В связи с удачным применением радиосвязи на имя А. С. Попова поступили поздравительные телеграммы. Адмирал С. О. Макаров телеграфировал: «От имени всех кронштадтских моряков сердечно приветствую Вас с блестящим успехом Вашего изобретения. Открытие беспроволочного сообщения от Котки до Гогланда на расстоянии 45 верст есть крупнейшая научная победа». Отвечая адмиралу С. О. Макарову, А. С. Попов пишет: «Благодаря “Ермаку” и беспроволочному телеграфу было спасено несколько человеческих жизней. Это является лучшей наградой за все мои труды, и впечатления этих дней, вероятно, никогда не забудутся».

В апреле 1900 г. броненосец, ради которого была построена линия связи, был благополучно снят с камней и своим ходом отправился на ремонт.

Важным следствием успешной эксплуатации радиопередачи явилось принятие 20 марта 1900 г. решения о вооружении Российского флота аппаратурой беспроводного телеграфирования в качестве штатного средства связи. А. С. Попов был назначен ответственным наблюдающим за оснащением кораблей флота радиоаппаратурой. Стала очевидной необходимость подготовки специалистов по беспроводной телеграфии. В 1900 г. в Кронштадте при непосредственном участии А. С. Попова открывается мастерская по изготовлению и ремонту радиоаппаратуры – первое предприятие отечественной радиопромышленности.

Летом 1900 г. в Париже проходила Всемирная промышленная выставка, на которой демонстрировались в действии грозоотметчик Попова, изготовленный в кронштадтской мастерской, и корабельная радиостанция, выпускаемая парижской фирмой Э. Дюкрете под маркой «Popoff-Ducrotet-Tisseau». А. С. Попов был награжден именной золотой медалью и дипломом. На проходившем там же 18–25 августа 1900 г. IV Международном электротехническом конгрессе Александр Степанович присутствовать не смог. Подготовленный им доклад «Непосредственное применение телефонного приемника в телеграфии без проводов» о работе радиопередачи Гогланд – Котка и о применении нового типа радиоприемника был прочитан профессором ЭТИ М. А. Шателеном и вызвал большой интерес у делегатов конгресса. Доклад был опубликован в трудах Международного электротехнического конгресса за 1900 г.

В настоящее время в Котке действует недавно открытый музейный комплекс – Морской центр «Велламо» (рис. 2).



Рис. 2

В одном из бесчисленных залов музейного комплекса мы находим экспозицию, названную «Попов в городе Котка». Ниже (рис. 3) приведена фотография стенда, посвященного А. С. Попову. Стенд оформлен на английском и русском языках.

В экспозиции представлен макет первого когерентного радиоприемника Попова (рис. 4 – вид с двух сторон). А на линии Гогланд – Котка использовался телефонный приемник депеш, о чем свидетельствуют документы и, как результат продуманной работы скульптора Д. Б. Рябичева, памятник А. С. Попову. На стенде представлена фотография радиостанции Попова на о. Кутсало вблизи г. Котка (рис. 5).

