



К 125-летию
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Ежемесячный журнал

4' 2011

Содержание

Редакционный совет:

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

* * *

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

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Травкин П. Г., Воронцова Н. В., Высоцкий С. А., Леньшин А. С., Спивак Ю. М., Мошников В. А. Исследование закономерностей формирования структуры пористого кремния при многостадийных режимах электрохимического травления 3
Грязнов А. Ю., Жамова К. К., Лобанова Е. Г. Математическая модель формирования фазоконтрастного рентгеновского изображения 9
Фам Шон Лам, Буй Минь Туан. Физические основы и принципы построения приемников оптического излучения на термоупругом эффекте в кристаллическом кварце 15

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. А. Кутуан, Сафьянников Н. М. Спектрометр-дозиметр 21
Валов А. А. Формальная спецификация микропрограммной системы 25
Васильев А. Ю., Миронов С. Э., Морозова Л. Г., Фролкин А. К. Иерархический технологически инвариантный компилятор схемы деления 31
Колесников Е. И., Костинова Е. В., Шагаров С. С. Исследование рекурсивных алгоритмов сжатия и восстановления изображений 36
Фаррохбахт Фумани Мехди. Методика автоматической смысловой обработки текстов в системе управления электронными архивами 40
Кишмар Р. В., Молдовяну П. А., Новикова Е. С., Сухов Д. К. Протоколы слепой подписи на основе сложности одновременного решения двух трудных задач 44
Богданов А. В., Ла Мин Хтут, Мьё Тун Тун. Концептуальный анализ системы входа для пользователей в развитых распределенных вычислительных средах 48

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Кичигин В. В., Позняк И. В., Печенков А. Ю., Шатунов А. Н., Максимов А. И. Получение кремния солнечного качества с использованием непрерывной индукционной плавки в холодном тигле 53

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Степанов Б. Г. О возможности дополнительного расширения полосы рабочих частот широкополосных преобразователей волноводного типа 58
Алексеев В. В., Чарнецкий А. Д., Королев П. Г., Комилова К. О., Коновалова В. С., Марченков Р. Ю. ИИС контроля и управления технологическим процессом термического уничтожения отходов 65
Кривцова Г. Б. Кавитационная зона «точечного» источника ультразвукового воздействия – мультифрактальный информационно-энергетический объект водной среды 73

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ

Воробьев С. В., Степанов С. К. Исследование напряженно-деформированного состояния кровеносных сосудов при дилатации 81

Шаповалов В. В., Гуревич Б. С., Андреев С. В.,
Беляев А. В., Колесов И. А., Челак В. Н. Многоспектральная
обработка изображений биологических объектов с помощью
акустооптического отображающего спектрофотометра 86

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Попечителев Е. П., Ахлаков М. К., Демина Е. А. Система мониторинга уровня подготовки студентов 92

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

Лапшинова Н. В., Алексеева О. Г. Анализ особенностей инвестиционного проектирования при внедрении инноваций 102

Кадиев И. Г. Управленческий цикл государственного регулирования инвестиционно-инновационной деятельности в регионе 107

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

Северинова В. П. 145 лет со дня рождения Павла Дмитриевича Войнаровского 111

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Кудрявцева М. Е. Проблема самоидентификации личности в игровом пространстве и псевдоциклическом времени телевизионной коммуникации 116

Цветков С. В. Трансформация корпоративных ценностей в информационном обществе 123

Сведения об авторах 128

Правила представления рукописей авторами 134

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

Подписка производится в любом почтовом отделении России

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

Учредитель:

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

Свидетельство о регистрации

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

*** * ***

Редакторы:

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

Подписано в печать 08.04.11 г.

Формат 60 × 84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 17,0.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)

Заказ 33.

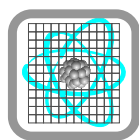
Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

197376, Санкт-Петербург,

ул. Проф. Попова, 5

Тел.: (812) 346-45-23

Факс: (812) 346-28-56



УДК 621.315.592

*П. Г. Травкин, Н. В. Воронцова, С. А. Высоцкий,
А. С. Леньшин, Ю. М. Спивак, В. А. Мошников*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ ПРИ МНОГОСТАДИЙНЫХ РЕЖИМАХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Представлены результаты исследования методом растровой электронной микроскопии морфологии, механизмов травления и структуры многослойного пористого кремния, полученного одностадийным и двухстадийным анодированием на подложках КЭФ-5 (111). Установлены зависимости изменения морфологии пор образцов от режимов анодирования. Впервые методом скользящего рентгеновского пучка обнаружено изменение степени разупорядочения кремниевых кристаллитов в приповерхностных слоях пористого кремния.

Пористый кремний, анодное травление, многостадийное анодирование

В настоящее время значительное число работ в области современного материаловедения посвящено исследованиям пористого кремния (por-Si), легко совместимого с современной полупроводниковой технологией многофункционального материала. Пористый кремний представляет собой сложную многокомпонентную систему, состав которой может изменяться в зависимости от технологии получения и в процессе естественного старения [1]–[5]. Исторически главным стимулом интенсивного изучения свойств por-Si являлась перспектива его практического использования для создания светоизлучающих устройств [6], [7]. Также для целей интегральной оптики применяются планарные световоды, представляющие собой пленочную структуру, в которой свет распространяется в слое с высоким показателем преломления, ограниченном с двух сторон слоями с меньшим показателем. Для por-Si показатель преломления зависит от пористости, и поэтому формирование многослойных структур с разной пористостью в перспективе позволит получать на их основе достаточно эффективные волноводные элементы с низким уровнем потерь, сформированные непосредственно на кремниевой пластине.

Целью исследования являлось изучение влияния процессов многостадийного электрохимического травления на морфологию и структуру образующегося пористого слоя.

Образцы пористого кремния были получены одно- и двухстадийным электрохимическим травлением в режиме постоянного тока на подложках кремния КЭФ (111) с удельным сопротивлением $5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. В качестве электролита использовался водный раствор HF с добавлением воды и изопропилового спирта в соотношении $1 : 1 : 2$. После травления образцы промывались в изопропиловом спирте и воде. Изучение изменений в морфологии скола образцов por-Si , полученных при различной плотности тока анодирования (от 8 до 120 мА/см^2), проводилось на растровом электронном микроскопе «FEI Phenom». В двухстадийном режиме во время травления плотность тока анодирования образцов por-Si изменялась в сторону увеличения и уменьшения.

Для исследования особенностей кристаллической структуры многослойного пористого кремния использовался рентгеновский дифрактометр «XRD-6000» фирмы «Shimadzu». С методическими особенностями исследования поверхностных слоев твердых тел методом скользящего рентгеновского пучка можно ознакомиться в работе [8].

На рис. 1 представлены данные растровой электронной микроскопии (РЭМ) сколов образцов por-Si . Образцы были получены в течение 60 мин, при малых плотностях тока $j = 8, 15, 30 \text{ мА/см}^2$ (рис. 1, *а–в* соответственно). На сколах образцов наблюдается сеть расходящихся под углом к поверхности пор, образующихся по семейству плоскостей $\langle 110 \rangle$. Данный результат хорошо согласуется с результатами, полученными по стандартной технологии электрохимического травления методом Унно–Имаи [9], [10].

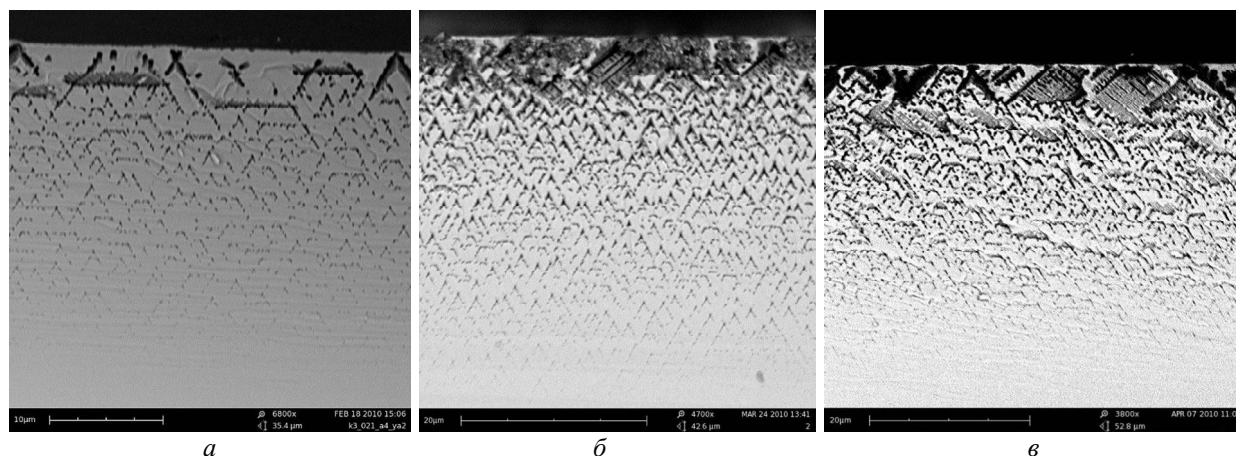


Рис. 1

При увеличении плотности тока анодирования наблюдается рост количества Λ -образных пор на сколе образцов. При этом вблизи поверхности начинают проявляться некоторые изменения в морфологии пористого слоя. На рис. 2, *а–в* представлены РЭМ-изображения сколов пористого кремния, полученного в течение 30 мин, при плотностях тока, соответственно, 45, 80, 160 мА/см^2 .

При плотностях тока больше 45 мА/см^2 наблюдается формирование двухслойной структуры por-Si , «верхний» слой которой отличается от «нижнего» более развитой структурой и наличием вертикально расположенных крупных пор. При этом морфология «нижнего» слоя por-Si аналогична морфологии пористого кремния, полученного при малых плотностях тока.

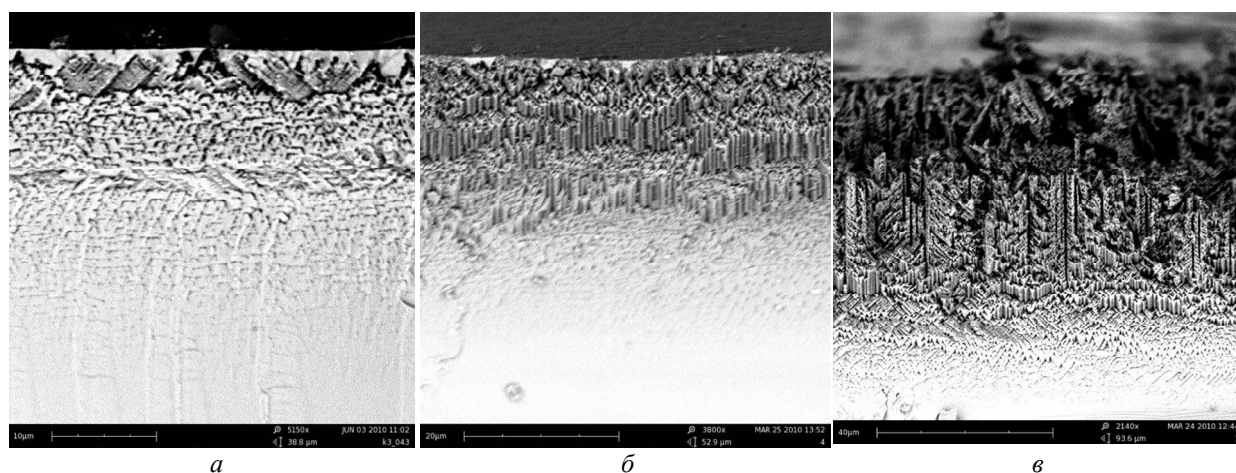


Рис. 2

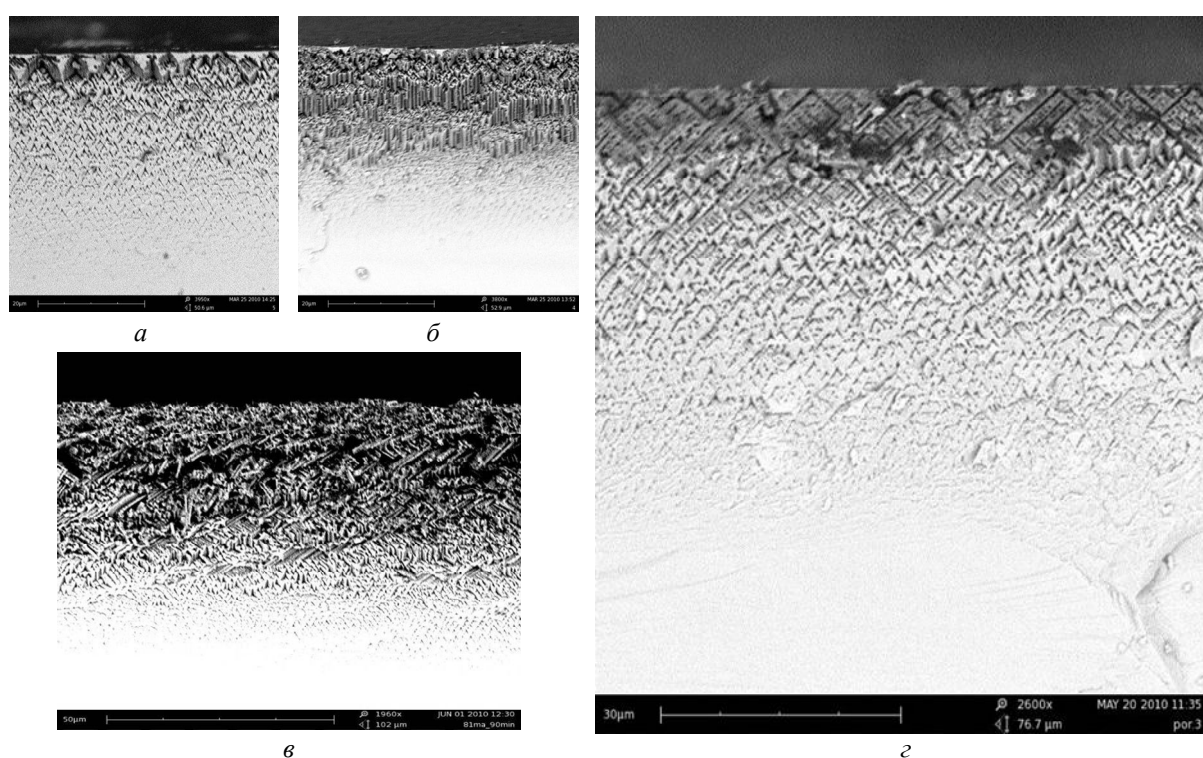


Рис. 3

В работе исследовалось двухстадийное электрохимическое травление кремния в двух случаях. В случае «А» режим травления проводили в течение первых 60 мин в гальваностатическом режиме с некоторой плотностью тока j_1 , с последующим увеличением плотности тока до j_2 ($j_2 > j_1$) и травлением в течение $t_2 = 30$ мин. В случае «Б» плотность тока анодирования уменьшалась ($j_2 < j_1$) при тех же временах травления.

Изображения сколов образцов, полученных двухстадийным травлением пор-Si с увеличением плотности тока анодирования (режим «А»), представлены на рис. 3: $a - j_1 = 20$ мА/см², $t_1 = 60$ мин; $б - j_1 = 80$ мА/см², $t_1 = 60$ мин; $в - j_1 = 80$ мА/см², $t_1 = 90$ мин; $г -$ двухстадийный режим: $j_1 = 20$ мА/см², $t_1 = 60$ мин; $j_2 = 80$ мА/см², $t_2 = 30$ мин.

Морфология пористого слоя образца, полученного последовательным применением двух режимов анодирования (рис. 3, *г*), наиболее близка к морфологии образца, полученного в одностадийном режиме с плотностью тока 20 мА/см^2 .

Предположительно, это связано с увеличением площади поверхности пористого слоя в течение первого этапа травления и изменением сопротивления границы кремний–электролит. Вследствие этого приложенной плотности тока в гальваностатическом режиме оказывается недостаточно для формирования развитого «верхнего» пористого слоя, аналогичного образцам пористого кремния, полученным в одностадийном режиме при малых плотностях тока $8, 15, 30 \text{ мА/см}^2$ (рис. 1, *а–в* соответственно). Следует отметить, что полученные образцы por-Si отличались по толщине пористого слоя, которая росла с увеличением времени электрохимического травления и тока анодирования.

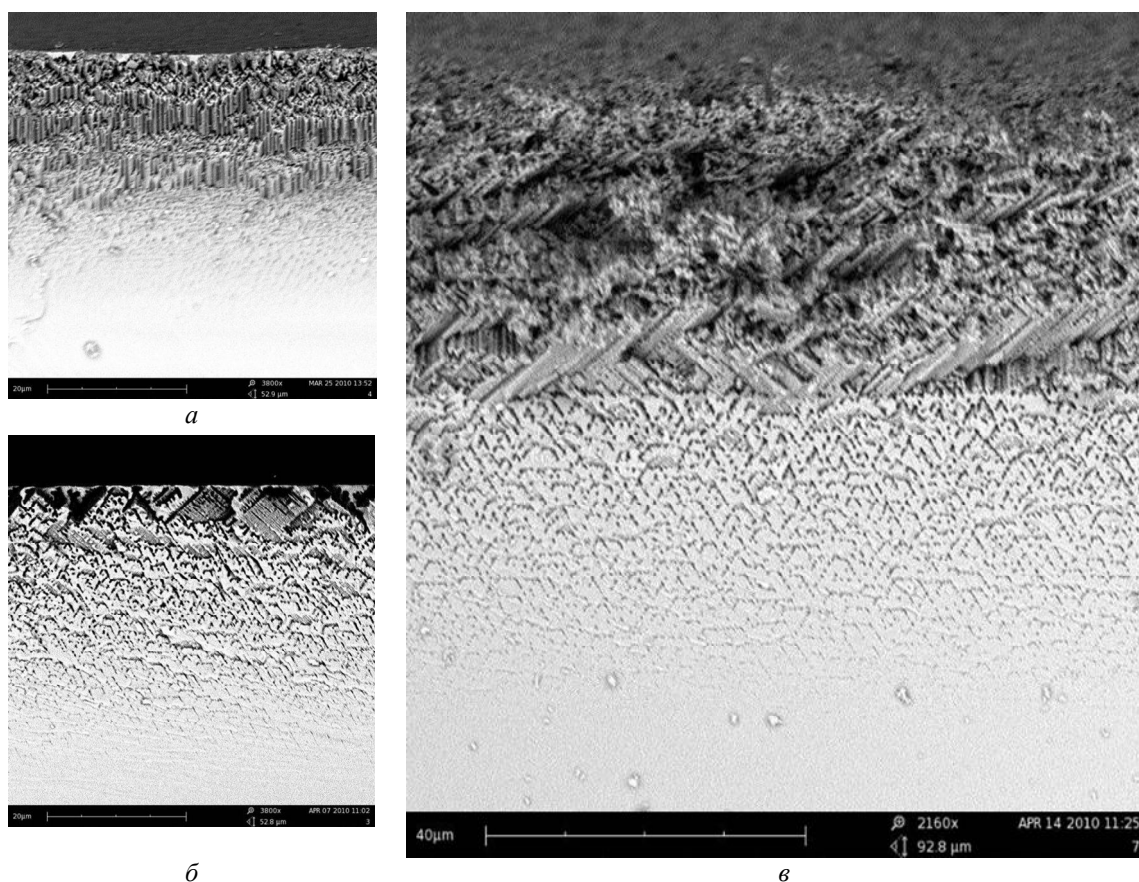


Рис. 4

На рис. 4, *в* представлено изображение скола образца, полученного двухстадийным травлением пористого кремния с уменьшением плотности тока анодирования (режим «Б»): первый этап $j_1 = 80 \text{ мА/см}^2$, $t_1 = 30$ мин; второй этап $j_2 = 30 \text{ мА/см}^2$, $t_2 = 60$ мин. На рис. 4, *а, б* представлены сколы образцов, полученных отдельно на режимах первого $j = 80 \text{ мА/см}^2$, $t = 30$ мин и второго $j = 30 \text{ мА/см}^2$, $t = 60$ мин этапов соответственно.

На изображениях сколов образцов пористого кремния, полученных двухстадийным травлением с уменьшением плотности тока анодирования, видна достаточно четкая ровная граница между двумя слоями различной морфологии, которой не наблюдается в образцах, полученных в одностадийных режимах. Особо следует отметить, что варьируя

значения плотности тока на втором этапе, можно управлять глубиной залегания границы раздела между слоями.

Исследования особенностей кристаллической структуры многослойных образцов рог-Si проведены методом малоугловой рентгеновской дифракции (XRD) при вариации угла скольжения рентгеновского излучения от 1 до 10°. Результаты в виде дифрактограмм представлены на рис. 5: *a* – образец рог-Si, полученный в два этапа: первый – $j = 80 \text{ мА/см}^2$, $t = 30 \text{ мин}$; второй – $j = 30 \text{ мА/см}^2$, $t = 60 \text{ мин}$; *б* – образец рог-Si, полученный в два этапа: первый – $j = 120 \text{ мА/см}^2$, $t = 30 \text{ мин}$; второй – $j = 20 \text{ мА/см}^2$, $t = 60 \text{ мин}$.

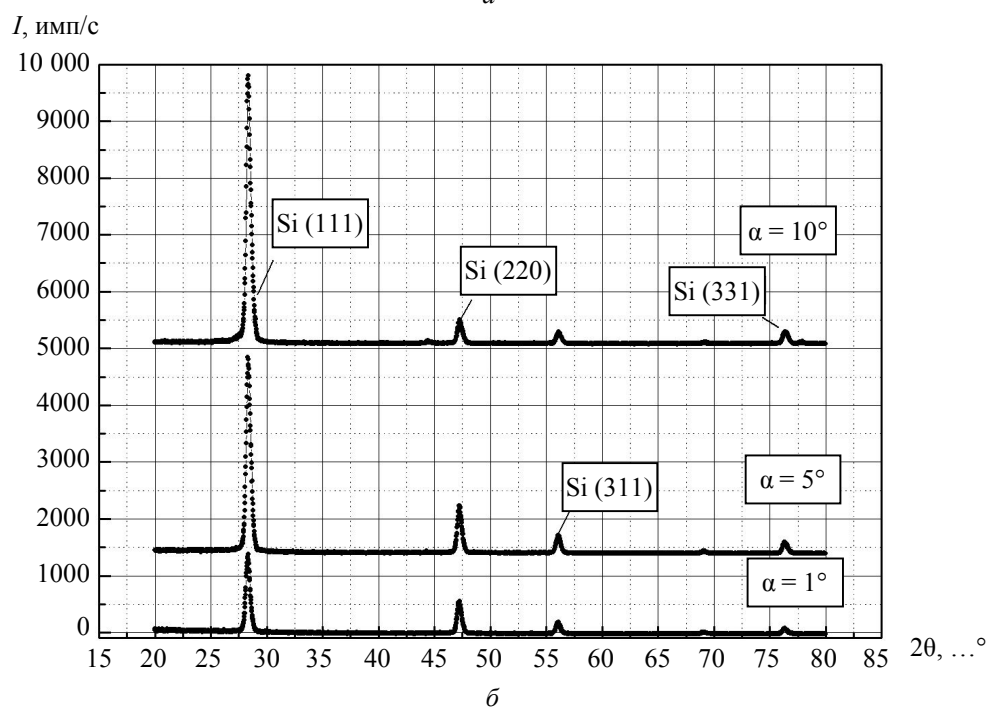
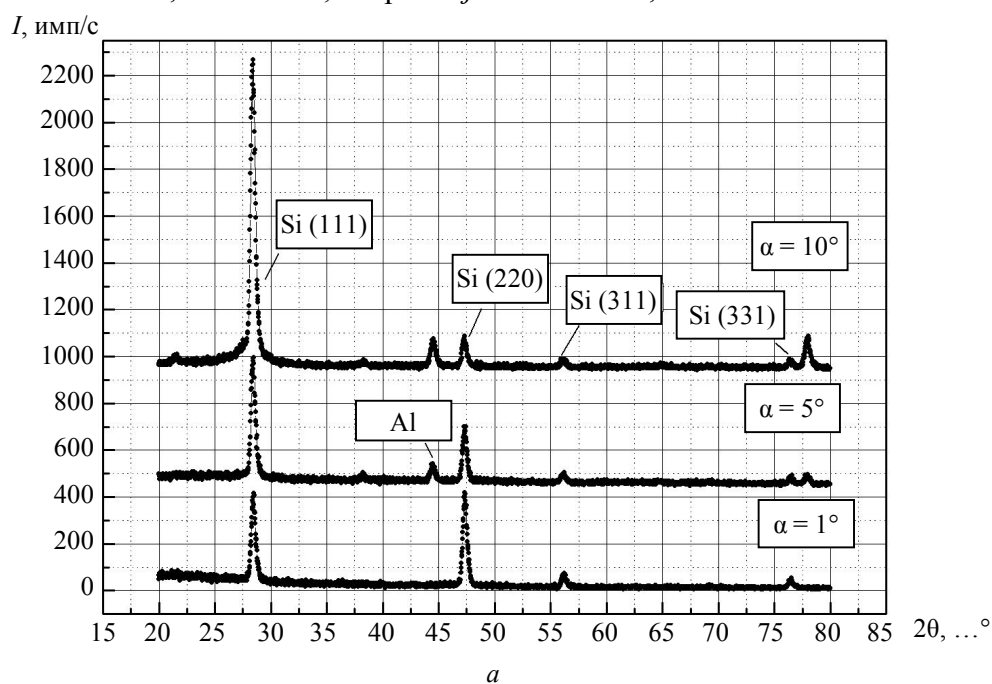


Рис. 5

Для образцов por-Si , полученных двухстадийным травлением ($j_1 > j_2$) на подложках КЭФ (111), были проведены исследования методом рентгеновской дифракции под углами скольжения 1° , 5° , 10° к поверхности образцов (рис. 5). По данным рентгеновской дифракции образцов, полученных в двухстадийном режиме, можно сделать вывод о присутствии кристаллитов различной ориентации в поверхностном слое por-Si . Для образцов, полученных при времени травления 90 мин, наряду с рефлексами (111) появляются пики, соответствующие другим кристаллографическим направлениям (220), (311), (331). При съемке образцов с уменьшением угла скольжения соотношение интенсивности рефлекса (220) к рефлексу интенсивности (111) растет. Оценка глубины проникновения рентгеновского излучения для кремния [8] при данных углах составляет ~ 300 нм при 1° , ~ 1500 нм – при 5° , ~ 3000 нм – при 10° .

Появление рефлексов алюминия на XRD-спектрах образцов por-Si связано с использованием алюминиевого держателя образцов при съемке под малыми углами.

Показано, что изменением режима анодирования и использованием двухстадийного режима электрохимического травления можно контролировать морфологию и глубину залегания границы раздела между слоями многослойных структур пористого кремния.

Установлено появление разупорядоченных кристаллитов в поверхностном слое por-Si при больших временах электрохимического травления. Согласно данным малоугловой дифракции степень разупорядочения кристаллитов в пористом слое ближе к поверхности образцов увеличивается.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., государственных контрактов ГК № 16.740.11.0211 от 24.09.2010 г., ПЗ99 от 30.07.2009 г., П454 от 13.05.10 г., П14740 от 30.09.10 г., ГК № 16.740.11.0316 от 07.10.2010 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spivak Y. M., Moshnikov V. A., Kuznetsov V. V. Self-Organized Porous Structure with Several Levels of Pores in Electrochemical Anodized Silicon // 6th Workshop on Functional and Nanostructured Materials. 10th Conference on Intermolecular and Magnetic Interactions in Matter. Sulmona–L'Aquila, Italy, 27–30 Sept. 2009. P. 067.
2. Состав и строение слоев нанопористого кремния с гальванически осажденным Fe и Co / В. М. Кашкаров, А. С. Леншин, А. Е. Попов и др. // Изв. РАН. Сер. физ. 2008. Т. 72, № 4. С. 484–490.
3. Evolution of nanoporous silicon phase composition and electron energy structure under natural ageing / S. Turishchev, A. Lenshin, E. Domashevskaya et al. // Phys. Status Solidi C 6. 2009. № 7. P. 1651–1655.
4. Electron structure of porous silicon obtained without the use of HF acid / V. Kashkarov, I. Nazarikov, A. Lenshin et al. // Phys. Status Solidi C 6. 2009. № 7. P. 1557–1560.
5. Использование электрохимических методов при изготовлении активных элементов сенсорных структур / С. В. Кошечев, Ю. М. Канатеева, А. И. Максимов и др. // Технология и дизайн микросхем: Сб. ст. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005. С. 81–89.
6. Ерохов В. Ю., Дружинин А. А. Кремний мультипористой текстуры для фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2009. № 3. С. 21–23.
7. Зимин С. П. Пористый кремний – материал с новыми свойствами // Соросовский образовательный журн. 2004. Т. 8, № 1. С. 101–107.
8. Петухов В. Ю., Гумаров Г. Г. Исследование поверхностных слоев твердых тел методом скользящего рентгеновского пучка: Учебно-методическое пособие для студентов физ. фак. Казань: Изд-во КГУ, 2009. С. 16.
9. Перераспределение макропор и их структура при анодном травлении одноосно напряженной поверхности кремния / В. В. Старков, Е. Ю. Гаврилин, А. Ф. Вяткин и др. // Перспективные материалы. 2003. № 6. С. 25–32.
10. Imai K., Unno H. FIPOS technology and its application to LSI's // IEEE Trans. On Electron. Dev. 1984. Vol. ED-31. P. 297–302.

P. G. Travkin, N. V. Vorontsova, S. A. Vysotskiy,
A. S. Lenshin, Y. M. Spivak, V. A. Moshnikov

STUDY OF REGULARITIES OF POROUS SILICON STRUCTURE FORMATION WITH MULTISTAGE MODES OF ELECTROCHEMICAL ETCHING

Etching mechanisms, structure and morphology of porous multilayer samples (obtained by one-stage and two-stage anodization in n-type Si (111), $5 \Omega \cdot \text{cm}$) SEM investigation results are presented. The dependence of the pore's morphology from anodization regime was stated. For the first time silicon crystallites disorder degree change in porous silicon surface layers was discovered by grazing incidence x-ray diffraction.

Porous silicon, anodic etching, multistep anodization

УДК 621.384.6

А. Ю. Грязнов, К. К. Жамова, Е. Г. Лобанова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОКОНТРАСТНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ*

Рассмотрены особенности формирования теневого рентгеновского изображения микрофокусными источниками излучения. Описаны особенности взаимодействия рентгеновского излучения с веществом на границе раздела двух сред. В первой части статьи был описан механизм возникновения амплитудно-контрастного изображения.

Микрофокусная рентгенография, теневое рентгеновское изображение, фазовый контраст

III. Полученные в пп. I и II результаты позволяют с удовлетворительной точностью описать распределение плотности потока излучения в плоскости приемника в случае традиционной рентгенографии и амплитудного контраста, однако излучение испытывает полное отражение от поверхности объекта при падении под углом, меньше угла полного внешнего отражения. Для рассмотрения этого явления воспользуемся рис. 6.

Пусть есть некий угол ε , при котором (и меньше которого) наблюдается полное внешнее отражение рентгеновского излучения от поверхности объекта, т. е. излучение, распространяемое между углами δ и γ , пойдет не сквозь объект, а отразится «наружу».

Тогда в плоскости приемника в диапазоне между AJ и AC излучение отсутствует вообще – весь поток, направлявшийся между точками J и C , отклоняется «вверх» и распределяется в плоскости приемника выше точки C . Тогда можно утверждать, что засветки детектора на участке CJ не будет, излучение будет «размыто» по участку CK . Опишем это явление более подробно.

От 0 до точки J распределение спектральной плотности в плоскости приемника будет описываться выражением (3). От точки J до точки C засветки вообще не будет, выше точки K распределение описывается по выражению (2). Тогда для описания распределения плотности потока необходимо найти значения координат точек J и K в зависимости от угла полного внешнего отражения ε , который определяется материалом среды, материалом объекта и длиной волны излучения (энергией квантов). Проведенные исследования показали, что зависимость угла ε от энергии квантов в диапазоне энергий, используемых в

* Окончание. Начало в № 6 (2010).

микрофокусной рентгенодиагностике (20...100 кэВ), весьма незначительна, поэтому в расчетах модельных экспериментов вполне допустимо использование усредненного значения.

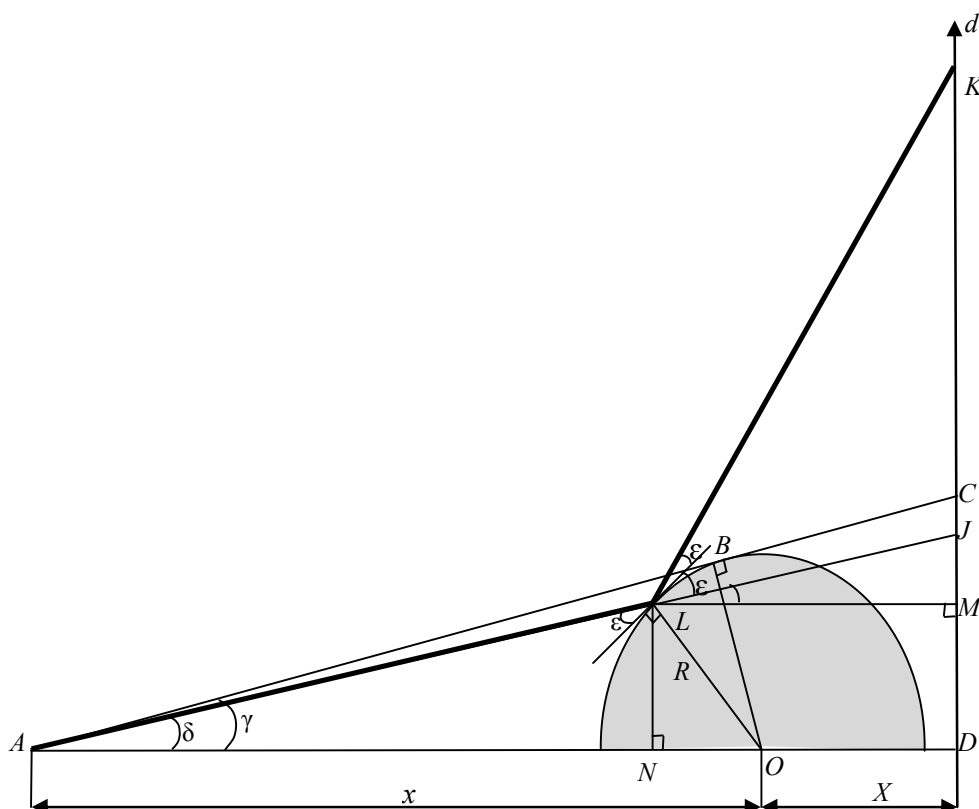


Рис. 6

Найдем в зависимости от угла полного внешнего отражения положение точек J и K .

Определить длину отрезка DJ в зависимости от угла ϵ можно как $DJ = \operatorname{tg} \delta (x + X)$,

где угол δ можно найти, используя теорему синусов $\frac{\sin \delta}{R} = \frac{\sin\left(\epsilon + \frac{\pi}{2}\right)}{x}$, следовательно,

$$\delta = \arcsin\left(\frac{R \cdot \sin\left(\epsilon + \frac{\pi}{2}\right)}{x}\right) = \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \epsilon}{x}\right).$$

Если произвести подстановку, то получим:

$$DJ = \operatorname{tg}\left(\arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \epsilon}{x}\right)\right)(x + X). \quad (5)$$

Далее найдем длину отрезка DK . Так как $DK = MD + KM = LN + KM$, то определим вначале значения LN и KM .

Для нахождения длины отрезка LN определим величину угла LON :

$$\angle LON = \pi - \delta - \epsilon - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} - \delta - \epsilon = \frac{\pi}{2} - \epsilon - \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \epsilon}{x}\right),$$

после чего по теореме синусов:

$$\frac{\sin(LON)}{LN} = \frac{\sin(\pi/2)}{R},$$

$$\text{т. е. } LN = R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon - \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right) = R \cdot \cos\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right).$$

С учетом того, что треугольник KLM в построениях является прямоугольным, можно утверждать, что $\text{tg}(\varepsilon + \varepsilon + \delta) = \frac{KM}{LM}$ и, как следствие, $KM = LM \cdot \text{tg}\left(2\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right)$.

Длину отрезка LM можно найти из следующих преобразований:

$$NO = \sqrt{R^2 - LN^2} = R \sqrt{1 - \cos^2\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right)} = R \cdot \sin\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right),$$

$$DN = NO + X \text{ и } LM = DN = X + R \cdot \sin\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right).$$

В итоге

$$\begin{aligned} DK = & \left(X + R \cdot \sin\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right) \right) \times \\ & \times \text{tg}\left(2\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right) + R \cdot \cos\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right). \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, распределение «выше» точки K описывается выражением (2), «ниже» точки J – выражением (4). Тогда остается описать распределение потока излучения между точками C и K .

Поскольку угол ε чрезвычайно мал, можно утверждать, что плотность потока излучения, распространяющегося в направлении между точками J и C , практически неизменна. Тогда интегральная плотность потока излучения в этом диапазоне по оси d будет определяться как произведение плотности потока в точке C на протяженность участка между точками C и J , т. е. $N_{\text{инт}} = N_{\text{пр}}(C)CJ$.

При этом, если рассмотреть окрестности точки C , то можно утверждать следующее: в соответствии с рис. 6 «снизу» от точки C (в направлении точки J) плотность потока излучения будет равна нулю, а «сверху» (в направлении точки K) – будет иметь удвоенное значение по сравнению с величиной, которую бы дало для точки C выражение (3).

Поскольку поток излучения из диапазона CJ будет перераспределен между точками C и K , то плотность потока в этом диапазоне будет описываться экспоненциальным законом:

$$N_{\text{откл}}(d) = N_{\text{пр}}(C) \exp(-sd), \quad (7)$$

где s – коэффициент, показывающий скорость убывания зависимости. Коэффициент s можно найти из очевидного условия равенства двух потоков излучения:

$$\int_0^{\infty} N_{\text{пр}}(C) \exp(-sd) dd = N_{\text{пр}}(C)CJ. \quad (8)$$

Отбросив константу $N_{\text{пр}}(C)$ и проинтегрировав левую часть выражения (8), можно получить, что s будет равным $1/(CJ)$. Тогда распределение спектральной плотности потока в диапазоне между точками C и K может быть описано как

$$N_{C-K}(d) = N_{\text{пр}}(d) + N_{\text{откл}}(d), \quad (9)$$

где $N_{\text{пр}}(d)$ – распределение спектральной плотности потока излучения, прошедшего мимо объекта «напрямую», описываемое выражением (3); $N_{\text{откл}}(d)$ – плотность потока излучения, перераспределенного из области CJ , описываемая как

$$N_{\text{откл}}(d) = N_{\text{пр}}(C) \exp\left(-\frac{1}{CJ} d\right), \quad (10)$$

где CJ можно определить из разности величин CD и DJ :

$$CJ = \frac{R(x+X)}{\sqrt{x^2 - R^2}} - \text{tg}\left(\arcsin\left(\frac{R \cdot \cos \varepsilon}{x}\right)\right)(x+X). \quad (11)$$

На рис. 7 представлено распределение плотности потока излучения в плоскости приемника с учетом ослабления в объекте и эффекта полного внешнего отражения на его границах (условия моделирования те же, что и ранее, угол ε взят больше реального (10°) с тем, чтобы отразить эффект фазового контраста более наглядно).

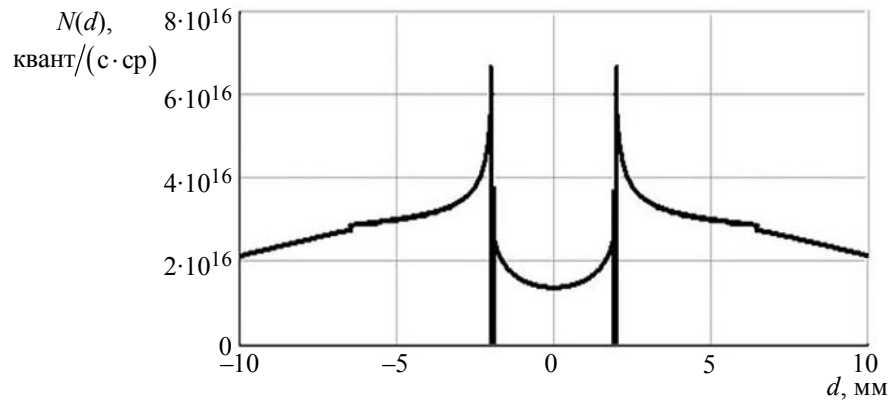


Рис. 7

IV. Рис. 7 позволяет продемонстрировать вклад фазового контраста, однако не учитывает тот факт, что при прохождении излучением границ объекта будет происходить преломление.

Изменение направления распространения потока излучения демонстрирует рис. 8.

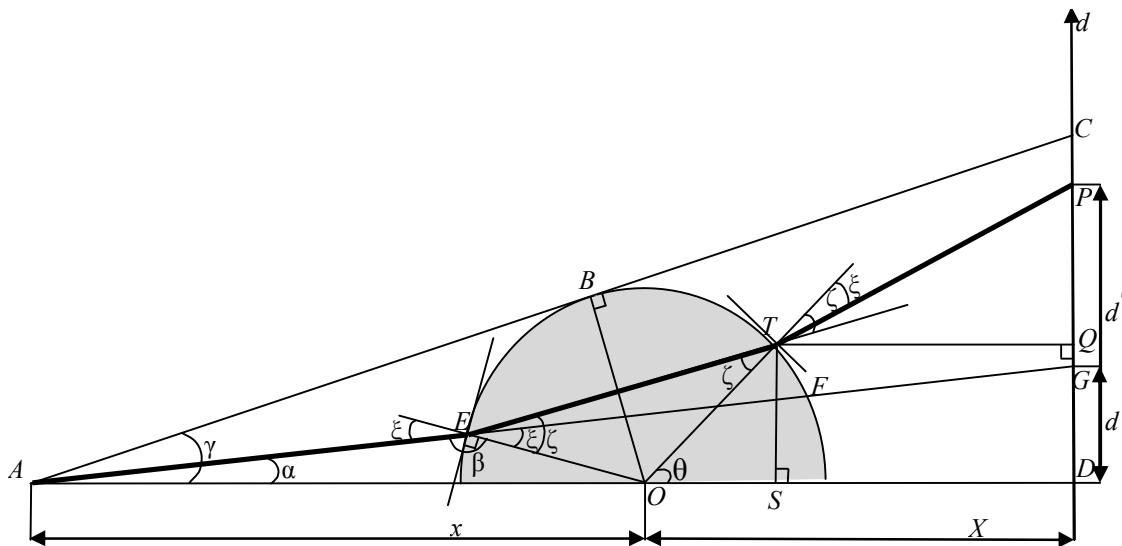


Рис. 8

Ввиду малого значения коэффициента преломления пути с отклонением и без него очень близки. При этом луч, который должен прийти в точку G , придет в точку P , так как коэффициент преломления для рентгеновского излучения больше единицы.

Если (2) описывает $N(d)$, то для реализации учета преломления надо сделать переход от $d = DG$ к $d' = DP$, при этом ξ – угол между нормалью и падающим лучом; ζ – угол между нормалью и преломленным лучом; $\frac{\sin \zeta}{\sin \xi} = n$ – известная величина (определяемая длиной волны излучения и атомными номерами сред, через которые проходит излучение).