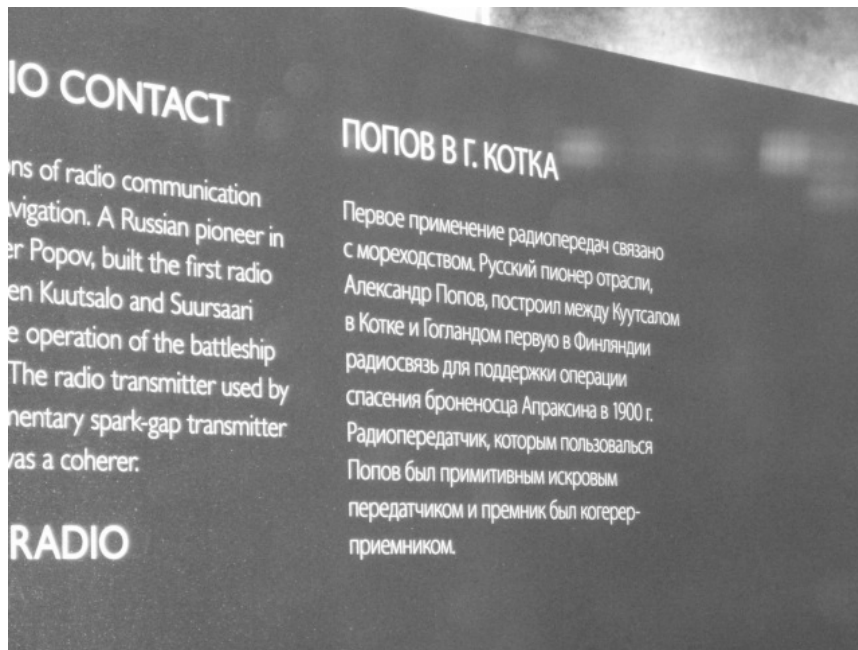


Рис. 3

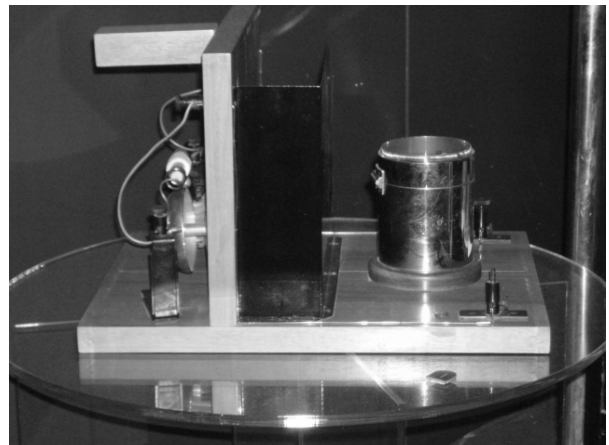
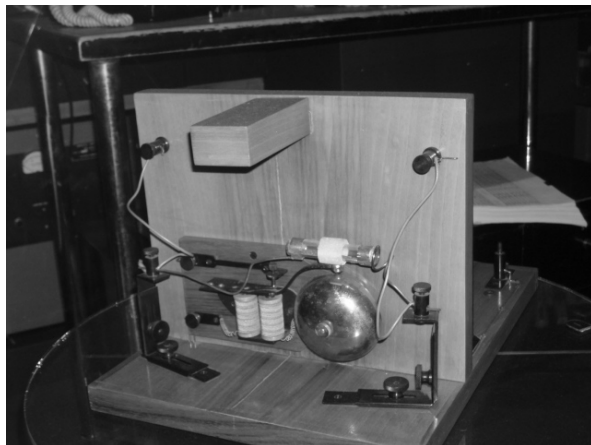


Рис. 4



Рис. 5

Изобретение нового приемника, апробированного на радиолинии Гогланд – Котка, открыло новую эпоху в радиосвязи – прием на слух. Патенты на «телефонный приемник депеш» А. С. Попов получил в России (№ 6066 от 14 июля 1899 г., выдан 13 декабря 1901 г.). Патент Великобритании А. С. Попова на усовершенствованный детектор для телефонного приема № 2797 был заявлен 12 февраля 1900 г., выдан 22 февраля 1900 г. При активном участии Э. Дюкрете были получены патенты во Франции, США, Швейцарии, Испании. Имя А. С. Попова и аппаратура радиосвязи «Popoff-Ducretet» были в те годы широко известны. Телефонные приемники депеш, в которых впервые осуществлялся прием радиотелеграфных сигналов на слух, успешно выпускались фирмой Э. Дюкрете (рис. 6). Такие приемники имеются и в научно-технических музеях ряда зарубежных стран.



Рис. 6

Вот о чем может рассказать нам скромный гранитный монумент в г. Котка на перекрестке улиц Папинкату и Итякату с лаконичной надписью латинскими буквами – **POPOV**.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Летопись жизни и деятельности А. С. Попова / Под ред. Ю. В. Гуляева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 560 с.
2. Золотинкина Л. И. К 100-летию первой практической радиолинии Гогланд – Котка // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. История науки, образования и техники. Вып. 1. 2000. С. 21–22.

O. G. Vendik, L. I. Zolotinkina

FORTY YEARS SINCE OPENING THE A. S. POPOV'S MEMORIAL IN FINNISH TOWN OF KOTKA

Short history of happenings, connected with opening A. S. Popov's memorial in the town of Kotka in 1970. Review of exposition, devoted to the communication link between the town of Kotka and the Island of Gogland, in the Museum complex Naval centre «Vellamo» in the town of Kotka.

A. S. Popov, The town of Kotka, Island Gogland, D. B. Ryabichev, L. Heininen, E. A. Popova-Kiyndskaya, Naval centre «Vellamo», the warship «General-admiral Apraxin», A. A. Remmert, E. Ducretet



УДК 123; 124. 5; 316. 77

М. Е. Кудрявцева

УРОВНИ СВОБОДЫ ЛИЧНОСТИ В ПРОСТРАНСТВЕ МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ (ГУМАНИТАРНЫЙ ПОДХОД)

Рассмотрены гуманитарные аспекты свободы личности в массовой коммуникации. Уровнями свободы субъектов восприятия в массово-коммуникационном взаимодействии являются: свобода противостоять открытой и скрытой манипуляции, свобода преодоления дискурса повседневности. Определены также уровни свободы субъекта передачи информации (журналиста): свобода оставаться самим собой, свобода творчества и способность к самопреодолению во имя информационного порядка.