Тогда, если $\frac{GD}{x+X} = \operatorname{tg} \alpha$, то $GD = d = \operatorname{tg} \alpha (x+X)$, $\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{d}{x+X} \right)$, $\beta = \pi - \xi$.

Используя теорему синусов, можно написать, что $\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{x}{\sin \beta}$, $\sin \xi = \sin \beta$, $\sin \xi = \frac{x \sin \alpha}{R}$, $\sin \zeta = \frac{x \sin \alpha}{R} n$.

Тогда угол между нормалью и преломленным лучом можно выразить как $\zeta = \arcsin \left(\frac{x \sin \alpha}{R} n \right)$, при этом $\beta = \arcsin \left(\frac{x \sin \alpha}{R} n \right)$, $\angle EOT = \pi - 2\zeta$, $\angle EOA = \pi - \alpha - \beta$, $\angle TOS = \pi - \angle EOT - \angle EOA$, $\angle TOS = 2\zeta - \pi + \alpha + \beta = \theta$, $TS = R \sin \theta$, $OS = R \cos \theta$, $SD = TQ = X - R \cos \theta$.

Поскольку треугольник EOT – равнобедренный, а EO и OT – радиусы, то угол на выходе будет равен углу на входе – тоже ξ . Следовательно, $\angle PTQ = \theta - \xi$, $\frac{PQ}{QT} = \operatorname{tg} (\theta - \xi)$; $PQ = QT \operatorname{tg} (\theta - \xi) = (X - R \cos \theta) \operatorname{tg} (\theta - \xi)$; $d' = PQ + QD = PQ + TS = (X - R \cos \theta) \operatorname{tg} (\theta - \xi) + R \sin \theta$, то есть

$$d' = [X - R \cos (2\zeta - \pi + \alpha + \beta)] \operatorname{tg} (2\zeta - \pi + \alpha + \beta - \xi) + R \sin (2\zeta - \pi + \alpha + \beta), \quad (12)$$

где $\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{d}{x+X} \right)$, $\zeta = \arcsin \left(\frac{xn \sin \alpha}{R} \right)$, $\beta = \arcsin \left(\frac{x \sin \alpha}{R} \right)$, $\xi = \pi - \beta$.

Тогда выражение (3) имеет вид

$$N(d') = \int_0^{E_{\max}} N_0(E) \frac{\exp[-\mu_0(E)] \sqrt{R^2 - \frac{d^2 x^2}{(x+X)^2 - d^2}}}{(x+X)^2 + d^2} \times$$

$$\times \frac{\exp[-\mu_b(E)] \left(\sqrt{(x+X)^2 + d^2} - \sqrt{R^2 - \frac{d^2 x^2}{(x+X)^2 - d^2}} \right)}{(x+X)^2 + d^2} dE. \quad (13)$$

Распределение плотности потока излучения с учетом поглощения в объекте и размытия изображения за счет конечных размеров фокусного пятна представлено на рис. 9.

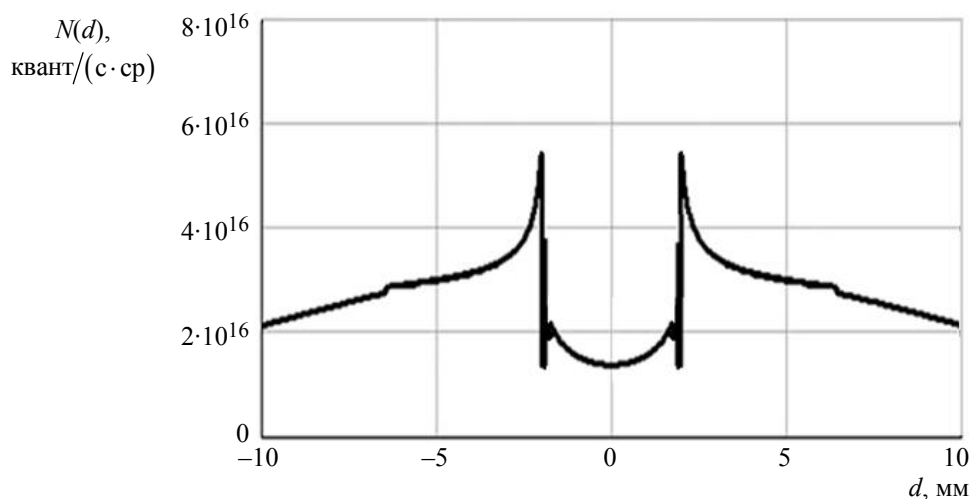


Рис. 9

Полученные выражения позволяют описать пространственное распределение спектральной плотности потока в плоскости приемника с учетом всех основных явлений, происходящих при взаимодействии рентгеновского излучения с веществом – в том числе возникновение как амплитудного, так и фазового контраста.

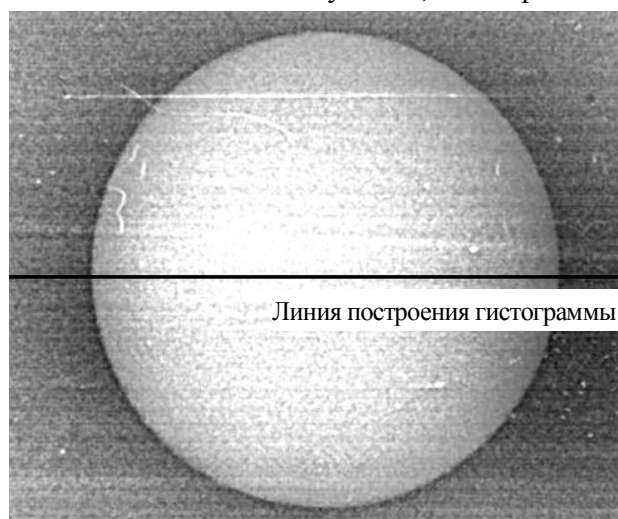


Рис. 10

С целью проверки правильности модели возникновения фазоконтрастного изображения проделан следующий опыт.

Был получен снимок одного из участков фантома (представляющего собой диск из тканеэквивалентной массы с различными наполнителями, имитирующими структуры и форму мягких тканей, выбрана область с шарообразной имитацией уплотнения), в следующих условиях: средний коэффициент увеличения – 20, размер фокусного пятна – менее 20 мкм, рабочее напряжение на рентгеновской трубке – 24 кВ, экспозиция – 1 мА · с (рис. 10).

Далее с помощью выражений (2)–(13) для таких же условий просвечивания был построен профиль распределения интенсивности рентгеновского излучения в плоскости приемника. Если считать, что в области малых энергий квантов (обусловленной низким напряжением рентгеновской трубки) плотность почернения пленки практически прямо пропорциональна интенсивности рентгеновского излучения, то можно получить профиль распределения плотности почернения пленки.

Нормированные зависимости экспериментальной гистограммы, полученной по центральной оси рис. 10, и рассчитанного распределения плотности почернения пленки по выражениям (2)–(13) представлены на рис. 11.

Результаты наложения двух зависимостей показывают удовлетворительную (90–95 %) сходимость рассчитанных профилей с экспериментальными, что подтверждает высокую точность предложенной модели формирования фазоконтрастного изображения в микрофокусной рентгеновской съемке с прямым увеличением получаемого изображения

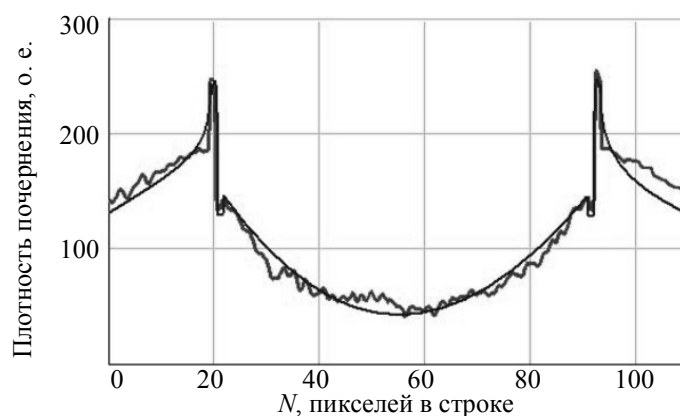


Рис. 11

Описанный способ получения фазоконтрастных изображений с помощью микрофокусных источников излучения может иметь широкие перспективы при анализе рентгеновских снимков мягких тканей – связок, сосудов и т. п., а с использованием дополнительной обработки снимков – позволит совершить качественный скачок в медицинской рентгенодиагностике мягких тканей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блохин М. А. Физика рентгеновских лучей. М.: Гостехтеоретиздат, 1953.
 Васильев А. Ю. Рентгенография с прямым многократным увеличением в клинической практике. М.: ИПТК «ЛОГОС», 1998.
 Лукьянченко Е. М., Грязнов А. Ю. Моделирование спектра первичного рентгеновского излучения в энергодисперсионном рентгеноспектральном анализе // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2003. Вып. 1. С. 10–14.
 Потрахов Н. Н. Метод и особенности формирования теневого рентгеновского изображения микрофокусными источниками излучения // Вест. новых мед. технологий. 2007. Т. XIV, № 3. С. 167–169.

A. Y. Gryaznov, K. K. Zhamova, E. G. Lobanova

MATHEMATICAL MODEL OF THE X-RAY PHASECONTRAST IMAGE FORMATION

In article features of the shadow x-ray image formation by microfocal radiation sources are considered. Features of x-ray radiation interaction with substance on border of section two environments of are described. In the first part the description of the traditional occurrence mechanism of the x-ray image is given.

Microfocal x-ray imaging, the shadow x-ray image, phase contrast

УДК: 62/378

Фам Шон Лам, Буй Минь Туан

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРИЕМНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМОУПРУГОМ ЭФФЕКТЕ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КВАРЦЕ

Показаны возможности использования приемников оптического излучения на термоупругом эффекте исходя из свойств кристаллического кварца.

Термоупругий эффект, кристаллический кварц, тепловое поле

Кристаллический кварц широко применяется в технике в целом и оптико-электронном приборостроении в частности. В оптико-электронном приборостроении кристаллический кварц используется в качестве приемного элемента приемников на основе термоуп-

ругого эффекта благодаря отличительным свойствам. В данной статье будут рассмотрены физические основы и принципы построения приемников оптического излучения на термоупругом эффекте в кристаллическом кварце.

Под термоупругим эффектом понимают возникновение упругих напряжений под действием теплового поля. Различают термоупругие напряжения неоднородного объекта и термоупругие напряжения однородного объекта или полупространства. В однородном полупространстве возможны термоупругие напряжения только от нестационарного теплового поля. Это позволяет исключить дрейфы начального уровня состояния приемника.

Для получения электрического сигнала механические напряжения необходимо превратить в электрические напряжения с помощью пьезоэффекта, хотя возможно и другое построение приемника. В связи с этим и выбран кристаллический кварц.

Физические основы появления на электродах термоупругого элемента электрической разности потенциалов при облучении. На рис. 1 показан чувствительный элемент термоупругого преобразователя (ТУП), который состоит из тонкой (приблизительно 0.1 мм) пластинки 3 из кристаллического кварца X-среза, приклеенной (или припаянной при наличии второго электрода) к теплоотводящему демпферу 4. На переднюю поверхность кварцевой пластинки наносят никелевый электрод 2 и чернь 1 для обеспечения неселективности. С электрической точки зрения подобная система представляет собой конденсатор, в котором диэлектриком является пластинка кристаллического кварца, а обкладками – металлический демпфер и никелевый электрод.

Принцип работы приемника хорошо описан в работах [1], [2]. Если такая система находится в механическом и тепловом равновесии, то напряжение на конденсаторе равно нулю. При облучении приемной площадки 1 потоком излучения $\Phi(t)$ в приемном элементе возникает сложное нестационарное тепловое поле. Процесс преобразования падающего лучистого потока излучения $\Phi(t)$ в энергию теплового поля определяется материалом и структурой поглощающего покрытия 1. Нестационарное во времени и пространстве тепловое поле вызывает в кристаллическом кварце нестационарные механические напряжения, которые приводят к изменению вектора поляризации кристаллического кварца и, как следствие, к появлению электрической разности потенциалов на электродах 2 и 4.

Разность потенциалов в режиме холостого хода на пластинке при ее облучении гармонически модулированным потоком излучения определяется по следующей формуле:

$$V_{XX}(\omega) = \frac{k_{\text{ТУ}} k_{\text{П}} \Phi}{h C_0 \omega} A(\omega) \sin[\omega t + \varphi(\omega)],$$

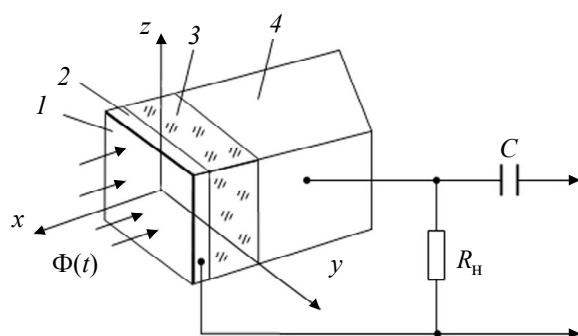


Рис. 1

где $k_{\text{ТУ}}$, $k_{\text{П}}$, Φ , h , C_0 , $A(\omega)$ – соответственно, коэффициент термоупругого преобразования, коэффициент поглощения, поток излучения, толщина, емкость ТУП, коэффициент амплитудных искажений приемника; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота модуляции падающего на приемник потока излучения. $A(\omega)$ определяется формулой

$$A(\omega) = \sqrt{1 - 2e^{-h\sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_{11}}}} \cos\left(h\sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_{11}}}\right) + e^{-2h\sqrt{\frac{\omega}{2\alpha_{11}}}}},$$

где α_{11} – коэффициент линейного расширения; $k_{\text{ТУ}}$ можно найти из выражения

$$k_{\text{ТУ}} = \frac{4\pi C_{11}\alpha_{11}d_{11}}{C_T\gamma(1-\mu)},$$

где C_{11} , d_{11} , C_T , γ , μ – соответственно, модуль упругости кристаллического кварца по оси x , пьезомодуль кристаллического кварца, удельная теплоемкость, плотность кристаллического кварца, коэффициент Пуассона.

Вольтовая чувствительность ТУП в режиме холостого хода будет имеет вид

$$S_{Va} = \frac{V}{\Phi} = \frac{k_{\text{ТУ}}k_{\text{П}}}{hC_0\omega} A(\omega), \quad (1)$$

где V – напряжение между обкладками плоского конденсатора, содержащего термоупругий элемент из кристаллического кварца.

Выражение (1) справедливо для приемника в режиме холостого хода: без подключения его к измерительной схеме. Сам ТУП является источником тока с большим внутренним сопротивлением. Пренебрегая сопротивлением утечки между электродами и объемным сопротивлением кварца, можно считать нагрузкой холостого хода только собственную емкость пластинки из кристаллического кварца.

В реальных условиях при подключении ТУП к реальной схеме, имеющей входную емкость $C_{\text{вх}}$ и сопротивление нагрузки $R_{\text{вх}}$, можно найти окончательное выражение для электрической разности потенциалов нагруженного ТУП с учетом всех параметров входной цепи

$$V = \frac{k_{\text{ТУ}}k_{\text{П}}}{h} \Phi A(\omega) \frac{R_{\text{вх}}}{\sqrt{1 + R_{\text{вх}}^2 \omega^2 C^2}}.$$

Здесь $C = C_0 + C_{\text{вх}}$ – общая емкость входной цепи.

При больших изменениях граничных условий параметры приемника могут меняться, но его работоспособность сохраняется. Изменения, как правило, систематические, и их можно учесть при обработке сигнала. Рассмотрим свойства кварца при изменении условий работы.

Упругость кристаллического кварца. Под действием механических напряжений кристалл деформируется. Если напряжения достаточно малы и не превышают определенного уровня, называемого пределом упругости, то после снятия напряжения кристалл принимает исходную форму, что и ограничивает динамический диапазон работы приемника.

Модули упругости, как, впрочем, и константы гибкости, являются термозависимыми. На рис. 2 приведена зависимость константы гибкости кварца от температуры. Как видно из рисунка, температурные характеристики упругих постоянных α -кварца являются

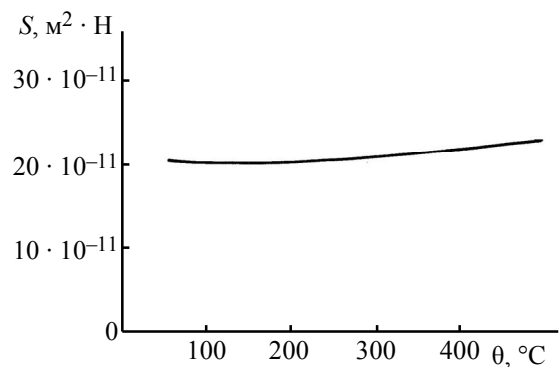


Рис. 2

непрерывными вплоть до точки $\alpha \leftrightarrow \beta$ -перехода. Это приводит к изменению чувствительности от изменения температуры при больших уровнях мощности. Так как динамическая составляющая потока много меньше статической, то нелинейность характеристики при импульсных модулированных потоках не возникает. При импульсном режиме работы нестационарные и стационарные составляющие теплового поля одного порядка, и это может привести к возникновению нелинейности приемника излучения.

Тепловое расширение кварца. Коэффициенты теплового расширения кварца с повышением температуры возрастают, претерпевая скачок в точке $\alpha \leftrightarrow \beta$ -перехода (при 573 °С или 846 К) и плавно увеличиваются при дальнейшем повышении температуры. В табл. 1 приведена зависимость коэффициента линейного расширения кристаллического кварца от температуры $\alpha_x = \alpha_y = f(T)$.

Таблица 1

T, K	23	73	173	273	373	473	573
$\alpha_{xy} \cdot 10^6$	8,6	9,0	11,82	13,24	14,45	15,61	16,89
T, K	673	773	823	846	873	1073	1273
$\alpha_{xy} \cdot 10^6$	18,50	20,91	23,40	25,15	29,71	22,18	16,97

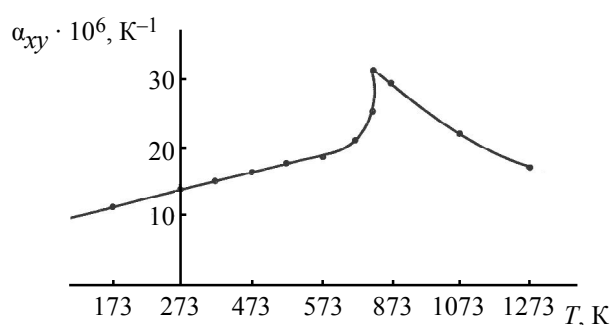


Рис. 3

На рис. 3 приведена температурная зависимость коэффициента линейного расширения кристаллического кварца. Из рисунка видно, что при температуре выше 846 К преобразователь нельзя использовать, так как, когда имеется «скачок», никакой линейности в сигнальной характеристике уже не существует. Это приводит к ограничению работы приемника. В области «скачка» работа приемника невозможна.

Теплопроводность кварца. Распространение тепла в кристаллах зависит от температуры. В изотропных телах теплопроводность одинакова по всем направлениям, а в анизотропных — различна. Для кристаллов с анизотропной структурой большое значение теплопроводности обычно соответствует направлениям, параллельным направлению наиболее плотной упаковки частиц, из которых состоит структура. Для кристаллов с цепочечной структурой, к которым относится кварц, отношение $\lambda_1/\lambda_3 < 1$. Для кварца это отношение равно 0.53, т. е. его теплопроводность $\lambda_3 = \lambda_z$ по оптической оси почти в два раза больше теплопроводности $\lambda_1 = \lambda_{xy}$ в направлении, перпендикулярном ей (до 50 °С).

Теплопроводность монокристаллического кварца уменьшается с повышением температуры, в то время как аморфного — повышается. При комнатных температурах кристаллический кварц проводит тепло в направлении оптической оси в 10 раз лучше, чем аморфный.

Теплоемкость кварца. Теплоемкость всех тел, в частности кварца, уменьшается с понижением температуры и при температурах, близких к температуре абсолютного нуля, принимает у большинства тел ничтожно малые значения. Так, удельная теплоемкость кварца при температуре 10 К равна $0.5 \cdot 10^{-3} \text{ кал} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$, а при температуре 273 К — $0.1664 \text{ кал} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$. С точки зрения приемника, уменьшение теплоемкости приводит к увеличению чувствительности.

Диэлектрические постоянные. Диэлектрические постоянные, как и другие константы кварца, описываются двумя главными значениями – вдоль оптической оси и в перпендикулярном ей направлении. Диэлектрическая постоянная в СИ вдоль оптической оси $\epsilon_{xy} = 39.97 \cdot 10^{12}$ Ф/м и $\epsilon_z = 41.03 \cdot 10^{-12}$ Ф/м в перпендикулярном к ней направлении [3].

В направлении оптической оси диэлектрическая постоянная мало меняется в диапазоне температур $0 \dots 100$ °С, затем постепенно возрастает при повышении температуры до 300 °С, принимая в этой точке значение, равное $112 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Дальнейшее увеличение температуры вплоть до 750 °С практически не влияет на диэлектрическую постоянную. В направлении, перпендикулярном оптической оси, диэлектрическая постоянная не зависит от температуры вплоть до уровня 300 °С, затем слабо возрастает в диапазоне $300 \dots 500$ °С.

Зависимость диэлектрической постоянной от напряженности поля слабая: ϵ_x не зависит от электрического поля до уровня напряженности $2 \cdot 10^3$ В/см, а затем слегка возрастает. В перпендикулярном оптической оси направлении зависимость ϵ_x от напряженности поля незаметна до $12 \cdot 10^3$ В/см. Эти стабильные свойства кварца дают возможность его использования в качестве приемного элемента ТУП (используют кристаллический кварц Х-среза, так как он стабилен в работе).

Пьезоэлектрические постоянные. Уравнение пьезоэлектрического эффекта в матричной, развернутой форме для низкотемпературного α -кварца имеет вид

$$P = d\sigma,$$

где P – электрическая поляризация (матрица 3×1); d – пьезоэлектрический модуль (матрица 3×6); σ – механическое напряжение (матрица 6×1). Это уравнение может быть записано в виде табл. 2.

Таблица 2

P_i	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	σ_{yz}	σ_{zx}	σ_{xy}
P_x	d_{11}	$-d_{11}$	0	d_{14}	0	0
P_y	0	0	0	0	$-d_{14}$	$-d_{11}$
P_z	0	0	0	0	0	0

Пьезоэлектрические модули в нижней строке матрицы равны 0, и, как следствие, никакие механические напряжения не приводят к возникновению поляризации в направлении оптической оси кварца z . При приложении напряжений растяжения-сжатия σ_{xx} или σ_{yy} или сдвига σ_{yz} поляризация возникает только в направлении оси симметрии второго порядка (оси x). Напряжение сдвига σ_{zx} , σ_{xy} вызывает поляризацию в направлении, перпендикулярном этой оси, а следовательно, в направлении координатной оси y .

При сжатии-растяжении кристалла кварца вдоль оси x величина поверхностного заряда зависит только от прилагаемого к кристаллу усилия и не зависит от его размеров. Величина пьезоэлектрического заряда, возникающего на грани yz кристалла кварца, растягиваемого или сжимаемого вдоль оси y , зависит не только от прилагаемого усилия, но и от размеров кристалла.

Кварц сохраняет значение пьезокоэффициента d_{11} с погрешностью до 0.1 % вплоть до давления 3500 кг/см²; при понижении температуры от комнатной до -192 °С d_{11} изменяется не более чем на 2 %; при температурах, выше комнатной, d_{11} остается почти по-

стоянным до 200 °С, а затем постепенно уменьшается, обращаясь в ноль при температуре фазового $\alpha \leftrightarrow \beta$ -перехода $\theta = 573$ °С. Поэтому предельная температура на границе электрод–кварц не должна превышать температуры фазового перехода.

В статье рассмотрены физические основы появления на электродах термоупругого элемента электрической разности потенциалов при облучении, свойства кристаллического кварца, а также определены направления учета нестабильности чувствительности приемника излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ишанин Г. Г., Панков Э. Д., Челибанов В. П. Приемники излучения: Учеб. пособие для вузов. СПб.: Папирус, 2003.
2. Ишанин Г. Г., Полщиков Г. В. Основы теории приемников на термоупругом эффекте при измерении гармонически модулированных потоков излучения / Изв. вузов. Приборостроение. 1985. Т. 28, № 8. С. 72–80.
3. Шубников А. В. Кварц и его применение. М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1940.

Pham Son Lam, Bui Minh Tuan

PHYSICAL BASICS AND PRINCIPLES OF RECEIVERS RADIATION ON THE THERMOELASTIC EFFECT IN CRYSTALLINE QUARTZ

The article shows the possibility of using optical radiation detectors on the thermoelastic effect based on the properties of crystalline quartz.

Thermoelastic effect, crystal quartz, thermal field



УДК. 681.785.554

А. А. Кутуан, Н. М. Сафьянников

СПЕКТРОМЕТР-ДОЗИМЕТР

Описывается спектрометр-дозиметр с полной автоматизацией измерений. Сущность предлагаемого решения состоит в создании устройства для одновременного автоматического измерения и анализа потоков, спектров, доз альфа-, бета-, гамма-излучения веществ, а также типов и концентраций галоидсодержащих газов в атмосфере за счет организации параллельной работы двух блоков детекторов при совмещении процессов автоматизации измерений и анализа результатов с их оперативной передачей.

Атмосферный мониторинг, полупроводниковый детектор, концентрация галоидсодержащих газов, спектрометр-дозиметр, автоматизация измерений и анализа результатов, оперативная передача, расширение функциональных возможностей

Индустриальное воздействие на природную среду настолько серьезно, что требует постоянного контроля экологической обстановки для своевременного принятия неотложных мер по сохранению в допустимых пределах уровня загрязнения атмосферы. В последнее десятилетие задача эффективного контроля и защиты воздушного бассейна от промышленных загрязнений приобретает еще большую актуальность [1], [2].

Существенные затруднения при анализе качества воздуха и выработке действенных мероприятий по поддержанию чистоты воздушного бассейна вызывает фиксация и оперативная оценка как временных, так и пространственных колебаний концентраций и энергий отдельных ингредиентов. Временной фактор может быть обеспечен автоматизацией и непрерывностью процесса измерения. Пространственная плотность измерений в каждом конкретном случае выбирается на основе компромисса между требуемой точностью и экономическими возможностями.

Решение проблемы охраны атмосферы окружающей среды как в отдельных регионах, так и в масштабах всей планеты невозможно без создания специализированных вычислительных устройств атмосферного мониторинга.

Известно многофункциональное устройство для детектирования утечки газов [3]. Оно содержит корпус с расположенным внутри него катодом, анодом и входным отверстием для детектируемого газа, средства для измерения тока разряда и высоковольтный источник питания, создающий напряжение, необходимое для поддержания коронного

разряда между анодом и катодом. Катод выполнен из n игл ($n \geq 2$), установленных симметрично относительно корпуса, на которые подано напряжение от высоковольтного источника питания, превышающее напряжение зажигания коронного разряда в детектируемом газе на острие n игл. При этом иглы катода выполнены с дополнительными внутренними каналами для подачи газа, соединенными с дополнительным устройством принудительной прокачки детектора газом.

Кроме детектирования наличия галоидсодержащего газа в атмосфере газовый детектор может использоваться в приборах для оценки типа этого газа и для измерения его концентрации.

Недостатки данного устройства заключаются в том, что отсутствуют измерение радиоактивности и автоматизация измерений. Существуют устройства [4], измеряющие радиоактивность, причем измерения полностью автоматизированы.

Технический результат в этом устройстве достигается определением радиоактивности при помощи трех расположенных друг под другом полупроводниковых детекторов альфа-, бета- и гамма-излучения разной толщины и из определенного материала, в том числе применением специального (третьего) детектора гамма-излучения толщиной несколько миллиметров, что позволяет существенно расширить динамический диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения более точным определением суммарной дозы и полностью автоматизировать измерения.

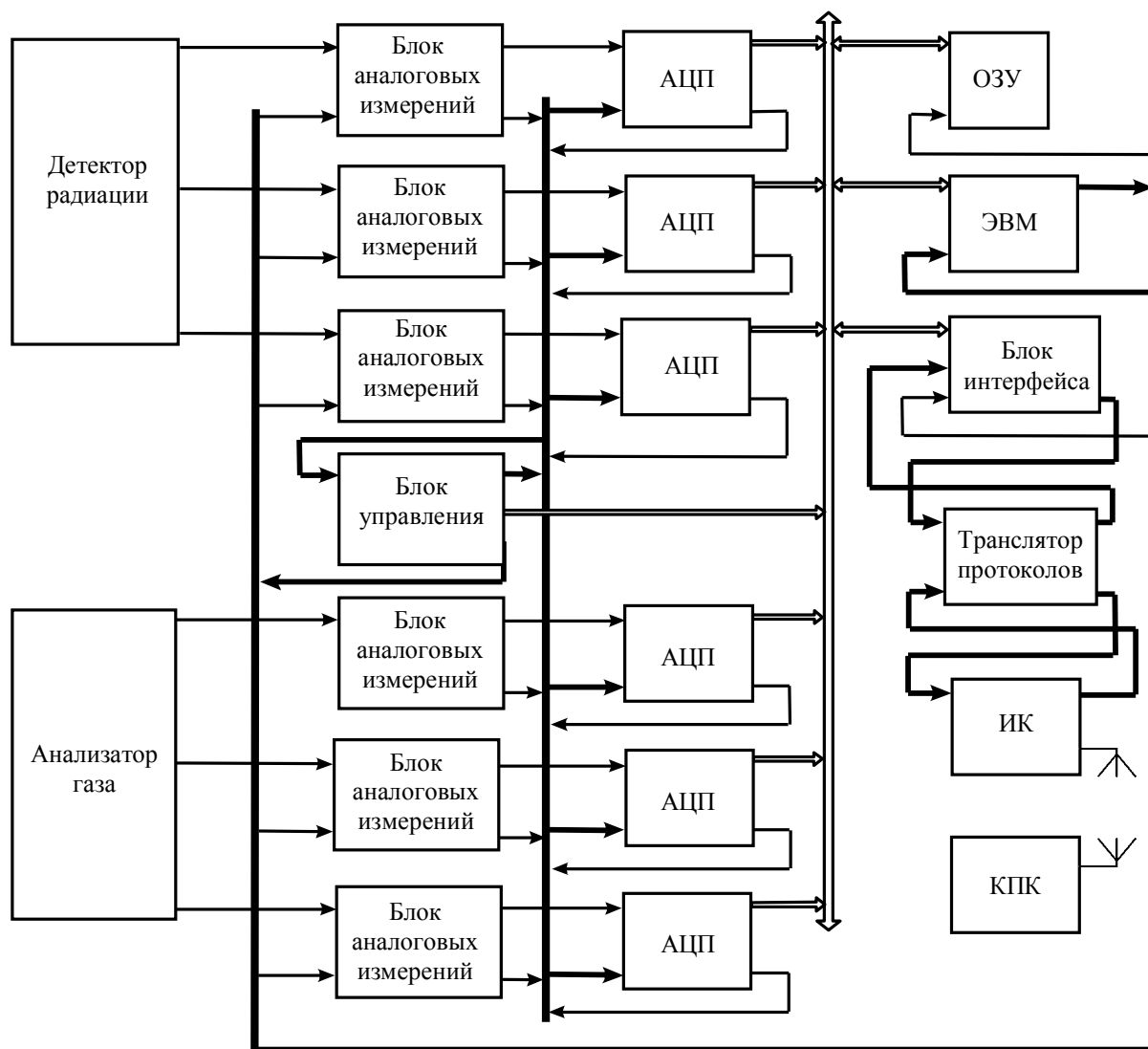
Недостатком устройства является функциональная ограниченность, связанная с невозможностью детектирования газов и отсутствием автоматического анализа результатов измерений с их оперативной передачей.

Задачей, решаемой предложенным авторами устройством [5], является расширение функциональных возможностей за счет параллельного детектирования газов при совмещении процессов автоматизации измерений и анализа результатов с их оперативной передачей. На рисунке изображена функциональная схема предложенного устройства, где АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ОЗУ – оперативное запоминающее устройство, ИК – инфракрасный приемопередатчик, КПК – карманный персональный компьютер.

Для решения поставленной задачи в спектрометр-дозиметр, содержащий блок детекторов, состоящий из трех полупроводниковых детекторов, вводят 3 блока аналоговых измерений, 3 аналого-цифровых преобразователя, оперативное запоминающее устройство, блок интерфейса, блок управления и однокристалльную электронно-вычислительную машину. Кроме того, в устройство введены второй блок детекторов, состоящий из трех газовых детекторов, 3 блока аналоговых измерений, 3 аналого-цифровых преобразователя, транслятор протоколов, приемопередатчик инфракрасного излучения и карманный персональный компьютер со встроенным мобильным сотовым телефоном, связанный беспроводным каналом с приемопередатчиком инфракрасного излучения.

Устройство работает следующим образом. Пусть в начальный момент времени оператором в интерактивном режиме при помощи карманного персонального компьютера со встроенным мобильным сотовым телефоном задается режим работы спектрометра-дозиметра. По беспроводному каналу связи информация о режиме работы принимается приемопередатчиком инфракрасного излучения и передается в транслятор протоколов, в результате чего через общую шину задается режим работы однокристалльной электронно-

вычислительной машины, которая управляет работой спектрометра-дозиметра. Управляющие сигналы от электронно-вычислительной машины к периферийным устройствам передаются по второй шине управления.



При регистрации альфа-, бета- или гамма-излучения электрический импульс с соответствующего полупроводникового детектора блока поступает на соответствующий блок аналоговых измерений, а при регистрации галоидсодержащего газа электрический сигнал с соответствующего полупроводникового детектора блока поступает на соответствующий блок аналоговых измерений. В блоках аналоговых измерений происходит усиление и формирование сигналов для последующего преобразования в соответствующих аналого-цифровых преобразователях, а также формирование запускающих и идентифицирующих импульсов для блока управления.

Код амплитуды после преобразования фиксируется во внутренних регистрах аналого-цифровых преобразователей и в соответствующем программном цикле записывается в оперативное запоминающее устройство. Идентификационный код детектора, в котором зарегистрирован сигнал, формируется блоком управления и считывается однокристальной электронно-вычислительной машиной одновременно с кодом амплитуды.

Быстродействие системы достигается за счет программно-аппаратной реализации цикла записи данных, выставляемых аналого-цифровыми преобразователями в оперативное запоминающее устройство. Аппаратную поддержку цикла записи осуществляет блок управления, используя для этого первую и вторую шины управления. Интерфейсный блок обеспечивает побитный параллельный или последовательный обмен информацией через транслятор и приемопередатчик с карманным персональным компьютером, встроенный мобильный сотовый телефон которого дает возможность записи и чтения информации с различных источников.

В соответствии с заданной компьютером программой измерений электронно-вычислительная машина управляет работой спектрометра-дозиметра и накапливает информацию в оперативном запоминающем устройстве. По завершении накопления и обработки данные пересылаются через блок интерфейса, транслятор и приемопередатчик в компьютер, где они анализируются и отображаются на экране, а также могут быть переданы для дальнейшего более детального анализа. Применение электронно-вычислительной машины с набором подпрограмм, хранящимся в карманном персональном компьютере со встроенным мобильным сотовым телефоном, обеспечивающим доступ к различным источникам информации, позволяет оперативно управлять прибором, изменять алгоритм обработки данных, а также использовать спектрометр-идентификатор-дозиметр в различных информационно-измерительных системах.

В основу работы устройства положен принцип поочередной перекрестной обработки входной информации и синхронной параллельной обработки выходной информации, благодаря чему функции автоматизации измерений реализуются одним, а функции анализа результатов – другим вычислительным средством, имеющим эффективную связь с внешними системами.

Преобразования во всех шести каналах происходят независимо. В первых трех каналах регистрируемый диапазон энергий разбивается на 63 уровня, что позволяет производить анализ регистрируемых альфа-, бета- и гамма-излучений по их спектральному, энергетическому и изотопному составу, используя при этом программно-реализованные метод $\Delta E-E$, логику совпадений-антисовпадений, а также определять дозу как суммарную, так и по каждому виду излучений. В других трех каналах выполняются режимы детектирования наличия, оценки типа и измерения изменений концентрации галоидсодержащего газа в атмосфере, используя при этом программно-реализованные алгоритмы управления и анализа при восходящем и неизменном напряжении. Все результаты анализа могут быть представлены в карманном персональном компьютере в нужном виде и переданы с помощью встроенного мобильного сотового телефона в нужное место.

Устройство можно использовать в ядерной физике, дозиметрии, биофизике, радиационной медицине, химии, экологии. Также оно может быть использовано для детектирования газов в разных отраслях промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аварийность и травматизм на предприятиях и объектах, подконтрольных Управлению технического надзора: Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность». 2006. № 1 (16). С. 2–8.
2. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
3. Пат. № 2280862 Россия МПК⁸ G01N 27/68 / В. В. Берцев, А. Н. Заморянский, В. А. Иванов.
4. Пат. № 2029316 Россия МПК⁸ G01T1/24, G01T1/16, G01T1/02 / Ю. В. Минеев, П. Н. Трофимов.

A. A. Koutouan, N. M. Safyanikov

SPECTROMETER-DOSIMETER

The opportunity of atmospheric monitoring systems construction based on radiation and gas semi-conductor detectors is considered.

These devices are related to be used in nuclear physics, dosimetry, biophysics, radiation medicine, chemistry, ecology and may be used for detection of gases in different industries. Substance of suggested invention consists in creation of device for simultaneous automatic measurement and analysis of flows, spectra, doses of alpha-, beta-, gamma-radiation of substances, and also types and concentrations of haloid-containing gases in atmosphere due to organization of parallel operation of two units of detectors during combination of process of automation of measurements and analysis of results with their efficient transmission.

Atmospheric monitoring, the semi-conductor detector, concentrations of haloid-containing gases, a spectrometer-dosimeter, automation of measurements and the analysis of results, operative transfer, expansion of functionality

УДК 004.3+004.4

А. А. Валов

ФОРМАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ МИКРОПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ

Анализируются возможности повышения достоверности функционирования, предлагается структура формальной спецификации управляющего устройства и взаимодействующих с ним операционных элементов.

Достоверность, микропрограммирование, формальная спецификация

Достоверность функционирования. При создании встраиваемых аппаратно-программных средств необходимо выполнять жесткие требования к их достоверному функционированию. Для обеспечения правильности функционирования создаваемой системы обычно используется динамический контроль инвариантных свойств системы. Например, технические решения, представленные в [1]–[6], обеспечивают контроль инвариантов, выявленных для микропрограммной системы управления.

В качестве контролируемого инварианта можно использовать допустимый (или запрещенный) набор значений признаков, характеризующих обрабатываемые в операционном устройстве данные. Для выявления указанного вида инварианта рассмотрим операционное устройство, выполняющее целочисленную микрооперацию деления на два $\text{div}2$ значения двоичной переменной X , микрооперацию прибавления единицы inc к значению переменной X и микрооперацию формирования дополнительного кода neg для переменной X . В операционном устройстве формируется двухкомпонентный вектор (β, α) значений логических условий четности α и равенства нулю β переменной X . В результате анализа смысла условий и микроопераций создается описание влияния конкретной микрооперации на указанные логические условия в виде следующих равенств:

$$\begin{aligned}(0, 0)\text{div}2 &= (0, 0), (0, 1), (1, 1); (0, 0)\text{inc} = (0, 1), (1, 1); (0, 0)\text{neg} = (0, 0); \\ (0, 1)\text{div}2 &= (0, 0), (0, 1); & (0, 1)\text{inc} &= (0, 0); & (0, 1)\text{neg} &= (0, 1); \\ (1, 1)\text{div}2 &= (1, 1); & (1, 1)\text{inc} &= (0, 0); & (1, 1)\text{neg} &= (1, 1).\end{aligned}$$

В каждом равенстве слева в скобках задан набор значений анализируемых логических условий (β , α) до выполнения микрооперации, указанной справа за скобками. В каждом равенстве справа в скобках заданы допустимые наборы значений логических условий (β , α), формируемые после выполнения указанной микрооперации. Истинное и ложное значения условий обозначаются как 1 и 0.

Метод динамического контроля функционирования системы не исключает использования формального метода верификации, т. е. статического контроля. С целью статического контроля правильности функционирования создаваемой аппаратно-программной системы необходимо представить ее модель и ее инвариантные свойства в виде формальной спецификации. Формальный метод верификации позволит проверить наличие у модели системы требуемых инвариантных свойств. Например, модель микропрограммного автомата должна обладать свойствами достижимости, полноты, непротиворечивости и фиксированности отмечающих множеств. Для анализа этапов создания спецификации на языке RSL [7] выполнен пример проектирования микропрограммной системы.

Неформальное представление микропрограммной системы. Проектируемая система предназначена для подготовки данных, необходимых для настройки генератора импульсных последовательностей. Система должна функционировать в двух режимах, выбираемых кнопкой W на пульте управления. В режиме «Запись параметров», задаваемом переводом кнопки W в отжатое состояние, пользователь осуществляет ввод и сохранение в накопителе по соответствующим базовым адресам восьми совокупностей значений четырех параметров импульсов. В режиме «Чтение параметров», задаваемом нажатием кнопки W, возможно извлечение из накопителя требуемой совокупности значений параметров импульсов и перемещение их из накопителя в буфер. При появлении данных в буфере генератор считывает их и вырабатывает нужную последовательность импульсов. Во время генерации импульсов взаимодействие пользователя с пультом управления блокируется.

В исходном состоянии аппаратура системы отключена от источника питания нажатием кнопки H. После подключения питающего напряжения на пульте управления с помощью светодиодных индикаторов ind1, ind4 подсвечиваются сообщения: «Запись параметров» и «Ввод базового адреса», а все кнопки, размещенные на пульте, процессом инициализации переведены в отжатое состояние. При нажатии кнопки ее новое состояние фиксируется. Для кнопок, маркированных цифрами 0–9, исключена возможность одновременного нажатия двух и более кнопок. Для задания базового адреса страницы памяти служит одна из кнопок, маркированных цифрами 0–7. Двоичный код цифры, соответствующей нажатой кнопке, сохраняется в трех старших разрядах адресного регистра. Два младших разряда этого регистра обнулены при запуске функционирования системы.

После нажатия одной из кнопок с цифрами 0–7 отключается подсветка сообщения «Ввод базового адреса», а нажатая кнопка переводится в отжатое состояние. Если при этом задан режим «Запись параметров», то дополнительно на пульте управления подсвечиваются сообщения «Ввод N количества импульсов» и «Ввод первой цифры параметра». Пользователю необходимо нажать кнопку, которая соответствует старшей цифре вводимого десятичного числа. Для представления десятичных цифр используется код 8421.

После нажатия кнопки, соответствующей первой цифре параметра, отключается подсветка сообщения «Ввод первой цифры параметра». Включается подсветка сообщения «Ввод второй цифры параметра», и кнопка переводится в отжатое состояние. Каждая вводимая десятичная цифра используется для формирования двоичного кода вводимого значения параметра. Перевод вводимого десятичного числа в двоичный код осуществляется по схеме Горнера. Сформированный двоичный код сохраняется в накопителе по установленному ранее составному адресу параметра. После ввода с пульта второй цифры числового значения N отключается подсветка сообщений «Запись параметров», «Ввод N количества импульсов», «Ввод второй цифры параметра» и подсвечивается сообщение «Выбери режим и подтверди». После выбора режима необходимо нажать кнопку E.