Свобода, личность, манипуляция, позитивизм, творчество, диалог, информационный порядок

Будучи неотъемлемой принадлежностью человеческой личности, свобода как внутриличностная категория носит индивидуальный характер как с точки зрения своего содержательного наполнения, так и с точки зрения степени своей выраженности и осознанности. Как в обыденной жизни, так и в гуманитарных научных рассуждениях вполне расхожим является тезис о том, что внутренней свободы у человека может быть больше или меньше; человек может быть в большей или меньшей степени подвластен чужим мнениям, авторитетам, стереотипам, в той или иной степени готов к свободным и в то же время ответственным решениям и поступкам. Это вполне логично ведет к постановке вопроса об уровнях свободы личности. Также логичным представляется предположение о том, что у одной и той же личности могут быть разные уровни свободы в различных сферах ее самоосуществления. Так, например, можно представить себе человека, способного на ответственные поступки в сфере своей профессиональной деятельности, но при этом живущего в подчинении семейным стереотипам.

Массовая коммуникация давно уже стала для современного человека одной из важных областей жизни, включающей в себя множество частных сфер, своеобразных подсистем (выделены они могут быть на разных основаниях), в каждой из которых по-разному реализуется ценность свободы личности. Поэтому постановка вопроса об уровнях свободы личности в медиапространстве представляется вполне обоснованной.

Современные ученые отмечают большую корректность субъект-субъектного подхода к массовой коммуникации (что заложено уже в самом слове «коммуникация»). Так, С. Г. Корконосенко считает, что для России признание субъектности аудитории средств массовой коммуникации особенно актуально в силу сложившейся традиции: «В России аудитория

традиционно рассматривается не только как адресат вещания и покупатель информационного товара, но и как гораздо более деятельная участница общения, к тому же через посредство не только аудиовизуальных каналов, но и письменных» [1, С. 164]. Основанием для такой точки зрения, по мнению С. Г. Корконосенко, являются данные исследований, которые показывают, что коренной проблемой для редакций СМИ является достижение взаимопонимания с читателями и зрителями, причем не столько даже в плане доступности языка и содержания материалов, сколько в плане соответствия их ценностным ориентациям аудитории.

Действительно, можно отметить тенденцию все большего участия в массово-коммуникационных процессах тех, кого традиционно называли аудиторией СМИ. Будучи так или иначе вовлеченной в эти процессы, любая личность испытывает на себе их влияние, независимо от того, является ли она субъектом распространения или субъектом восприятия информации. Поэтому на определенном, достаточно высоком уровне научного обобщения в плане анализа содержательных аспектов феномена свободы представляется возможным рассматривать личность в массовой коммуникации вообще, безотносительно к исполняемой ею роли передающего или воспринимающего информацию.

Однако в плане размышлений о степени свободы, поднимая вопрос об уровнях свободы личности в массовой коммуникации, в иных случаях целесообразным представляется развести субъектов восприятия информации и субъектов ее распространения. Это обусловлено, во-первых, тем, что говорить о равном участии тех и других в массово-коммуникационном взаимодействии пока еще не представляется возможным; во-вторых, тем, что со стороны субъектов распространения информации мы имеем дело с профессионалами, в отношении которых должны быть использованы иные критерии свободы, чем в случае с непрофессионалами.

Применительно к субъекту восприятия, с нашей точки зрения, можно говорить о трех уровнях свободы. Первые два уровня предполагают способность личности противостоять насилию, идущему со стороны средств массовой информации; третий, высший уровень – способность создавать свои модели мышления и поведения в массовой коммуникации, преодолевая собственные внутренние барьеры.

Первым уровнем свободы для личности (свободы от чего-либо) является ее способность противостоять открытой (наименее опасной) манипуляции. Агрессивное давление на личность со стороны СМИ, рекламное или политическое, вынуждающее ее к некоторым поступкам, как правило, достаточно очевидно и потому менее опасно, чем скрытое давление. Задачи открытой манипуляции состоят в том, чтобы подавить личную волю человека, навязать ему определенную точку зрения и склонить его к определенным действиям. Отсутствие у личности защитных механизмов против открытой манипуляции может свидетельствовать либо о недостаточном личностном развитии, либо об отсутствии у человека опыта массовой коммуникации. Так, человек наивно верит, что навязываемая ему рекламой продукция действительно сделает его счастливее, а известный политик искренне озабочен его благополучием.