В режиме «Чтение параметров» необходимо нажать кнопку цифры, задающей адрес извлекаемого значения N параметра. После задания адреса отключается подсветка сообщения «Ввод базового адреса». Значение параметра извлекается из накопителя, перемещается в буфер, доступный генератору импульсов, а на пульте управления подсвечивается сообщение «Выбери режим и подтверди». Через фиксированное время задержки, необходимое для генерации последовательности N импульсов, пользователь может выбрать режим для продолжения работы или отключить источник напряжения.

Создание формальной спецификации системы начинают [7] с выделения в ней компонентов и функций, изменяющих состояния этих компонентов. В [8] выделяют параметризованный модуль, содержащий описание алгоритма управления. Количество параметров модуля соответствует количеству исполнителей (actuator) и датчиков (sensor), составляющих операционное устройство. Количество параметров можно уменьшить, используя многофункциональные операционные элементы. Предлагается формальную спецификацию любого операционного элемента представлять двумя взаимосвязанными модулями. Один из указанных модулей содержит описание функций, выполняемых элементом, а другой модуль обеспечивает вызов этих функций.

В проектируемой системе выделим 14 кнопок, обозначаемых b_0 – b_9 , b_h , b_w , b_e , $brs1$. В модуле BUTTON представлены описания функций кнопки. Доступ к функциям кнопки осуществляется с помощью модуля BUTTONCALL. Модель кнопки представляется в виде системы переходов, имеющей 2 состояния. Состояния нажатой и отжатой кнопки обозначаются соответственно $sign$ и no_sign . Изменяют состояния кнопки преобразующие (generator) функции $press()$ и $clear()$. Функция наблюдения (observer) $get_button()$ позволяет проверить состояние кнопки.

Для подсветки сообщений на пульте управления выделим 7 индикаторов, описание функций которых задано в модуле INDICATOR. Для доступа к функциям индикатора $lit()$ и $clear()$ используется модуль INDICATORCALL.

Выделим ячейки, составляющие накопитель данных. В модуле CELL опишем функции ячейки $write(d : T.Data)$, $read()$, доступ к которым осуществляется с помощью модуля CELLCALL. Для описания буфера, выполняющего функции $write_x(d : T.Data)$, $read_x()$, служит модуль REG, а для доступа к функциям используется модуль REGCALL. Совокупность ячеек представляется в виде матрицы, индексы строки и столбца которой обозначены соответственно $line$ и $column$. Для описания индексного регистра и функций $write_line(ln : T.Line)$, $read_line()$ используется модуль LINEREG, а для доступа к названным функциям служит модуль LINEREGCALL.

Модуль CONTROL служит для описания устройства управления, представляемого в виде системы помеченных переходов [8]. Описание стимула составляется из двух слов. Первое слово соответствует идентификатору датчика (кнопки), второе обозначает состояние датчика. Описанием реакции служит индексированный символ A_i , указывающий перечень осуществляемых действий. Пример описания реакций приведен ниже.

$A_1 : b0_clear; linereg := 0, A_2 : b1_clear; linereg := 1, A_3 : b2_clear; linereg := 2, \dots,$
 $A_{35} : ind7_clear; be_clear, A_{36} : ind2_lit; ind4_lit, A_{37} : ind1_lit; ind4_lit.$

В качестве инвариантных свойств создаваемой системы используются безопасность (safety) и живучесть (liveness). Свойство безопасности характеризует невозможность осуществления недопустимых переходов исполнимой модели системы. Свойство живучести характеризует обязательность осуществления системой полезного действия. Процесс функционирования системы не должен иметь ситуаций зависания или тупиков.

Формализация описания системы. Выбор языка спецификации RSL определяется, во-первых, наличием доступных источников информации об этом языке, о необходимых инструментах анализа и трансляции спецификаций; во-вторых, наличием инструментов как для дедуктивного анализа спецификации исследуемой системы (транслятор Prototype Verification System, PVS), так и для алгоритмической проверки наличия требуемых свойств у модели (model checking) исследуемой системы, представленной в виде формальной спецификации (транслятор Symbolic Analysis Laboratory, SAL).

Спецификация на языке RSL создается пошагово [9]. Для представления заключительной спецификации используется императивный стиль описания параллельных процессов. Окончательный вариант спецификации транслируется в исполняемый код языка программирования или в код языка описания аппаратуры для получения реализуемого прототипа проектируемой системы. Представим фрагменты формального описания исследуемой системы на языке RSL. Сначала приведено описание используемых типов.

```
scheme TYPES = class
  type
    Data = { | d : Nat • d ∈ { 0 .. 99 } | },
    Line = { | ln : Nat • ln ∈ { 0 .. 7 } | },
    Column = { | co : Nat • co ∈ { 0 .. 3 } | },
    Button == { | b : Nat • b ∈ { 0 .. 13 } | },
    Button_state == sign | no_sign,
    Cartesian = Button_state × Button_state × Button_state × Button_state × Button_state ×
    Button_state × Button_state × Button_state × Button_state × Button_state ×
    Button_state × Button_state × Button_state,
    Indicator == { | i : Nat • i ∈ { 1 .. 7 } | },
    Indicator_state == lit | clear end
object T : TYPES
```

Пример описания элементов операционного устройства приведен ниже.

```
scheme C_BUTTONCALL = hide BN in class
  object BN[b : T.Button] : C_BUTTON
  value
```

```

init : Unit → in any out any write any Unit
init() ≡ || { BN[b].init() | b : T.Button },
clear_button : T.Button → in any out any Unit
clear_button(b) ≡ BN[b].clear(),
press_button : T.Button → in any out any Unit
press_button(b) ≡ BN[b].press(),
get_button : T.Button → in any out any T.Button_state
get_button(b) ≡ BN[b].get_button() end
scheme C_BUTTON = hide CH, V, button in class
  object CH : class cancel press, clear : Unit, reading : T.Button_state end,
  V : class variable button_var : T.Button_state end
value
  button : Unit → in any out any write any Unit
  button() ≡ while true do CH.clear? ; V.Button_var := T.no_sign []
    CH.press? ; V.Button_var := T.sign []
    CH.reading!V.Button_var [] end
  init : Unit → in any out any write any Unit
  init() ≡ button(),
  clear : Unit → in any out any Unit
  clear() ≡ CH.clear!(),
  press : Unit → in any out any Unit
  press() ≡ CH.press!(),
  get_button : Unit → in any out any T.Button_state
  get_button() ≡ CH.reading? end

```

В приведенном ниже примере описания параметризованного модуля C_CONTROL представлена лишь частично спецификация управляющего устройства.

```

scheme C_CONTROL(BC : C_BUTTONCALL, RC : C_REGCALL, CC : C_CELLCALL,
LRC : C_LINEREGCALL, IC : C_INDICATORCALL) = class
  value
  P0 : Unit → in any out any write any Unit
  P0() ≡ while true do while (BC.get_button(0), BC.get_button(1), BC.get_button(2),
BC.get_button(3), BC.get_button(4), BC.get_button(5), BC.get_button(6), BC.get_button(7),
BC.get_button(8), BC.get_button(9)) = (T.no_sign, T.no_sign, T.no_sign, T.no_sign, T.no_sign,
T.no_sign, T.no_sign, T.no_sign, T.no_sign, T.no_sign) do skip end;
  ...
  init : Unit → in any out any write any Unit
  init() ≡ BC.init() || RC.init() || CC.init() || LRC.init() || IC.init() || P0() end

```

Инварианты описываются в аппликативном стиле. В аппликативном модуле определяется функциональный тип интереса Control и в виде значений этого типа задаются процессы P0, P1, ..., P54, соответствующие состояниям исследуемой модели.

Элементы отмечающего множества зададим шестнадцатеричными числами. Для этого заменим значения `sign` и `no_sign` значениями 1 и 0 соответственно. Состояния P0, P2, P13, P16, P18, P20, P31, P33, P45, P47, P50, P52 отмечаются соответственно множествами {0, 4, 10, 14, 20, 24, 40, 80, 84, 100, 104, 200, 204, 400, 404, 800, 804, 1000, 1004, 2000, 2004}, {10, 14, 20, 24, 40, 44, 80, 84, 100, 104, 200, 204, 400, 404, 800, 804, 1000, 1004, 2000, 2004}, {0, 4, 1, 5}, {0, 4}, {0}, {10, 20, 40, 80, 100, 200, 400, 800, 1000, 2000}, {0}, {10, 20, 40, 80, 100, 200, 400, 800, 1000, 2000}, {0, 2, 4, 6}, {0, 4}, {0, 2, 4, 6}, {0, 4}. Остальным состояниям соответствуют пустые отмечающие множества (стимулы).

Описание одного контролируемого инварианта представлено функцией `cartesianSafe`.

`cartesianSafe` : Control $\rightarrow$ **Bool**

`cartesianSafe(ctl)` $\equiv \exists \text{ctl} : \text{Control} \bullet \forall \text{crn} : \text{T.Cartesian} \bullet \text{is_belong}(\text{ctl}, \text{crn})$

value `is\_belong` : Control $\times$ T.Cartesian $\rightarrow$ **Bool**

`is\_belong(ctl, crn)` $\equiv$ **Case** `ctl` **of**

P0 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--22 элемента}\}$, P2 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--20 элементов}\}$, P13 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--4 элемента}\}$,
P16 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--2 элемента}\}$, P18 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--1 элемент}\}$, P20 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--10 элемент}\}$,
P31 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--1 элемент}\}$, P33 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--10 элементов}\}$, P45 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--4 элемента}\}$,
P47 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--2 элемента}\}$, P50 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--4 элемента}\}$, P52 $\rightarrow \text{crn} \in \{\text{--2 элемента}\}$,
_ $\rightarrow$ **true end**

Для верификации исполнимой модели системы требуется в соответствии с рекомендациями, изложенными в [10], представить исследуемую модель в виде системы переходов, а проверяемые свойства представить в виде формул линейной временной логики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. СССР, МКИ G06F11/26. Устройство для контроля / А. А. Валов, Л. М. Виткин, И. В. Герасимов, Ю. Н. Бутин. № 1315983.
2. А. с. СССР, МКИ G06F11/26. Устройство для контроля / А. А. Валов, Л. М. Виткин, И. В. Герасимов. № 1396145.
3. А. с. СССР, МКИ G06F11/26. Устройство для контроля обмена информацией / А. А. Валов, В. А. Фукс. № 1683018.
4. А. с. СССР, МКИ G06F11/26. Устройство для контроля вычислительной машины / А. А. Валов, И. В. Герасимов, В. Л. Савченко, Е. В. Филиппов, Л. А. Чугунов. № 1693608.
5. Пат. РФ МКИ G06F17/00, № 2041494. Устройство для ситуационного контроля и управления / А. А. Валов, С. В. Костичев, А. В. Цыганов.
6. Пат. РФ, МКИ G06F11/25, G05B23/02, № 2364911. Способ диагностирования преддефектного состояния технического объекта / А. А. Валов, Л. М. Муравник, И. Н. Сафьянников.
7. The RAISE Development Method. RAISE Method Group: C. George, A. Haxthausen, S. Hughes, R. Milne, S. Prehn, J. Storbak Pedersen. Copy 1995, 1999 by TERMA A/S, Denmark.
8. Haxthausen A., George C. A Concurrency Cause Study Using RAISE. Computer Resources International A/S, Bregnerodvej 144, DK-3460 Birkerød, Denmark.
9. Кузьменкова Е. А., Петренко А. К. Практикум по формальной спецификации программ на языке RSL / Издательский отдел факультета ВМК МГУ. М., 2008.
10. George C. Technical Report 227, UNU-IIST, P.O. BOX 3058, Macau, April, 2008.

A. A. Valov

FORMAL SPECIFICATION OF MICROPROGRAM SYSTEM

In this article the questions of reliability rise considered and the structure for formal specification of microprogram system is presented. System consists of control unit and some operational units.

Reliability, microprogramming, formal specification

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНЫЙ КОМПИЛЯТОР СХЕМЫ ДЕЛЕНИЯ

На примере матричного делителя рассматриваются вопросы технологически инвариантного иерархического проектирования топологии макроблоков БИС.

Макроблоки БИС, матричный делитель, технологически инвариантное иерархическое проектирование, сжатие топологии, кремниевый компилятор

Макроблоки БИС. Постоянный рост сложности вычислительных устройств и систем привел к созданию эффективной технологии проектирования современной высокопроизводительной элементной базы, основанной на модульном принципе разработки БИС и СБИС. В соответствии с ней современные интегральные схемы собираются из крупных блоков больших фрагментов, называемых макроблоками БИС.

Макроблоки БИС по составу входящих в них ячеек и характеру связей между ними можно разделить на регулярные и нерегулярные.

Регулярные макроблоки собираются из заказных специализированных ячеек с топологией, оптимизированной под конкретную схему, в соответствии с топологическим планом, более или менее однозначно определяемым спецификой реализуемой схемы, например реализуемым аппаратным образом алгоритмом.

Пространственная реализация алгоритма деления. Макроблоки БИС должны обладать малой задержкой и высокой плотностью упаковки. Аппаратная реализация функций требует большей площади кристалла, но существенно превосходит программную реализацию по быстродействию. Среди вариантов аппаратной реализации наиболее быстродействующими являются матричные вычислительные устройства, построенные в соответствии с идеологией пространственной реализации алгоритма. При их разработке применяется изошренное топологическое проектирование, позволяющее даже при незначительном уменьшении размеров матрицируемых ячеек существенно снизить аппаратные затраты за счет большого их количества.

Сущность пространственной реализации алгоритма состоит в том, что каждая из операций выполняется на отдельном блоке устройства (сумматор, мультиплексор, счетчик, ...), используемом в процессе вычислений лишь один раз, структура соответствует последовательности операций в алгоритме, а сдвиги кодовых комбинаций реализуются посредством соответствующей коммутации блоков вычислительного устройства.

Приведенная на рис. 1 схема дает представление о пространственной реализации алгоритма деления без восстановления остатка.

Технологически инвариантное проектирование топологии. Основными требованиями, предъявляемыми к микроэлектронным проектам, являются малая площадь на кристалле 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 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.

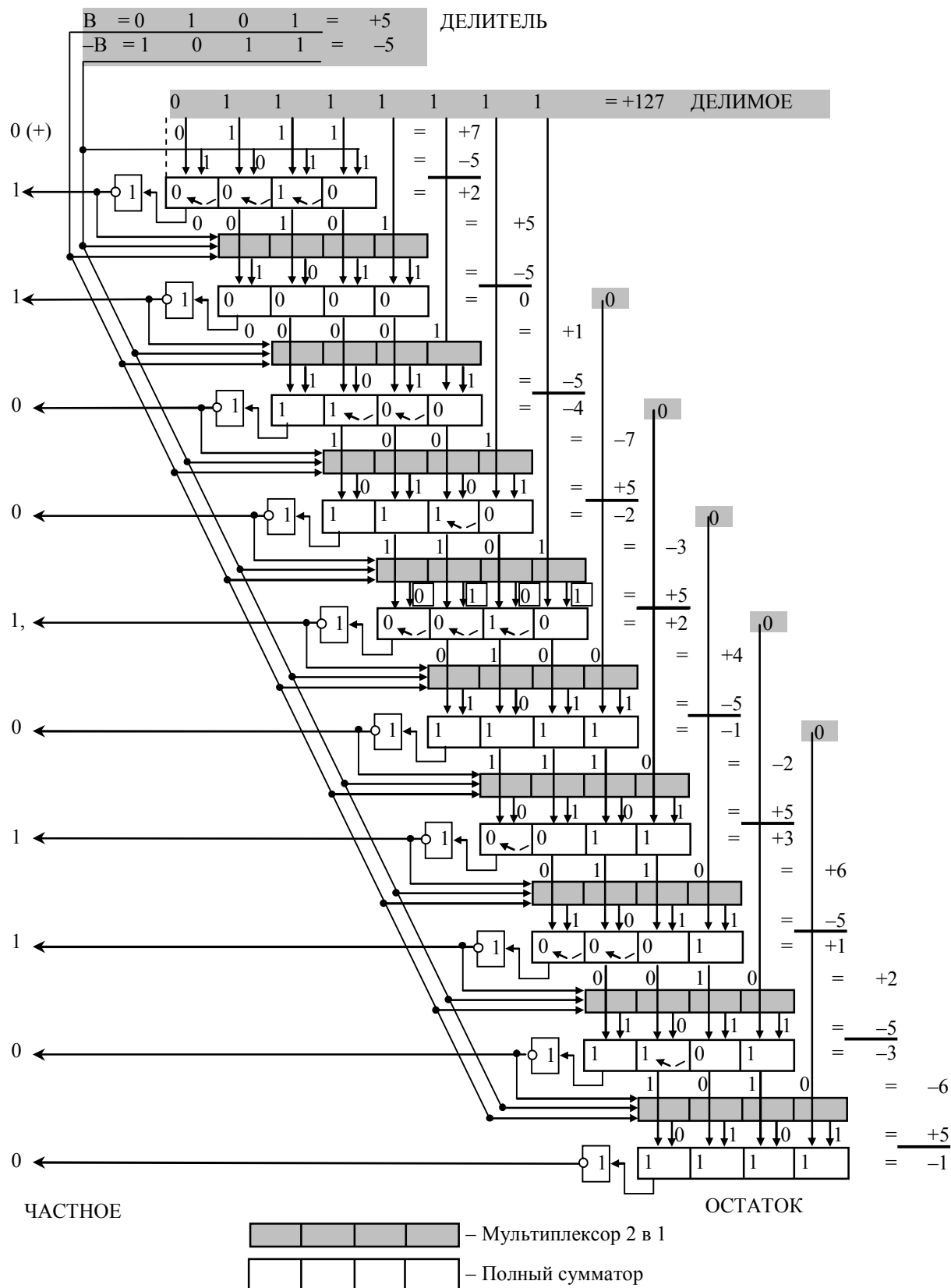


Рис. 1

В процессе сжатия помимо технологических могут учитываться и ограничения на взаимное расположение элементов топологии фрагментов, задаваемые разработчиком. Эта возможность системы проектирования [1] позволяет разрабатывать сложные блоки, согласовывая по габаритам и положению выводов входящие в их состав фрагменты, и проектировать библиотеки стандартных ячеек.

Основными этапами проектирования топологии иерархических макроблоков БИС являются разработка библиотеки ячеек и сборка на ее основе топологии макроблоков.

Разработка библиотеки ячеек предполагает:

- создание в графической среде системы проектирования [1] эскизов топологии ячеек (технологически инвариантных описаний топологии);
- согласование топологии ячеек по габаритам и положению выводов в процессе их настройки на задаваемые разработчиком проектные нормы.

Согласование ячеек по габаритам и положению выводов осуществляется в несколько этапов [2]. Сначала ячейки обрабатываются системой сжатия с учетом только технологических проектных норм. Из полученных описаний топологий извлекается информация о габаритах и координатах выводов ячеек, на основании которой вычисляются значения габаритов и координат выводов, позволяющие состыковывать топологии отдельных ячеек, объединяя их в макроблоки. После этого сжатие повторяется с учетом не только проектных норм, но и полученных на предыдущем этапе дополнительных ограничений на взаимное расположение элементов топологии ячеек. В результате этого процесса получается библиотека ячеек в заданных проектных нормах, которой можно пользоваться для проектирования крупных блоков БИС, подставляя полученные описания топологии и значения габаритов и координат выводов в файлы, описывающие топологии макроблоков на языке описания топологии CIF. Структура файла на языке CIF приведена на рис. 2.

Описание блока	Структура	Пример содержимого
Заголовок	Комментарии	(Некий комментарий);
Фрагмент № 1	Описание топологии фрагмента CSI	DS 1 5 1; 9 CSI; ... DF;
Фрагмент № 2	Описание топологии фрагмента CM1	DS 2 5 1; 9 CM1; ... DF;
...	...	...
Главный фрагмент № n	Описание топологии фрагмента SHEMA	DS n 5 1; 9 SHEMA; ... DF;
Конец файла	Окончание	E

Рис. 2

Повышение плотности упаковки при иерархическом технологически инвариантном проектировании топологии. Теоретические основы иерархического проектирования топологии в технологически инвариантной концепции были сформулированы еще в 1998 г.

Тогда же были осуществлены первые в стране разработки, посвященные практической реализации принципов технологически инвариантного проектирования сложных иерархических устройств с регулярной структурой. Однако последние исследования [3]–[5] показали, что возможно усовершенствование иерархического проектирования топологии.

Исходный способ согласования пары ячеек по габаритам и положению выводов [2] с единовременным определением дополнительных ограничений на взаимное расположение элементов топологии прост. Для определения дополнительных ограничений нужно лишь выбрать максимальные значения из пар расстояний между стыкуемыми объектами (выводами или границами ячеек, расположенными на виртуальных линиях с выделенными на слайдах жирным шрифтом номерами). Однако полученные в результате этого «единовременного» согласования ячеек топологические чертежи, подготовленные для объединения в более крупный фрагмент БИС, обладают избыточной площадью на кристалле.

Это связано с тем, что при сжатии расстояние между согласуемыми элементами (выводами или границами) стыкуемых ячеек определяется не только их взаимным влиянием, но и изменяющимся при сжатии топологии влиянием, оказываемым на них другими элементами топологии.

Избежать возникновения подобных ситуаций при сжатии возможно лишь, отказавшись от единовременного определения ограничений на взаимное расположение стыкуемых элементов топологии ячеек. Этот процесс нужно осуществлять итерационно, начиная с «нижних» выводов, путем поэтапного сжатия топологии, определения положения очередных выводов стыкуемых ячеек, выбора максимального из полученных значений и повторения сжатия с использованием полученного значения в качестве еще одного очередного ограничения на взаимное расположение элементов стыкуемых ячеек.

Иерархический технологически инвариантный компилятор матричного делителя. Основные действия по генерации топологии матричного делителя выполняются с помощью двух функций: *docking_findings* и *dimension_calc*.

Первая функция (*docking_findings*) используется для согласования по габаритам и положению выводов топологий фрагментов БИС, и результатом ее работы является библиотека ячеек реализуемого макроблока. Входными параметрами для нее являются количество согласуемых ячеек, имена файлов их описания и имена файлов с описанием согласуемых виртуальных координат ячеек.

Вторая функция (*dimension_calc*) используется для определения реальных габаритов ячеек макроблока. Входными параметрами для этой функции служат виртуальные координаты вертикальных и горизонтальных границ ячейки и имя файла описания ее топологии. Полученные с помощью нее значения используются в операторах позиционирования ячеек при сборке строк делителя и всего макроблока делителя в целом.

Генерация описания топологии матричного делителя осуществляется с учетом не только выбираемых пользователем проектных норм, но и задаваемых значений нагрузки на выходе и разрядностей делимого, делителя и частного. В соответствии с ними формируется матрица с необходимым числом строк и столбцов и буферными каскадами требуемой мощности.

Примеры топологии группы ячеек матричного делителя и топологии делителя, полученного методом технологически инвариантной программной генерации с итерационным согласованием ячеек, приведены на рис. 3, а и б соответственно.

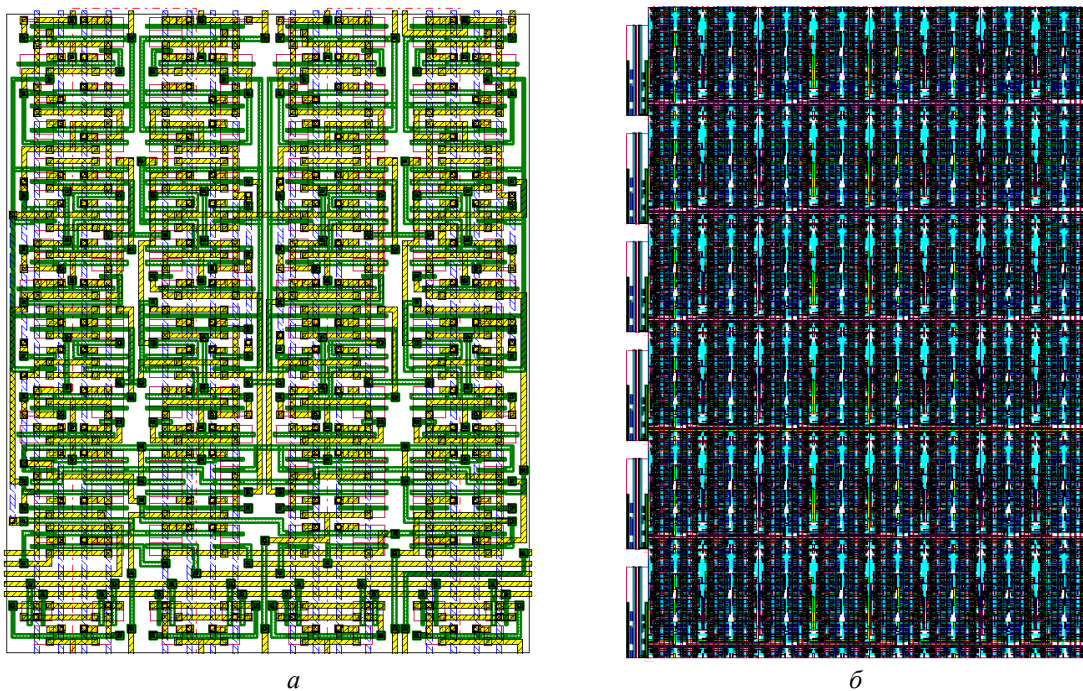


Рис. 3

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. Технологически инвариантная система проектирования топологии стандартных фрагментов МОП БИС / И. С. Зуев, А. Б. Максимов, С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников // Изв. вузов. «Электроника». – 2003. – № 3. – С. 63–70.
2. Миронов, С. Э. Иерархическое проектирование топологии регулярных макрофрагментов интегральных схем в технологически инвариантной концепции / С. Э. Миронов, А. А. Галкин, Е. В. Стрельников // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». – 2006. – Вып. 2. – С. 50–54.
3. Миронов, С. Э. Итерационное сжатие с ограничениями при иерархическом технологически инвариантном проектировании топологии макрофрагментов БИС / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». – 2010. – Вып. 3. – С. 10–15.
4. Миронов, С. Э. Оптимизация управления сжатием топологии при иерархическом технологически инвариантном проектировании макроблоков КМОП БИС / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев; СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – СПб., 2010. – 19 с. – Деп. в ВИНТИ 11.06.2010, № 361-B2010.
5. Миронов, С. Э. Оптимизация иерархического технологически инвариантного проектирования макроблоков КМОП БИС путем итерационного управления сжатием топологии / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD'2010: Материалы 7-й междунар. конф., Минск, 16–17 нояб. 2010. – Минск, 2010. – С. 334–341.

A. U. Vasilev, S. E. Mironov, L. G. Morozova, A. K. Frolkin

HIERARCHICAL PROCESS-TOLERANT SILICON COMPILER OF DIVIDER

An example of matrices divider considered the questions of process-tolerant hierarchical design of VLSI macroblocks layout

VLSI macroblocks, matrices divider, process-tolerant hierarchical design, layout compaction, silicon compiler

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКУРСИВНЫХ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рассмотрен метод кодирования и декодирования сигналов изображений, основанный на полигонально-рекурсивном разбиении исходного изображения. Сжатие выполняется путем поиска опорных точек (ОТ), а восстановление – применением триангуляции. Приведены количественные оценки результатов моделирования алгоритмов.

Рекурсия, опорные точки, полигон, триангуляция

Сегодня наиболее перспективным направлением в области сжатия и восстановления полутоновых изображений являются триангуляционные методы, применение которых известно из задач распознавания образов [1], [2] и из задач восстановления двумерных изображений по нерегулярно расположенным ОТ. Основные преимущества триангуляции заключаются в следующем. Во-первых, триангуляция ОТ естественным образом подстраивается под данные – там, где ОТ разрежены, треугольники крупнее, а там, где есть сгущение – мельче. Число треугольников не превышает удвоенного числа ОТ. Во-вторых, у прямоугольной сетки для адекватного отображения достаточно изменчивых поверхностей приходится сильно измельчать сетку, что требует больших вычислительных мощностей и ведет к образованию неустойчивости, в отличие от треугольной сетки.

Развитие и систематизация триангуляционных алгоритмов кодирования и декодирования изображений, предложенные в [3], тесно связаны с блочным методом проектирования систем на кристалле, когда проектируется комбинация новых сложно-функциональных блоков и блоков многократного использования из библиотек (от разных поставщиков и от собственных проектных групп). Многочисленные стандарты и отсутствие универсального инструмента применения этих блоков делают эту задачу нетривиальной [4], [5]. При проектировании видеосистем, основанных на полигонально-рекурсивном подходе (ПРП), сложность аппаратной реализации возрастает по мере увеличения степени сжатия и сохранения точности кодирования. Однако быстрое развитие технологии систем на кристалле и повышение плотности размещения вентилях на кристалле позволяют преодолеть некоторое возрастание сложности и делают развитие триангуляционных методов и разработку алгоритмов кодирования и декодирования по ОТ на основе ПРП более актуальными [3].

Системы распознавания и обработки реалистических объектов изображений должны обеспечивать передачу всех свойств моделируемого объекта: объемность, расположение, передачу полутонов, тени, освещение, текстуры поверхности. Чем выше степень реалистичности изображения, тем больше требуется вычислений для его формирования [6].

Поиск и триангуляция ОТ при решении задач сжатия ограничены и почти невозможны из-за больших вычислительных затрат и отсутствия регулярности для построения рекурсивной сетки треугольников, что приводит к невозможности распараллеливания алгоритмов триангуляции [3]. Следовательно, актуальной является разработка алгоритмов поиска ОТ и оптимальных структур данных с применением ПРП для сжатия и восстановления изображений.

Для решения проблемы сжатия и восстановления изображений существуют различные методы и алгоритмы. Эти алгоритмы позволяют увеличить коэффициент сжатия за счет наличия корреляции отчетов исходного сигнала изображения [7]–[10].

В предлагаемой статье описаны алгоритмы разбиения изображения на полигоны с помощью компактных и эффективных структур данных для хранения и передачи ОТ на этапе кодирования изображений, а на этапе декодирования производится поиск соседних ОТ для построения триангуляционной сетки с использованием регулярной структуры. Предложены различные алгоритмы разбиения исходного изображения на полигоны различной формы (квадраты, треугольники, прямоугольники) и обеспечивающие эффективный способ построения регулярной триангуляционной сетки при декодировании.

В качестве подхода для распараллеливания алгоритмов кодирования и декодирования изображений в данной статье предлагается полигонально-рекурсивный метод, существенно снижающий время обработки за счет рекурсивного поиска ОТ в процессе кодирования, и эффективный способ построения регулярной триангуляционной сетки при декодировании.

Алгоритмы кодирования и декодирования по ОТ. Процесс кодирования и декодирования нестационарных сигналов изображений заключается в следующем: все изображение рассматривается как единая область (полигон) нулевого уровня ($\ell = 0$) и на ней проверяется критерий однородности, т. е. наличие каких-либо объектов или ОТ (рис. 1, а).

На этапе кодирования, если критерий выполняется, изображение считается содержащим лишь один фон (далее обозначается как пустой полигон). В противном случае данный полигон разбивается на одинаковые равные полигоны первого уровня ($\ell = 1$) и на каждом из них вновь вычисляется критерий однородности для дальнейшего разбиения. Затем в пределах каждого из полученных полигонов осуществляется поиск оптимальной точки, максимально характеризующей данный полигон. Итак, в результате анализа всего изображения получаем полигональную двумерную сетку, содержащую как пустые полигоны, так и полигоны с ОТ в виде древовидной структуры данных (рис. 1, б).

Каждая ОТ характеризуется своими абсолютными координатами и яркостью в пределах полигона. Методы и алгоритмы разбиения, алгоритмы поиска объектов и критерии однородности в рамках данной статьи не рассматриваются, а с некоторыми из них можно ознакомиться в работах [11], [12]. Далее на этапе декодирования каждая ОТ соединяется с ближайшими соседними точками, и в итоге все точки будут соединены сеткой, называемой регулярной триангуляцией. Полученная треугольная сетка путем аппроксимации двумерной поверхности по яркости восстанавливает результирующее изображение.

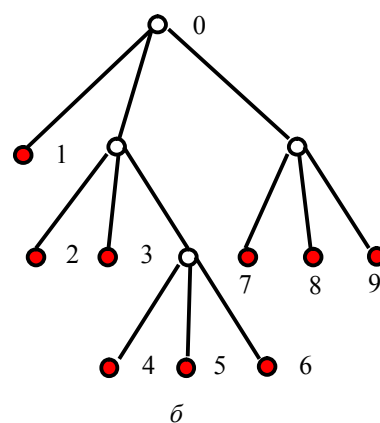
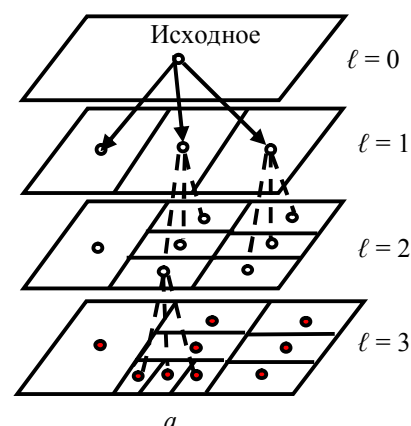


Рис. 1

Существует хорошо известный метод триангуляции Делоне [6], [9], [10]. Этот метод эффективен с точки зрения достижения высокого коэффициента сжатия $K_{сж}$. К сожалению, за это приходится платить сложностью реализации. Если на прямоугольной сетке можно за несколько операций определить ячейку, куда попала точка, в которой необходимо узнать значение яркости, то в случае триангуляции поиск треугольника и анализ формы аппроксимирующих треугольников превращаются в нетривиальную задачу. Кроме того, сам процесс построения сетки непересекающихся треугольников с вершинами в ОТ достаточно сложен.

Полигонально-рекурсивные методы разбиения основываются на одном из двух базовых свойств сигнала яркости: разрывности (нестационарности) и однородности. В первом случае подход состоит в разбиении изображений на основании резких изменений сигнала, таких как перепады яркости на изображении. Вторая группа методов использует разбиение изображения на области, однородные в смысле заранее выбранных критериев, например пороговая обработка, выращивание областей, слияние и разбиение областей.

Регулярность пирамидальных структур позволяет создавать эффективные системы обработки изображений из-за возможности распараллеливания алгоритмов (см. рис. 1). На этапе кодирования распараллеливанию подлежит процесс разбиения и поиска ОТ на исходном изображении (см. рис. 1, а), а на этапе декодирования – процесс триангуляции (аппроксимации полигонов) ОТ (см. рис. 1, б). Поскольку именно эти 2 процесса являются наиболее длительными при выполнении программы, ускорить их можно применением объектно-ориентированного программирования и за счет распараллеливания рекурсивных функций разбиения изображения. В итоге это приведет к увеличению производительности системы кодирования и декодирования в системах реального времени [3].

А для эффективного использования памяти ее необходимо разделить на 3 части: память заявок на разбиения полигонов, память ОТ и память изображений. Однако развитие технологии цифровой обработки сигналов и появление современных процессоров с системой команд обработки данных с плавающей точкой позволили перейти от теоретического моделирования к реализации быстрых полигонально-рекурсивных алгоритмов обработки изображений, а в перспективе – видеoinформации и решить следующие проблемы:

- реализовать алгоритмы пирамидальных представлений в виде программных библиотечных сложно-функциональных блоков на базе параллельных алгоритмов;
- создать мультимедийные системы на основе четырехмерной пространственной обработки видеоданных.

Результаты моделирования. Несмотря на очевидную целесообразность применения предлагаемого метода для сжатия и восстановления нестационарных сигналов изображений, оценим коэффициенты сжатия на примерах изображений, предлагаемых в разработанной классификации, по двум признакам: мере нестационарности и широкополосности сигналов изображений [13]. Сравнительный анализ алгоритмов сжатия для различных методов: дискретного вейвлет-преобразования (ДВП), дискретного косинусного преобразования (ДКП), триангуляционного метода (ТРМ) и полигонально-рекурсивного метода для двух алгоритмов: разбиения на 3 (ПРМ3) и разбиение на 4 (ПРМ4) полигона проводился при одинаковой субъективной оценке качества восстановленного изображения и для заданной пропускной способности канала передачи (рис. 2 – зависимость требуемой пропускной способности от нормированной допустимой среднеквадратической ошибкой при различных методах кодирования).

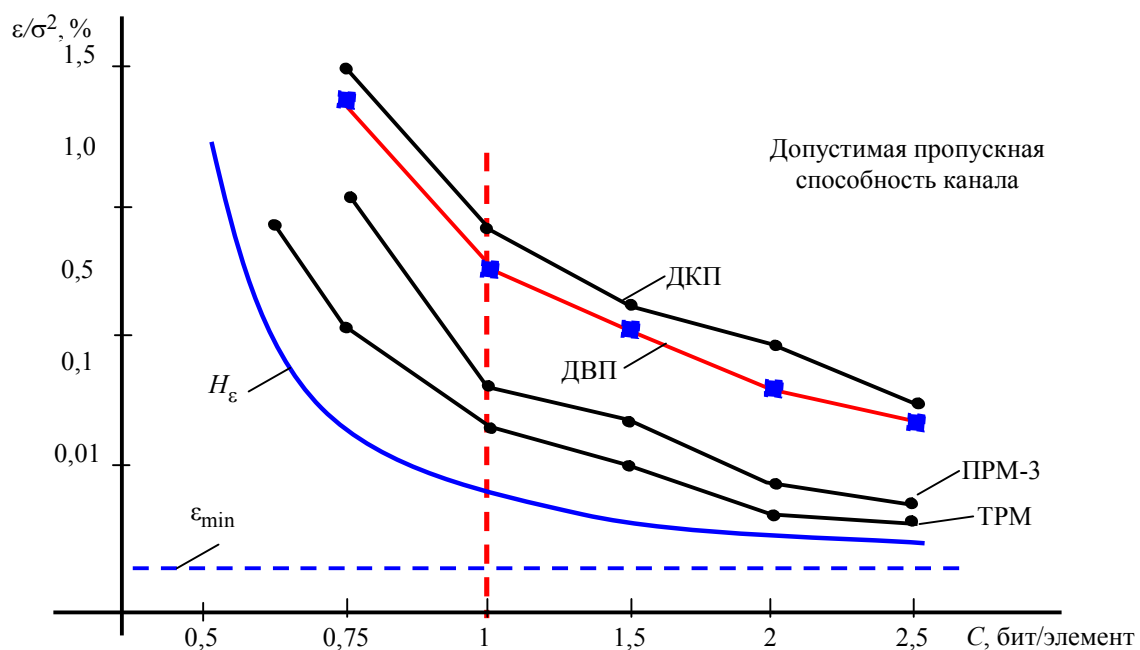


Рис. 2.

На рис. 3 показаны результаты сжатия различными методами: 1) исходное изображение, 2) ДКП, 3) ДВП, 4) ПРМ4, 5) ТРМ, 6) ПРМ3.



Рис. 3

Экспериментальные исследования показали, что для одной и той же скорости передачи (пропускная способность канала связи) ошибка восстановления результирующего изображения с использованием ПРМ в 2 раза меньше, чем при ДКП, и в 1,5 раза меньше, чем при ДВП для гладких снимков. При этом отношение сигнал/шум составляет для ДКП – 35,

для ДВП – 37, для ПРМ – 38, для ТРП – 39 (см. рис. 3). Исследования проводились над изображениями размером 256×256 точек и яркостным разрешением 8 градаций. Емкость памяти для хранения цифрового изображения $N = 256^2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эксперименты на дисплее. Первые шаги вычислительной физики. М.: Наука, 1989.
2. Техническое зрение роботов / Пер. с англ.: Под ред. проф. Л. Пью. М.: Машиностроение, 1987.
3. Твердотельная революция в телевидении/ В. В. Березин, А. А. Умбиталиев, Ш. С. Фахми и др. М.: Радио и связь, 2006.
4. Александров В. В., Горский И. Д. Представление и обработка изображений. Рекурсивный подход. Л.: Наука, 1985.
5. Hanan S. Applications of spatial data structures: computer graphics, image processing, and GIS / by Hanan Samet. Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
6. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002.
7. Яншин В. В. Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы. М.: Машиностроение, 1994.
8. Методы компьютерной обработки изображений. 2-е изд., испр. / Под ред. В. А. Сойфера. М.: Физматлит, 2003.
9. Loera J. A., Rambau J., Santos F. Triangulations: Structures for Algorithms and Applications. Springer, 2010.
10. Hjellev O., Dæhlen M. Triangulations and Applications. Springer-Verlag, 2006.
11. Фахми Ш. С. Кодирование и декодирование видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Техника телевидения». 2007. Вып. 2.
12. Фахми Ш. С. Полигональная рекурсивная обработка видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Техника телевидения». 2008. Вып. 1.
13. Зубакин И. А., Фахми Ш. С. Классификация нестационарных изображений и разработка методики оценки алгоритмов кодирования источника//Науч.-техн. вестник СПбГУ ИТМО. 2010. № 2(66). С. 54–59.

E. I. Kolesnikov, E. V. Kostikova, S. S. Shagarov

RESEARCH RECURSIVE ALGORITHMS COMPRESSION AND RESTORATION OF IMAGES

The method coding and decoding signals of the images, based on a polygonally-recursive partition of the initial image is considered. Compression is carried out by searching reference points, and restoration - by application of a triangulation. Quantitative estimations of outcomes of modelling of algorithms are reduced.

Recursion, reference points, polygon, triangulation

УДК 004.896(06)

Фаррохбахт Фумани Мехди

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЫСЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ АРХИВАМИ

Рассматривается методика извлечения онтологии из текста для его смысловой обработки. Дано определение онтологии. Приведены стандарты, применяемые для представления и анализа онтологии текста. В основном используются стандарты семантического Web.

Методика, извлечение онтологии, смысловой анализ, текст, онтология

Согласно определению Т. Грубера, онтология – это спецификация концептуализации предметной области [1]. Это формальное и декларативное представление, которое включает в себя словарь понятий и соответствующих им терминов предметной области, а также логические выражения (аксиомы), которые описывают множество отношений между

понятиями. Для описания отношений в онтологиях используется весь арсенал формальных моделей и языков, разработанных в области искусственного интеллекта – исчисление предикатов, дескрипционные логики, системы продукций, семантические сети, фреймы и т. п.

Проникая в смежные с искусственным интеллектом области, термин «онтология» стал распространяться в области систем машинного анализа текста, где в большинстве случаев используется в узком значении в качестве синонима термина «тезаурус» или «таксономия». Она представляет собой просто словарь понятий (концептов), каждому из которых соответствует синонимический ряд терминов, плюс иерархическую структуру взаимосвязей между ними типа «часть–целое» или «общее–частное». Такие «онтологии в слабом смысле» используются для формулировки запросов к поисковой машине и для автоматической классификации (категоризации) текстов. Работающих прикладных программ, относимых к классу систем извлечения знаний из текста и использующих «онтологии в сильном смысле», т. е. методы искусственного интеллекта, способные нетривиально перерабатывать извлеченные из текста элементы знаний (интерпретировать, обобщать, выявлять зависимости, прогнозировать и т. п.), сегодня не существует, во всяком случае, на родном для автора персидском языке.