Более высоким уровнем свободы характеризуется личность, способная противостоять скрытой манипуляции, заключающейся в той или иной степени замаскированного навязывания средствами массовой информации какой-либо позиции во имя чьих-то интересов. Скрытая манипуляция не является очевидной, поэтому она более опасна, чем открытая, и поэтому для ее опознания и преодоления требуется опыт массово-коммуникационного взаимодействия, определенный уровень образованности, развитое

критическое мышление. Характерным примером скрытой манипуляции является распространение в СМИ разного рода «желтых» публикаций и передач, посвященных сверхъестественным феноменам окружающей действительности – вземным цивилизациям, общению с призраками, необычным способностям человека. Манипулятивное воздействие в них, как представляется, идет в двух направлениях. С одной стороны, такого рода информация своей сенсационностью, яркой конкретикой, а иногда и наукообразием, вызывая доверие со стороны людей не слишком искушенных, падких на чудеса, уводит их в мир иллюзий, заставляя отвлечься от насущных социальных проблем. С другой стороны, эта информация открытой или скрытой пошлостью, псевдонаучностью, самой своей «желтизной», вызывая отторжение людей высокообразованных, критически настроенных, заставляя их со всей этой мутной водой, что называется, «выплеснуть и ребенка» – отречься от идеи сложности, многомерности, непознаваемости мира и человека в их духовной сущности. И эта, последняя манипуляция, будучи в большей степени замаскированной и ориентированной на образованную часть общества, на тех людей, назначение которых – быть духовной и интеллектуальной элитой, является куда более опасной. Главная задача скрытой манипуляции – искушать человека какой-либо ложной идеей.

Еще один яркий пример скрытой манипуляции – нагнетание искусственного интереса к какой-либо надуманной проблеме, например, неизвестной ранее болезни и следующей отсюда опасности эпидемии. Помимо того, что за такого рода информацией почти всегда стоят какие-то заинтересованные силы – в данном примере, прежде всего, фармакологические компании – эти, в большинстве своем мифические проблемы весьма выгодны для СМИ, потому что способны создать множество эффектных информационных поводов. Так, гораздо интереснее показывать по телевизору, как измеряют температуру у прилетевших из Испании пассажиров авиалайнера, чем рассказывать о рутинной работе санитарных врачей в провинции по предотвращению эпидемии дизентерии.

Сложность противостояния такого рода скрытой манипуляции состоит в том, что в общем массиве разнообразной информации, транслируемой через СМИ, сосуществует как ложь, так и правда, и иногда совсем непросто отличить одно от другого. Поэтому этот уровень свободы предполагает наличие у человека, наряду с критическим мышлением, целого комплекса личностных качеств: устойчивых этических принципов, эстетического вкуса, в определенной степени неконформизма и ряда других.

Высшим уровнем свободы является способность личности «вырваться из царства повседневности», прочно утвердившегося в пространстве массовой коммуникации. В этом пространстве нет или, во всяком случае, не очевидно стремление подавить, искушить личность или что-либо ей навязать, в нем вполне возможно сосуществование различных точек зрения, но лишь тех, что ограничены «комплексом позитивизма» – неким набором общепринятых стереотипов, связанных, как правило, с довольно упрощенным пониманием человека и общества. Позитивизм можно рассматривать как полное отвержение трансцендентного. В определении Г. Маркузе, позитивизм – это «борьба против любой метафизики, трансцендентализма и идеализма как обскурантистских и регрессивных способов мышления», это «универсум технологической действительности» [2, С. 226]. Препраждая доступ к трансцендентному, ориентируясь исключительно на эмпирическое, позитивизм, с точки зрения Г. Маркузе, разрушает само эмпирическое, поскольку оперирует только фактами, а не их движущими силами.

В продолжение мысли Г. Маркузе отметим, что позитивизм – это царство одномерного оптимизма, подразумевающего, что социальной и семейной успешности для человека вполне достаточно, чтобы чувствовать себя счастливым. Печаль в этом царстве ситуативно обусловлена и облечена в ритуальные формы. Так, после какой-либо очередной трагедии объявляется траур на три дня, в течение которых СМИ не показывают концерты и комедийные фильмы, исключают музыкальные заставки в новостных передачах, но через три дня все возобновляется в полном объеме – как говорится, поплакали, и будет. Реальная человеческая личность, однако, устроена гораздо сложнее, чем предполагаемая обобщенная личность в массово-коммуникационном взаимодействии. Даже тот самый «среднестатистический» человек, на которого ориентируется большинство текстов СМИ и реакции которого, казалось бы, можно просчитать, на самом деле не просчитываем до конца, нетождествен сам себе, и его поведение всегда содержит элемент непредсказуемости. Позитивизм же исключает всякую непредсказуемость.