Важная особенность применения онтологий в системах извлечения знаний из текста – необходимость иметь дополнительную лингвистическую составляющую как для распознавания различных способов обозначения понятий (синонимичные термины), так и для семантической интерпретации разнообразных языковых конструкций в отношении между этими понятиями (синонимичные лексико-грамматические конструкции).

Методика смысловой обработки текстов в системе SemTextProcessor.

Методика состоит из нескольких этапов.

Этап 1. Построение словаря терминов-обозначений «концептов» предметной области.

Вариант 1. Лингвистический подход (рис. 1).

Для каждого предложения текста производится синтаксический анализ с получением дерева синтаксических зависимостей между составляющими предложения. Дерево зависимостей преобразуется в сеть синтактико-семантических отношений. На основе обхода сети синтактико-семантических отношений производится синтез терминоподобных словосочетаний [2]. Для каждого термина словаря подсчитывается его полная и независимая частота встречаемости.

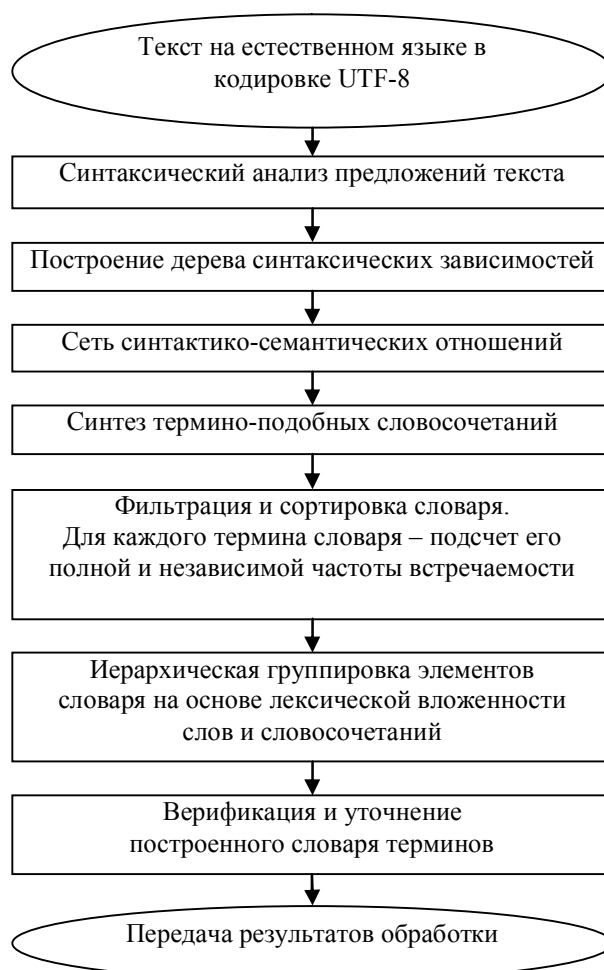


Рис. 1

Отношение полной и независимой частот встречаемости позволяет учесть иерархию смыслов, которая выражается в уровне синтаксической зависимости одних элементов словосочетаний от других. В итоге, те слова и словосочетания, для которых отношение значений «частота независимой встречаемости» (не в составе других словосочетаний) и «полная частота встречаемости» оказывается близким к нулю, могут быть отброшены как неполные

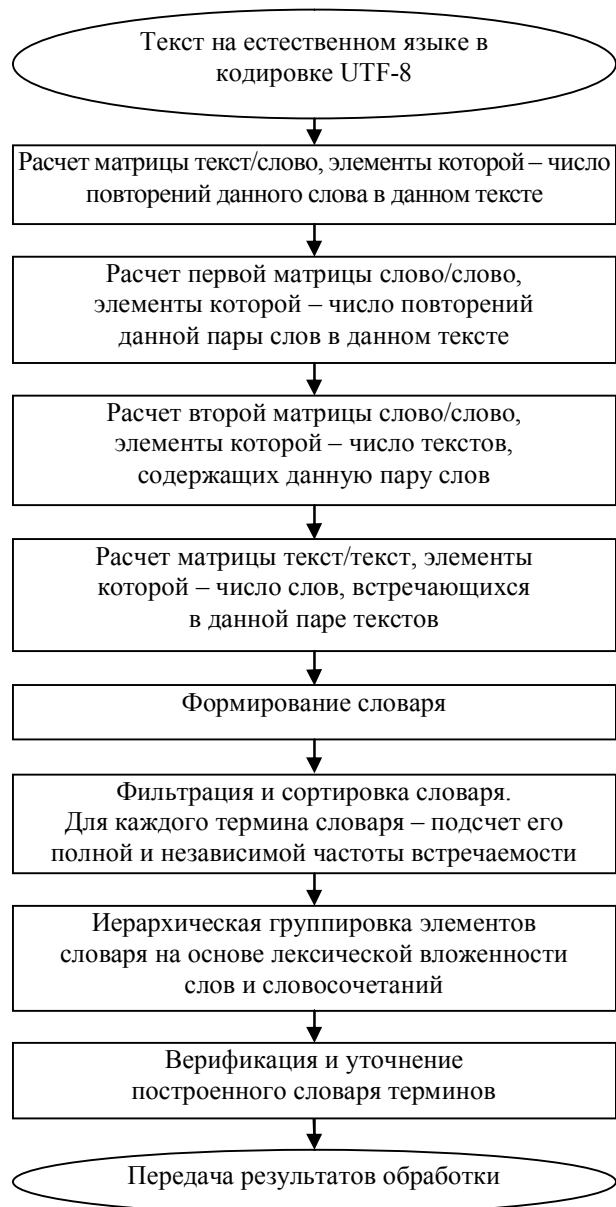


Рис. 2

части устойчивых терминов. Далее производится иерархическая группировка элементов словаря на основе лексической вложенности слов и словосочетаний. В конце проверяется и уточняется полученный словарь терминов, в том числе фиксация синонимичных обозначений одних и тех же объектов.

Вариант 2. Статистический подход (рис. 2).

Алгоритмы смысловой обработки базируются на числовом анализе частотного распределения ключевых слов, выбранных из заданного массива текстов. Известно, что это распределение описывается эмпирическим законом Зипфа.

Модель представления данных заключается в построении матрицы *объект–атрибут*, где объектами будут исходные тексты, атрибутами – слова. Элементом матрицы является число словоупотреблений (или его логарифм, причем при отсутствии слова логарифм считается равным -1).

Этап 2. Расширение словаря терминов именами ситуаций и свойств объектов предметной области. Формирование онтологии (рис. 3).

Сначала объединяем плюсы статистического и лингвистического подходов. Далее для каждого ранее зафиксированного термина-объекта предметной области – поиск слов (словосочетаний), связанных связями типа «объект–атрибут» и «объект–ситуация», на основании шаблонов, задающих соответствующие конфигурации синтаксических связей. Затем формируем общий словарь терминов – объекты, их атрибуты и ситуации с их участием. Результирующий словарь представляет собой семантическую сеть взаимосвязанных сущностей трех классов, вход в которую возможен от частотного словаря имен объектов, атрибутов или ситуаций, а переход по связям между сущностями сопровождается возможностью просмотра текста, в котором связь раскрывается. Исследуем семантическую сеть и окончательное формирование концептуальной

мина-объекта предметной области – поиск слов (словосочетаний), связанных связями типа «объект–атрибут» и «объект–ситуация», на основании шаблонов, задающих соответствующие конфигурации синтаксических связей. Затем формируем общий словарь терминов – объекты, их атрибуты и ситуации с их участием. Результирующий словарь представляет собой семантическую сеть взаимосвязанных сущностей трех классов, вход в которую возможен от частотного словаря имен объектов, атрибутов или ситуаций, а переход по связям между сущностями сопровождается возможностью просмотра текста, в котором связь раскрывается. Исследуем семантическую сеть и окончательное формирование концептуальной

составляющей онтологии (шаг 1 процесса онтологического инжиниринга) – определение абстрактных понятий (классов объектов, их свойств и ситуаций) с определением типизированных отношений между сущностями этих классов; окончательное формирование фактического наполнения онтологии (шаг 2 процесса онтологического инжиниринга) – соотнесение всех терминов словаря с понятиями в схеме онтологии, в том числе фиксация синонимичных обозначений свойств и ситуаций, определение возможных иерархических отношений между сущностями одного класса.

Этап 3. Описание способов выражения отношений из онтологии в языке – типовых лексико-грамматических конструкций (рис. 4).

Выявление множества ассоциативно-статистических связей между всеми терминами текста, для которых существует связь в онтологии. Ассоциативно-статистическая связь устанавливается между терминами, совместно упоминавшимися в предложениях текста не менее заданного числа раз. Далее строятся списки цитат из текста для каждого типа связей из онтологии с предварительным отсеком статистически мало достоверных связей и тех связей, которые выражаются уже известными способами и могут быть выделены на основании синтаксических шаблонов.

Этап 4. Формальное описание онтологии на языке OWL-DL и генерирование запросов для извлечения знаний из онтологии (рис. 5).

Для выполнения алгоритмов смысловой обработки текстов онтологию нужно представить в виде, пригодном для машинной обработки. С этой целью выбран язык дескриптивной логики OWL-DL.

Итак, в статье приводится методика смысловой обработки текстов, сочетающая статистические, лингвистические и онтологические способы анализа текстов. Принцип смыслового анализа текста основан на использовании онтологии, которая считается перспективным направлением представления знаний.



Рис. 3

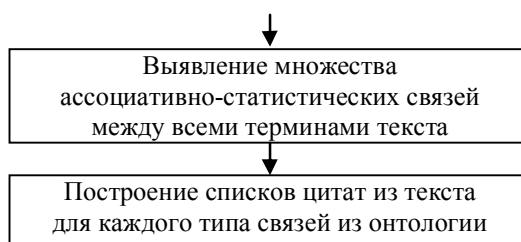


Рис. 4

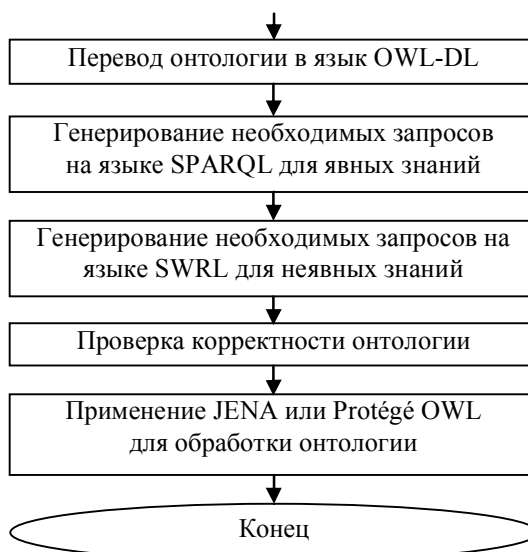


Рис. 5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gruber T. R. A translation approach to portable ontologies // Knowledge Acquisition. 1993. Vol. 5(2). P. 199–220.
2. Ермаков А. Е. Эксплицирование элементов смысла текста средствами синтаксического анализа-синтеза // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Тр. Междунар. конф. Диалог'2003. М.: Наука, 2003. С. 136–140.

Farrokhbakht Fumani Mehdi SPbGETU, department ASOIU

TECHNIQUE OF AUTOMATIC SEMANTIC PROCESSING OF TEXTS IN THE CONTROL SYSTEM OF ELECTRONIC ARCHIVES

A technique of extraction of the ontology from the text for its semantic processing is considered. The ontology is defined. The standards applied to represent and analyze the ontology of the text are resulted. Basically the standards of the Semantic Web are used.

Technique, extraction of the ontology, semantic analysis, text, ontology

УДК 681.3

***Р. В. Кишмар, П. А. Молдовяну,
Е. С. Новикова, Д. К. Сухов***

ПРОТОКОЛЫ СЛЕПОЙ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ СЛОЖНОСТИ ОДНОВРЕМЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУХ ТРУДНЫХ ЗАДАЧ

Рассматривается новый протокол слепой подписи, взлом которого требует одновременного решения задачи дискретного логарифмирования и факторизации.

Криптосистемы, криптографический протокол, электронная цифровая подпись, слепая подпись, задача факторизации, задача дискретного логарифмирования

Системы электронных денег, анонимной регистрации сообщений и тайного электронного голосования используют криптографические протоколы, известные как схемы слепой электронной цифровой подписи (ЭЦП), или просто слепой подписи. Слепая подпись используется для решения задачи обеспечения анонимности. Протоколы такого типа позволяют подписать электронное сообщение M таким образом, что подписывающий не может ознакомиться с сообщением в процессе генерации ЭЦП, а в будущем, при получении M и соответствующей этому сообщению подлинной его подписи, не может идентифицировать однозначно пользователя, который предоставлял ему это сообщение для подписи (подписывающий знает всех пользователей, которые предоставляли сообщения для формирования подписи вслепую, но точно связать сообщение с каким-либо пользователем он не может).

Известны протоколы слепой подписи, основанные на одной трудной математической задаче, которой является задача факторизации составных чисел вида $n = qr$, где q и r – два больших простых числа [1], или задача нахождения дискретного логарифма в конечной группе большого простого порядка [2]. Для повышения стойкости протоколов слепой подписи представляет интерес разработка таких протоколов слепой подписи, взлом которых требует одновременного решения двух различных трудных вычислительных задач, что ранее было реализовано для обычных схем ЭЦП [3].

В настоящей статье описывается протокол слепой подписи данного типа.

Схемы подписи, использующие трудность задач дискретного логарифмирования и факторизации. Ранее были предложены схемы ЭЦП, основанные на трудности решения зада-

чи дискретного логарифмирования в простом поле и задачи факторизации. Например, в схеме [4] используется простой модуль p со специальной структурой $p = 2n + 1$, где $n = q'q$; q' и q – большие простые числа размером не менее 512 бит, и следующее проверочное уравнение:

$$r = F(\alpha^{HSr} \bmod p).$$

Здесь открытым ключом является тройка чисел (p, α, λ) , а подписью – пара чисел (r, S) , в которой длина второго числа равна $|S| \leq \lambda$; H – значение хэш-функции, вычисленное от подписанного документа M ; F – некоторая сжимающая однонаправленная функция, в качестве которой может быть использована, например, функция хэширования F_H , служащая для вычисления значения $H = F_H(M)$; α – число, относящееся по модулю p к показателю q , являющемуся секретным значением (личным секретным ключом). Значение λ – это битовая длина числа q , являющегося простым делителем значения n . Уравнение генерации параметра S в данном случае имеет вид

$$S = k(Hr)^{-1} \bmod q.$$

Здесь используется предварительно генерируемое число r , получаемое по формуле $r = F(\alpha^k \bmod p)$, где k – случайное секретное число. При использовании 1024-битового простого числа p и сжимающей функции F , размер значений которой равен 160 бит, длина цифровой подписи составляет $|F| + |q| \approx 160 + 512 = 672$ бит. Важной частью процедуры верификации подлинности ЭЦП является проверка выполнимости условия $|S| \leq \lambda$, поскольку некоторая подпись (r, S') с размером $|S'| \approx 512$ бит (при $|p| \approx 1024$ бит) может быть легко сгенерирована без знания секретного параметра q . Подпись (r, S') будет удовлетворять проверочному уравнению, однако сгенерировать подпись (r, S') , удовлетворяющую условию $|S'| \leq \lambda$, не проще, чем факторизовать число $n = (p - 1)/2$ [5]. Стойкость данной схемы ЭЦП основана на трудности решения обеих трудных задач – факторизации и дискретного логарифмирования. Появление эффективных алгоритмов решения одной из этих двух задач означает ее взлом.

В алгоритме ЭЦП Шнорра [5] можно использовать простой модуль, имеющий структуру $p = 2n + 1$. Это приводит к следующей схеме ЭЦП с открытым ключом в виде четверки чисел (p, α, λ, y) , где первые 3 параметра задаются так же, как и в схеме [4], а значение y вычисляется по формуле $y = \alpha^x \bmod p$, в которой x является еще одним элементом секретного ключа. Подпись к сообщению M генерируется следующим образом:

1. Генерируется параметр $R = \alpha^k \bmod p$, где k – случайно генерируемое число, $k < q$.
2. Вычисляется значение $E = F_H(M || R)$.
3. Вычисляется значение $S = k - xE \bmod q$, что обеспечивает выполнение условия $R = \alpha^S y^E \bmod p$. В качестве ЭЦП берется значение (R, S) .

Подлинность подписи (R, S) проверяется следующим образом:

1. Если $|S| \leq \lambda$, то вычисляется значение $R^* = \alpha^S y^E \bmod p$. В противном случае подпись отвергается как недействительная.
2. Вычисляется хэш-функция от сообщения M с присоединенным к нему значением R^* : $E^* = F_H(M || R^*)$.
3. Сравниваются значения E^* и E . Если $E^* = E$, то подпись признается подлинной.

Взломать последнюю схему ЭЦП можно решая одновременно задачу дискретного логарифмирования (позволяет найти секретный ключ x) и задачу факторизации, что позволит найти значение q , требуемое для вычисления элемента подписи S , размер которого не будет превышать значение $\lambda = |q|$. Однако одновременное решение указанных двух трудных задач не является необходимым для взлома системы. Действительно, секретные параметры схемы можно вычислить решая только задачу дискретного логарифмирования. Для этого выберем произвольное число t , битовая длина которого не превышает значения $\lambda - 1$. Затем вычислим значение $Z = \alpha^t \bmod p$. После этого найдем логарифм от Z при основании α , используя метод вычисления индексов [6]. Это даст некоторое значение T , вычисленное по модулю $n = p - 1$. С вероятностью, близкой к единице, размер этого значения равен $|T| \approx |n| > |t|$. Поскольку по модулю p число α имеет порядок q , то имеем $T = t \bmod q$, поэтому число q делит нацело разность $T - t$. Это означает, что, выполнив факторизацию числа $T - t$, можно найти секретный параметр q . Вероятность того, что факторизация числа $T - t$ будет иметь сравнительно малую сложность, достаточно высока. Это означает, что, выполнив несколько раз описанную процедуру, будет найдено значение $T - t$, которое легко факторизуется.

Таким образом, для взлома описанных двух схем ЭЦП достаточно решить задачу дискретного логарифмирования по простому модулю. Чтобы сделать необходимым решение двух различных сложных задач для взлома последней схемы ЭЦП, требуется перейти к использованию числа α , имеющего порядок, равный n . При этом следует ввести новый механизм вычисления ЭЦП, требующий знания множителей числа n .

Слепая подпись, взлом которой требует одновременного решения задач дискретного логарифмирования и факторизации. Взлом следующей модифицированной схемы ЭЦП требует решения двух различных трудных задач – дискретного логарифмирования в конечном поле характеристики p и факторизации числа n . Это достигается тем, что при построении схемы ЭЦП выбирается параметр α , порядок которого равен n , а вместо значения S в уравнение проверки подписи вводится S^e , где e – некоторое число небольшого размера (от 16 до 32 бит), взаимно простое с числом $\phi(n) = (q - 1)(q' - 1)$. Значение e является еще одним элементом открытого ключа, по которому вычисляется секретное значение $d = e^{-1} \bmod \phi(n)$. Подпись к сообщению M генерируется следующим образом:

1. Генерируется параметр $R = \alpha^k \bmod p$, где k – случайно генерируемое число, $k < n$.
2. Вычисляется значение $E = F_H(M || R)$.
3. Вычисляется значение S , такое, что $S^e = k - xE \bmod n$, т. е. $S = (k - xE)^d \bmod n$, что обеспечивает выполнение условия $R = \alpha^{S^e y^E} \bmod p$. В качестве ЭЦП берется значение (R, S) .

Подлинность подписи (R, S) проверяется следующим образом:

1. Вычисляется значение $R^* = \alpha^{S^e y^E} \bmod p$. В противном случае подпись отвергается как недействительная.
2. Вычисляется хэш-функция от сообщения M с присоединенным к нему значением R^* : $E^* = F_H(M || R^*)$.
3. Сравниваются значения E^* и E . Если $E^* = E$, то подпись признается подлинной.

Взломать модифицированную схему невозможно решив только задачу дискретного логарифмирования. Теперь для взлома схемы подписи требуется знать факторизацию числа n . Решение задачи дискретного логарифмирования приводит к вычислению секретного

ключа x и возможности вычислить значение $(k - xE) \bmod n$. Однако для вычисления элемента подписи S требуется извлечь корень e -й степени из последнего значения (по $\bmod n$). Это требует факторизации модуля n .

Построенный алгоритм ЭЦП, использующий две вычислительно трудные задачи, может служить в качестве базового алгоритма для построения протокола слепой подписи, аналогичного схеме слепой подписи, построенной на основе алгоритма ЭЦП Шнорра и описанной в работе [7]. В рамках такого подхода был разработан следующий протокол слепой подписи, взлом которого требует одновременного решения указанных двух трудных задач:

1. Подписывающий отправляет пользователю значение $R = \alpha^k \bmod p$ ($k < n$).
2. Пользователь вычисляет значения $R' = R\alpha^\varepsilon y^\tau \bmod p$ (τ и ε – случайные числа размера $\lambda - 16$ бит), $E' = F_H(M \| R')$ и $E = E' - \tau$, после чего отправляет подписывающему значение E (в протоколе предполагается использование 512-битовой хэш-функции F_H).
3. Подписывающий вычисляет значение $D = k - xE \bmod n$, что обеспечивает выполнение условия $R = \alpha^D y^E \bmod p$. Значение D направляется пользователю.
4. Пользователь генерирует случайное число $\mu < n$ (маскирующий множитель), вычисляет значение $D' = \mu^e (D + \varepsilon) \bmod n$ и направляет значение D' подписывающему.
5. Подписывающий вычисляет значение $D'' = D'^d = \mu^{ed} (D + \varepsilon)^d = \mu (D + \varepsilon)^d \bmod n$ и направляет его пользователю.
6. Пользователь вычисляет подпись (E', S') , где $E' = E + \tau$ и $S' = D''/\mu \bmod n$, которая является подлинной по отношению к сообщению M .

Процедура проверки ЭЦП в описанном протоколе слепой подписи такая же, как и в предыдущей схеме ЭЦП, т. е. используется проверочное уравнение $R^* = \alpha^{S'^e} y^{E'} \bmod p$. В соответствии с шагами 4–6 имеем

$$S'^e \equiv \frac{D''^e}{\mu^e} \equiv \frac{D'^{de}}{\mu^e} \equiv \frac{\mu^e (D + \varepsilon)^e}{\mu^e} \equiv D + \varepsilon \bmod n.$$

Используя условие $S'^e \equiv D + \varepsilon \bmod n$, корректность протокола доказывается следующим образом:

$$R^* \equiv \alpha^{S'^e} y^{E'} \equiv \alpha^{D+\varepsilon} y^{E+\tau} \equiv \alpha^D y^E \alpha^\varepsilon y^\tau \equiv R \alpha^\varepsilon y^\tau \pmod{n} \Rightarrow E^* = E.$$

Предложенный протокол обеспечивает анонимность пользователя, предоставляющего документ для получения коллективной подписи вслепую, т. е. в случае получения документа M (и его подлинной подписи к этому документу) подписывающий не сможет однозначно установить, кто конкретно предоставлял данный документ, подписанный им (предполагается, что различные документы предоставлялись некоторой совокупностью пользователей).

С равной вероятностью каждый из пользователей, участвовавших в протоколе слепой подписи, мог предоставлять на подпись документ M . Последнее утверждение следует из того, что любая тройка (R, D, E) из множества таких троек, которые формировались подписывающим, может быть связана с подписью (E', S') к данному документу M . Действительно, поскольку $R = \alpha^D y^E \bmod p$ (см. п. 3 последнего протокола) и $R' = \alpha^{S'^e} y^{E'} \bmod p$, то выполняется соотношение

$$\frac{R'}{R} \equiv \alpha^{S'^e - D} y^{E' - E} \equiv \alpha^\varepsilon y^\tau \pmod{p},$$

следовательно, при равновероятном выборе случайных значений τ и ε подпись (E', S') с равной вероятностью могла быть порождена с участием любого пользователя в процедуре формирования подписи вслепую.

Таким образом, в настоящей статье показана возможность эффективной реализации протоколов слепой ЭЦП, взлом которых требует одновременного решения двух различных вычислительно трудных задач: факторизации и дискретного логарифмирования. Вероятность появления прорывных результатов по разработке алгоритмов решения и первой, и второй задач гораздо меньше вероятности появления решения только одной из этих задач, что существенно повышает безопасность протоколов слепой ЭЦП в плане значительного уменьшения вероятности их взлома.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–13 гг. (контракт № П635).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молдовян Н. А. Практикум по криптосистемам с открытым ключом. СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
2. ElGamal T. A public key cryptosystem and a signature scheme based on discrete logarithms // IEEE Transactions on Information Theory. 1985. Vol. IT-31, No. 4. P. 469–472.
3. Дернова Е. С., Молдовян Н. А. Синтез алгоритмов цифровой подписи на основе нескольких вычислительно трудных задач // Вопросы защиты информации. 2008. № 1. С. 22–26.
4. Гортинская Л. В., Молдовян Д. Н. Основанная на сложности факторизации схема ЭЦП с простым модулем // Вопросы защиты информации. 2005. № 4. С. 7–11.
5. Schnorr C. P. Efficient signature generation by smart cards // Journ. of Cryptology. 1991. Vol. 4. P. 161–174.
6. Menezes A. J., Vanstone S. A. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1996.
7. Pointcheval D., Stern J. Security arguments for digital signatures and blind signatures // Journ. of Cryptology. 2000. Vol. 13, № 3. P. 361–396.

R. V. Kishmar, P. A. Moldovyanu, E. S. Novikova, D. K. Sukhov

BLIND SIGNATURE PROTOCOL BASED ON DIFFICULTY OF SIMULTANEOUS SOLVING TWO DIFFICULT PROBLEMS

There is proposed the blind signature protocol breaking of which requires to solve simultaneously two independent difficult problems, factorization and discrete logarithm.

Cryptosystem, cryptographic protocol, digital signature, blind signature, factorization problem, discrete logarithm problem

УДК 004.274

А. В. Богданов, Ла Мин Хтут, Мьё Тун Тун

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВХОДА ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В РАЗВИТЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Рассмотрены подходы и проблемы систем доступа к ресурсам Грида и виртуальной организации. Анализируются структуры и особенности системы доступа современных распределенных вычислительных сред, а также описывается опыт создания таких систем.

Грид, облачные вычисления, виртуальная организация, распределенные вычислительные среды

В настоящее время требования к вычислительным ресурсам для сложных научных, инженерных и бизнес-приложений под давлением экономических факторов все больше сдвигаются в сторону распределенной вычислительной среды, которая обеспечивает дос-

туп пользователей к географически распределенным компьютерным ресурсам, объединенным в единую мощную вычислительную платформу для выполнения параллельных и распределенных приложений.

Такая вычислительная среда может быть распределенной как из-за больших размеров, так и ввиду неоднородного состава компонентов и позволяет пользователем совместно использовать распределенные ресурсы на основе специфического промежуточного программного обеспечения (middleware).

Эти среды могут быть разными по промежуточному программному обеспечению и по подходу к организации доступа к ресурсам. В принятом понимании современные распределенные вычислительные среды могут быть разделены на 3 типа: метакомпьютинг; грид; облачные вычисления.

В настоящей статье анализируется проблема доступа к распределенным ресурсам и рассматривается роль виртуальной организации с точки зрения системы доступа пользователей.

Виртуальная организация. Концепция виртуальной организации (ВО) родилась в развитии технологии грид. Грид – это согласованная, открытая и стандартизованная среда, которая обеспечивает гибкое, безопасное, скоординированное разделение (и общий доступ) ресурсов в рамках виртуальной организации [1, с. 2].

В настоящее время системы доступа во всех широкомасштабных гридах построены на концепции ВО. Пользователь, который хочет получить доступ к грид-ресурсам, должен быть членом ВО.

На рис. 1 представлен типичный сценарий ВО. Объединение отдельных пользователей, научных институтов, организаций, предприятий и т. д., направленное на совместное использование ресурсов для решения некоторой общей задачи, называется виртуальной организацией. ВО чрезвычайно разнообразны по своей цели, масштабу, размеру, продолжительности существования, структуре, общественному и социологическому статусу.

Для обслуживания членов ВО реализованы системы управления виртуальными организациями, например VOMS (Virtual Organization Management Service), CAS (Community Authorization Service), UVOS (Unicore Virtual Organization Service). С помощью этих систем в гриде определяется авторизация пользователей для нужных ресурсов при запуске приложения.

Метакомпьютинг и грид. Метакомпьютинг был первым подходом для создания распределенной вычислительной среды. С точки зрения системы доступа основным недостатком технологии метакомпьютинга является использование пользовательских аккаунтов, паролей для системы входа и его объектно-ориентированный подход. Пользователи, которые хотят запускать задачу (приложение) на системе метакомпьютинга, должны иметь пользовательские аккаунты на каждой машине. С этим связаны ограничения на размер таких систем, когда приходится создавать метакомпьютерную среду, состоящую из сотни машин для тысяч пользователей. В результате система будет плохомасштабируемой.

Для тестирования грид-приложений на факультате прикладной математики и процессов управления СПбГУ авторы создали тестовый полигон [2] включая: систему доступа UNICORE; систему управления распределенными ресурсами (DRMS) SGE; вычислительный SMP-кластер; систему управления базами данных и хранения.

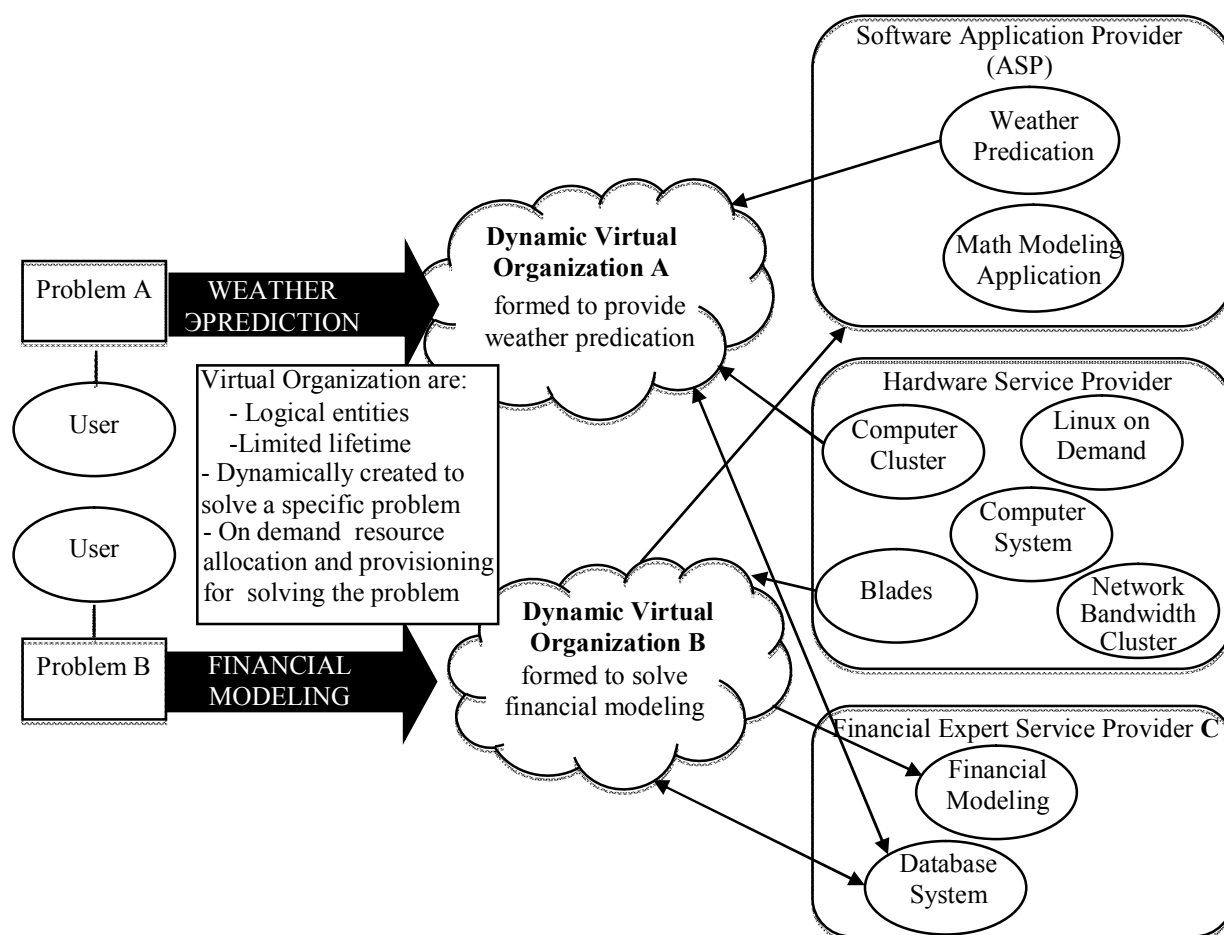


Рис. 1

Система UNICORE предназначена для обеспечения доступа к суперкомпьютерным центрам. UNICORE предоставляет ресурсы суперкомпьютерных центров, объединенных в грид, и делает их доступными через Интернет. Главной особенностью системы является организация однородного доступа к разного рода системам. Под разнородностью систем здесь понимаются различные программно-аппаратные платформы.

Для системы управления распределенными ресурсами использовалась Sun Grid Engine. Платформа Sun Grid Engine (SGE) основана на программном обеспечении, разработанном фирмой «Genias», известном как Codine/GRM. В SGE задания находятся в зоне ожидания, а очереди на серверах обеспечивают сервисы для заданий. Она позволяет объединить несколько серверов или рабочих станций в единый вычислительный ресурс, который может быть использован как для пакетных задач, так и для высокопроизводительных пакетных вычислений. Потребитель вводит задание в SGE и объявляет профиль необходимых требований для его выполнения. SGE определяет заданию соответствующую очередь и распределяет его либо с высшим приоритетом, либо с самым длинным временем ожидания, пробуя запускать новые задания на наиболее соответствующей или наименее загруженной очереди.

Для интеграции UNICORE и SGE используется DRMAA [3]. В качестве системы управления виртуальными организациями использовалась UVOS, разработанная как часть проекта Chemomomentum (<http://www.chemomomentum.org>). UVOS – это клиент-серверная система, разработанная как дополнительный инструмент для большой грид-среды. UVOS имеет следующие возможности:

- хранение identities грид-пользователей;
- организация identities в иерархические группы;
- назначение произвольных атрибутов пользователям;
- поддержка регистрации запросов.

Вся функциональность UVOS доступна через веб-сервисы, что позволяет использовать внутренние механизмы аутентификации и авторизации.

В связи с системой доступа к грид необходимо наличие еще одного важного элемента. Это создание удостоверяющего центра (УЦ) и цифровых сертификатов. Собственный грид УЦ может быть создан простым инструментом, таким, как openssl. Данный пакет предоставляет возможность создания ключей RSA, DSA, DH и сертификатов X.509 (необходимых для работы в UNICORE). Для связи с UNICORE у каждого из компонентов UNICORE должен быть сертификат X.509, подписанный УЦ, которому доверяют все компоненты UNICORE, и сертификат УЦ. После этого пользовательские сертификаты, подписанные УЦ, передаются конечным пользователям.

С этой точки зрения грид имеет преимущества за счет использования X.509, сертификатов УЦ, поскольку поддерживает единый вход (Single Sign-on), делегирование прав приложению, удобные системы входа и отображает доступ на локальную систему. А ВО авторизует пользователей. Существенным недостатком грида является необходимость создания ВО под каждую задачу, что превращается в кошмар для системщиков в научных организациях, где может быть больше задач, чем пользователей.

Грид и облачные вычисления. В отличие от метакомпьютинга грид и облачные вычисления являются сервисно-ориентированными вычислительными средами. Системы входа грида и облачных вычислений во многих случаях почти одинаковы при использовании таких стандартов, как SSL, SAML, XACML для аутентификации и авторизации. Однако существуют следующие отличия с точки зрения системы входа:

- Во-первых, по сравнению со структурой облачных вычислений грид имеет узкое место, так как необходимо организовать ВО для запуска конкретных приложений и совместной координированной работы. Отметим, что в облачных вычислениях не нужно создавать ВО для использования их ресурсов. Пользователи могут использовать нужные им ресурсы по модели «pay-per-use».

- Во-вторых, это поддержка членов ВО. Для системных администраторов организовать и администрировать сотни ВО и десятки тысяч пользователей – это слишком тяжелая работа.

- В-третьих, это безопасность облачных вычислений. В настоящее время модель безопасности для облачных вычислений кажется относительно более простой и более опасной, чем модель безопасности грида. Инфраструктура облачных вычислений типично зависит от веб-форм (через SSL) для создания и управления информацией аккаунтов для конечных пользователей и позволяет им сменить свои пароли и получать новые пароли по электронной почте через незашифрованные каналы. Новые пользователи могут использовать облачные вычисления относительно легко с картой идентификации и/или адресом электронной почты.

- В-четвертых, это время, затраченное на процесс регистрации. Подход грида к регистрации в целях безопасности мог бы занять больше времени при получении персонального сертификата и регистрации в виртуальной организации, но это добавляет дополнительный уровень безопасности для защиты от несанкционированного доступа [4].

В рамках тестового полигона, созданного на базе UVOS, промежуточного программного обеспечения UNICORE для системы входа в грид и Eucalyptus Open-Source Private Cloud [5] для создания вычислительного облака авторами был проведен анализ достоинств и недостатков различных методов доступа пользователей к распределенным вычислительным ресурсам. Проведенное исследование позволяет комбинировать отдельные компоненты систем безопасности и доступа к ресурсам в разных парадигмах и построить удобное полное решение для создания распределенной вычислительной среды для научных приложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Foster I., Kesselman C., Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations // Intern. Journ. of High Performance Computing Applications. 2001. Vol. 15, Issue 3. P. 200–222.
2. Building user access system in grid environment / A. V. Bogdanov, A. A. Lazarev, La Min Htut, Myo Tun Tun // Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education: Proc. of the 4th Intern. conf, Dubna, June 28-July 3, 2010. Dubna: JINR, 2010 P.63–69.
3. A DRMAA-based Target System Interface Framework for UNICORE / M. Riedel, R. Menday, A. Streit, P. Bala // Proc. of Second Intern. Workshop on Scheduling and Resource Management for Parallel and Distributed Systems (SRMPDS'06) at Twelfth Intern. Conf. on Parallel and Distributed Systems (ICPADS'06), 2006. P. 133–138.
4. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared / I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, S. Lu // to appear at IEEE Grid Computing Environments (GCE08) 2008, co-located with IEEE/ACM Supercomputing 2008. CoRR abs/0901.0131: (2009).
5. Bogdanov A., Dmitriev M., Ye Myint Naing. Eucalyptus Open-Source Private Cloud Infrastructure // Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education: Proc. of the 4th Intern. conf., Dubna, June 28-July 3, 2010. Dubna: JINR, 2010. P. 57–62.

A. V. Bogdanov La Min Htut, Myo Tun Tun

THE CONCEPTUAL ANALYSIS OF USERS ACCESS SYSTEM IN THE DEVELOPED DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENTS

In this article approaches and problems of access system in Grid and the virtual organization, are studied. Structures and features of access system in modern distributed computing environments are analyzed. And also the experience for organization of such systems is illuminated.

Grid, cloud computing, virtual organization, distributed computing environments



УДК 621.365.5

*В. В. Кичигин, И. В. Позняк, А. Ю. Печенков,
А. Н. Шатунов, А. И. Максимов*

ПОЛУЧЕНИЕ КРЕМНИЯ СОЛНЕЧНОГО КАЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ В ХОЛОДНОМ ТИГЛЕ

Представлены результаты исследований технологии получения мультикристаллического кремния для фотоэлектрических преобразователей методом направленной кристаллизации с использованием индукционной плавки в холодном тигле. Сделан краткий обзор способов получения моно-, поли- и мультикристаллического кремния.

Монокристаллический кремний, мультикристаллический кремний, индукционная плавка, холодный тигель, направленная кристаллизация, фотоэлектрический преобразователь

Одним из экологически чистых способов производства электроэнергии является преобразование солнечного света в электричество. Во многих странах действуют правительственные программы поддержки развития наземной фотоэнергетики. В частности, по программе Министерства энергетики США рост наземной фотоэнергетики за период 2000–2020 гг. должен составить от 7 до 15 ГВт/год. В этом случае примерно 15 % энергии, вырабатываемой для применения в жилых домах, будет получаться при помощи солнечных батарей. В настоящее время широкому использованию солнечных батарей препятствует высокая стоимость фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Наиболее перспективными для широкомасштабного наземного применения являются ФЭП, выполненные на основе «солнечного» кремния. Под этим термином понимаются мульти- или монокристаллический кремний, отличающиеся по своей кристаллической структуре. Мультикристаллический кремний – это совокупность столбчатых кристаллов размером более 2 мм. Коэффициент полезного действия ФЭП, выполненных на основе мульти- или монокристаллического кремния находится на уровне 14 и 18 % соответственно. Ресурс работы кремниевых ФЭП достигает 10 лет.

В структуре себестоимости производимых в настоящее время кремниевых ФЭП около 50 % составляет цена исходного материала – кремния. На рис. 1 показаны этапы получения кремния солнечного качества для ФЭП, включая различные технологии производ-

ства промежуточного сырья. Поскольку весь цикл производства кремния для ФЭП является ресурсо- и энергоемким, то снижение стоимости производства даже на одном этапе приведет к снижению стоимости конечного продукта.