Примером такого царства повседневности на телевидении могут служить разного рода передачи, типа «Найди меня»; «Жди меня»; кулинарные; передачи, связанные с миром моды; многочисленные сериалы, иногда даже и неплохие, но в большинстве своем неспособные оторваться от ценностей социальной успешности. Философское восприятие жизни, предполагающее возможность в человеческой жизни неразрешимых противоречий, независимых от внешних обстоятельств, здесь исключается. Главная задача такого рода информации – развлекать, иногда просвещать, но никогда не развивать, по-настоящему не озадачивать личность. Человека, остающегося в массово-коммуникационном взаимодействии на этом уровне, нельзя назвать внутренне несвободным, поскольку он достаточно развит, чтобы в большинстве случаев опознать скрытые формы манипуляции личностью, но нельзя назвать и внутренне свободным, поскольку он, как правило, довольствуется пребыванием в одномерном царстве позитивизма.

Поэтому только способность приподняться над этим царством, иногда вопреки собственному внутреннему комфорту, свидетельствует о наличии высшего уровня свободы. Для человека как субъекта восприятия массовой коммуникации эта способность означает выбор таких текстов СМИ, которые смогут обеспечить ему возможность личностного развития. К ним относятся такие публикации, телевизионные и радиопередачи, такие фильмы, которые дают настоящую, серьезную пищу для интеллекта и души – это качественная публицистическая, научно-популярная или художественная продукция, отвечающая требованиям высокого эстетического вкуса, предполагающая сотворчество восприятия. Только личность, находящаяся в состоянии постоянного развития, способна по-настоящему осмысленно входить в пространство массовых коммуникаций и обогащать его новыми моделями мышления и поведения.

Таким образом, тот или иной уровень свободы личности субъекта восприятия в массово-коммуникационном обмене обусловлен характером его отношения к воспринимаемой информации. И если, для того чтобы подняться с первого на второй уровень, достаточно сильно развитого критического мышления, то для высшего уровня свободы в медиaprостранстве необходима способность к философскому осмыслению мира.

Уровни свободы субъекта передачи информации, т. е. субъекта СМИ, обусловлены, как мы уже отмечали, характером его профессиональной деятельности. Здесь, впрочем, следует оговориться. С нашей точки зрения, в контексте разговора о свободе личности субъекта распространения информации имеет смысл поднимать вопрос в первую очередь о субъектах профессиональной журналистской деятельности, а не о тех, кто стоит за спиной журналистов. Вопрос свободы их личности актуален, скорее всего, не столько в аспекте

массовой коммуникации, сколько в аспектах изучения взаимоотношений власти и общества, власти и отдельного человека. Поэтому под субъектом передачи информации мы будем понимать журналиста, непосредственно принимающего участие в массово-коммуникационном взаимодействии, собирающего, интерпретирующего, оформляющего и транслирующего материалы посредством СМИ.

Каждая профессия предполагает свои пути профессионального становления личности, определяющие и характер ее творческой реализации, и возможные уровни свободы в ее деятельности. Однако, с нашей точки зрения, есть три общих для всех профессий момента, общих направления, по которым так или иначе идет процесс осмысления человеком себя в профессии. Эти моменты: 1) личность самого профессионала, обеспечивающая субъектность деятельности; 2) материал, являющийся предметом деятельности, обеспечивающий содержательность деятельности; 3) те, ради кого деятельность осуществляется – целевые группы, обеспечивающие целесообразность деятельности. Полноценное осмысление себя, своего творчества и своей свободы в профессии, с нашей точки зрения, невозможно без учета всех этих моментов. Каждый из указанных моментов содержит свое противоречие между объективным и субъективным, способность разрешить которое является своеобразным показателем свободы личности.

Главным противоречием в профессии журналиста, связанным с его собственной личностью, является противоречие между необходимостью объективного отношения к тем фрагментам действительности, которые являются предметом его деятельности, и внутренней потребностью личности (особенно сильной у представителя коммуникативной, публичной профессии) отражать свое, субъективное отношение к освещаемым темам и проблемам. Преодоление этого противоречия обеспечивает журналисту свободу быть самим собой, оставаясь в профессии. Это может быть названо первым уровнем свободы журналиста.

Здесь, однако, требуется сделать небольшое отступление. Учитывая высокую степень ангажированности современных СМИ, может возникнуть справедливый вопрос, не является ли первым уровнем свободы журналиста его независимость от стоящих за ним сил? Проще говоря, нельзя ли назвать «не купленного» журналиста уже стоящим на первом уровне свободы? С нашей точки зрения, честность является первым уровнем свободы человека вне зависимости от профессии, для профессионала она «вынесена за скобки», является само собой разумеющимся условием и не может рассматриваться как показатель свободы его личности. Для журналиста свобода быть самим собой состоит в том, чтобы в каждом конкретном случае суметь сочетать достоверность и точность в передаче информации с ее индивидуальной оценкой – не солгать ни перед своей целевой аудиторией, отвечая ее объективным ожиданиям, ни перед самим собой в своем субъективном стремлении познать суть вещей.

Противоречие журналистской деятельности, связанное с материалом, составляющим ее предмет, обусловлено характером взаимодействия с ним. Взаимоотношения человека с материалом своей профессии всегда содержат в себе как объективный, так и субъективный компоненты. Объективный компонент взаимоотношений с материалом связан с особенностями самого материала, который профессионал не вправе игнорировать. Соотношение объективного и субъективного компонентов, с одной стороны, определяется конкретной профессией (в разных профессиях доля допустимого субъективного компонента является разной), а внутри профессии – конкретным видом деятельности; с другой стороны, определяется конкретным человеком, выполняющим ту или иную деятельность, и в этом смысле является для него источником внутреннего противоречия.

Профессия журналиста, являясь по общему признанию творческой, допускает достаточно большую долю субъективности. Журналистское творчество начинается уже на этапе познания окружающего мира, наблюдение за которым, как и в литературно-художественном творчестве, не может носить бесстрастный, отвлеченный характер, с самого начала предполагает интерпретацию и оценку. Кроме того, специфика и особенность журналистского познания, как отмечают исследователи, заключается и в том, что оно «по своей природе носит синтетический характер, т. е. основано на взаимодействии научных, художественных и эмпирических способов освоения социального мира»¹. Поэтому «в журналистском творчестве, как и в научно-теоретическом, очень важно владение общетеоретическими методами познания, к которым можно отнести анализ и синтез, абстрагирование и конкретизацию, моделирование, индукцию и дедукцию, сравнение и аналогию и т. д.»². Уже на этом этапе журналистской деятельности существует определенное напряжение между объективным и субъективным, поскольку даже самые объективные методы научного познания мира не могут быть абстрагированы от индивидуальности познающего субъекта. Тем более эта индивидуальность заявляет о себе там, где необходимо сочетание научного и художественного познания мира.

На этапе оформления своего журналистского продукта, вынесения его «в мир» журналист, используя усвоенные в процессе обучения определенные приемы создания текста, «преломляет» их через свою личность, отражает в них свою индивидуальность. Стремясь к оригинальности и выразительности своего текста, он, однако, не должен забывать об объективных законах журналистского творчества, в противном случае он рискует «выпасть из системы», в частности не решить свою коммуникативную задачу. Отметим, впрочем, что наиболее интересные примеры журналистского творчества (как, возможно, и любого другого вида творчества) находятся на границах системы – нестандартные проекты, рискованные репортажи и публикации, интервью с персонами *non grata* и т. п. Такие вещи, как правило, вызывают острую полемику, что само по себе свидетельствует о субъективности восприятия аудиторией СМИ границ системы.

Преодоление этого противоречия между объективным и субъективным в журналистской деятельности, выводящее профессионала на более высокий уровень осуществления деятельности, может стать источником творческого развития его личности и является свидетельством второго уровня свободы журналиста – свободы творчества.

Однако не свобода журналистского творчества является, с нашей точки зрения, высшим уровнем свободы журналиста. Принципиальное отличие этого вида творчества от «свободных искусств» – поэзии, художественной прозы, живописи, музыки – состоит в том, что оно по природе своей гораздо более «социально»: его назначение – ставить и, по мере возможности, разрешать социальные проблемы человека и общества. Если писатель, поэт с полным правом может ограничить предмет своего исследования внутренним миром человека, его внутриличностными, экзистенциальными проблемами, то в поле зрения журналиста всегда находится человек в его социальном измерении. Причем журналиста должны интересовать не социальные проблемы вообще, а реальные, конкретные человеческие проблемы, требующие к себе безотлагательного внимания. И потому важнейшей характеристикой журналистского творчества является документальность, которая в том или ином виде должна выявляться в тексте.

¹ http://evartist.narod.ru/text/74.htm#з_02.

² Там же.