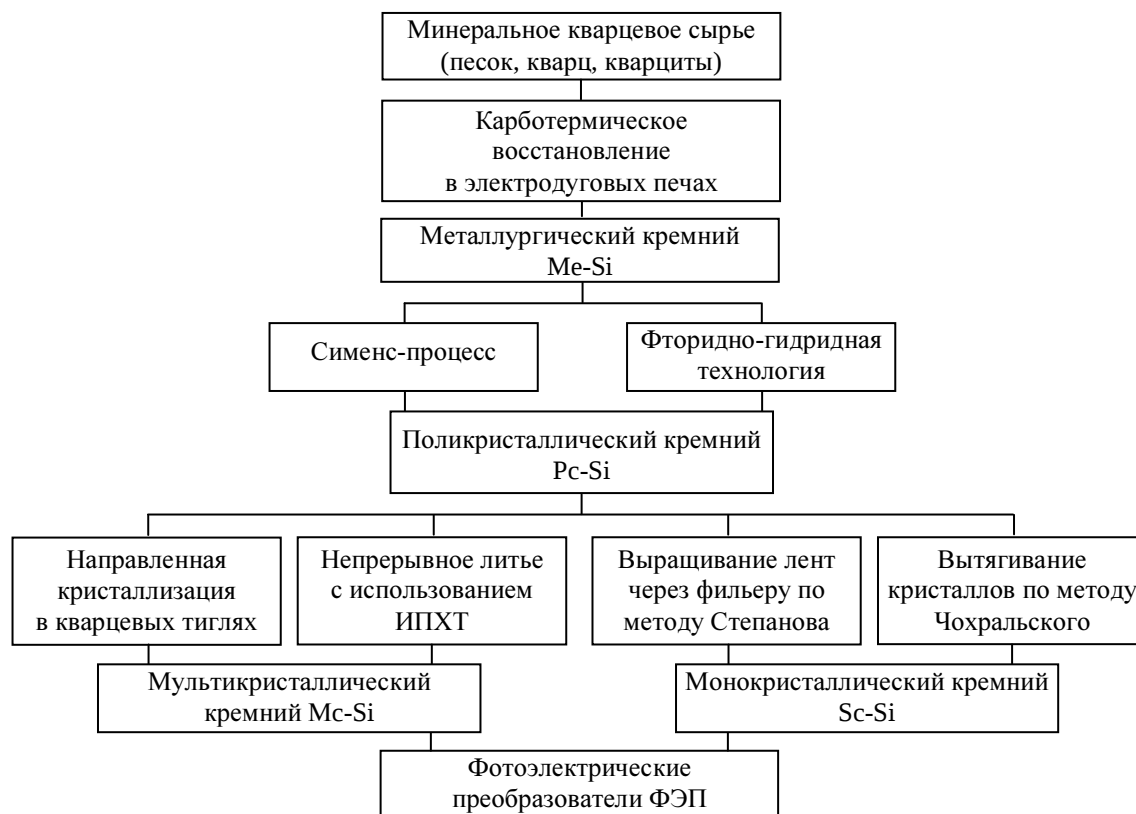


Рис. 1

На первом этапе металлургический кремний получают карботермическим восстановлением минерального кварцевого сырья в электродуговых печах. Дальнейшая очистка металлургического кремния происходит в реакторах осаждения (сименс-процесс) или в реакторах кипящего слоя (фторидно-гидридная технология), в результате получают стержни поликристаллического кремния, которые в дальнейшем подвергают дроблению. Поликристаллический кремний является сырьем для производства моно- или мультикристаллического кремния. Монокристаллы кремния вытягиваются из расплава (метод Чохральского), существует также модификация этого метода, позволяющая получать профильные монокристаллы (метод Степанова). Стоимость килограмма монокристаллического кремния с массовой долей примесей менее $1 \cdot 10^{-6} \%$ в 60...120 раз превышает стоимость килограмма металлургического кремния с массовой долей примесей около 0,5 %. Столь высокая чистота кремния является излишней, так как для изготовления высокоэффективных ФЭП наземного применения кремний может содержать массовую долю электрически активных примесей до $1 \cdot (10^{-3}...10^{-4}) \%$.

Основная масса мультикристаллического кремния для ФЭП производится методом направленной кристаллизации. Плавка кремния осуществляется в кварцевых тиглях, после чего производится направленная кристаллизация расплава. Основным недостатком этого метода заключается в использовании одноразовых тиглей из высокочистого кварца, стоимость которых нельзя не принимать во внимание при расчете себестоимости мультикристаллического слитка кремния.

Наиболее перспективным путем повышения эффективности производства мультикристаллического кремния солнечного качества является технологическая схема, совмещающая незагрязняющий индукционный метод нагрева с незагрязняющим способом плавки в гарнисаже и непрерывно-последовательной кристаллизацией расплава в слиток квадратного или прямоугольного поперечного сечения. Технологическая схема выращивания мультикристаллического кремния методом направленной кристаллизации с использованием индукционной плавки в холодном тигле показана на рис. 2. Проходной тигель 2 с охватывающим индуктором 3 для нагрева ванны расплава кремния 4 установлены внутри рабочей камеры. Шихта кремния 1 непрерывно поступает на зеркало ванны расплава и плавится. В нижней части тигля расплав непрерывно кристаллизуется, и далее слиток 5 перемещается с постоянной скоростью вниз. Отжиговая печь 6 необходима для поддержания требуемого температурного поля в слитке.

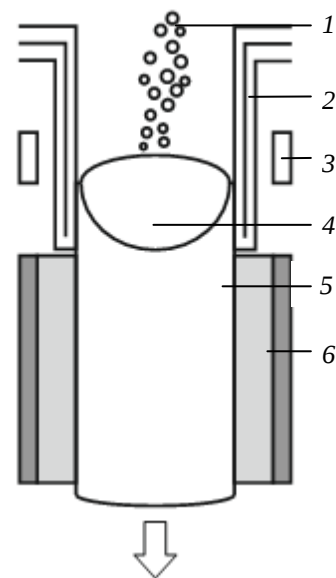


Рис. 2

На сегодняшний день в мире только две фирмы освоили промышленную технологию направленной непрерывно-последовательной кристаллизации солнечного кремния в индукционной печи с холодным тиглем: Sumko Solar Corporation (Япония) [1] и Emix (Франция) [2]. Сравнительные характеристики технологии непрерывно-последовательной направленной кристаллизации кремния в индукционной печи с холодным тиглем и направленной кристаллизации в кварцевом тигле приведены в таблице. Метод кристаллизации кремния в индукционной печи с холодным тиглем обладает более высокой производительностью.

Метод	Сечение слитка, см	Скорость кристаллизации, мм/мин	Эффективность ФЭП, %	Производительность по площади ФЭП, м ² /сут.	Количество кремния на 1 Вт энергии, г
Кристаллизация в кварцевом тигле	80 × 80	0,1...0,6	15	140	7
Кристаллизация в индукционной печи с холодным тиглем	35 × 35	1,2...1,5	15	500	7

В России в настоящее время производство монокристаллического и мультикристаллического кремния для фотоэнергетики в промышленном масштабе практически отсутствует. В ряде регионов началось восстановление производства поликристаллического кремния, первоначального продукта производства монокристаллов на основе сименс-процесса. Поэтому актуальна задача исследования и оптимизации технологии получения солнечного кремния с мультикристаллической структурой на основе непрерывной направленной кристаллизации в индукционной печи с холодным тиглем. Для ее решения были проведены тесты по исследованию стартового нагрева и определены энергетические характеристики индукционной системы работающей на частоте около 100 кГц. Старт осуществлялся на графитовом основании, которое нагревало шихту кремния до температуры плавления. Для определения тепловых потоков расплав удерживался в стационарном состоянии при температуре 1660 °С, при этом измерялись электрические потери в тигле и в дне.

Для оценки электрического КПД и сравнения с энергетическими параметрами существующей установки, работающей на частоте 30 кГц [3], была оценена мощность в расплаве на основе измеренных электрических потерь в стационарном режиме и сразу после выключения источника питания (рис. 3).

Тепловой поток от расплава в стенку тигля был определен через отношение измеренной мощности в расплаве к площади боковой поверхности полученного слитка. Тепловой поток от расплава в стенку холодного тигля составил 60 Вт/см².

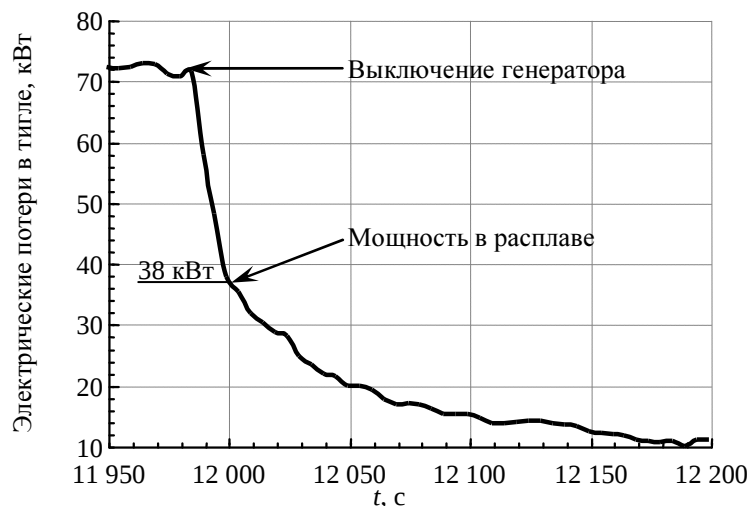


Рис. 3

На рис. 4 показаны распределения электрических мощностей между компонентами индукционной системы при плавке кремния в холодном тигле для установки компании SUMCO SOLAR Corporation (рис. 4, а) [1] и установки, работающей на частоте 100 кГц (рис. 4, б).

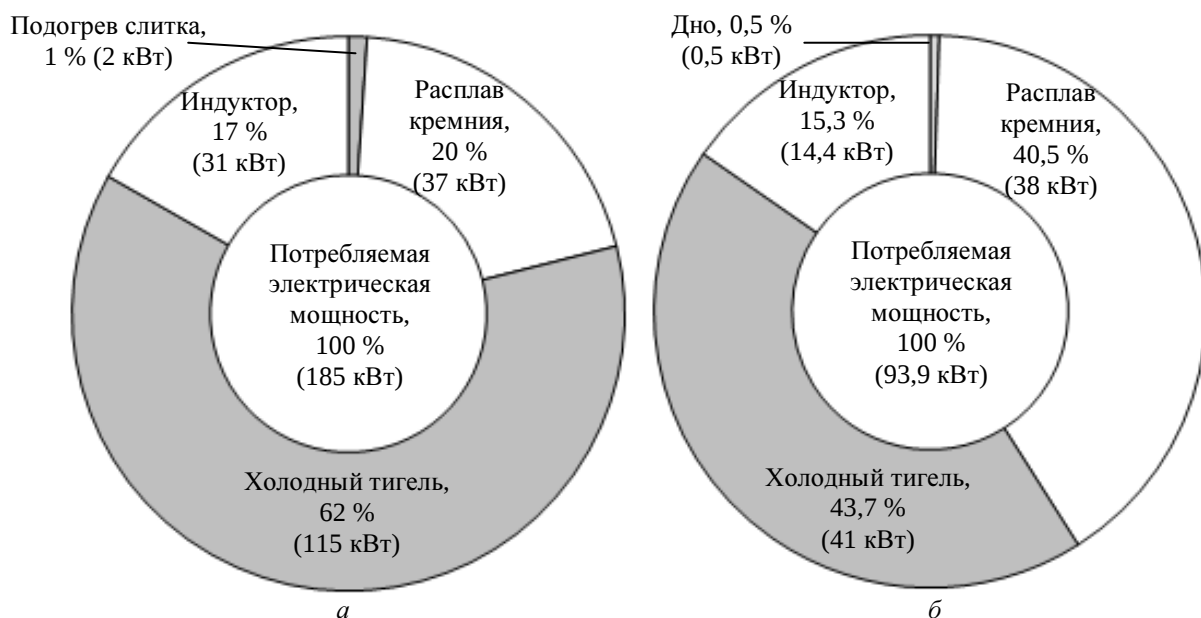


Рис. 4

Полученные результаты на основе проведенных тестов по плавке кремния с целью получения слитка с мультикристаллической структурой в индукционной печи с холодным тиглем показывают, что плавка на более высоких частотах по сравнению с данными существующих установок, работающих на частотах 20...30 кГц, имеет большую эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recent Status on Electromagnetic Casting / Kaneko K., Nakagawa K., Tomohiro O., et al. SUMCO SOLAR Corporation, 260-100 Funoo, Kainan, Wakayama, 642-0001, Japan, 2–7.
2. Nonstop shop. Emix produces silicon ingots using a new crystallization process // PHOTON International. 2006. № 12. P. 32.
3. Kaneko K., Kawamura R., Misawa T. Present status and future prospects of electro-magnetic casting for silicon solar cells / Reserch & Development Center, Sumitomo SiTix Corporation Higashima-cho 1, Amagasaki, Hyogo, 660, Japan, first WCPEC; Dec. 5–9, 1994; Hawaii.

V. V. Kichigin, I. V. Pozniak, A. Yu. Pechenkov, A. N. Shatunov, A. I. Maksimov

SOLAR GRADE SILICON RECEIVING WITH USING CONTINUOUS INDUCTION MELTING IN COLD CRUCIBLE

Research results of directional solidification technology of multicrystalline silicon in induction furnace with cold crucible for photovoltaic cells are presented. Also the short view of mono-, poly-, multicrystalline silicon receiving was made.

Monocrystalline silicon, multicrystalline silicon, induction melting, cold crucible, continuous solidification, photoelectric conversion



УДК 534.232

Б. Г. Степанов

О ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАСШИРЕНИЯ ПОЛОСЫ РАБОЧИХ ЧАСТОТ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ВОЛНОВОДНОГО ТИПА

Рассматривается работа гидроакустического преобразователя волноводного типа в области частот, в которой формируются нормальные волны первого и более высокого порядков. Анализ полученных результатов расчетов показывает возможность дополнительного увеличения рабочего диапазона частот преобразователя до 4 и более октав.

Широкополосность, гидроакустический преобразователь, волновод, частотные характеристики

В работе [1] рассматривались физические принципы построения широкополосного преобразователя волноводного типа, модель которого (рис. 1) представляет собой соосный набор тонкостенных пьезоактивных колец радиуса a и малой высоты dz_1 , формирующих излучение во внутреннюю водозаполненную полость в виде бегущей волны. Здесь 2 – область возбуждения; 1 и 3 – области излучения, соответственно, во фронтальном и тыльном направлениях; функция $\dot{\xi}_m e^{-j(\omega t - k_0 z)}$ характеризует распределение радиальной компоненты колебательной скорости в области возбуждения вдоль оси z , где $\dot{\xi}_m$ – амплитуда колебательной скорости; ω – круговая частота; $k_0 = \omega/c_0$. При выполнении расчетов в работе [1] рассматривалась область частот, ограниченная значением $k_0 a \approx 3.83$, соответствующим возникновению первой нормальной волны ($n=1$). При этом предполагалось, что во всех областях рассматриваемой модели волноводного преобразователя распространяются только квазиплоские волны ($n=0$), а нормальные волны высших порядков ($n \geq 1$) являются вырожденными (описываются суммами в соответствующих выражениях для звуковых давлений). Отмечалось также, что амплитуды этих нормальных волн сравнительно малы и убывают с ростом номера n , поскольку пропорциональны $1/\beta_n^2$, где β_n – корни функции Бесселя первого порядка $J_1(\beta_n) = 0$ с номерами $n \geq 1$: $\beta_1 = 3.8318$; $\beta_2 = 7.0155$; ..., определяющие значения критических частот соответствующих по номеру нормальных волн.

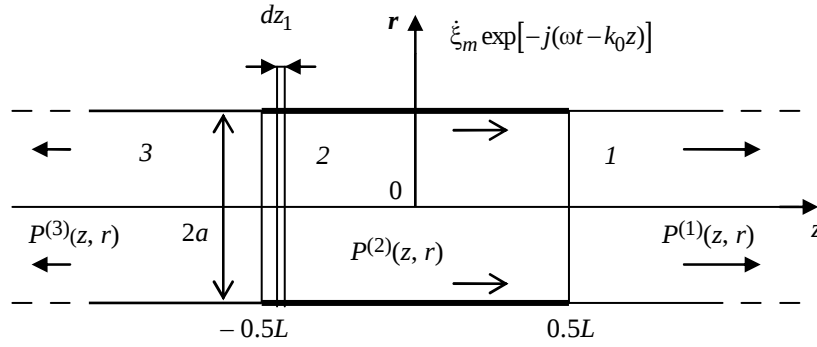


Рис. 1

Возникновение нормальных волн высших порядков в области своих критических частот приводит к проявлению резонансных явлений и образованию стоячих волн в радиальном направлении, препятствующих излучению преобразователя волноводного типа вдоль оси z . Однако указанные области частот малы по сравнению с частотными диапазонами, определяемыми разницей значений двух соседних критических частот. В связи с этим определенный интерес представляет рассмотрение возможности расширения рабочего диапазона частот в область высоких частот ($k_0 a > 4$) и оценка степени влияния распространяющихся нормальных волн высших порядков на амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) излучения и возбуждения преобразователя волноводного типа.

Предварительно рассмотрим характер распределения z -компоненты колебательной скорости $v_z(z, r)$, определяющей излучение преобразователя волноводного типа через раскрыты его апертур при $z = L/2$ (излучение в область 1 – фронтальное направление) и при $z = -L/2$ (излучение в область 3 – тыльное направление). Используя соотношение

$v_z^{(2)}(z, r) = \frac{1}{j\omega\rho_0} \frac{\partial P^{(2)}(z, r)}{\partial z}$ и результаты работы [1], получим:

$$v_z^{(2)}(z, r) = \xi_m \left\{ \left[-\left(\frac{L}{2a} + \frac{z}{a} \right) + \frac{j}{k_0 a} \right] e^{jk_0 z} - \frac{\cos k_0(L/2 - z)}{k_0 a} e^{jk_0 \frac{L}{2}} + \right. \\ \left. + j \frac{[2(k_0 a)^2 (r/a)^2 - 1] e^{jk_0 z}}{4k_0 a} + \sum_{n=1}^{\infty} \Phi_n \right\},$$

где $\hat{O}_n = \frac{-j^2}{J_0(\beta_n)\beta_n^2} J_0\left(\beta_n \frac{r}{a}\right) \left[k_0 a \operatorname{ch}\left(\gamma_n \frac{z}{a} + j \frac{k_0 L}{2}\right) - j\gamma_n \operatorname{sh}\left(\gamma_n \frac{z}{a} + j \frac{k_0 L}{2}\right) \right] e^{-\gamma_n \frac{L}{2a}};$ $\gamma_n = \sqrt{\beta_n^2 - (k_0 a)^2}.$

Функция $\hat{O}_n$ определяет выражение для нормальных волн высших порядков. Если диапазон рабочих частот преобразователя волноводного типа, определяемый значениями его волнового размера $k_0 a$, таков, что для нормальной волны номера n выполняется условие $k_0 a < \beta_n$, то $\gamma_n > 0$ и эта нормальная волна будет вырожденной. Если же $k_0 a > \beta_n$, то $\gamma_n = j\sqrt{(k_0 a)^2 - \beta_n^2}$ и эта нормальная волна становится распространяющейся. На рис. 2 и 3

для разных значений ka приведены результаты расчета распределения по радиусу r амплитуды и фазы z -компоненты колебательной скорости $v_z^{(2)}(z, r)$ в излучающих апертурах преобразователя волноводного типа, соответственно, при $z = L/2$ и при $z = -L/2$. Для удобства сопоставления полученных результатов отношение длины преобразователя L к его радиусу a здесь и в последующих примерах расчета принято $L/a = 10$. Как видно из рис. 2, распределение амплитуды и фазы колебательной скорости $v_z^{(2)}(L/2, r)$, определяющей излучение во фронтальном направлении, как для значений $k_0a < \beta_1$, так и для $k_0a > \beta_1$ практически постоянно и определяется в основном первым членом выражения: $v_z^{(2)}(L/2, r) = -(L/a + j/4k_0a)e^{jk_0L/2} + j0.5k_0a(r/a)^2 e^{jk_0L/2} + \sum_{n=1}^{\infty} \hat{O}_n|_{z=L/2}$, при этом $|v_z^{(2)}(L/2, r)| \approx L/a$, $\arg(v_z^{(2)}(L/2, r)) \approx k_0a \cdot L/2a$.

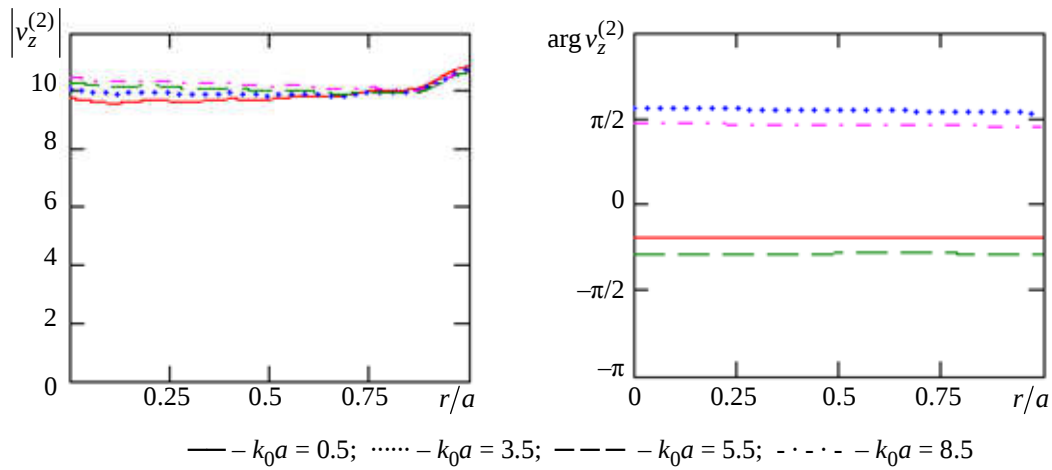


Рис. 2

Что касается излучения в тыльном направлении (рис. 3), для которого

$$v_z^{(2)}(-L/2, r) = \left(\frac{L \sin k_0L}{a k_0L} e^{jk_0L} - j/4k_0a \right) e^{-jk_0L/2} + j0.5k_0a(r/a)^2 e^{-jk_0L/2} + \sum_{n=1}^{\infty} \hat{O}_n|_{z=-L/2},$$

то для значений $k_0a < \beta_1$ наблюдается сравнительно слабая зависимость амплитуды и фазы колебательной скорости $v_z^{(2)}(-L/2, r)$ от радиуса r , но для $k_0a > \beta_1$ эта зависимость усиливается, приводя в ряде случаев к появлению противофазных участков. В последнем случае возможно проявление эффекта акустического короткого замыкания, дополнительно уменьшающего уровень излучения в тыльном направлении. Однако рассматриваемая расчетная модель преобразователя волноводного типа не учитывает проявление этого эффекта, поскольку в ней не заложена возможность изменения характера нагруженности его излучающих апертур.

Оценим влияние возникающих нормальных волн на АЧХ звукового давления, формируемые рассматриваемой моделью преобразователя волноводного типа. Воспользуемся для этого полученными ранее в работе [1] формулами для $p^{(1)}(z, r)$ и $p^{(3)}(z, r)$. На рис. 4 для разных значений отношения r/a приведены результаты расчета АЧХ звукового давления,

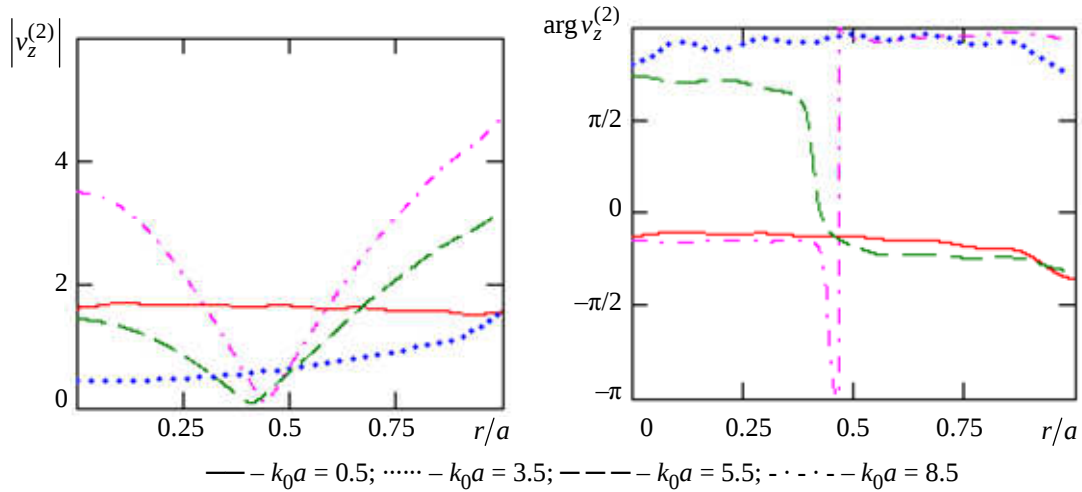
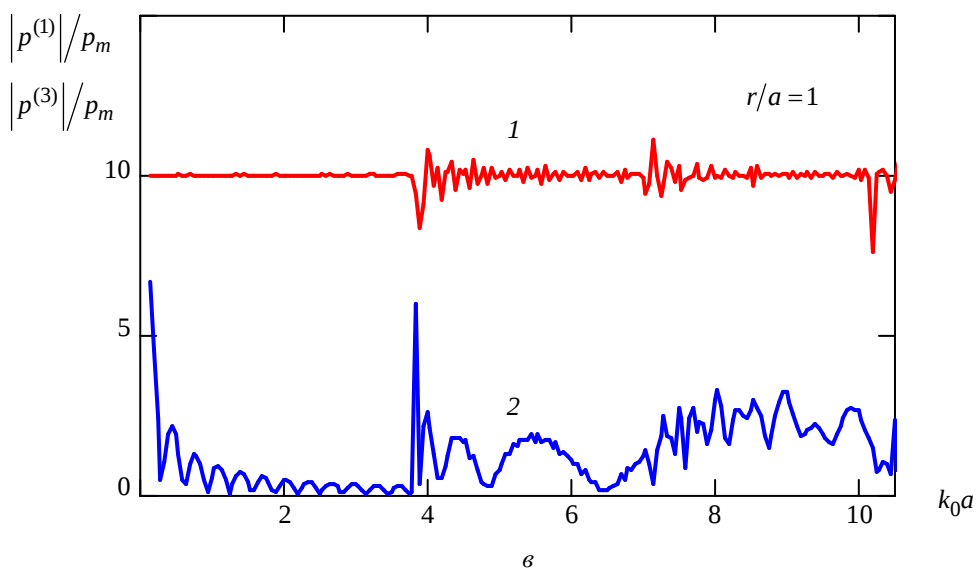
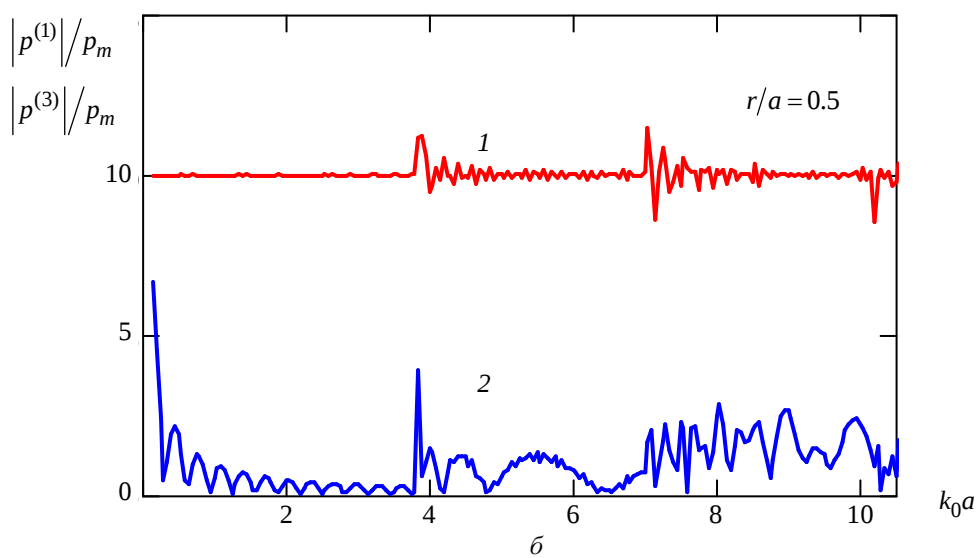
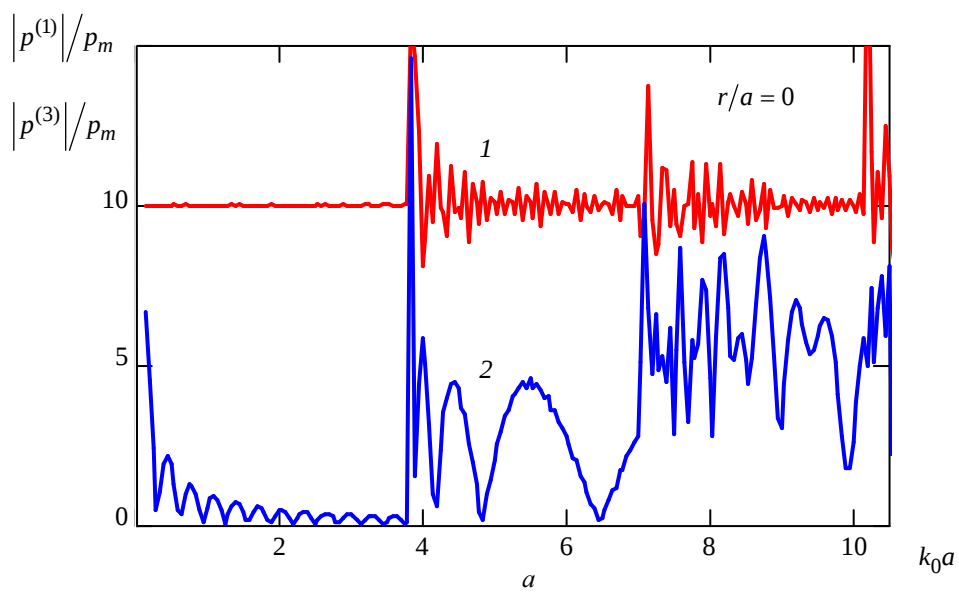


Рис. 3

нормированных к величине $p_m = \dot{\xi}_m z_0$, при излучении преобразователем во фронтальном (кривая 1) и тыльном (кривая 2) направлениях. Излучение здесь рассматривается в дальней зоне на расстояниях, на порядок превышающих длину преобразователя волноводного типа. Как видно, в области существования только квазиплоской волны ($k_0 a < \beta_1$) излучение во фронтальном $p^{(1)}(z, r)$ и тыльном $p^{(3)}(z, r)$ направлениях практически не зависит от координаты r . (Отмечавшаяся ранее в [1] зависимость излучения для $p^{(1)}(z, r)$ от r в раскрые апертуры преобразователя волноводного типа при $z = L/2$ быстро ослабевает, когда $z > L/2$.) Вблизи значений $k_0 a$, соответствующих критическим частотам, на АЧХ звукового давления видны характерные всплески, связанные с возникновением нормальных волн. Существование распространяющихся нормальных волн высших порядков, наряду с основной квазиплоской волной, проявляется в виде дополнительных осцилляций относительно уровня излучения, обусловленного квазиплоской волной. Причем амплитуда этих осцилляций последовательно убывает с ростом частоты, начиная от момента возникновения одной нормальной волны до момента возникновения другой, следующей по порядку нормальной волны. В диапазоне частот, соответствующем появлению нормальных волн высших порядков ($n \geq 1$), увеличивается уровень излучения в тыльном направлении, что особенно сильно проявляется вблизи акустической оси преобразователя ($r/a = 0$). При удалении от нее (рис. 4 б и в) уменьшается не только уровень тыльного излучения, но и амплитуда осцилляций, обусловленных распространяющимися нормальными волнами.

Рассмотрим частотную зависимость амплитуд электрических напряжений $U_m(z, k_0 a)$, необходимых для возбуждения парциальных пьезоактивных колец малой высоты dz_1 и обеспечивающих заданный закон распределения радиальной составляющей колебательной скорости $\dot{\xi}_m e^{-j(\omega t - k_0 z)}$. В качестве примера на рис. 5 приведены результаты расчета по формулам [1] частотных зависимостей амплитуд возбуждающих электрических напряжений, нормированных к величине $U_{0m} = \frac{\dot{\xi}_m z_0 a S_{11}^E}{d_{31} \eta}$, для различных положений



Puc. 4

по координате z парциальных пьезоактивных колец. Здесь S_{11}^E – упругая податливость; d_{31} – пьезомодуль; η – акустомеханический КПД. При расчете приняты следующие значения параметров: $L/a = 10$; $Q = 3$; $\eta = 0.8$. Подобно случаю АЧХ звукового давления, зарождение и распространение следующих по порядку номера n нормальных волн здесь также отмечается типичными всплесками и последующими затухающими осцилляциями частотных зависимостей $U_m(z, k_0a)$ относительно их уровней и тенденций изменения, формируемых в диапазоне частот $k_0a < \beta_1$. Однако характерная для этого диапазона частот тенденция изменения амплитуд электрических напряжений, возбуждающих парциальные кольца, подобная полосовым фильтрам с уменьшающимися коэффициентами затухания по мере смещения от тыльного торца преобразователя волноводного типа к его фронтальному торцу [2], [3], нарушается при переходе в область более высоких частот, когда $k_0a > \beta_1$. Усложнение характера изменения амплитуд электрических напряжений относительно друг друга в этом диапазоне частот может потребовать другие пути реализации частотных зависимостей $U_m(z, k_0a)$.

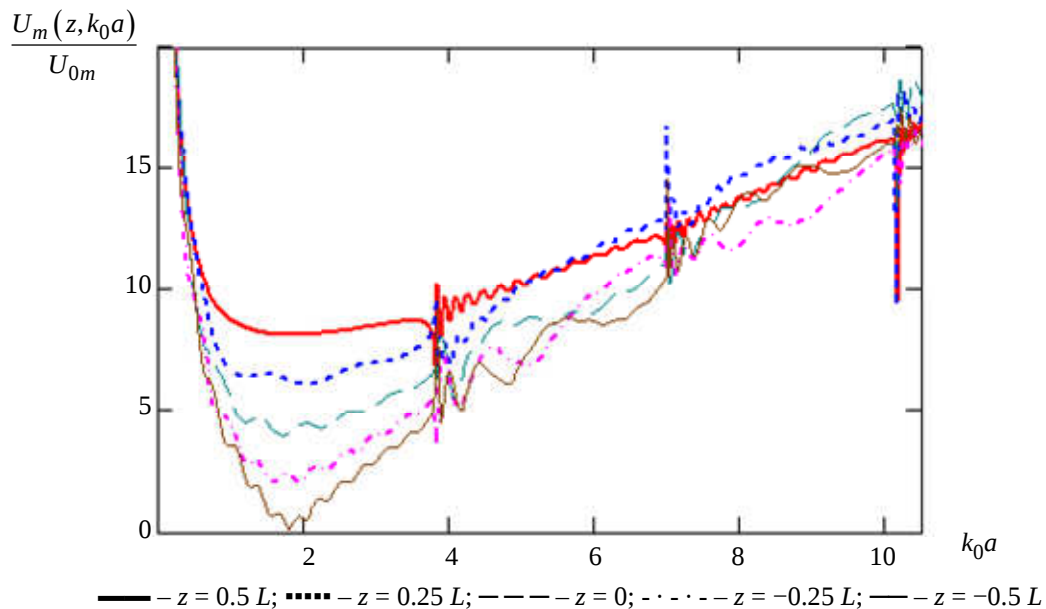


Рис. 5

Что касается активной $r_s(z, k_0a)$ и реактивной $x_s(z, k_0a)$ составляющих сопротивления излучения $Z_s(z, k_0a) = z_0 \pi a^2 [r_s(z, k_0a) - jx_s(z, k_0a)]$, то характер их изменения в области частот $k_0a > \beta_1$ в целом сохраняет тенденции, указанные ранее в [1]. Однако по мере увеличения частоты наблюдается нарушение регулярности в поведении рассматриваемых зависимостей. В качестве примера на рис. 6 приведены результаты расчета распределения вдоль преобразователя волноводного типа (области возбуждения 2) нормированных к величине $z_0 \pi a^2$ активной $r_s(z)$ и реактивной $x_s(z)$ составляющих сопротивления излучения для $L/a = 10$ и различных значений частот (параметра k_0a).

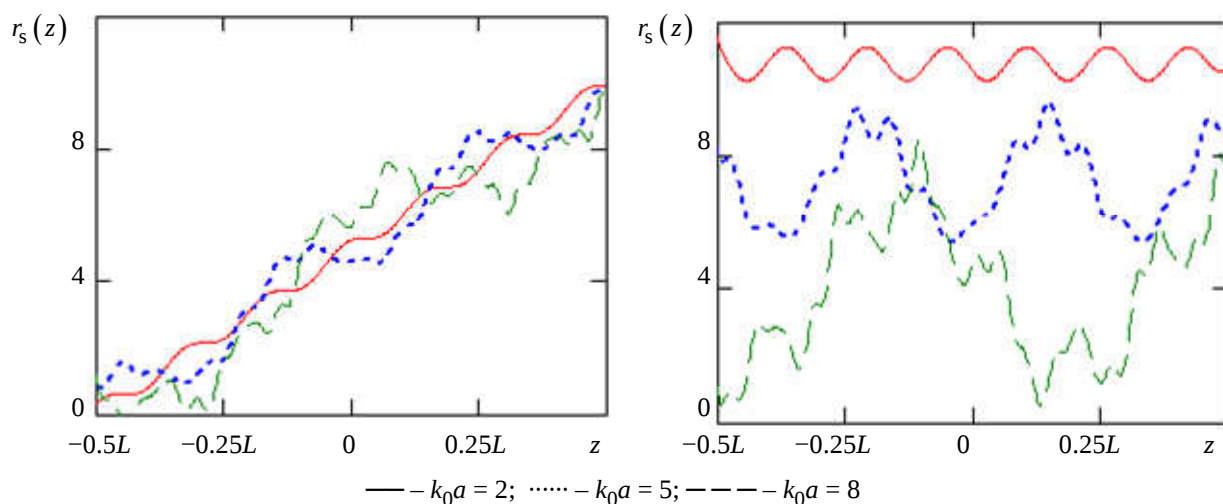


Рис. 6

Выполненная оценка работы преобразователя волноводного типа в области частот выше первой критической, когда $k_0a > \beta_1$, свидетельствует о принципиальной возможности дополнительного расширения его рабочего диапазона в область более высоких частот относительно ранее рассмотренной области существования только квазиплоской волны. В этом случае преобразователь может эффективно работать в диапазоне частот свыше 4 октав и излучать сложные по своему спектральному составу акустические сигналы. Однако здесь следует учитывать то обстоятельство, что этот рабочий диапазон преобразователя волноводного типа будет состоять из ряда широкополосных областей, отделенных друг от друга сравнительно узкополосными участками с минимальными значениями звукового давления на критических частотах $k_0a = \beta_1$, $k_0a = \beta_2$ и т. д. В заключение отметим, что рассматриваемая модель преобразователя волноводного типа при формировании АЧХ звукового давления, реализуемой в соответствии с решением задачи синтеза (см., например, рис. 4), практически не искажает форму электрического импульса возбуждения, содержащего один, два и более полупериодов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов Б. Г. Широкополосный преобразователь волноводного типа // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. Вып. 8. С. 39–50.
2. Пат. РФ № 2393644. Гидроакустический преобразователь волноводного типа / Б. Г. Степанов; опубл. 27.06.2010; приоритет от 09.06.09, заявка № 2009121682. Бюл. № 18.
3. Пат. РФ № 2393645. Широкополосный гидроакустический преобразователь / Б. Г. Степанов; опубл. 27.06.2010; приоритет от 09.06.09, заявка № 2009121683. Бюл. № 18.

B. G. Stepanov

ABOUT A POSSIBILITY OF ADDITIONAL EXPANSION OF WORKING FREQUENCY BAND OF BROADBAND TRANSDUCERS OF GUIDE TYPE

Work of the underwater transducer of guide type is considered in the field of frequencies in which normal mode of first and higher orders are formed. The analysis of the received results of calculations shows possibility of additional increase in a working range of frequencies of the transducer up to 4 and more octaves.

Transducer bandwidth duration, underwater transducer, guide, frequency characteristics

*В. В. Алексеев, А. Д. Чарнецкий, П. Г. Королев,
К. О. Комшилова, В. С. Коновалова, Р. Ю. Марченков*

ИИС КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ТЕРМИЧЕСКОГО УНИЧТОЖЕНИЯ ОТХОДОВ*

Рассмотрены принципы построения ИИС контроля и управления технологическим процессом термического уничтожения отходов, организации структуры, управления системой сбора, вопросы получения достоверных оценок параметров технологического процесса, обеспечения заданной надежности идентификации предаварийных ситуаций с целью формирования управляющих решений. Вторая часть статьи посвящена техническим решениям для среднего и верхнего уровней управления, алгоритмам работы ИИС.

Измерительная система, технологический процесс, мониторинг

В первой части статьи были рассмотрены структурные решения и нижний уровень управления [1], [2]. Средний уровень системы контроля и управления (второй) выполняет функции сбора всех измеряемых технологических и экологических параметров ТПТУО, определения характеристик протекания ТПТУО, их анализа, выработки управляющих воздействий, архивирования и передачи на верхний уровень. Этот уровень построен на базе контроллера CPU686E фирмы «Fastwel» (рис. 1).

Контроллер через модуль расширения последовательных каналов RS-232/485 OSC 5554 управляет устройствами ввода аналоговых сигналов от датчиков и газоанализаторов через измеритель-регулятор фирмы «ОВЕН» ТРМ; обменивается данными и управляющей информацией с подсистемой нижнего уровня; обменивается данными и управляющей информацией с программной системой верхнего уровня, установленной на ПК. Для регистрации дискретных сигналов, поступающих от датчиков, и выработки управляющих воздействий, в систему включен модуль дискретного ввода/вывода, модуль гальванической развязки и модуль релейного управления.

На рис. 1 показан внешний вид подсистем нижнего (а) и верхнего (б) уровней.



а



б

Рис. 1

* Окончание. Начало в № 3 (2011).

В процессе настройки часто возникает необходимость изменения конфигурации системы, подключение измерительных датчиков и преобразователей к определенным каналам системы, назначения алгоритмов обработки для каждого канала в оперативном режиме. В этом случае возникает необходимость создания программы управления (ПУ) работой ИК, которая обеспечивает гибкую организацию при назначении соответствия логических адресов измеряемых величин и физических адресов – точек подключения датчиков. Рассмотрим организацию этой программы.

Основной функцией ПУ ИК является выполнение запроса на измерение заданной величины. Обычно в этом случае выполняется вся цепочка действий от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерения. Результатом является информация об успешном завершении запроса или ошибке: значение измеряемой величины и погрешность измерения (в случае успешного завершения), информация о возникших ошибках (при неудачном завершении).

В ПУ ИК поступает запрос на измерение (управление) величины с заданным именем – логическим адресом. Для определения связи с физическим адресом измеряемой величины ПУ ИК реализовать следующую логическую цепочку: $S_x \rightarrow N_{\text{КМ}} + A_{\text{АЦП}} \rightarrow \text{Интерфейс} \rightarrow \text{Формирование структуры протокола} \rightarrow \text{Таблица соответствия физического и логического адресов} \rightarrow \text{Масштабирование} \rightarrow \text{Компенсация систематической и случайной составляющих погрешности} \rightarrow S_x^*$, где $N_{\text{КМ}}$ – номер канала КМ; $A_{\text{АЦП}}$ – адрес АЦП; S_x^* – результат измерения заданной величины.

ПУ ИК имеет следующие уровни организации:

1. Уровень определения результата измерения.
2. Уровень управления адресом.
3. Уровень управления протоколом.
4. Уровень управления физическим интерфейсом.

Схема взаимодействия программных модулей в ПУ ИК приведена на рис. 2.

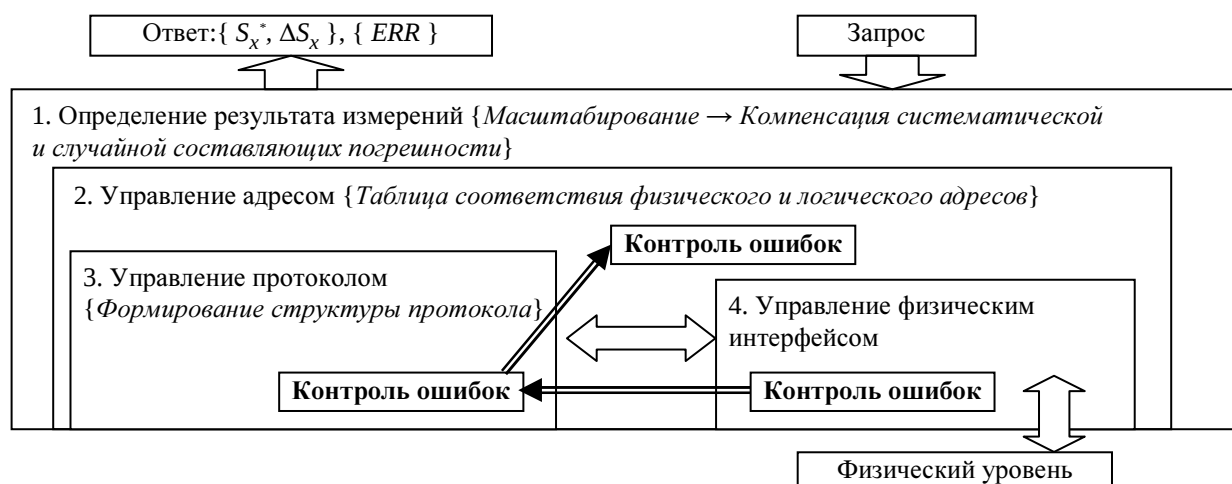


Рис. 2

Уровень 1 – обеспечивает получение результата измерения и погрешности.

Уровень 2 – обеспечивает адресацию устройства, адресацию входа или канала устройства, выполнение модулем опроса измерительного устройства и интерпретацию ответа.

Уровень 3 – обеспечивает формирование и поддержку протоколов обмена данными с устройствами.

Уровень 4 – обеспечивает управление сигналами на аппаратных интерфейсах, ограничение доступа к среде передачи данных и пр.

Контроллер управляет работой системы в соответствии с расписанием работы измерительных каналов и реализует функции: получение результатов контрольных измерений значения температуры в важных точках ТПТУО, измерение показателя разряжения в камере дожигания – p ; получение результатов контрольных измерений значения показателя Ph ; получение текущих результатов контрольных измерений значения концентрации газов в узлах ТП и выбрасываемых в атмосферный воздух (CO , CO_2 , NO , NO_x , SO_2 , O_2); измерение других величин, поступающих через модуль дискретного ввода/вывода; анализ на допустимые отклонения контролируемых параметров и выработку сигнала предупреждения аварийной ситуации; обработку результатов измерений, протоколирование и архивирование.

Контроллер переходит в режим аварийной работы, если заданные параметры технологического процесса (ТП) вышли за определенные пределы, т. е. произошло отклонение ТП от нормального режима. При этом в протокол заносится признак аварийной ситуации.

Рассмотрим пример контроля состояния технологического узла ТП и выработки управляющих воздействий для вращающейся печи. Процесс может протекать в нормальном, предаварийном и аварийном режимах. Аварийный режим сопровождается выбросом в атмосферный воздух повышенных концентраций вредных веществ. Нестандартность задачи заключается в неопределенности состава и состояния сжигаемых отходов, т. е. характеристики термодинамического процесса могут постоянно изменяться.

Для формирования управляющих воздействий в указанных режимах необходимо определить множество признаков (условий) протекания ТП с целью идентификации ситуаций и возможные виды воздействий, обеспечивающих возможность поддержания нормального режима и выход из предаварийного.

С целью оценки текущего состояния ТП система контроля осуществляет измерения важных параметров. На основании проведенного анализа выделены следующие контролируемые параметры: T – температура в печи; dT/dt – скорость изменения температуры в печи; v – скорость вращения печи; C_{CO} – концентрация выбрасываемого газа CO ; C_{O_2} – концентрация выбрасываемого газа O_2 ; dC_{CO}/dt , C_{O_2}/dt – скорости изменения концентрации выбрасываемых газов.

Текущее значение температуры T^* определяется путем усреднения мгновенных значений результатов измерений с целью уменьшения случайной составляющей $T^* = \sum_{k=1}^n T_k$, где $n = 3...5$ отсчетов при шаге дискретизации 0,5 с.

Значение скорости изменения температуры определяется по текущим значениям dT^*/dt с шагом дискретизации 1,0...2,0 с.

Скорость вращения печи изменяется в диапазоне 1,0...10,0 об/мин и измеряется с шагом дискретизации 1,0 мин.

Концентрация газов измеряется с помощью газоанализаторов с шагом дискретизации 20 с.

По результатам контрольных измерений определим текущее состояние ТП, которое соответствует определенным значениям параметров – условиям.

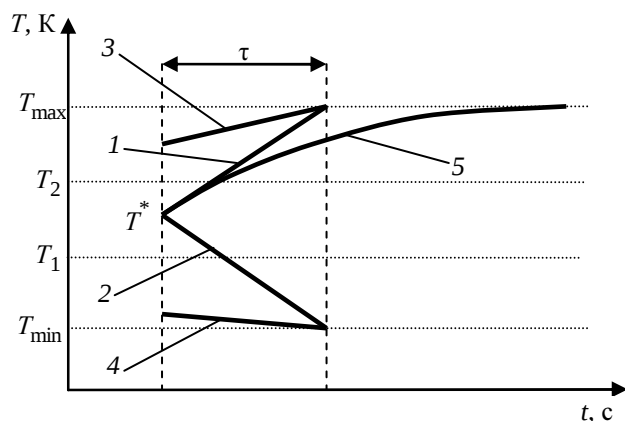


Рис. 3

Определим основные значения параметров – условий. На рис. 3 показаны границы контроля T и возможные изменения температуры для различных ситуаций. На рисунке обозначены: T^* – результат контрольных измерений температуры в печи T ; T_1 и T_2 – границы нормального протекания процесса; $T_{\min} \dots T_1$ и $T_2 \dots T_{\max}$ – области формирования управляющих воздействий; τ – постоянная, характеризующая инерционность процесса; $|T'|_{\max} = (dT/dt)_{\max} = (T_{\max} - T^*)/\tau$ – максимальное значение скорости нарастания температуры, превышение которой может привести к выходу процесса за границу $T_{1\max}$ (отрезок 1); $|T'|_{\max} = (-dT/dt)_{\max} = |(T_{\min} - T^*)/\tau|$ – максимальное значение скорости снижения температуры, превышение которой может привести к выходу процесса за границу $T_{\min}$ (отрезок 2).

Условие 1. $T_1 \leq T^* \leq T_2$ – ТП находится в нормальном режиме.

Условие 2. $T_2 < T^* \leq T_{\max}$ – ТП находится в верхней зоне управления.

Условие 3. $T_{\min} \leq T^* < T_1$ – ТП находится в нижней зоне управления.

Условие 4. $T^* > T_{\max}$ – ТП находится в верхней предаварийной зоне.

Условие 5. $T^* < T_{\min}$ – ТП находится в нижней предаварийной зоне.

Условие 6. $|T^{*'}| < |T'|_{\max}$ – скорость изменения температуры меньше допустимой.

Условие 7. $C_{O_2}^* > C_{O_2\min}$ – значение концентрации кислорода выше минимального.

Условие 8. $C_{CO}^* < C_{CO\max}$ – значение концентрации оксида углерода ниже максимального.

Перечисленные условия описывают полное множество возможных состояний ТП относительно контролируемых параметров. В зависимости от значения контролируемых параметров ТП находится в определенном состоянии – ситуации, и для поддержания его нормального продолжения необходимо формировать управляющие воздействия.

Определим возможные управляющие воздействия.

Как отмечено ранее, управляющие воздействия направлены на изменение подачи воздуха СВ, подачи топлива СТ, скорости вращения печи CV. Введем ограничение: воздействию на каждом этапе управления может подвергаться только один параметр.

Управляющие воздействия:

Управление 1. $CB = \text{const} \cap CT = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

Управление 2. $CB = CB - \text{sign } T^{*'} \cdot \Delta CB \cdot \beta_1 \cdot |T^{*'}| \cap CT = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

Управление 3. $CT = CT - \text{sign } T^{*'} \cdot \Delta CT \cdot \beta_2 \cdot |T^{*'}| \cap CB = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

Управление 4. $CV = CV - \text{sign } T^{*'} \cdot \Delta CV \cap CT = \text{const} \cap CB = \text{const}$.

Управление 5. $CB = 0 \cap CT = 0 \cap CV = \text{const}$.

Управление 6. $CB = CB + \Delta CB \cap CT = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

Управление 7. $CT = CT + \Delta T \cap CB = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

Управление 8. $CB = CB - \Delta CB \cap CT = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

Управление 9. $CT = CT - \Delta T \cap CB = \text{const} \cap CV = \text{const}$.

В алгоритмах управления: β_1, β_2 – коэффициенты, учитывающие степень влияния (эффективность) изменяемого параметра на ТП, должны определяться для каждого типа ТП; $\Delta CB, \Delta T, \Delta CV$ – значения приращения управляющих воздействий (оптимальное для каждого параметра); $\Delta CB \cdot \beta_1 \cdot |T^*|, \Delta CT \cdot \beta_2 \cdot |T^*|$ – значения приращений управляющего воздействия на подачу воздуха и топлива, связанные со скоростью протекания процесса.

Третий – верхний уровень представляет собой программную систему мониторинга, реализованную на ПК.

Результаты контрольных измерений, контролируемые управляющие сигналы и сигналы состояния ТП поступают от контроллера второго уровня и записываются в БД, организованную как архив, хранящий информацию о ТП в течение всей его «жизни». Текущие (оперативные) данные поступают в систему мониторинга.

Система мониторинга обеспечивает оперативный контроль и представление его результатов инженеру-оператору в удобном виде: в виде диаграмм результатов контролируемых параметров с указанием точек контроля на мнемосхеме ТП или в виде графиков изменения контролируемых параметров во времени в процессе протекания ТП.

Система мониторинга реализована в среде LabView в виде ряда окон, отображающих все узлы ТП последовательно в соответствии с технологической линией. Примеры окон приведены на рис. 4. Значение каждого контролируемого параметра индицируется с помощью уровневого индикатора с указанием технологического интервала, в котором этот параметр должен находиться. Выход за границы параметра идентифицируется как аварийная ситуация и приводит к соответствующей диагностике – окрашиванию индикатора в красный цвет и зажиганию табло «Авария». При этом возникает задача обеспечения заданной надежности идентификации ситуации – выхода контролируемого параметра за границы технологического диапазона. Задача связана с метрологическим анализом и определением требований к алгоритмам и средствам измерений. Рассмотрим подробнее эти вопросы.

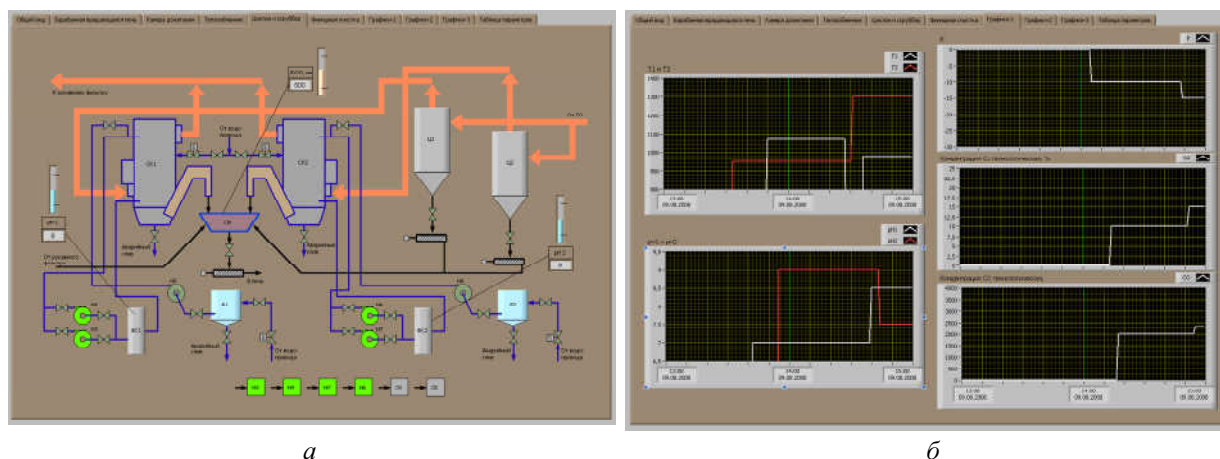


Рис. 4

Задача идентификации выхода контролируемого параметра за границы технологического диапазона, предаварийных и аварийных ситуаций решается для конкретных процессов ТП, описываемых контролируемыми сигналами (характеристиками). Каждая из контролируемых характеристик изменяется во времени, причем ее значение и характер изменения определяются местом контроля ТП.

Измеряемые величины изменяются во времени и должны находиться в определенных пределах $S_i(t) = S_{icp}(t) \pm s_i(t)$, где i – номер контролируемой характеристики; $S_{icp}(t)$ – среднее значение параметра; $s_i(t)$ – допустимые отклонения.

Нарушение режима работы ТП может быть определено по отклонению величины сигнала от нормального значения. Выход контролируемого параметра за допустимое значение S_d назовем предаварийной ситуацией, так как если система управления не отработает факт нарушения ТП и процесс будет развиваться дальше, контролируемый параметр может достичь порогового значения $S_{п-}$, после которого возникает аварийная ситуация.

Предаварийный режим работы установки может быть идентифицирован по отклонению значения параметра на заданную величину. Для примера (см. рис. 3) в соответствии с техническими характеристиками установки определен интервал нормального значения контролируемого параметра $T_{min} \leq T_i \leq T_{max}$ – границы допустимых значений ($T_{min} = T_{д-}$, $T_{max} = T_{д+}$), нахождение в предаварийном режиме определяется пороговыми значениями параметра $T_{п-} \leq T_i < T_{д-}$ или $T_{д+} > T_i \geq T_{п+}$, в аварийном – интервалом $T_i < T_{п-}$ или $T_i > T_{п+}$. Тогда алгоритм идентификации предаварийного режима и аварийной ситуации по результатам измерений контролируемого параметра S_i можно будет определить следующим образом:

- нормальный режим – $T_{д-} \leq S_i \leq T_{д+}$;
- предаварийный режим – $T_{п-} \leq S_i < T_{д-}$ или $T_{д+} > S_i \geq T_{п+}$;
- аварийный режим – $S_i < T_{п-}$ или $S_i > T_{п+}$.

Проведем метрологический анализ алгоритма определения предаварийного режима в этом случае. Допустим, что отклонения состава уничтожаемых отходов от определенного типа (их теплотворность) описываются логарифмическим нормальным законом распределения (случайные отклонения из-за неоднородности отходов). Для простоты рассмотрим метрологические характеристики задачи идентификации предаварийной ситуации для случая превышения температуры границы $T_{д-}$.

Результаты измерений имеют погрешность, которая включает неисключенную и случайную составляющие. Неисключенная составляющая учитывается в процессе аттестации СИ. Ее значение сводится к минимуму. Этой составляющей, как правило, можно пренебречь. Случайная составляющая определяется характеристиками СИ и описывается среднеквадратическим отклонением (СКО) параметра, определенного по N отсчетов, уменьшается в $N^{1/2}$ раз, т. е. СКО S_i -результата измерений в N раз меньше СКО S_i'' -измерений мгновенных значений.

Предаварийный режим может быть определен, если результат измерения находится в интервале $T_{д+} > S_i \geq T_{п+}$.

Оценим вероятность идентификации предаварийного режима по результатам контрольных измерений параметра.

Вероятность нахождения ТП в предаварийном режиме определяется как

$$p_{па} = p(T_i > T_{ид}) = \int_{T_{д+}}^{T_{п+}} \rho_{T_i}(T) dT,$$

где ρ_{T_i} – закон распределения контролируемого параметра.

Вероятность обнаружения предаварийного режима по результатам измерений будет определяться условной вероятностью [3] и, если значение параметра находится на уровне порогового значения, равна $p_{\text{спа}+} = p(S_i \geq S_{i\text{д}+} / T_i > T_{i\text{д}+}) = 0,5 p_{\text{па}}$, а вероятность необнаружения $p_{\text{спа}-} = p(S_i < S_{i\text{д}+} / T_i > T_{i\text{д}+}) = 0,5 p_{\text{па}}$.

Если значение параметра находится на уровне, превышающем допустимое значение на $g\sigma_{S_i}$ (ρ_{S_i} – закон распределения результатов контрольных измерений), вероятность обнаружения предаварийного режима (при $g > 3$) будет

$$p_{\text{спа}+} = p(S_i \geq S_{i\text{д}+} + g\sigma_{S_i} / T_i > T_{i\text{д}+}) = \int_{S_{i\text{д}+}}^{S_{i\text{п}+}} \int_{T_{i\text{д}+}}^{T_{i\text{п}+}} \rho_{S_i}(S/T) \rho_{T_i}(T) dT dS \rightarrow 1,0,$$

а вероятность необнаружения будет

$$p_{\text{спа}-} = p(S_i < S_{i\text{д}+} + g\sigma_{S_i} / T_i > T_{i\text{д}+}) = \int_0^{S_{i\text{д}+}} \int_{T_{i\text{д}+}}^{T_{i\text{п}+}} \rho_{S_i}(S/T) \rho_{T_i}(T) dT dS \rightarrow 0.$$

Так как интервал $T_{i\text{д}+} \leq S_i \leq T_{i\text{п}+}$ больше чем значение $g\sigma_{S_i}$, вероятность обнаружения предаварийной ситуации после преодоления порога ($S_{i\text{д}+} + g\sigma_{S_i}$) велика и стремится к единице.

Вероятность принятия ошибочных решений. Очевидно, что если в качестве порога обнаружения предаварийного режима используется $S_{i\text{д}}$, вероятность ошибок первого и второго рода велика. Если же в качестве порога используется значение ($S_{i\text{д}+} + g\sigma_{S_i}$), вероятности ошибок малы и стремятся к нулю:

– вероятность принятия решения о предаварийном режиме в то время, когда он не наступил, определяется условной вероятностью

$$p' = p(S_i \geq S_{i\text{д}+} + g\sigma_{S_i} / T_i \leq T_{i\text{д}+}) = \int_{S_{i\text{д}+}}^{S_{i\text{п}+}} \int_0^{T_{i\text{д}+}} \rho_{S_i}(S/T) \rho_{T_i}(T) dT dS \rightarrow 0;$$

– вероятность необнаружения предаварийного режима при его наличии

$$p'' = p(S_i \leq S_{i\text{д}+} + g\sigma_{S_i} / T_i > T_{i\text{п}+}) = \int_0^{S_{i\text{д}+}} \int_{T_{i\text{д}+}}^{T_{i\text{п}+}} \rho_{S_i}(S/T) \rho_{T_i}(T) dC ds \rightarrow 0.$$

Значения вероятностей определяются видом законов вероятностей ρ_{1S_i} и ρ_{T_i} – отношением значения СКО результатов измерений σ_{S_i} к интервалу $T_{i\text{д}+} \leq S_i \leq T_{i\text{п}+}$, т. е. если значение интервала больше чем $g\sigma_{S_i}$, приведенные рассуждения верны и предаварийная ситуация идентифицируется с большой надежностью. Так как значение σ_{S_i} в N раз меньше значения σ''_{S_i} , это достаточно просто обеспечить.

Учитывая приведенные рассуждения, можно определить пороговые значения для контролируемых параметров ТП и требования к точности СИ.

Результаты контроля, анализ отклонений и аварийный режим отображаются системой мониторинга на экране ПК в виде графиков или гистограмм (см. рис. 4).

Программная система мониторинга обеспечивает также расчет степени воздействия ТП на окружающую среду (ОС) по результатам текущего контроля.

Расчет валовых выбросов. Значение массы выброса для каждого компонента, выбрасываемого в атмосферу с уходящими газами через сечение трубы в единицу времени [мг/с], вычисляется по формуле

$$M_i = (\pi D^2/4) \cdot v_r \cdot C_{i\text{НУ}}, \quad (1)$$

где D – диаметр трубы; v_r – скорость газового потока; $C_{i\text{НУ}} = C_i^*[(273 + T_r)/273](p_0/p_r) = C_i^* \cdot K_r$ – концентрация в пересчете на нормальные условия (НУ) (C_i^* – массовая концентрация, полученная системой контроля при температуре T_r и давлении p_r газового потока в дымовой трубе).

Так как газоанализаторы осуществляют измерения концентрации газов в объемных долях [ppm], для определения массовой концентрации производится расчет массовой концентрации.

Для идеальных газов при температуре 298 К (25 °С) и давлении 101,325 кПа (760 мм рт. ст.) справедливо [4] $1 \text{ ppm} = 0,0409 \cdot M \text{ мг/м}^3$, где M – молекулярная масса.

Для основных контролируемых газов в случае идеальных газов справедливо: $1 \text{ ppm}_{\text{CO}} = 1,25 \text{ мг/м}^3$; $1 \text{ ppm}_{\text{NO}} = 1,34 \text{ мг/м}^3$; $1 \text{ ppm}_{\text{SO}_2} = 2,93 \text{ мг/м}^3$; в реальных измерениях при переводе ppm в мг/м³ используются коэффициенты: $K_{\text{CO}} = 1,1456$; $K_{\text{NO}} = 1,2273$; $K_{\text{SO}_2} = 2,6203$.

Для расчета валового выброса производится усреднение полученных результатов за определенный промежуток времени.

Расчет предельно допустимых выбросов (ПДВ). Значение ПДВ определяется по формуле [5]

$$\text{ПДВ} = 10^3 \cdot K_p(0,3 \text{ ПДК}_{\text{р.з}} - C_{\text{ф}}),$$

где K_p – коэффициент разбавления примеси при заданной скорости ветра, м³/с; $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ – разовая предельно допустимая концентрация в рабочей зоне, мг/м³; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация, мг/м³.

Например, для СО $\text{ПДК}_{\text{р.з}} \text{ СО} = 10 \text{ мг/м}^3$. При $K_p = 1,0$, $\text{ПДК}_{\text{р.з}} \text{ СО} = 10$ и $C_{\text{ф}} = 1,0$ значение $\text{ПДВ}_{\text{СО}} = 2 \cdot 10^3 \text{ (м}^3/\text{с})(\text{мг/м}^3)$.

Определение допустимой концентрации. Для ТП предельно допустимая масса выброса $M_i = \text{ПДВ}_i$. Учитывая (1), можно определить значение допустимой концентрации отходящих газов: $C_{i \text{ доп}} = \text{ПДВ}_i / [(\pi D^2/4) \cdot v_r \cdot K_r]$.

Таким образом, созданная ИИС контроля и управления ТПТУО представляет собой аппаратно-программный комплекс, эффективно решающий задачи контроля, анализа и предупреждения экологических ЧС, обеспечивает повышение качества процесса термического обезвреживания отходов, его экологическую безопасность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. В., Комаров Б. Г., Королев П. Г. Измерительно-вычислительные системы. СПб.: ООО «Техномедиа»/ Элмор, 2008.
2. Алексеев В. В., Королев П. Г., Михаль П. Н. Компактная измерительная система контроля энергопотребления // Мир измерений. М., 2007. № 1. С. 20–24.

3. Цветков Э. И. Основы математической метрологии. СПб.: Политехника, 2005.
4. Бретшнайдер Б., Курфюрст И. Охрана воздушного бассейна от загрязнений. Л.: Химия, 1989.
5. Допустимые выбросы радионуклидов и химических веществ в атмосферу / Под ред. Е. Н. Тевяровского. М.: Энергоатомиздат, 1985.

V. V. Alekseyev, A. D. Charnetsky, P. G. Korolev,
K. O. Komshilova, V. S. Konovalova, R. Y. Marchenkov

MEASURING AND CONTROL SYSTEM FOR INCINERATE TECHNOLOGY PROCESS

Construction principles and structure measuring system for incinerate technology process are considered. Questions of receive of authentic estimations of parameters of technological process, maintenance of set reliability of identification of pre-emergencies for the purpose of formation of operating decisions are considered. Part two focuses on technical solutions for the middle and upper management levels, the algorithms of IMS.

Measurement system, process, monitor

УДК 534.29 -71- 8 + 504.4.064.36

Г. Б. Кривцова

КАВИТАЦИОННАЯ ЗОНА «ТОЧЕЧНОГО» ИСТОЧНИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ – МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ ВОДНОЙ СРЕДЫ*

Рассмотрен принцип формирования в водной среде мультифрактальной мультипузырьковой кавитационной зоны «точечным» источником ультразвукового воздействия. Предложено использовать информационно-энергетический ресурс МПК-зоны как источник «щадящего» энергетического воздействия в хирургии и интенсивной терапии и безынерционный (люминесцентный) информационный канал, несущий информацию о структурном состоянии (качестве) водной среды, в системе экологического мониторинга акваторий, например.

Ультразвуковое воздействие, кавитация, мультифрактальное множество, звукохимические реакции, «щадящая» хирургия, сонолюминесценция, экологический мониторинг акваторий

Благодарной памяти профессора
Сергея Константиновича Павроса.
К 70-летию со дня рождения...

Принцип формирования и информационно-энергетический ресурс МПК-зоны (теоретическая часть). Среди выдающихся научных открытий XX столетия важное место занимают динамический хаос, синергетика и фракталы. Они тесно связаны [1].

Динамический хаос – хаотические, напоминающие случайные, колебания в нелинейных детерминированных системах – как нельзя более подходит для описания совокупности процессов, происходящих в акустическом поле, сформированном в водной среде «точечным» источником ультразвукового воздействия (ТИУЗ) [2] (рис. 1, а, б).

Акустическое поле ТИУЗ – объемную резко анизотропную неоднородность в водной среде: мультипузырьковую кавитационную зону (МПК-зону) – можно рассматривать как мультифрактальное множество, формируемое в ограниченном малом замкнутом водном объеме в широком диапазоне мощности УЗ-воздействия.

* Начало. Окончание в № 5 (2011).

МПК-зона – типичный пример нелинейной диссипативной системы с хаотическими колебаниями – может быть сформирована в водной среде неограниченного объема источниками различной энергии. На разных уровнях энергетического насыщения такие системы способны формировать когерентные самоподобные структуры – мультифрактальное множество (микрофракталы).

Фракталы – самоподобные, в некотором смысле, объекты с дробной размерностью. Концепция фракталов и динамического хаоса, фрактальная геометрия нередко позволяют более адекватно описать геометрические формы и процессы, наблюдаемые в природе.

На рис. 1, а представлены: формирование в замкнутом водном объеме $V(a, b, c)$ мультипузырьковой кавитационной зоны ТИУЗ с чисто продольными колебаниями по оси его симметрии x : A – амплитуда колебаний концентратора однополуволнового ультразвукового хирургического инструмента (УЗХИ); $A_{\max}$ – амплитуда колебаний рабочего торца УЗХИ – амплитуда колебаний ТИУЗ; $2A_{\max}$ – размах амплитуды колебаний ТИУЗ (доступен измерению); $\varnothing_{\text{ВЫХ}}$ – диаметр ТИУЗ (диаметр рабочего торца УЗХИ); k_I – зона «интенсивной кавитации» («точка начала» экспансии энергии УЗ-воздействия в водную среду); k_{II} – зона «мощного гидродинамического потока кавитационных пузырьков» («зона контроля», где наблюдается и регистрируется УЗ-свечение водной среды: суммарная сонолюминесценция – $\sum \text{СЛ}$); $\varnothing_{\max} k_{II}$ – диаметр максимального раскрыва зоны k_{II} ; k_{III} – зона мощного турбулентного перемешивания, практически совпадающая с объемом водной пробы $V(a, b, c)$.

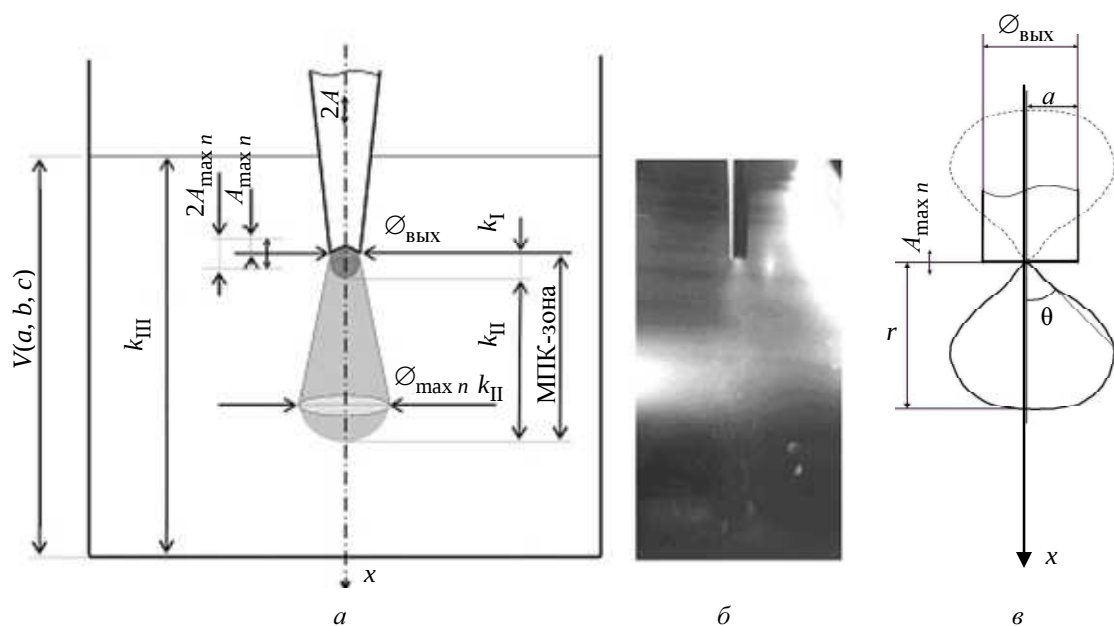


Рис. 1

На рис. 1, б представлена структура МПК-зоны (фотография в рассеянном свете) – мультипузырьковое кавитационное облако, формируемое ТИУЗ в водной среде, поперечные размеры которой $x, y, z \leq \lambda_{\text{в воде}}$ (y колеблющегося рабочего торца однополуволнового УЗХИ: $f_p = 22$ кГц; $\varnothing_{\text{ВЫХ}} = 2$ мм; $A_p = 15 \dots 70$ мкм).

На рис. 1, в представлен «факел» акустического поля осциллирующей в водной среде плоской мембраны малого диаметра $\varnothing_{p, m}$, представляющей, в первом приближении, ТИУЗ: предполагаемая конфигурация акустического поля ТИУЗ, где $\varnothing_{\text{ВЫХ}} = \varnothing_{p, m}$ – диаметр ТИУЗ;

$a = \varnothing_{\text{вых}}/2$ – радиус ТИУЗ; ось x – ось симметрии ТИУЗ; r – текущее расстояние по оси симметрии x ; θ – угол в сферической системе координат, отсчитываемый от оси симметрии x .

Объем МПК-зоны (мультипузырькового кавитационного облака) на n -м уровне ее энергетического насыщения равен сумме объемов k_I -й и k_{II} -й зон на этом уровне: $V_{\text{МПК-зоны } n}(x, y, z) = V_{k_I} + V_{k_{II}}$ и пропорционален уровню энергетического воздействия: $V(x, y, z, t) \sim F(W_{\text{ак } n}; A_{p \text{ max } n})$.

Формирование МПК-зоны сопровождается мощным турбулентным перемешиванием всего объема водной пробы $V(a, b, c)$.

«Нормальные условия» формирования акустического поля ТИУЗ предполагают выполнение следующих условий: $\varnothing_{\text{вых}} \ll \lambda_{\text{в воде}}$; $\varnothing_{\text{вых}} \ll l_k$, где l_k – длина концентратора УЗХИ с $\varnothing_{p, m} = \varnothing_{\text{вых}}$.

Математическое описание акустического поля ТИУЗ – осциллирующей в водной среде мембраны малого диаметра представлено формулой модуля звукового давления на оси ее симметрии x [2]:

$$|p| = \omega^2 \rho \xi_0 \frac{S}{r} (ka) \frac{2}{3\pi^2} e^{-\alpha r},$$

где a – радиус ТИУЗ; $S = S_{p, m} = S_{p, t} = \pi a^2$ – площадь ТИУЗ; $\xi_0 = A_{p \text{ max } n}$ – смещение ТИУЗ на n -м уровне УЗ-воздействия; $\omega = 2\pi f_p$, где $f_p = 22$ кГц – рабочая частота ТИУЗ; $k = \omega/c = 2\pi f_p/c = 92,7 \text{ м}^{-1}$ ($c_{\text{в воде}} = 1490 \text{ м/с}$) – волновое число; ρ – плотность контролируемой водной среды; α – коэффициент затухания звука в контролируемой водной среде на заданном уровне мощности УЗ-воздействия; r – текущее расстояние по оси симметрии x .

Мощность низкочастотного ультразвукового воздействия (нчУЗ-воздействия) возрастает пропорционально увеличению ξ_0 ($A_{p \text{ max } n}$). Соответственно, увеличивается и протяженность факела акустического поля, в котором вблизи (до) порога кавитации ($|p| > p_{\text{кр}} = (1...4)10^4 \text{ Па}$) начинается кавитационный процесс, сопровождающийся люминесцентным (ультразвуковым) свечением, и в замкнутом водном объеме $V(a, b, c)$ формируется МПК-зона.

Пространственная конфигурация МПК-зоны однозначно определяется доступными измерениями параметрами: диаметром максимального раскрыва ($\varnothing_{\text{МПК-зоны } n} = \varnothing_{\Theta n} = 2 R_n$) и максимальной протяженностью МПК-зоны ($L_{\text{МПК-зоны } n}$) [2]:

$$V_{\text{МПК-зоны } n}(x, y, z) = \frac{\pi R_n^2}{3} (L_{\text{МПК-зоны } n} + R_n),$$

где $L_{\text{МПК-зоны } n}$ – максимальная протяженность факела акустического поля по оси симметрии x ТИУЗ; максимальная протяженность МПК-зоны на n -м уровне ее энергетического насыщения; $R_n = \varnothing_{\text{МПК-зоны } n} / 2$ – радиус максимального раскрыва МПК-зоны ($\varnothing_{\text{МПК-зоны } n}$ – диаметр максимального раскрыва МПК-зоны на n -м уровне ее энергетического насыщения).

Пространственная конфигурация микрофракталов (мультифрактального множества), в диапазоне мощности УЗ-воздействия ($1; \dots, n-1; n$), показана на оригинальном фотографическом изображении процесса, зафиксированном автором при боковом освещении водной среды, в рассеянном свете (рис. 1, в).

УЗ-свечение регистрируется по обобщенному показателю: интенсивности суммарной сонолюминесценции на заданном ($n = 1, 2, \dots, 9, 10$) уровне мощности УЗ-воздействия (уровне энергетического насыщения МПК-зоны) – $I_{n\Sigma\text{СЛ}}$.

Энергетическое насыщение МПК-зоны – объемная плотность акустической энергии ($W_{\text{ак}}$), характеризующая мощность возбуждающего люминесценцию водной среды энергетического воздействия, – определяется мощностью УЗ-воздействия, формирующего МПК-зону в замкнутом водном объеме $V(a, b, c)$.

Уровень современных научных знаний не дает возможности строго количественно измерить $W_{\text{ак}}$ в крайне неоднородном акустическом поле МПК-зоны [3], [4].

На рис. 2 показан сложный процесс преобразования в замкнутом объеме $V(a, b, c)$ общей акустической энергии (E), обеспечивающей формирование МПК-зоны и все сопровождающие кавитацию ($E_{\text{к}}$) процессы: образование микропотоков ($E_{\text{МП}}$), нагревание жидкости ($E_{\text{н}}$), образование свободных радикалов: химико-акустическая энергия ($E_{\text{ХА}}$), возникновение ударных волн ($E_{\text{УВ}}$) и кавитационного шума ($E_{\text{ш}}$), возбуждение сонолюминесценции ($E_{\text{СЛ}}$) и «вторичной» хемилюминесценции ($E_{\text{ХЛ}}$), а также фонтанирование или распыление жидкости ($E_{\text{ф}}$) на границе раздела сред; $E_{\Sigma\text{СЛ}} = E_{\text{СЛ}} + E_{\text{ХЛ}}$ – энергия суммарной сонолюминесценции.

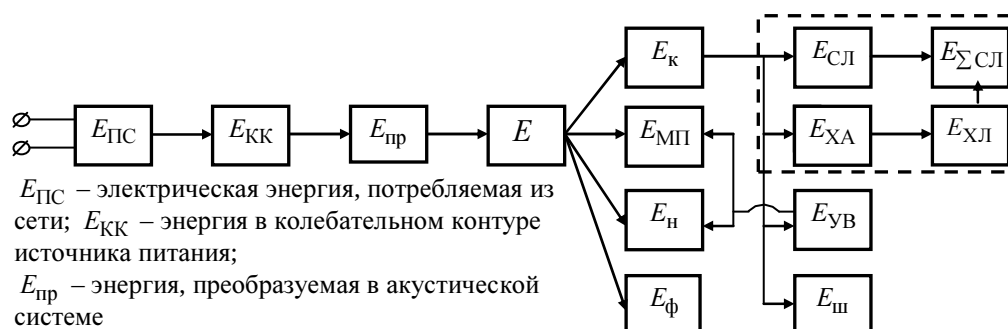


Рис. 2

Корреляция изменения $I_{\Sigma\text{СЛ}}$ и $W_{\text{ак}}$, необходимая для снятия энергетических спектров суммарной сонолюминесценции контролируемой водной среды, проводилась при допущении: $V(a, b, c) \sim V_{\text{МПК-зоны } n}(x, y, z) = \text{const}$, где $V(a, b, c)$ – объем зоны УЗ-воздействия, в котором происходит преобразование доступной количественной оценки E . Тогда, для усредненной оценки энергетического насыщения МПК-зоны можно использовать соотношение [2]: $W_{\text{ак}} \sim E / V(a, b, c)$.

Вторичные эффекты, сопровождающие кавитацию в динамике ее развития, определяют информационно-энергетический ресурс мультифрактального объекта водной среды – МПК-зоны ТИУЗ.

На рис. 3 представлен механизм генерации возбужденных электронных состояний и квантов света в водных системах под влиянием энергии ультразвука: a – деформация; b – расщепление кавитационного пузырька в МПК-зоне; $в$ – выход окислителей (окислительно-восстановительных реагентов, вырабатываемых непосредственно в зоне УЗ-воздействия и возбуждающих вторичную хемилюминесценцию) и квантов света сонолюминесценции ($h\nu$) в зону контроля.

Научное обоснование возможности использования информационно-энергетического ресурса МПК-зоны как источника локального дозированного энергетического воздействия и информационного канала, несущего информацию о структурном состоянии (качестве) водной среды, базируется на известных экспериментальных и теоретических представлениях [3], [4]:

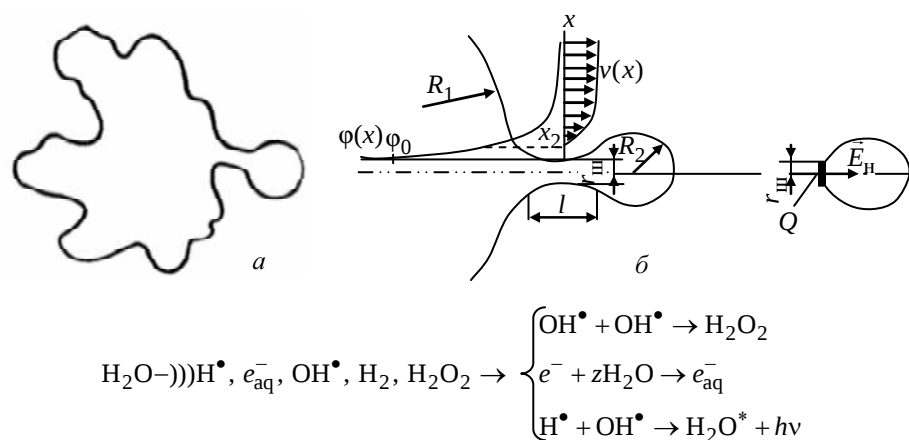


Рис. 3

– механизм генерации возбужденных электронных состояний и квантов света в водных системах под влиянием энергии ультразвука (рис. 3, а, б);

– локальная концентрация плотности энергии УЗ-колебаний, приводящая к возбуждению сонолюминесценции в газовой фазе и возникновению звукохимических (ЗХ) реакций, сопровождающихся вторичной хемилюминесценцией за счет радикальных продуктов расщепления воды: окислительно-восстановительных реагентов (рис. 3, в);

– безынерционность, высокая чувствительность и информативность явления УЗ-свечения;

– фундаментальный факт расхождения закономерностей фотолуминесценции и ультразвукового свечения водной среды: спектры фотолуминесценции определяют вещества, растворенные в воде, а энергетические спектры суммарной сонолюминесценции (Е-спектры Σ СЛ) отражают состояние (качество) водной среды.

Основные физико-химические процессы в акустическом поле ТИУЗ, сопровождающие кавитацию в динамике ее развития на разных уровнях энергетического насыщения, обобщены автором и представлены на схеме (рис. 4) [2].

Наиболее перспективный информационный канал водной среды – ультразвуковое свечение (суммарная сонолюминесценция), которое наблюдается визуально и может достоверно регистрироваться широко распространенными фотоэлектронными приборами в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах длин волн (700...300 нм).

Можно отметить (рис. 4) еще два доступных регистрации и пропорциональных $W_{\text{ак}}$ информационных канала: кавитационный шум и акустическое давление (ударные волны).

«Щадящее» энергетическое воздействие в хирургии, интенсивной и фитотерапии подразумевает воздействие, активизирующее биологические процессы в биологических структурах, не разрушая молекулярных связей биоорганических структур и соединений: $W_{\text{ак}} = 0,05...2,00$ Дж/см³ [5]. Этим условием и определялся выбор диапазона мощности УЗ-воздействия при разработке ультразвукового хирургического аппарата УЗХ-100-Нч-01 «СУЗА» (НПО «ВНИИ ТВЧ», СПб), разрешенного к применению в медицинской практике [6].