Эта необходимость всегда откликаться на реальные потребности своих целевых аудиторий также является источником внутреннего противоречия журналиста. Каким бы ни был высоким уровень его потребностей в творческой реализации, он всегда должен думать о конечном социальном смысле своей деятельности. Иногда, для того чтобы быть услышанным, журналисту оказывается необходимым отказаться от интеллектуальной изысканности и метафорической насыщенности своих текстов, даже если это является характерным признаком его стиля, во имя простоты и понятности. Служение своему делу предполагает также и способность не просто услышать чужое мнение, но в иных случаях суметь изменить под его влиянием свое собственное.

В этом самопреодолении, в способности «наступить на горло собственной песне» в интересах дела, по нашему представлению, и заключается высший уровень свободы журналиста (не будет ошибкой, вероятно, назвать это и высшим уровнем творческого отношения к делу).

По сути, высший уровень свободы журналиста предполагает стремление его к подлинному диалогу – не просто как к возможности открыто обсуждать острые проблемы в пространстве массовой коммуникации, а как к движению к взаимопониманию и согласию. Вот что пишет относительно проблемы диалога в пространстве СМИ Е. П. Прохоров: «Нельзя забывать, что “частное” существует только внутри “общего”, и что не существует ни “частного” без “общего”, ни “общего” без “частного”. Значит, в ходе столкновения подходов, мнений, предложений надо искать общеприемлемое решение при его гуманистической экспертизе под углом зрения “общего блага”. Или хотя бы приближения к нему. Даже в самых благоприятных условиях не обойтись без уступок, компромиссов, и не надо бояться упрека в “потере лица”, “демонстрации слабости”. Причем “хорошее” решение в результате диалога – это в крайне редких случаях монистическое решение (консенсус – абсолютное согласие), чаще же всего это именно моноплюралистическое решение (компромисс как амальгама, сплав позитивных начал в разных позициях)»¹.

Такой диалог, с точки зрения Е. П. Прохорова, совершенно необходимое условие реализации требований информационного порядка как основной концептуальной базы журналистской деонтологии, а также важнейший показатель социально-творческой свободы журналиста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корконосенко С. Г. Основы журналистики. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2009.
2. Маркузе Г. Одномерный человек. М., 1994.

M. E. Kudryavtseva

LEVELS OF PERSONAL FREEDOM IN OF MASS COMMUNICATION

The humanitarian aspects of personal freedom in the field of mass communication are discussed. The Freedom levels of the perception subjects are: the Freedom to resist the manipulation, both open and hidden and the Freedom to resist the everyday discourse. The levels of the broadcasting subjects (journalists) Freedom are defined as well: the ability to preserve one's own personality, the creative activities Freedom and the ability to surpress one's own self for the sake of the information order.

Freedom, personality, manipulation, positivism, creative work, dialogue, information order

¹ Толерантность в структуре журналистской деонтологии. http://www.old.mediascope.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=234&pt_show=1.

Сведения об авторах

Абрамкин Сергей Евгеньевич

Аспирант кафедры автоматике и процессов управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 776-71-24. E-mail: abrsergey@yandex.ru.

Анисимов Владимир Иванович

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

Тел.: (812) 234-36-75. E-mail: vianisimov@inbox.

Антонов Владимир Феохарович

Преподаватель кафедры информатики и информационных технологий Пятигорского государственного технологического университета.

Тел.: (88793) 33-11-37. E-mail: antonovpgtu@mail.ru.

Башикатов Алексей Сергеевич

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, генеральный директор ООО «Росвэл» (СПб).

Тел.: +7(921) 966-11-23. E-mail: saty_tan@mail.ru.

Боревич Елена Зеноновна

Доцент кафедры ВМ-1 СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: +7(911) 195-29-36. E-mail: danitschi@mail.ru.

Васильев Алексей Николаевич

Инженер ЗАО «Светлана-Электронприбор» (СПб).

Тел.: +7(952) 376-02-03. E-mail: VAN1708@gmail.com

Вендик Орест Генрихович

Профессор кафедры ФЭТ СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7(921) 757-19-32. E-mail: OGVendik@mail.eltech.ru.

Ветчинкин Александр Сергеевич

Доцент кафедры корабельных систем управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 301-52-50. E-mail: vas4602@mail.ru.

Воронцов Алексей Геннадиевич

Ведущий инженер отдела электропривода в ОАО «Силовые машины» (Санкт-Петербург).

Тел.: +7(921) 782-21-23. E-mail: .voroncov@gmail.com.

Ву Зуи Линь

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7(906) 247-74-39. E-mail: duylinh04@yahoo.com.

Гаврилов Сергей Викторович

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: svgavrilov@yandex.ru.

Голигузова Галина Васильевна

Доцент кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 346-29-20, +7(960) 278-32-47. E-mail: npf-rapf@yandex.ru.