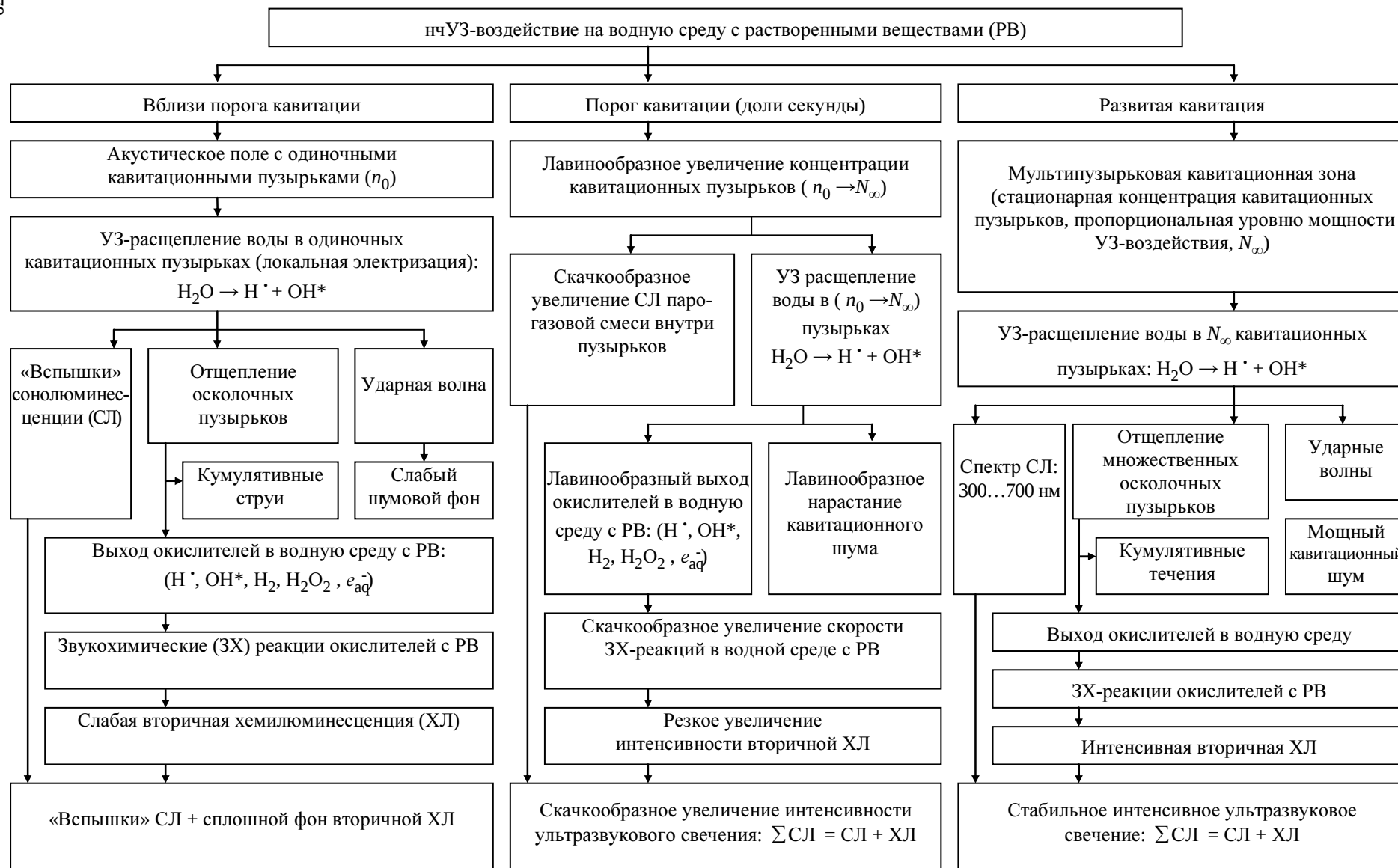


Рис. 4

Однако вне этих ограничений энергетический ресурс МПК-зоны может быть значительно увеличен в пределах динамической прочности ТИУЗ ($A_{p \max n}$ – максимально достижимое смещение ТИУЗ) и максимальной мощности источника питания.

Акустические параметры и энергетические характеристики зоны нЧУЗ-воздействия, создаваемой ТИУЗ ($f_p = 22$ кГц; $\varnothing_{\text{вых}} = 2$ мм) в водном объеме $V(a, b, c)$ в диапазоне мощности ($P_{\text{эл}}$) УЗ-генератора аппарата УЗХ-100-Нч-01 «СУЗА», сведены в таблицу [2].

№ п/п	Уровни нЧУЗ-воздействия	Резонансная частота, кГц	Амплитуда колебаний ТИУЗ, мкм	Потребляемая электрическая мощность, $P_{\text{эл}}$, В · А	Мощность акустическая, выделяемая в нагрузку, $P_{\text{ак}}$, Вт	Объем зоны нЧУЗ-воздействия, V, см ³	Объемная плотность акустической энергии, $W_{\text{ак}}$, Дж/см ³
1	Выкл.	22,00	–	–	–	22,67	–
2	1		15*	10	7,5		0,33
3	2		22	14	10,4		0,46
4	3		29	18	13,0		0,57
5	4		36	22	15,4		0,68
6	5		43	26	17,7		0,78
7	6		50	30	19,5		0,86
8	7		57	34	21,1		0,93
9	8		64	38	22,4		0,99
10	9		70	42	23,1		1,02

* Общая погрешность при измерении основного параметра – амплитуды колебаний рабочего торца УЗХИ в пределах погрешности микроскопа микротвердомера ПМТ-3 составляет ± 1 мкм.

Результаты исследований:

1. Физико-химические и люминесцентные процессы, сопровождающие кавитацию в акустическом поле «точечного» источника УЗ-воздействия в динамике развития кавитационного процесса, позволяют:

- осуществлять локальное концентрированное энергетическое воздействие (энергетический ресурс) через промежуточную (водную) среду в широком диапазоне мощности;
- регистрировать (информационный ресурс), по крайней мере, три параметра: интенсивность суммарной сонолюминесценции, кавитационный шум, акустическое давление, для реализации безреагентного и безынерционного экспресс-контроля состояния (качества) водной среды в системе экологического мониторинга, например.

2. Аналитическое выражение зависимости протяженности МПК-зоны от мощности УЗ-воздействия, полученное для акустического поля ТИУЗ на оси его симметрии, позволяет рассчитать максимальную протяженность МПК-зоны ($L_{\text{МПК-зоны } n}$), где осуществляется энергетическое воздействие, а также наблюдается и регистрируется ультразвуковое свечение, интенсивность которого – обобщенный показатель состояния (качества) водной среды.

3. Модель пространственной конфигурации МПК-зоны ТИУЗ, предложенная для вычисления объема зоны УЗ-воздействия по доступным измерению параметрам ($L_{\text{МПК-зоны } n}$; $\varnothing_{\text{МПК-зоны } n}$ при $n = \max$), позволяет приближенно оценить энергетическое насыщение ($W_{\text{ак } n}$) зоны УЗ-воздействия для получения зависимости изменения интенсивности суммарной сонолюминесценции водной среды от уровня мощности энергетического воздействия: $I_{\Sigma \text{СЛ}} = F(W_{\text{ак } n})$ – энергетические спектры $\Sigma \text{СЛ}$.

На основании изложенного можно сделать следующий вывод: «точечный» источник УЗ-воздействия, стабильно формирующий мультифрактальную МПК-зону в широком диапазоне мощности УЗ-воздействия, является источником стабильного дозированного энергетического воздействия на любые водные среды, обеспечивающим информационный ресурс для контроля происходящих в водной среде структурных (качественных) изменений.

Энергетический и информационный ресурсы МПК-зоны недооценены, до конца не изучены, но сфера их возможной реализации, не только в экологии и в медицинской практике, может быть впечатляюще расширена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов С. П. Динамический хаос (курс лекций): Учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Физматлит, 2006.
2. Кривцова Г. Б. Сонолюминесцентный метод экспресс-контроля водной среды: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. 20 с.
3. Маргулис М. А. Звукохимические реакции и сонолюминесценция. М.: Химия, 1986.
4. Margulis Milia A., Margulis Igor M. Contemporary review on nature of sonoluminescence and sonochemical reactions // Ultrasonics Sonochemistry. March 2002. Vol. 9. Iss. 1. P. 1–10.
5. Пат. РФ № 2020961. Способ активизации лекарственных препаратов / Г. Б. Кривцова и др.; заявка № 4914316 от 25.02.91; зарег. 15.10.1994. Бюл. № 19.
6. Кривцова Г. Б. Ультразвуковой хирургический аппарат «СУЗА» // Науч.-техн. конф. «Физика и техника ультразвука»: Сб. тр. 10–12 июня 1997. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1997. С. 204–207.

G. B. Krivtsova

CAVITATION ZONE OF ULTRASONIC “POINT” SOURCE EXPOSURE – MULTI-FRACTAL INFORMATIONAL-ENERGETIC AQUA OBJECT (THEORETICAL ASPECTS)

The paper deals with principle of microfractal multi-bubble cavitation zone (MBC-zone) formation in aqua media from “point” source of ultrasonic exposure. Suggested to use this informational power-producing resource of MBC-zone, as a source of “sparing” energetic exposure in surgery and intensive therapy, and also as informational channel of aqua objects structural state (quality) for ecological monitoring task, for exsample.

Ultrasonic exposure, multi-bubble cavitation zone, microfractals, sono-chemical reactions, sparing (smooth) surgery, sonoluminescence, ecological monitoring



УДК 539.3

С. В. Воробьев, С. К. Степанов

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ПРИ ДИЛАТАЦИИ

Создан набор расчетных схем, позволяющих моделировать дилатацию кровеносных сосудов, исследовать напряженно-деформированное состояние кровеносных сосудов и атеросклеротических бляшек, рассчитывать величину давления накачки баллона-катетера, необходимую и достаточную для получения желаемого просвета сосуда.

Моделирование, напряженно-деформированное состояние, атеросклеротическая бляшка, дилатация

Атеросклеротические поражения сосудов являются основной причиной многих заболеваний. Суть этих поражений состоит в том, что новообразования внутри сосуда – атеросклеротические бляшки – перекрывают просвет сосуда и препятствуют кровоснабжению органов. Чрескожная баллонная дилатация позволяет посредством механического разрушения бляшек восстановить кровоток. Однако несмотря на значительный прогресс в баллонных катетерных технологиях рестенозы отмечаются в 33...47 % случаев. Чем больше повреждения стенок сосудов при дилатации, тем больше вероятность повторного образования стенозов. Таким образом, правильный подбор режима механического воздействия существенно влияет на конечный результат лечения. Для определения оптимальных параметров этого воздействия необходим анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) бляшки и стенок сосуда, возникающего при проведении операции. В данной работе на основе пакета прикладных программ Solid Works построен набор расчетных схем, соответствующих различной геометрии кровяного русла, разной степени поражения сосуда, разным типам баллонных катетеров, используемых при проведении операции. Анализ НДС при различных значениях геометрических параметров и физико-механических характеристик сосудов, бляшек и при разных типах и численных значениях механического воздействия осуществляется на основе метода конечных элементов. Число конечных элементов изменяется от 50 до 200 тыс. в зависимости от сложности модели. Использование расчетных схем дает возможность на основании имеющихся результатов операций определять механические характеристики сосудов «in vivo», а после формирования этой базы данных сделает возможным моделирование дилатации сосудов с учетом индивидуальных

особенностей конкретного пациента. Это, в свою очередь, позволит определить минимальную величину внешнего вмешательства, необходимого для восстановления нормального кровотока, и тем самым снизить травмирование стенок сосудов в ходе операции.

Для исследования НДС прямолинейного участка дилатируемого сосуда предложена расчетная схема, показанная на рис. 1. На схеме введены следующие обозначения: D_{c1} – внутренний диаметр интимы; D_{c2}, D_{c3} – соответственно внутренний и наружный диаметры меди; d_{a1}, d_{a2} – внутренний и наружный диаметры бляшки; d_a – внутренний диаметр баллона; h_1 – толщина футляра бляшки; L_c – длина сегмента сосуда; L – длина бляшки; l_a – расстояние от начала рассматриваемого сегмента сосуда до начала бляшки; h_1 – интима; 2 – медиа; 3 – бляшка; 4 – фиброзная крышка бляшки; 5 – баллон. На рис. 2 приведена расчетная схема дилатации бляшки, учитывающая воздействие на венечную артерию окружающих ее тканей: 1 – интима; 2 – медиа; 3 – бляшка; 4 – фиброзная крышка бляшки; 5 – баллон; 6 – перикард; 7 – ось просвета сосуда; 8 – миокард. Основной вклад в прочностные свойства стенки кровеносного сосуда вносит средний слой – медиа. Атеросклеротические бляшки поздней стадии развития прорастают через интиму, частично проникая в медию. Такие бляшки имеют с внутренней стороны сосуда фиброзную крышку, что отражено в расчетной схеме. Баллоны-дилататоры бывают двух типов: гибкие и жесткие. У гибких баллонов (ACS, USCI) при превышении номинального давления диаметр увеличивается на 10...20 %, а у жестких (SCI MED) практически не изменяется.

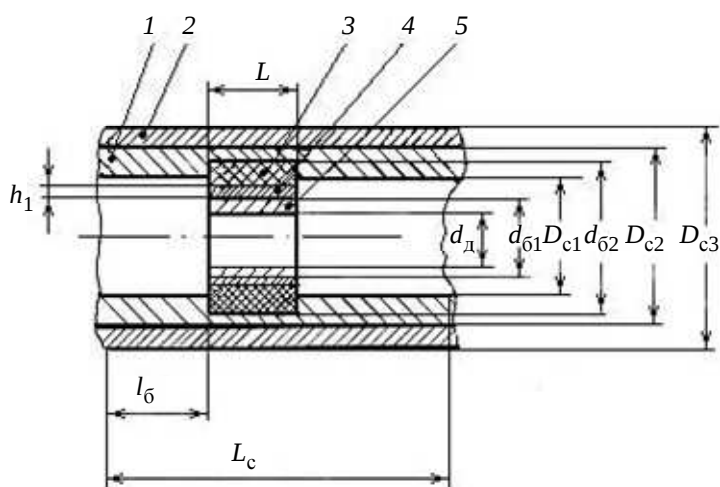


Рис. 1

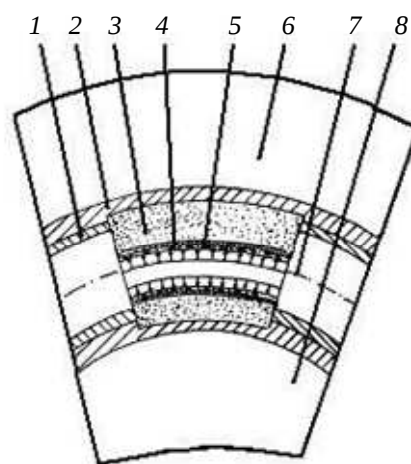


Рис. 2

Для определения значения давления, необходимого и достаточного для восстановления размеров сосуда, представляет интерес оценка влияния различных геометрических и физических параметров кровеносных сосудов на НДС стенок сосудов и атеросклеротических бляшек. Очевидно, что проведение таких экспериментов на живом организме невозможно, зато сравнительно просто сделать это, используя моделирование.

В результате расчетов максимального напряжения в стенках бляшек с разной степенью перекрытия просвета сосуда при одном и том же давлении накачки баллона получен график, изображенный на рис. 3. По оси ординат отложено относительное изменение наибольшего напряжения по Мизесу, по оси абсцисс – отношение диаметра просвета

бляшки к диаметру просвета сосуда. Из графика видно, что в бляшках, значительно перекрывающих кровоток ($d_{б1}/D_{с1} = 0,2$), наибольшее напряжение существенно меньше, чем в бляшках на ранней стадии развития. Это говорит о том, что очень важно знать геометрические размеры сосуда и бляшки при планировании эндоваскулярной операции. В противном случае возможно либо излишнее травмирование стенок сосуда, что повышает вероятность возникновения рестеноза, либо не полное восстановление просвета сосуда. Расчеты проведены на модели сосуда с внутренним диаметром 3 мм, толщиной стенки 1 мм и длиной 60 мм; диаметр просвета бляшки изменялся от 20 до 80 % диаметра просвета сосуда. Модули нормальной упругости сосуда E_c и бляшки $E_б$ равны 1,4 МПа, коэффициенты Пуассона сосуда и бляшки здесь и в последующих расчетах – $\nu_c = \nu_б = 0,4$.

Для определения влияния несимметричности просвета бляшки на НДС в стенках бляшки при одном и том же давлении накачки баллона проведены расчеты, результаты которых представлены на рис. 4. По оси ординат отложено относительное изменение наибольшего напряжения, по оси абсцисс – расстояние между осями бляшки и сосуда. Вычисления выполнены на модели сосуда с внутренним диаметром 3 мм, диаметром просвета бляшки 1 мм при изменении эксцентриситета от 0 до 1 мм. При одном и том же давлении накачки баллона наибольшее напряжение также изменяется более, чем на порядок. Значит, очень важно знать не только геометрические размеры сосуда и бляшки, но и взаиморасположение их осей. Непринятие во внимание эксцентриситета бляшки, как и в предыдущем случае, ведет к неполному восстановлению кровотока или к неоправданному нарушению стенок сосуда.

На основании расчетов построен график рис. 5, учитывающий влияние модуля нормальной упругости сосуда на перемещение стенок сосуда. Меньшие значения модуля нормальной упругости соответствуют меньшему физиологическому возрасту, то есть при одном и том же давлении накачки во время дилатации перемещения стенок сосудов у молодых пациентов будут приблизительно в полтора раза больше, чем у пожилых.

Исследование НДС позволило построить графики рис. 6 и 7, показывающие влияние модуля упругости бляшки на перемещения и на напряжения соответственно. На различных стадиях развития бляшки изменяются ее морфологические, геометрические и механические характеристики. Атеросклеротическая бляшка на ранней стадии развития имеет фибромускулярное строение. Она включает в свою толщу пролиферируемые гладко-

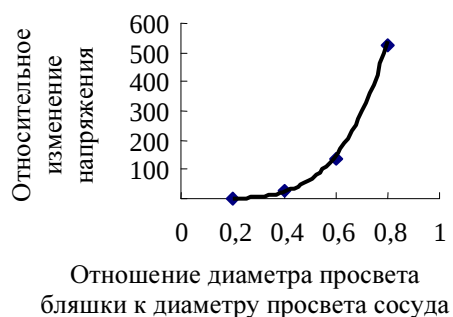


Рис. 3

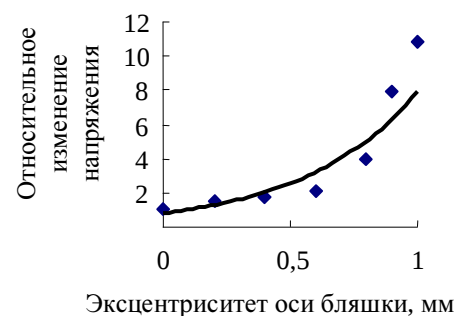


Рис. 4

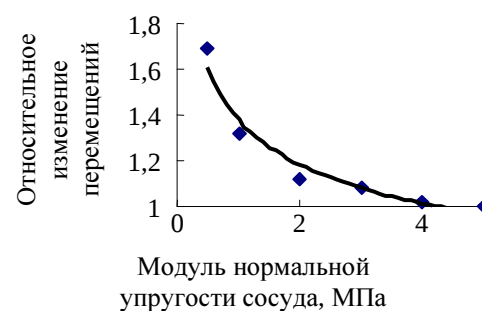


Рис. 5

мышечные элементы, коллаген, эластиновые волокна, а также интраклеточные и экстраклеточные липидные отложения. При баллонной дилатации таких бляшек происходит растяжение сосудистой стенки и вдавливание массы бляшки в стенку артерии. После такого расширения стенки сосуда происходит деструкция гладкомышечных волокон меди и замещение их макрофагами. По мере заживления на месте механической травмы артерии контуры стенок артерии становятся вновь ровными или иногда как бы аневризматически расширяются. Атеросклеротические бляшки поздней стадии развития отличаются от ранних фибромускулярных бляшек наличием некротических фокусов, кровоизлияний в толще бляшки или субинтимально, иногда – очагами кальцификации. Это приводит к увеличению модуля нормальной упругости, что влечет за собой уменьшение величины перемещения стенок сосудов при одном и том же давлении накачки во время дилатации. То есть восстановление просвета сосуда с такими патологиями будет меньше ожидаемого, а эффективность операции ниже возможной. Из истории болезни и предоперационного обследования рентге-

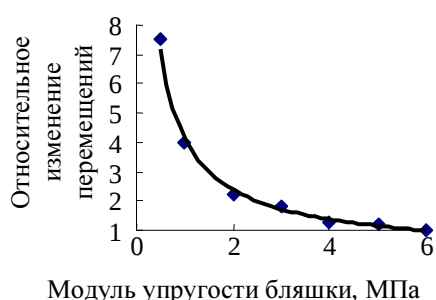


Рис. 6

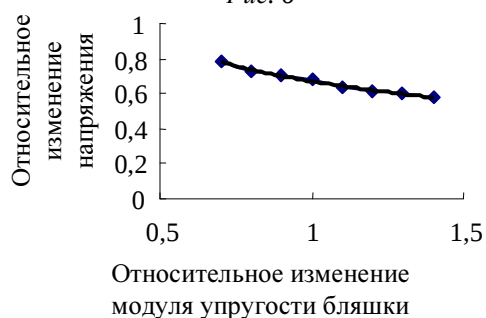


Рис. 7

нохирург получает информацию о приблизительном возрасте и характере строения бляшки. В настоящее время величину давления накачки врач выбирает полагаясь только на свой опыт. Использование предлагаемых расчетных схем позволяет на основании имеющихся данных смоделировать операцию, что дает возможность более точно определить величину давления, исходя из необходимого размера просвета сосуда.

Для ответа на вопрос, при каких напряжениях структуры стенок кровеносных сосудов теряют свои функциональные свойства, рассмотрены клинические данные, содержащие сведения о перемещениях в дилатированных сосудах в ходе проведения оперативного вмешательства, и проведено сопоставление этих данных с результатами вычислений перемещений в сосудах при нагружениях, равных давлению в баллоне при дилатации.

Проанализировано 18 эхокардиографических и 37 ангиографических изображений, на которых зафиксированы сечения стенозированных и реконструированных в результате дилатации коронарных артерий. На рис. 8 показано ангиографическое изображение сегмента коронарной артерии (диаметр в норме 3 мм): слева – после дилатации баллоном с номинальным диаметром 3 мм, при давлении 0,8 МПа; справа – после дилатации давлением 1,2 МПа. Поперечные сечения сегментов коронарных артерий зарегистрированы ультразвуковым внутрисосудистым датчиком [1]. Ангиографические изображения продольных сечений сегментов коронарных артерий выполнены в отделениях эндоваскулярной хирургии 2-й многопрофильной больницы и больницы Святого Георгия г. Санкт-Петербурга.

Анализ клинических данных дилатации коронарных артерий с радиусом сосуда в норме $r_n = 2,8...3,2$ мм и стенозом от 50 до 80 % (возраст 45–70 лет) и достижении в момент дилатации радиуса сосуда $r_d = (1 - 1,1)r_n$ позволяет сделать следующее заключение: среднее радиальное упругое перемещение стенки сосуда после снятия нагрузки у сосудов, дилатированных

только баллоном – $0,3 r_H$, у сосудов, дилатированных с последующей установкой полужесткого стента типа Multi Link – $0,15 r_H$, у сосудов, дилатированных с последующей установкой жесткого стента типа Palmaz – $0,1 r_H$. Такое постоянство упругого последствия можно объяснить биомеханической моделью [2] изменений, происходящих в стенках сосуда.

Знание относительного радиального упругого последствия и распределения напряжений в стенке дилатированного сосуда, полученные в результате вычислений в рамках компьютерной модели, позволяют определить напряжение, при котором стенки сосуда теряют свои функциональные упругие свойства. На рис. 9 приведены результаты вычислений перемещений (слева) и напряжений (справа) в дилатированной коронарной артерии по расчетной схеме, учитывающей влияние окружающих тканей. До дилатации внутренний диаметр артерии 2 мм, толщина стенки 1 мм. Просвет стенозированного сосуда 1 мм. Бляшка расположена осесимметрично. Модули нормальной упругости сосуда и бляшки соответственно $E_c = 1,4$ МПа, $E_b = 0,7$ МПа. Модули нормальной упругости перикарда и миокарда равны $E_n = 2$ МПа, $E_m = 0,5$ МПа. Наибольший диаметр сосуда при дилатации $d_d = 2$ мм (рис. 9). Напряжение на границе зоны сохранения функциональных свойств сосуда в соответствии с введенной гипотезой [2] о 30 %-й зоне сохранения сосудом упругих свойств $\sigma_y = 0,61$ МПа (рис. 9).

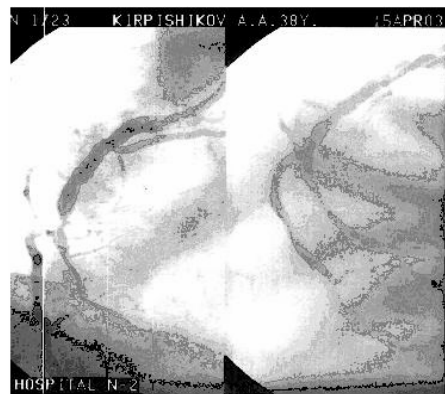


Рис. 8

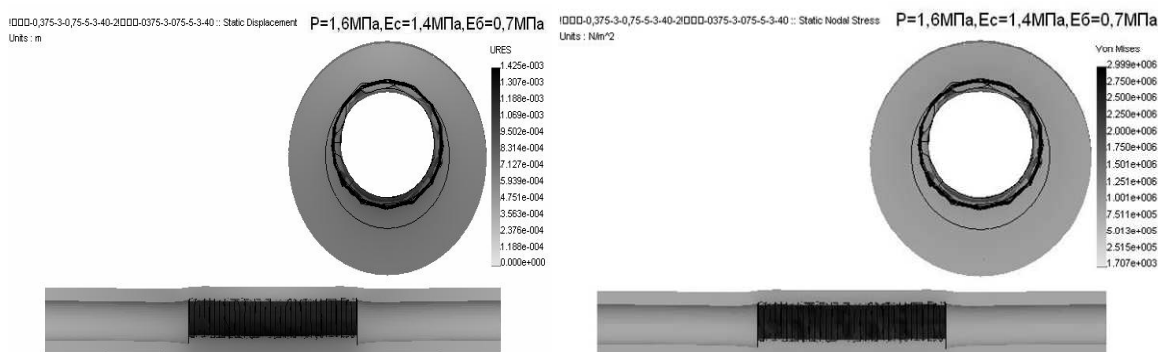


Рис. 9

Радиальное упругое перемещение стенок сосуда $u_y = 0,3$ мм. Просвет дилатированного сосуда – 1,4 мм. После установки при дилатации в сегменте сосуда полужесткого стента диаметр $d_{д,с}$ просвета в сосуда будет равен 1,7 мм, а после установки жесткого стента – 1,8 мм [2].

Таким образом, использование предложенных моделей позволяет:

- рассчитать значение давления накачки баллона-катетера, необходимое и достаточное для получения желаемого просвета сосуда с учетом выбранной технологии рентгенохирургической операции (дилатация только баллоном, дилатация с установкой полужесткого или жесткого стента);
- рассчитать максимальное значение давления накачки баллона-катетера, при котором упругие свойства стенок сосудов еще сохраняются;

– выбрать технологию рентгенохирургической операции исходя из необходимого значения диаметра просвета сосуда;

– исследовать НДС кровеносных сосудов и атеросклеротических бляшек при различных способах приложения механической нагрузки к пораженным участкам кровяного русла, т. е. отрабатывать на компьютерных моделях новые технологии операций, прежде, чем пробовать их на живых объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Handbook of Coronary Stents / Edited by P. W. Seruys. London: Martin Duntz LTD, 2002. 424 с.
2. Клиническое применение и исследование биотехнической системы медицинского назначения «Кровеносные сосуды» / П. И. Бегун, В. К. Сухов, А. В. Орликов, С. К. Степанов // Вестник Северо-Западного регионального отделения Академии медико-технических наук. 2003. Вып. 7. Под ред. Г. В. Анцева. С. 261–274.

S. V. Vorobiev, S. K. Stepanov

INVESTIGATE THE MODE OF DEFORMATION OF BLOOD VESSELS AT DILATATION

It is constructed the set of design diagrams to model dilatation blood vessels, to investigate the mode of deformation of blood vessels and atherosclerotic plaque, to expect size of pressure in a cylinder – catheter, necessary and sufficient for reception of a desirable gleam of a vessel.

The simulation, mode of deformation, atherosclerotic plaque, dilatation.

УДК: 616-073.5

**В. В. Шаповалов, Б. С. Гуревич, С. В. Андреев,
А. В. Беляев, И. А. Колесов, В. Н. Челак**

МНОГОСПЕКТРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖАЮЩЕГО СПЕКТРОФОТОМЕТРА

Рассматриваются принцип работы и особенности функционирования акустооптического устройства многоспектральной обработки изображений в реальном масштабе времени.

Многоспектральная обработка изображений, отображающий спектрофотометр, акустооптический перестраиваемый фильтр

Как и во многих других областях, в биологии и медицине при анализе изображений очень важной является не только пространственная, но и спектральная информация. Между тем одновременный анализ пространственной и спектральной составляющих информации связан с определенными трудностями, вызываемыми большей частью недостатками устройств, предназначенных для спектрального анализа изображений, содержащих высокие пространственные частоты.

Традиционные устройства, осуществляющие такой анализ, содержат турель интерференционных фильтров, что позволяет выделять отдельные спектральные составляющие изображений с высокой селективностью, но при этом скорость обработки изображений ограничивается наличием механически движущихся частей в устройстве, а число спектральных составляющих определяется количеством дорогостоящих интерференционных фильтров в турели. Надежность устройств, содержащих механически движущиеся детали, также сравнительно невысока.

Альтернативным методом обработки изображений, содержащих большой объем спектральной и пространственной информации, является обработка с помощью устройств, базирующихся на широкоапертурных акустооптических перестраиваемых фильтрах (АОПФ). Этот метод, использующий спектральную селективность АОПФ, позволяет выделять большое количество монохромных субизображений без серьезных потерь пространственной информации [1]. Известны также случаи использования набора АОПФ для многоспектральной обработки изображений [2].

Для работы с биологическими объектами большой интерес представляет спектрометрическое устройство на базе АОПФ, разработанное испанскими специалистами и предназначенное для многоспектральной обработки в видимой и ближней инфракрасной областях спектра [3], [4]. В частности, с помощью описанного ими устройства, удалось с высокой точностью выявить распределение хлорофилла по площади листа канадского тополя и листа фасоли, обработанной гербицидом.

Вместе с тем упомянутые устройства на базе АОПФ имеют дело лишь с изображениями объектов, сформированными за пределами устройства, что ограничивает как скорость многоспектральной обработки, так и достижимый объем информации, который можно получить с помощью таких устройств. Во многом это связано и с тем, что полученные изображения были сформированы освещением объекта светом с неизвестным спектральным составом, и при обработке приходится иметь в виду, что на выходе получаются монохромные изображения с интенсивностью, весовой фактор которой остается неизвестным. Между тем часто биологические объекты можно исследовать непосредственно в составе устройства, если в него включать источник света с заданными характеристиками.

Базовая структурная схема устройства многоспектральной обработки изображений. Многоспектральная обработка изображений биологических объектов, освещаемых светом с регулируемым и заранее известным спектральным составом может быть осуществлена в устройстве, базовая схема которого показана на рис. 1.

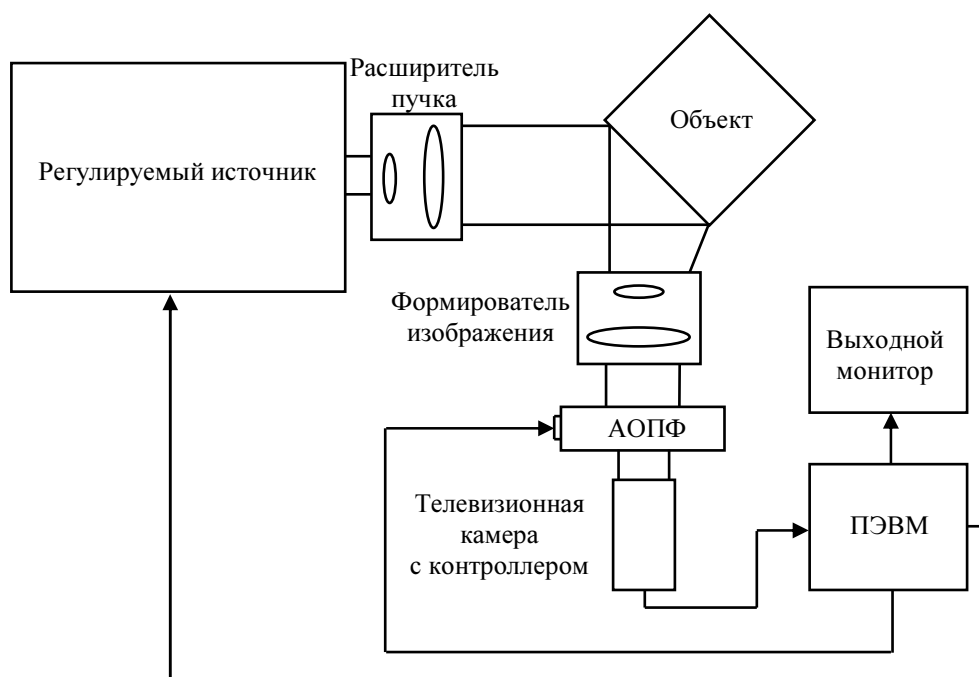


Рис. 1

В данной конфигурации объект непосредственно включен в схему. Регулируемый источник света управляется от ПЭВМ и по заданному программным обеспечением закону переключает спектральные интервалы освещения объекта. На выходе источника имеет место пучок света в соответствующем спектральном интервале. Через расширитель пучка этот свет освещает объект, и отраженный объекта свет (в альтернативной конфигурации – свет, прошедший через объект) подается на вход АОПФ.

Далее свет, несущий данные об изображении объекта, после фильтрации на АОПФ попадает на телевизионную камеру, и через контроллер выделенное монохромное изображение подается на ПЭВМ. Программное обеспечение ПЭВМ регулирует частоту сигнала, подаваемого на пьезопреобразователь АОПФ, в результате чего последний последовательно выделяет монохромные субизображения объекта в пределах диапазона длин волн, обеспечиваемого в данный момент регулируемым источником света.

В данной схеме построения устройства многоспектральной обработки изображений управление спектром источника света играет роль грубой настройки по длине волны, а управление частотой сигнала, подаваемого на АОПФ, – роль тонкой настройки.

Регулируемый источник света. Регулируемый источник света, показанный на рис. 1, выполнен в соответствии с принципом из патента [5] и описан ранее в работе [6].

Среди всех источников света, используемых в спектральных приборах (лампы накаливания, газоразрядные ртутные лампы, ксеноновые лампы, светодиоды) светодиоды обладают оптимальной комбинацией свойств. Однако единственный светодиод (даже белый) недостаточно эффективен в этой роли – он дает слишком малую мощность и слишком узкую полосу пропускания. Оптимальным решением, по нашему мнению, является использование набора светодиодов с различными длинами волн и с полосами пропускания, перекрывающимися друг друга. Основная проблема в их использовании – создание единого пучка из пространственно разделенных источников.

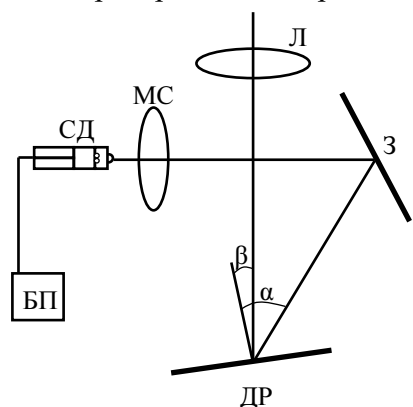


Рис. 2

На рис. 2 представлена схема источника света, в котором эта проблема решена [5]. Источник света включает в себя блок питания и управления БП, через USB-интерфейс от компьютера. Светодиоды СД расположены в определенных местах внутри источника и снабжены микролинзами; свет от светодиодов через микрооптическую сборку МС направляется на дифракционную решетку ДР. Расположение светодиодов таково, что угол падения света α от каждого i -го светодиода удовлетворяет соотношению

$$d(\sin \alpha_i + \sin \beta) = m\lambda_i, \quad (1)$$

где d – шаг дифракционной решетки; β – угол дифракции; m – целое число; λ_i – длина волны света от i -го светодиода.

В результате того, что геометрия расположения светодиодов в источнике света удовлетворяет условию (1), на выходе свет от всех светодиодов объединяется в общий пучок, распространяющийся в одном направлении и проходящий через линзу Л. Если светодиоды включаются и отключаются поочередно, то на выходе световые пучки соответ-

вующих спектральных интервалов также распространяются в одном и том же направлении. Таким образом, геометрические характеристики выходного пучка от переключения спектральных диапазонов практически не меняются.

Преимущества такого источника света представляются весьма важными. Спектральная характеристика выходного пучка может иметь любую заранее заданную форму, причем изменение формы может управляться программно. Время перехода от одной формы спектра к другой не превышает 30...50 мкс.

Тонкая настройка длины волны света с помощью АОПФ. В схеме на рис. 1 тонкая селекция монохромных субизображений из общего полихромного изображения осуществляется с помощью АОПФ.

В данной конфигурации используется широкоапертурный АОПФ, выполненный на базе ячейки Брэгга на основе монокристалла диоксида теллура с пьезопреобразователем из ниобата лития.

Для улучшения селективности АОПФ по длине волны приходится выбирать кристалл диоксида теллура с ориентацией, отличающейся от наиболее выгодной в энергетическом смысле ориентации вдоль кристаллографической оси [110]. В выбранном нами варианте направление кристаллографической оси [110] отличается от направления ориентации кристалла на $6,5^\circ$ так, как это показано на рис. 3.

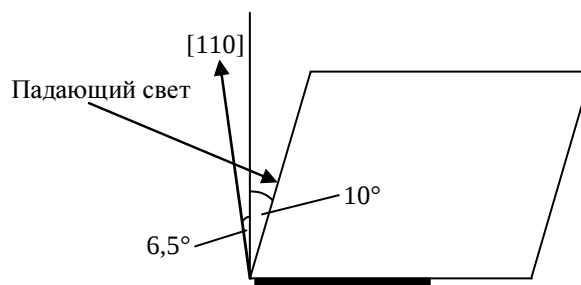


Рис. 3

Входная (для падающего света) грань кристалла скошена на 10° по отношению к направлению ориентации кристалла. Этот угол скоса был выбран для того, чтобы входной свет падал на кристалл нормально, и при этом обеспечивалось бы соблюдение условия Брэгга. Нормальное падение необходимо для минимизации потерь света.

При подаче сигнала определенной частоты на преобразователь ячейки Брэгга, в первом дифракционном порядке ячейки можно наблюдать субизображение в свете, полоса длин волн которого составляет примерно 1 % от центральной длины волны. Возможно также дальнейшее сужение полосы спектрального пропускания АОПФ, но это повлечет за собой уменьшение пространственного разрешения выходного изображения, так что общий объем передаваемой информации останется неизменным.

Устройство в целом работает в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Время формирования одного субизображения не превышает десятков микросекунд. Таким образом, за доли секунды полное изображение того или иного биологического объекта может быть разложено на спектральные составляющие с сохранением пространственного распределения интенсивности.

Информационные ограничения, накладываемые на устройства многоспектральной обработки изображений. Устройства многоспектральной обработки изображений биологических объектов, в состав которых входят АОПФ, могут быть охарактеризованы предельными значениями объемов пространственной и спектральной информации, которые могут быть переданы устройствами. Эти значения тесно связаны с характеристиками ячеек Брэгга, на базе которых построены АОПФ, причем ограничения объемов спектральной и пространственной информации взаимосвязаны.

Действительно, в описанном устройстве ограничение по пространственному разрешению определяется способностью АОПФ передавать изображения. Такая способность создается путем формирования широкой угловой апертуры АОПФ при использовании анизотропной дифракции Брэгга. В широкоапертурных АОПФ полоса пропускания $\delta\lambda$ АОПФ определяется как [7]

$$\delta\lambda \approx 0,8 \frac{\lambda^2}{l} \left[\Delta n - \lambda \frac{\partial \Delta n}{\partial \lambda} \right] \sin^2(\theta_i + \alpha), \quad (2)$$

где l – пространственная апертура ячейки Брэгга; Δn – величина двулучепреломления кристалла; θ_i – угол падения пучка света на акустический пучок; α – угол между фронтом акустической волны в ячейке Брэгга и оптической осью кристалла. Из формулы (2) можно заключить, что она сильно упрощается, если дисперсия двулучепреломления мала.

Пространственное разрешение картины, пропускаемой через АОПФ, определяется угловой апертурой АОПФ. В первом приближении можно считать, что полное число разрешимых элементов в соответствии с критерием Рэлея равно соотношению угловой апертуры и угловой дифракционной расходимости параллельного светового пучка с той же пространственной апертурой. В то же время, угловая апертура широкоапертурного АОПФ, как показано в [7], зависит от тех же параметров, что и полоса пропускания АОПФ, определяющая объем передаваемой спектральной информации. Из этого можно заключить, что увеличение объема спектральной информации (уменьшение полосы пропускания) приводит к уменьшению угловой апертуры и, соответственно, объему передаваемой пространственной информации. Проблема оптимизации общего объема информации, передаваемой устройством, пока еще ждет своего разрешения.

В заключение можно сказать следующее.

В рамках работы было предложен метод многоспектральной обработки изображений биологических объектов, осуществляемой в реальном масштабе времени. Важнейшую роль в реализации метода играет АОПФ на базе монокристалла диоксида теллура с широкой угловой апертурой. Технология изготовления требуемых АОПФ нами хорошо отработана, благодаря чему получение этих устройств с нужными характеристиками не представляет проблем.

Важным обстоятельством является наличие ограничений на общий объем информации, который можно получить с помощью данного метода. Возможность обмена спектральной информации на пространственную и наоборот позволит реализовать информационную оптимизацию метода.

Дальнейшая работа над устройством, осуществляющим рассмотренный метод, будет заключаться в создании образца, пригодного к серийному производству. Наиболее привлекательные перспективы применения описанного устройства связаны с обработкой томографических изображений. Несмотря на то, что в томографии приходится иметь дело с множеством последовательно получаемых полихромных изображений, содержащих весьма большой объем информации, в силу быстродействия нашего устройства все эти изображения могут быть разложены на спектральные составляющие практически в реальном масштабе времени, то есть полная многоспектральная обработка одного из изображений может быть реализована до начала получения следующего томографического изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gupta N., Dahmani R. Multispectral and hyperspectral imaging with AOTF for object recognition // Proc. of SPIE. 1999. V. 3584. P. 128–135.
2. Double-AOTF spectral imaging system / Pustovoi V. I., Pozhar V. E., Mazur M. M., et al. // Proc. of SPIE. 2005. Vol. 5953. P. 5953OP-1–5953OP-4.
3. Configurable-bandwidth imaging spectrometer based on acousto-optic tunable filter / J. Vila-Frances, E. Ribes-Gomez, C. Ibañez-Lopez, et al. // Proceedings of SPIE. 2005. Vol. 5953. P. 5953OS-1–5953OS-12.
4. 400- to 1000-nm imaging spectrometer based on acousto-optic tunable filters / J. Calpe-Maravilla, J. Vila-Frances, E. Ribes-Gomez, et al. // Journal of Electronic Imaging. 2006. Vol. 15, № 2. P. 023001-1–023001-8.
5. Универсальный источник полихромного оптического излучения / С. В. Андреев, Б. С. Гуревич, В. В. Шаповалов и др. // Патент Российской Федерации № 2287736; Бюл. 32, 20 нояб. 2006 г.
6. Источник света с произвольно регулируемым спектральным составом для биомедицинских спектральных анализаторов / В. В. Шаповалов, Б. С. Гуревич, С. В. Андреев и др. // Биомедицинская электроника. 2009. № 11. С. 16–20.
7. Балакший В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. И. Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь. 1985.

*V. V. Shapovalov, B. S. Gurevich, S. V. Andreyev,
A. V. Belyaev, I. A. Kolesov, V. N. Chelak*

MULTISPECTRAL IMAGE PROCESSING OF BIOLOGICAL OBJECTS BY MEANS OF AN ACOUSTO-OPTIC IMAGING SPECTROPHOTOMETER

The operation principle and working features of the presented acousto-optic device intended for real time multispectral image processing, are considered.