Горбовский Александр Иванович

Инженер ОАО «Эктрон» (СПб).

Тел.: +7(911) 129-86-07. E-mail: aigorbovsky@mail.eltech.ru.

Дрецинский Владимир Александрович

Профессор кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, д-р воен. наук.

Тел.: +7(921) 353-14-09. E-mail: madresh@mail.ru.

Душин Сергей Евгеньевич

Профессор кафедры автоматике и процессов управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук,
доцент.

Тел.: +7(921) 970-46-31, (812) 234-37-98. E-mail: dushins@yandex.ru.

Золотинкина Лариса Игоревна

Директор Мемориального музея А. С. Попова СПбГЭТУ.

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

Зуев Владимир Александрович

Доцент кафедры корабельных систем управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 492-61-27. E-mail: vazuev@mail.eltech.ru.

Исаева Виктория Михайловна

Аспирант, ассистент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ.

Тел.: +7(905) 229-06-94. E-mail: Tillottama@bk.ru.

Корляков Андрей Владимирович

Доцент кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-27 57. E-mail: akorl@mail.ru.

Кравчук Дмитрий Константинович

Магистрант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 780-92-50. E-mail: dk.kravchuk@gmail.com.

Кудрявцева Мария Евгеньевна

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

Тел.: +7(921) 305-26-13.

Кузьмин Николай Николаевич

Заведующий кафедрой автоматике и процессов управления СПбГЭТУ, канд. техн.
наук, профессор

Тел.: 959-14-82; (812) 234-37-98. E-mail: nnkuzmin@mail.eltech.ru.

Кухарев Георгий Александрович

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

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

Лазарева Нина Павловна

Доцент кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 234-31-64. E-mail: NPLazareva@mail.eltech.ru.

Лозовой Леонид Николаевич

Старший преподаватель кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-36-75.

Лучинин Виктор Викторович

Заведующий кафедрой микроэлектроники СПбГЭТУ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 234-31 64. E-mail: cmid@eltech.ru.

Лысенко Николай Владимирович

Проректор по учебной работе СПбГЭТУ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 234-96-61. E-mail: NVLysenko@eltech.ru.

Марасина Лариса Алексеевна

Доцент кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 346-17-74. E-mail: LAMarasina@mail.eltech.ru.

Маркелов Олег Александрович

Аспирант кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

E-mail: OlegMarkelov@gmail.com.

Миронов Сергей Эльмарович

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

Тел.: (812) 234-25-03, (812) 234-60-77. E-mail: semironovspb@yandex.ru.

Мордовченко Дмитрий Дмитриевич

Генеральный директор ЗАО «Электропульт АСУ» (СПб.) канд. техн. наук.

Тел.: +7(911) 926-09-92. E-mail: D.Mordovchenko@reph.ru.

Нахди Тарек

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 377-61-33. E-mail: nahditarek@mail.ru.

Нгуен Ван Шо

Студент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7(964) 320-00-19. E-mail: nvsovn@yahoo.com.

Немов Денис Андреевич

Студент гр. 8301 кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 938-59-29. E-mail: MCNemov@gmail.com.

Новакова Наталья Евгеньевна

Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7(921) 314-2605. E-mail: nnovakova@mail.ru.

Осетров Александр Владимирович

Профессор кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 314-17-49, +7(965) 072-26-61. E-mail: AVOsetrov@list.ru.

Пронин Михаил Васильевич

Начальник бюро в отделе электропривода в ОАО «Силовые машины» (СПб.). Профессор кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7(921) 305-67-83. E-mail: mpronin1@rambler.ru.

Рогудеев Артём Андреевич

Инженер ЗАО «Светлана-Электронприбор» (СПб.), магистр техники и технологии.

Тел.: +7(904) 330-33-70. E-mail: Artem.Rogudeev@gmail.com.

Смирнов Борис Иванович

Доцент кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

E-mail: dmcs-2010@yandex.ru

Стоцкая Анастасия Дмитриевна

Аспирант кафедры корабельных систем управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7(960) 242-01-23. E-mail: inferum@mail.ru.

Хижин Денис Валерьевич

Студент гр. 8301 кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 391-67-05. E-mail: Garcian@yandex.ru.

Цаплева Валентина Викторовна

Ассистент кафедры управления и информатики в технических системах Пятигорского государственного технологического университета.

Тел.: +7(961) 488-80-39, E-mail: val-ryazanova@yandex.ru.

Шавров Андрей Викторович

Аспирант кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 191-28-84.

Правила представления рукописей авторами

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

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

Сведения об авторах должны содержать:

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

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

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

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

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

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

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

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

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

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Перечень основных тематических направлений журнала:

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

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

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