Multispectral image processing, imaging spectrophotometer, acousto-optic tunable filter



УДК 378.14.015.62

Е. П. Попечителев, М. К. Ахлаков, Е. А. Демина

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Рассмотрены процедура проведения мониторинга уровня подготовки студентов при изучении специальных предметов и методы проведения контроля знаний с помощью тестирования, а также современные подходы к оценке качества профессиональной подготовки, психофизиологических и психологических характеристик специалиста с учетом требований работодателей.

Мониторинг, тестирование, психофизиологические характеристики

Изменения в системе высшего образования, происходящие в нашей стране, затрагивают многие стороны организации учебного процесса. Одной из важнейших задач при этом является контроль уровня освоения учебного материала в реальном масштабе времени. Такая задача необходима сегодня в связи с возросшими требованиями к уровню подготовки студентов, необходимостью своевременного овладения требуемыми компетенциями в процессе подготовки специалиста. Существующие методы контроля не могут в полной мере удовлетворить потребности системы высшего образования ввиду больших затрат материальных и человеческих (преподавательских) ресурсов на проведение таких мероприятий. Известные приемы организации контрольных работ и текущих опросов, коллоквиумов и подобных организационно-методических форм позволяют оценивать только одну сторону подготовки – уровень профессиональных знаний по конкретной дисциплине. Но они не позволяют оценивать общее развитие будущего специалиста, уровень овладения им большинством компетенций, предусмотренных в новых стандартах высшего профессионального образования.

В статье обсуждается возможность создания биотехнической системы контроля как уровня профессиональной подготовки с учетом содержания дисциплин курса, на котором обучается студент, так и уровня освоения компетенций учащимся непосредственно в процессе обучения.

Требования к системе непрерывного мониторинга уровня подготовки. Технология проведения мониторинга, которая позволит оценивать уровень подготовки студента в реальном времени, сложна и многогранна, и поэтому необходимо провести анализ всех взаимосвязанных факторов, влияющих на методику ее проведения. К таким факторам следует отнести:

- анализ представленных учебных программ с привлечением к обсуждению преподавателей и работодателей;

- тенденции и достижения в развитии техники и технологий по соответствующим направлениям в процессе обучения;

- способы оптимизации процесса подготовки специалистов на основе согласования программ обучения и специфических требований, предъявляемых к специалисту со стороны рынка труда, имеющего региональные особенности;

- методы образования и воспитания, способствующие повышению адаптивности обучаемых к действию социальных факторов и условиям непрерывно изменяющихся требований со стороны рынка труда;

- механизмы получения мнений самих обучающихся о содержании учебного материала, качестве преподавания, отношении преподавателей к обучаемым и психологической атмосфере в аудитории.

Выбор профиля подготовки специалиста связан с определением соответствия профессионально важных свойств и выявлением особых свойств (наличия которых требует та или иная конкретная деятельность) будущего специалиста (т. е. любого специалиста, попадающего в сферу конкретной технической работы) с уровнем компетенций выпускника вуза. В принципе, первая задача не представляет особых трудностей, и для ее решения достаточно воспользоваться общепринятыми приемами проверки знаний, а также методами, известными в психофизиологии, психофизике и психологии. Сложнее дать определение рабочей модели особых свойств, так называемых «профессиональных» ценностей; они в значительной степени зависят от конкретной работы, которую должен выполнять специалист на конкретном рабочем месте и в конкретном коллективе. Для уточнения этой модели необходима дифференциация таких мест с учетом типа выполняемой работы на данном предприятии или в учреждении.

Отсюда возникает понимание необходимости организации специфической формы обучения, направленной на снижение социальной напряженности среди студентов, которая приводит к риску снижения концентрации на изучаемом материале или выполняемой работе. Эта деятельность должна быть направлена на разработку и усовершенствование как методов выявления личностных характеристик, так и методов коррекции учебного материала и функционального состояния с целью формирования социальной адаптивности подготавливаемого специалиста. Для выявления качеств, определяющих базис профессиональной подготовки и психосоциальной устойчивости человека, необходимо разработать соответствующие методы оценки уровня подготовленности обучаемого как специалиста, функционального состояния организма и его сдвигов с самых ранних стадий, а также методы, способы, приемы и корректирующие воздействия, обеспечивающие усвоение учебного материала, рост психофизиологической устойчивости и социальной адаптивности [1], [2].

Работы по выявлению конкретных требований рынка труда с учетом особенностей социально-экономического развития страны ведутся в течение многих лет по различным направлениям подготовки технических специалистов. Однако получение сведений о конкретных специальностях, востребованных на рынке труда, встречает определенные трудности.

Вполне очевидно, что современные подходы к оценке качества профессиональной подготовки, психофизиологических и иных качеств специалиста требуют внесения определенных корректив, учитывающих как текущие требования рынка труда, так и долгосрочную стратегию социально-экономического развития конкретного региона [3].

Реализация возможностей человека во многом зависит от состояния его здоровья, от уровня подготовленности в процессе обучения, которые отражаются и в иерархической взаимосвязанности физических, психических и интеллектуальных качеств его организма. Эти качества являются динамичными по своей природе, а их взаимосвязанная комбинация образует устойчивую конфигурацию, определяющую сбалансированность и координацию целостного организма, которые, в свою очередь, определяются эффективностью функционирования его управляющих и регуляторных систем.

Для комплексного анализа личностных характеристик студента в первую очередь необходимо определить спектр характеристик профессионально важных качеств специалиста в конкретной области знаний. Затем следует рассмотреть пригодность существующих методик исследования психофизиологического, психического и интеллектуального развития человека, принятых в обычной практике. На основании такого анализа определяется оптимальная структура тестов, пригодных для выявления индивидуальных способностей будущего специалиста, которые учитывают требования рынка труда и профиль профессиональных качеств.

Для задачи тестирования компетенций наиболее приемлемым является комплексный подход. При этом важно различать как качества, обусловленные собственной природой человека, так и определяемые макро- и микросоциальными условиями развития конкретной личности.

Среди социально-обусловленных особенностей личности необходимо различать, с одной стороны, такие, которые характеризуют ее «интеллектуальный потенциал» и «психологический» багаж, приобретенные за время обучения в вузе, а с другой стороны, качества, которые характеризуют ее нацеленность на удовлетворение своих интеллектуальных, культурных, нравственных и иных потребностей.

На основе системного анализа современного состояния знаний в области биологии и психологии человека разрабатывается понятие «состояние человека» как категория семиотических систем управления – нормативно-лингвистических (НЛ) шкал, удовлетворяющих принципу инвариантности законов оценки знаний и состояния к группам допустимых преобразований квалиметрических шкал оценки:

- физических качеств, определяющих конструкцию (вегетатику, соматику, сенсорику и моторику) организма человека;
- психических качеств, определяющих информационное взаимодействие (познавательность, воображение, мышление и речь) человека с внешней средой;
- интеллектуальных качеств, определяющих функции личности человека (сознание, поведение и деятельность).

При этом физические качества не только определяют конструкцию организма человека, но и являются основой его взаимодействия с внешней средой. Психические качества не только определяют взаимодействие человека с внешней средой, но и являются основой его личности. Интеллектуальные качества не только определяют личность человека, но и являются основой формирования его как специалиста с учетом функционального состояния организма.

Процесс изучения уровня подготовленности и психики человека с методологической точки зрения является необычайно сложным, в том числе и при исследованиях психологических, профессиональных и психофизиологических качеств, уровня подготовленности, межличностных и междисциплинарных отношений. Как показывает анализ, общепринятые мето-

дики исследований, которые используются в медицинских и социальных целях, не дают точных представлений о профессиональной готовности специалиста к самостоятельной работе, а проявляемые в результате исследований личностные характеристики могут зависеть от условий эксперимента и тоже не дают удовлетворительных результатов. Систематизация данных об уровне подготовленности, психологических знаний о личности и ее профессиональных характеристик не может быть проведена на основе только психологического тестирования, поскольку в нем применяется специфический аппарат регистрации и обработки данных. Экспериментальные методы исследований существенно отличаются от психологических методов тем, что позволяют изучать взаимосвязи между исследуемыми переменными.

Весьма прогрессивным способом оценки профессиональных и психологических характеристик личности является многомерный эксперимент с включением контаминирующих (взаимовлияющих, взаимосвязанных) эффектов. Применение многомерных методов позволяет сформулировать ряд центральных психологических концепций, с помощью которых стало возможным проведение направленных исследований по проблемам формирования личностной успешности деятельности и многим другим [1]. При этом главное внимание уделяется анализу четырех аспектов изучения личности и оценки ее профессиональной пригодности:

- методам сбора информации;
- методам анализа экспериментальных данных;
- результатам анализа свойств личности;
- связями результатов с профессиональной ориентированностью специалиста.

В настоящее время с целью исследования личностных характеристик и профориентации человека разработано достаточное количество программных средств, позволяющее получать требуемые данные о личности. Одними из перспективных технологий такого рода являются тестовые технологии биотехнического типа, реализуемые на основе применения аппаратно-программных средств [4]. Использование таких средств нацелено на содействие самосовершенствованию человека. Указанные средства предназначены для реализации различных вариантов рефлексивных технологий саморазвития человека с применением отражателей физических, психических и интеллектуальных качеств на основе информационной обратной связи.

Возможности рефлексивных тестовых технологий биотехнического типа. Перспективной формой организации тестовых систем, позволяющих оценивать характеристики личности, могут быть аппаратно-программные средства на базе компьютерных игр, использующих как учебный материал, так и комплексные задачи, построенные на принципе синтеза биотехнических технологий [5] с рефлексивным управлением. Технологии определены как биотехнические, так как они должны включать операции, непосредственно связанные с обеспечением деятельности человека. Для этого необходимы средства представления тестирующей информации человеку и средства передачи и фиксации его реакций в ответ на воздействие. Под рефлексией понимается метод управления со стороны человека предметом деятельности на основе приобретаемого опыта и воображения без непосредственных информационных контактов с самим предметом.

Рефлексивное управление не только способствует безопасности развития человека в играх, но и позволяет оптимизировать нагрузку с учетом возраста, продолжительности игры, уровня развития. Тем самым можно достигать уравнивания сенсорных потоков, воздействующих на человека и вызывающих ответные реакции, и способствовать непрерывному гармоническому саморазвитию здорового человека.

Автоматизированные системы, использующие тестовые изображения, реакция на которые со стороны испытуемого позволяет оценивать свойства его личности, относятся к классу биотехнических измерительно-вычислительных систем с тестовыми воздействиями (БТИВС ТВ) [4], [7], [8]. Главная особенность таких систем заключается в том, что в них используются специально подобранные визуальные изображения, содержание которых соответствует задачам тестирования. Ответная реакция испытуемого, определяемая как «тестовая реакция», специфична и определяется в соответствии с некоторым «руководящим принципом» [6]. Примером таких реакций является активно-манипуляторный метод организации взаимодействия испытуемого с аппаратно-программными средствами [4], [9].

Существующие методы рассчитаны на прямое энергоинформационное взаимодействие с испытуемым и поэтому требуют адекватного сопряжения с ним используемых технических средств – специальных каналов информационного взаимодействия (КИВ) [4], [8], [10]. Они обеспечивают оптимальное представление тестовых изображений на экранах мониторов и условия для передачи команд со стороны испытуемого для фиксации его ответных реакций.

На качество тестирования влияют многие параметры организации самого тестового исследования:

- последовательность стимулов (одной или разных модальностей, с измененными или одинаковыми характеристиками и т. п.);
- постоянный или варьируемый временной интервал их предъявления;
- вероятность появления того или иного стимула той или иной модальности;
- принцип реагирования испытуемого на тест – руководящий принцип (например, реакция только на стимул одного типа, выбор одного стимула из серии предъявляемых стимулов, реакция на разное местоположение стимула, его форму и другие параметры), пользуясь которым испытуемый выполняет тестовое задание;
- вид ответного действия – так называемая «тестовая реакция» (нажатие или отпускание кнопки, прямое указание объекта, выбор объекта с заданными характеристиками и др.).

Одним из наиболее простых тестовых исследований является изучение сенсомоторных реакций человека. Сенсомоторная реакция, выступая в качестве универсального показателя общего состояния центральной нервной системы человека и его способности к быстрому и адекватному реагированию на неожиданное изменение внешней среды, широко используется в разного рода комплексах оценки состояния человека. Современные возможности по изменению модальности «впечатлений», на которые может реагировать испытуемый, превращают измерение времени сенсомоторной реакции (ВСМР) в универсальный метод оценки его психологического состояния, пригодный для решения различных прикладных задач [11], [12]. В последнее время накоплен фактический материал, позволяющий оценить влияние генотипических и средовых факторов на показатели ВСМР. При этом в ряде работ учитывалась степень устойчивости или диапазон изменений ВСМР, что позволяет использовать этот параметр в качестве показателя наличия двигательного стереотипа и его направленного изменения.

В качестве тестовых стимулов можно использовать хорошо зарекомендовавшие себя на практике стимулы трех модальностей: зрительные, тактильные и слуховые, а также их комбинации. Анализ возможных вариантов показал, что все три модальности являются достаточно адекватными для оценки состояния человека, при этом они не заменяют друг друга, а дополняют оценку состояния, характеризуя его с разных сторон.

Для этой цели в структуры измерителей обычно встраиваются два-три генератора стимулов разной модальности, для которых предусматривается регулировка параметров теста, и измеритель временных интервалов с блоком хранения результатов. Предусматривается оценка реакции и на так называемый сложный стимул, включающий одновременный анализ стимулов разной модальности. Использование методик оценки простых и сложных зрительно-слухо-моторных реакций позволяет получить достаточно точные оценки состояния нервной системы человека, особенно в ситуациях, приближающихся к критическим, стрессовым.

При таком тестировании появляется еще и возможность частичной коррекции состояния испытуемого путем оказания на него физиологически обоснованных «энергетических» воздействий (в частности, болевых, электротоковых, температурных, оптических, силовых тактильных воздействий) для стимуляции этих реакций [12], [13]. Здесь возникает возможность управления психофизиологическими характеристиками человека, поскольку одновременно с выявлением определенных качеств человека может происходить и их коррекция в нужном направлении.

Анализ возможных применений тестовых технологий исследования сенсомоторных реакций показывает, что для зрительной модальности представляет большой интерес знаковый стимул разной формы. Способность надежно и быстро выделять визуальные образы разной формы необходима человеку, например, при различных экстремальных ситуациях, в которые он может попасть. В то же время такой стимул лежит в основе оценки навыков решения многих профессиональных задач. В ходе исследований были предложены варианты реализации всех сенсомоторных методик в условиях группового тестирования, когда тесты предъявляются группе испытуемых при независимой фиксации результатов отработки тестов для каждого члена группы [14].

Технологии с применением визуальных изображений. Одной из проблем синтеза тестовых технологий является подбор типа тестового изображения, с помощью которого осуществляется управляемое информационное воздействие на испытуемого. Выбор изображения должен осуществляться с учетом изучаемого учебного материала, личностных свойств и возраста испытуемого, уровня владения им навыками работы с изображением, условий труда и других факторов. Формой организации технологии, позволяющей оценивать характеристики личности, может служить компьютерная игра, построенная на принципе рефлексии [6], [7]. Как показывает практический опыт применения компьютерных технологий, выход может быть найден при использовании специально организованных саморазвивающих компьютерных биорефлексивных игр. Эти игры также могут быть включены в процесс изучения характеристик личности и саморазвития человека, при этом исполнять роль источника искусственных средств воздействия на его физические, интеллектуальные и духовные качества.

Игровое пространство и стратегии игр разрабатываются таким образом, чтобы играющий смог погрузиться в мир своих фантазий и положительных эмоций. При этом в его организме ускоряются физические процессы жизнедеятельности, а внутреннее биологическое время замедляется. Это позволяет человеку за малое физическое время занятия освоить многое, почувствовать те качества, которые импонируют его собственным потребностям и научиться их развивать.

При оценке перспективности подобных подходов можно ориентироваться, например, на разработки, выполненные для построения компьютерных развивающих игр, приспособленных для саморазвития обучаемого. Последовательность освоения подпрограмм устанавливается в строгом соответствии с последовательностью пяти основных задач саморазвития человека.

1. Саморазвитие за счет корректировки действий с помощью информационной обратной связи:

- получение дополнительной информации при неправильном действии обучаемого;
- комплексная оценка действий с учетом корректировок и общих допущенных ошибок в ходе обучения.

2. Самообучение двигательным действиям – создание системы освоения движений в ответ на стимул с акцентом на время решений поставленной задачи перед обучаемым.

3. Самообучение управлению функциональным состоянием организма – формирование механизмов управления психофизиологическим состоянием организма.

4. Самосовершенствование поведения – формирование рационального двигательного поведения, представляющего собой результаты решения задач различной интеллектуальной сложности. Такое формирование возможно, так как движениями человека управляет мозг, а механизм его работы определяется целесообразной организацией психических процессов, лежащих в основе поведения.

5. Самосовершенствование интеллекта и психики – расширение интеллектуальных и психических способностей обучаемого в процессе разноцелевой игровой деятельности.

Организация выполнения тестовых задач может быть различной: испытуемый может выполнить тест с помощью различных действий; следовать разным руководящим принципам; использовать различные зрительно-моторные тестовые реакции. Это заставляет изучать возможности тестов разного типа независимо от их конкретного содержания и назначения. Функцию отражателей физических, психических и интеллектуальных качеств организма человека должны выполнять реакции испытуемого на специальные рефлексивные упражнения, каждое из которых представляет собой занимательную компьютерную игру одновременно в физическом и виртуальном пространстве.

Человек может самостоятельно выбрать сюжет игры, тактику игрового поведения, способы и средства достижения своих целей. Однако такие составляющие, как игровое пространство (персонажи, нагрузочные устройства, мультимедийные средства); стратегия игры (сценарий, уровни сложности, квалитетрические шкалы результатов); модель изучаемых качеств человека – остаются прерогативой аппаратно-программных средств рефлексивного управления и исследователя, проводящего тестирование.

Разработка методик компьютерных игр [7] связана с решением нескольких задач: выбор сюжета; завязка сюжета с активизацией реакций человека на него; определение направления развития сюжета (он должен быть динамическим и содержать несколько альтернативных путей развития); выбор стратегии игры и способа передачи решений в компьютер и т. д. Содержание сюжетов должно быть занимательным, чтобы поддерживать самопроизвольный интерес играющего, при этом действия при игре должны соответствовать желаемому эффекту от игры.

В качестве примера рассмотрим возможности специально организованной компьютерной игры, позволяющей провести оценки психофизических параметров и психологического состояния испытуемого с использованием тестов корректурного и перестановочного типов. Смысл тестовых заданий состоит в том, чтобы из предъявляемой совокупности тестовых объектов некоторого класса (тестовое множество) испытуемый выделил объекты некоторого подкласса этого класса, отличающиеся от остальных каким-либо свойством или группой свойств (тесты корректурного типа) или расставил их по соответствующим правилам (тесты перестановочного типа). Содержательная сторона таких изображений (т. е. объектов в тестовом множестве) может быть самой разнообразной, в то же время тестовая задача, решаемая испытуемым, остается той же самой. Примеров подобной организации тестовых испытаний можно привести много из практики психологических исследований [15].

При изучении свойств личности большое значение имеет оценка способности освоения навыков совместной работы со специалистами той же профессии или специалистами смежных профессиональных интересов. Возникает задача разработки универсальных технических средств, позволяющих проводить исследования с группами специалистов различных специальностей, ориентированных на выявление общих навыков и приемов работы, владение которыми требуется для конкретной совместной деятельности. К такой проблеме, на наш взгляд, относятся процессы обучения и исследования качества такой работы групп специалистов, для которой только совместная деятельность обеспечивает выполнение поставленной задачи. Исследование поведения каждого обучаемого в группе с использованием аппаратно-программных комплексов позволяет рационально организовать коррекцию поведения и программу тренировки работы как отдельных операторов, так и группы в целом с целью повышения надежности и эффективности функционирования групп [16], [17].

Проведение исследований, обучения и тренировки навыков совместной работы связано с решением нескольких задач, среди которых:

- обоснование принципа построения и методик групповой тренировки малой группы специалистов;
- выбор программ тестирования навыков совместной работы;
- разработка программы формирования тестовых изображений;
- разработка стратегии обучения навыкам совместной работы;
- подготовка демонстрационных версий по результатам исследования комплекса группового психологического тестирования.

Можно предложить несколько принципов построения совместной групповой работы. Один из них основан на использовании известного класса методик гомеостатического типа [16]. В их основу в качестве тестовых заданий положены специальные изображения, в которых каждому члену группы испытуемых передается в управление фрагмент общего изображения. Задание связано с приведением всего изображения к определенному виду, известному только исследователю. Для оценки направления принятия решений для всей группы испытуемых формируется специальный сигнал информационной обратной связи. Примеры тестовых изображений для таких исследований можно найти в [14], [17]. Там же приведены различные методы организации совместной работы, критерии сравнения вариантов методик уравнивания, принципы отображения результатов совместной работы операторов.

Рассмотренные примеры не случайны. Подобные задачи сегодня остро встают перед специалистами различных профессий, цель работы которых связана:

- с подбором и обучением групп специалистов, работающих над решением одной задачи, формированием вахтовых бригад, комплектованием экипажей транспортных средств, диспетчерских служб и т. п.;

- оценкой слаженности и согласованности в работе коллективов;

- оценкой психологического «климата» в коллективе, его работоспособности в экстремальных условиях и т. д.

Для реализации рассмотренных методик исследования биотехнический комплекс, на котором они проводятся, должен включать ряд специальных устройств и программ:

- средства формирования и предъявления тестовых заданий;

- средства модификации заданий по желанию исследователя;

- средства индивидуального подбора батарей тестов с учетом класса профессиональных заданий, профиля и условий работы;

- средства обработки и предъявления результатов исследований;

- средства формирования базы знаний.

Рассмотренные биотехнические технологии, основанные на рефлексивных компьютерных играх, предоставляют большие возможности для построения специализированных систем текущего контроля различных сторон развития личности непосредственно в процессе обучения студента. Кроме того, такие комплексы позволят создать систему контроля уровня освоения различных компетенций в процессе обучения по любому направлению подготовки при минимальных затратах на поддержание ее работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахлаков М. К., Лысенко Н. В., Попечителей Е. П. Методология многофакторного тестирования в профессиональной ориентации абитуриентов и студентов вуза // Современные технологии обучения. 1997. № 3. С. 54–59.
2. Автоматизированные системы обучения. Методы и средства оценки эффективности / С. А. Багрецов, Н. М. Опарина, В. М. Львов, Б. Я. Шлаен. Тверь: ООО «Триада», 2005. 104 с.
3. Попечителей Е. П. Особенности подготовки специалистов биотехнического профиля с учетом потребностей рынка труда // Известия ТРТУ. 2006. №11. Тематический выпуск «Медицинские информационные системы». С. 256–263.
4. Попечителей Е. П. Биотехнические системы и технологии на их основе // Биотехнические системы в медицине и биологии: юбилейный сб. науч. тр. кафедры БМЭ и ОС. 2002. С. 5–12.
5. Попечителей Е.П. Биотехнические измерительно-вычислительные системы с тестовыми воздействиями // Изв. ГЭТУ. 1985. Вып. 478. С. 42–50.
6. Игровые методики при оценке интегральных характеристик психофизиологического статуса человека / Е. П. Попечителей, К. Н. Болсунов, М. К. Ахлаков, И. Прудников // Курорты, экология, образование. 2002. Ч. 1: Курорты и оздоровление. С. 95–106.
7. Ахлаков М. К., Болсунов К. Н., Попечителей Е. П. Тестовые системы в медико-биологических исследованиях. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. 80 с.
8. Падерно П. И., Попечителей Е. П. Надежность и эргономика биотехнических систем. СПб.: Элмор, 2007. 263 с.
9. Попечителей Е. П., Юлдашев З. М., Болсунов К. Н. Биотехнические измерительно-вычислительные системы при решении практических задач // Наука, образование и общество в XXI веке: сб. тр. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. С. 58–65.
10. Попечителей Е. П. Человек в биотехнической системе. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. 160 с.
11. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ: в 7 кн. / Под ред. В. Н. Четверикова. Кн. 1: Инженерно-психологическое проектирование взаимодействия человека с техническими средствами: практ. пособие / Гасов В. М., Соломонов Л. А. М.: Высш. шк., 1990–1991.

12. Попечителев Е. П. Методики диагностики и частичной коррекции функционального состояния человека с использованием технологий тренировки и стимуляции его сенсомоторной реакции // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16. № 3. С. 203–209.

13. Горячев А. Ю., Попечителев Е. П. Стимулирование сенсомоторной реакции для частичной коррекции функционального состояния человека // Биотехнические системы в медицине и экологии. 2006. Вып. 1. С. 68–73.

14. Попечителев Е. П., Болсунов К. Н. Методики организации функциональных исследований малой группы операторов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 3. С. 47–54.

15. Червинская К. Р., Щелкова О. Ю. Медицинская психодиагностика и инженерия знаний / Под ред. проф. Л. И. Вассермана. М.-СПб.: Ювента; Изд. центр «Академия», 2002.

16. Попечителев Е. П. Модели гомеостатических методик для исследования групповой деятельности операторов // Медицинская техника. 1996. № 4. С. 13–19.

17. Попечителев Е. П. Технологии обучения и оценки уровня готовности к совместной работе малых групп операторов // Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. 2009. Т. 15. С. 3–8.

E. P. Popechitelev, M. K. Ahlakov, E. A. Demina

MONITORING SYSTEM OF TRAINING LEVEL OF STUDENTS

The monitoring system of training level of students in the special subjects and the methods of control knowledge through test are considered. The modern approaches to assessing the quality of training, psycho-physiological and psychological characteristics of specialist with regard to the requirements of employers are considered.

Monitoring, testing, physiological, psychological characteristics



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 330.322(075.8)

Н. В. Лашманова, О. Г. Алексеева

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИННОВАЦИЙ

Приводится анализ основных особенностей инвестиционного проектирования при внедрении различных видов инновационных проектов. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при реализации проектов с высокой инновационной ценностью.

Инновации, инвестиции, классификация инноваций, инновационный процесс, категории инновационной ценности проекта, стадии инвестиционного проектирования

В современных экономических процессах особое значение приобретает ускоренное развитие инновационных технологий, которое обеспечивает поступательное развитие экономики в целом и является гарантом конкурентоспособности страны на мировой арене. Актуальность этой проблемы подтверждается и тем, что в России разработана и принята к реализации стратегия развития науки и инноваций в РФ на период до 2015 г.

Процессы внедрения инноваций неразрывно связаны с инвестиционными процессами. Причем инвестиционные процессы применительно к тому или иному виду инновационных проектов, в свою очередь, имеют некоторые особенности. Рассмотрим, как проявляются эти особенности в зависимости от таких характеристик, как степень радикальности, широта воздействия и масштабность инноваций.

Методология системного описания инноваций в современных условиях базируется на международных стандартах, рекомендации по которым были приняты в Осло (1992) и получили название «Руководство Осло». Согласно этого документа по признаку классификации «широта воздействия и масштабность» инновации подразделяются:

- на глобальные;
- отраслевые;
- локальные.

По признаку классификации «степень радикальности» инновации подразделяются:

– на базисные (направлены на создание продуктов, существенно отличающихся от существующих по функциональным, конструктивным, технологическим характеристикам и областям применения от ранее выпускаемых продуктов);

– улучшающие (направлены на улучшение существующих продуктов, его качественных или стоимостных характеристик);

– псевдоинновации (модернизация, направленная на частичное улучшение устаревших поколений техники и технологий).

Соответственно, каждый тип инноваций требует индивидуального подхода при реализации последующих инвестиционных процессов. Наиболее «сложным» типом инновации являются базисные глобальные инновации. Эти инновации позволяют запустить новый технологический цикл. Существует точка зрения, что современный экономический кризис связан именно с «исчерпанием» текущего технологического цикла. «Эта точка зрения опирается не только на исследования Шумпетера, но и на работы Кондратьева, Кузнеця, Менша, а также на совсем недавнее развитие их концепций. Ключевым в современной теории является понятие технологии широкого применения... Они отличаются тем, что дают возможность создавать новые технологии практически во всех отраслях производства и тем самым оказываются мотором экономического роста в течение десятков лет» [1].

На основании приведенной классификации было введено понятие «инновационная ценность» проекта. Очевидно, что наибольшую «ценность», с точки зрения научно-технического прогресса и экономической отдачи, представляют глобальные базисные инновации. Чем менее масштабна и радикальна инновация – тем меньше ее «ценность». Таким образом, проекты, направленные на внедрение глобальных базисных инноваций имеют максимальную инновационную ценность. Проекты, которые тиражируют известные (не инновационные) технологии и продукты, имеют минимальную инновационную ценность.

По своей инновационной ценности все проекты можно подразделить на шесть категорий – от тиражирования имеющейся технологии для выпуска существующей продукции (шестая категория инновационной ценности) до создания принципиально новой технологии для выпуска принципиально новой продукции (первая категория инновационной ценности) (табл. 1 – относительная сложность реализации проектов и категории их инновационной ценности) [2].

Таблица 1

Вид (специфика) проекта	Научно-техническая сложность реализации, %	Категория инновационной ценности проекта
1. Тиражирование имеющейся технологии для выпуска существующей продукции	До 7	6-я
2. Незначительное совершенствование имеющейся технологии для выпуска существующей продукции	5–10	5-я
3. Создание технологии с явными элементами новизны для выпуска существующей продукции	10–18	4-я
4. Создание новой технологии, отличающейся существенной новизной, для выпуска существующей продукции	15–35	3-я
5. Создание новейшей технологии для выпуска новой, ранее не выпускавшейся продукции (впервые в России)	30–60	2-я
6. Создание принципиально новой технологии для выпуска принципиально новой продукции (впервые в мире)	50–100	1-я

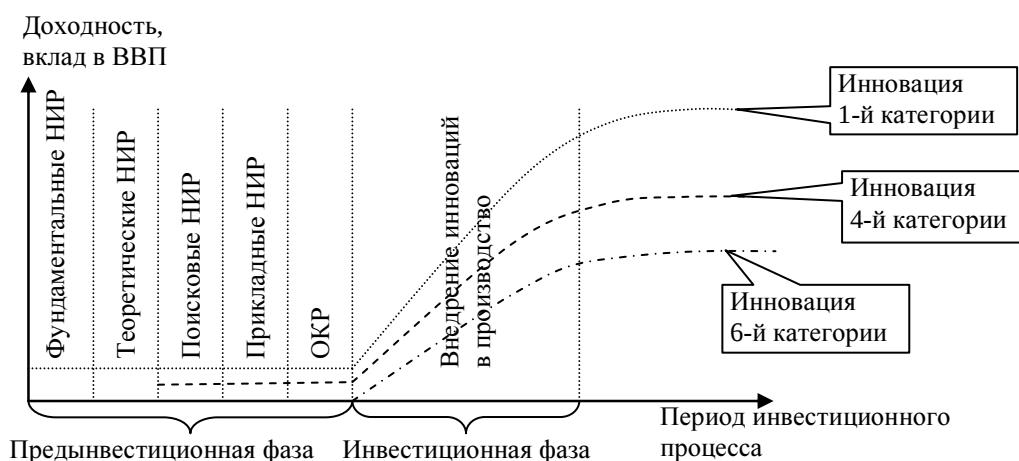
Очевидно, что наблюдается рост сложности реализации инвестиционных проектов с увеличением категории их инновационной ценности. Но и более привлекательными с точки зрения экономических и стратегических выгод для отдельного предприятия и экономики в целом являются проекты с высокой инновационной ценностью.

В России, по оценкам экспертов, финансируются и реализуются в основном проекты с «низкой» инновационной ценностью (категории 5, 6) [3]. Эта негативная тенденция требует особого внимания, так как результатом такого положения дел может стать необратимое экономическое отставание от развитых стран.

Определим инвестиционный процесс как последовательную цепь событий, в ходе которых инновация вызревает от научной идеи до конкретного продукта, технологии или услуги и распространяется с целью практического использования на рынке. «Полный цикл» инновационного процесса включает в себя следующие этапы:

1. Фундаментальные научные исследования, целью которых является раскрытие новых связей между явлениями; познание новых закономерностей развития природы и общества безотносительно к их конкретному использованию; генератор новых научных идей.
2. Теоретические исследования, результатами которых являются научные открытия, обоснования понятий и представлений, создание новых теорий.
3. Поисковые исследования направлены на открытие новых принципов создания изделий и технологий, новых, неизвестных ранее, свойств материалов и их соединений, методов анализа и синтеза.
4. Прикладные научно-исследовательские работы (НИР) направлены на изучение путей практического использования открытых ранее явлений и процессов, уточнение теоретических вопросов, получение конкретных результатов.
5. Опытно-конструкторские работы (ОКР) направлены на применение результатов прикладных исследований для создания образцов новой техники, материала, технологии (или модернизации существующей).
6. Освоение промышленного производства новых изделий.
7. Промышленное производство новых изделий.

С точки зрения инвестиционного проектирования этапы инновационного процесса 1–5 (научные исследования) относятся к предынвестиционной стадии внедрения инвестиционного проекта. Взаимосвязь «ценности» инноваций, их будущей доходности и вклада в ВВП по этапам жизненного цикла инновации с фазами инвестиционного процесса представлена на рисунке.



Рассмотрим, как изменяется содержание предынвестиционной стадии в зависимости от категории инновационной ценности проекта (табл. 2).

Таблица 2

Вид (специфика) проекта	Содержание предынвестиционной стадии
1. Тиражирование имеющейся технологии для выпуска существующей продукции	Проведение маркетинговых исследований рынка и составление развернутого бизнес-плана
2. Незначительное совершенствование имеющейся технологии для выпуска существующей продукции	Опытно-конструкторские работы
3. Создание технологии с явными элементами новизны для выпуска существующей продукции	Прикладные НИР. ОКР
4. Создание новой технологии, отличающейся существенной новизной, для выпуска существующей продукции	Поисковые исследования. Прикладные НИР. ОКР
5. Создание новейшей технологии для выпуска новой, ранее не выпускавшейся продукции (впервые в России)	Теоретические исследования. Поисковые исследования. Прикладные НИР. ОКР
6. Создание принципиально новой технологии для выпуска принципиально новой продукции (впервые в мире)	Фундаментальные научные исследования. Теоретические исследования. Поисковые исследования. Прикладные НИР. ОКР

Таким образом, анализ особенностей инвестиционного проектирования в зависимости от инновационной ценности проекта позволяет сделать следующие выводы:

- инвестиционные проекты с высокой инновационной ценностью предполагают значительно более длительные сроки внедрения и окупаемости;

- особое значение при реализации инвестиционного проекта с высокой инновационной ценностью приобретает предынвестиционная стадия – совокупность различных научных исследований. Чем больше инновационная ценность, тем более продолжительна и сложна предынвестиционная стадия (во многом определяющая успешность проекта);

- при реализации инвестиционных проектов с высокой инновационной ценностью для этой стадии характерны достаточно высокие затраты при повышенной неопределенности результата (т. е. высокий риск);

- реализация инвестиционных проектов с высокой инновационной ценностью позволяет достигать более значительного экономического эффекта и явных стратегических преимуществ.

Успешная реализация инвестиционного проекта с высокой инновационной ценностью определяется несколькими ключевыми факторами:

- быстрое принятие решений на предынвестиционной стадии проекта (о вступлении в проект, его корректировке или отказе от проекта);

- организация доступного и стабильного финансирования проекта;

- наличие качественной системы управления рисками на всех стадиях реализации инвестиционного проекта;

- достоверность, детальность и доступность информации о проекте для заинтересованных лиц.

Высокие требования, предъявляемые к процессу инвестиционного проектирования для проектов с высокой инновационной ценностью позволяют определить сам этот процесс как высокотехнологичный, требующий применения всего спектра современного инструментария.

Перечислим основные проблемы, с которыми сталкивается аналитик при расчете и обосновании инвестиционного проекта с высокой инновационной ценностью:

- Высокая степень неопределенности при прогнозировании результатов начальных этапов инновационного процесса (научных исследований).
- Учет и моделирование рисков сложных процессов, каковыми являются инвестиции в инновационные проекты.
- Многовариантность возможных исходов и необходимость учета вероятностного характера процесса.

Для решения перечисленных проблем необходимо разработать алгоритм расчета и обоснования инвестиционных проектов при внедрении инноваций.

Этот алгоритм должен включать в себя следующие блоки:

1. Имитационное моделирование результатов процесса научных исследований и построение различных сценариев развития. Для постановки компьютерного эксперимента можно воспользоваться следующими инструментальными средствами: Mathsoft Mathcad, STATISTICA в комплексе с каким-либо самостоятельным инструментальным средством, реализующим алгоритм ветвей и границ [4].
2. Построение математических моделей совокупности рисков проекта по обобщенной характеристике всего проекта – интегрированного риска.
3. Сценарный анализ проекта на стадии внедрения инновации в производство. На фазе анализа проектов появляется возможность использования программных реализаций CF-модели (продукты Project Expert, Альт-Инвест и др.) [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубченко М. Модернизация – это творческий процесс (интервью с В. М. Полтеровичем) // Эксперт. 5–11 июля 2010. № 26 (711). С. 42–48.
2. Москвин В. А. Управление качеством в бизнесе: рекомендации для руководителей предприятий, банков и риск-менеджеров. М.: Финансы и статистика, 2006.
3. Москвин В. А. Инвестиционный риск-менеджмент – ключевой фактор инновационного развития страны // Инвестиции в России. 2007. № 6. С. 15–19.
4. Риск-менеджмент инвестиционного проекта / под ред. М. В. Грачевой, А. Б. Секерина. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009.

N. V. Lashmanova, O. G. Alekseeva

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE INVESTMENT PLANNING FOR INNOVATION

The article contains the analysis of the main features of the investment project planning in the introduction of different views of innovative projects. The main problems are considered in the introduction of projects with high innovation value.

Innovation, investment, the classification of innovation, innovation process, the category of innovative value of the project, stage of investment planning

УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ ЦИКЛ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕГИОНЕ

Обсуждаются вопросы государственного регулирования инвестиционно-инновационной деятельности в регионе. Предложена структура управленческого цикла государственного регулирования инвестиционно-инновационной деятельности, основанная на принципах индикативного планирования.

Государственное регулирование инвестиционно-инновационной деятельности, Региональный центр инвестиционно-инновационного развития, управленческий цикл, аудит инвестиционно-инновационных проектов

Провозглашенный руководством страны переход к инновационной экономике означает, что государство, наряду с созданием условий для инвестиционно-инновационной деятельности свободно хозяйствующих субъектов, берет на себя и роль координатора таковой в регионах. Концепция государственного регулирования инвестиционно-инновационной деятельности в регионе, в свою очередь, предполагает разработку его организационных основ как совокупности принципов координации, методов воздействия, форм участия органов регионально-го и государственного управления, а также построенного на принципах индикативного планирования управленческого цикла [1].

Основным принципом координации инвестиционно-инновационного развития является партнерство органов регионального и государственного управления с научными и образовательными организациями, бизнесом, предприятиями и общественностью. Он призван обеспечить экономическую эффективность инвестиционно-инновационного развития региона путем конкурсного отбора инвестиционно-инновационных проектов при коммерциализации нововведений с защитой прав интеллектуальной собственности.

В регионе с низким социально-экономическим уровнем и недостаточно развитым инвестиционно-инновационным потенциалом могут быть выдвинуты и специфические принципы:

- открытое информирование бизнес-сообщества и населения о программе вывода региона из депрессивного состояния;
- формирование системы индикаторов инновационного развития депрессивного региона, определяющий эффективность его инвестиционной деятельности с учетом интересов экономики страны в целом.

Вместе с тем индикативное планирование как фактор активизации рыночных механизмов инновационного развития не должно противоречить целям обеспечения народно-хозяйственной эффективности инвестиционной деятельности региона.

Такая установка требует изменений к реализации функций регионального управления. Его необходимо строить не путем командных воздействий, а на принципах мотивационной координации.

Отвечающий принципам мотивационной координации управленческий цикл государственного регулирования должен начинаться с формирования целей и задач инвестиционно-инновационной политики региона. Сама политика должна стать результатом маркетинговых

исследований о социальной необходимости, технологической возможности создания и экономической целесообразности внедрения новшеств. Проводником этой политики и главным координатором инвестиционно-инновационной деятельности в регионе может и должен стать специальный орган управления – Региональный центр инвестиционно-инновационного развития (РЦИР). Его предназначение, функции и содержание деятельности при разработке и реализации планов инвестиционно-инновационного развития региона представлены на рисунке.



Управленческий цикл государственного регулирования инвестиционно-инновационной деятельности, основанный на принципах индикативного планирования

По сути – это управленческий цикл, в рамках которого РЦИР объявляет конкурсы, проводит аудит разработки инвестиционно-инновационных проектов, организует их экспертизу и отбор предприятий региона для оказания административной и материально-финансовой поддержки в ходе реализации индикативного плана. По результатам контроля управленческий цикл повторяется.

Целесообразные, по мнению автора настоящей статьи, методы воздействия, формы и содержание участия органов регионального и государственного управления в координации общего инвестиционно-инновационного процесса в регионах могут быть сведены в таблицу.

Методы воздействия, формы и содержание участия органов регионального и государственного управления в общем инвестиционно-инновационном процессе в регионе РФ

Метод воздействия	Форма участия	Содержание
Посредничество	Биржевое посредничество. Внебиржевое посредничество. Информационное посредничество	Организация бирж научно-технической информации, технологий, интеллектуальных продуктов и идей. Проведение аукционов и ярмарок новых технологий. Создание региональных банков информации и технологий
Финансирование	Прямое внешнее финансирование. Внутреннее финансирование. Венчурное финансирование	Создание инвестиционно-инновационных фондов, банковской системы инвестиционно-инновационного кредитования, государственное финансирование. Поддержка инновационных фондов предприятий и объединений, создание венчурных фирм, региональных банков, формирование инновационной составляющей в тарифах
Подготовка инновационных кадров	Регулирование занятости. Образовательные программы	Регулирование занятости научно-технических работников и инновационных менеджеров. Поддержка системы профессионального образования, курсов переподготовки и повышения квалификации
Страхование инвестиционно-инновационных рисков	Внешнее страхование. Внутреннее страхование	Организация страховых компаний, специализирующихся на страховании инвестиционно-инновационной предпринимательской деятельности. Образование резервных фондов и распределение рисков
Сопровождение инвестиционно-инновационной деятельности	Общественная поддержка инноваций. Экспертиза и аудит. Деловые коммуникации	Участие в общественных бесприбыльных фондах, торговых палатах, объединениях деловых кругов. Организация общественных экспертных бюро, аудиторских фирм, консультационных и инжиниринговых компаний. Содействие инновационно-ориентированным выставочным комплексам в формировании специализированных рекламных агентств, информационных центров. Создание интернет-фирм и веб-порталов
Регулирование отдельных процессов	Таможенное регулирование экспорта и импорта инноваций. Льготное налогообложение инновационной деятельности. Саморегулирование	Установление пошлин на экспорт и импорт оборудования, инновационных технологий и т. п. Налоговые льготы по федеральным и региональным налогам. Формирование приоритетных целей и мотивация инвестиционно-инновационной деятельности
Развитие инвестиционно-инновационной инфраструктуры	Генерация внешних инноваций. Генерация внутриотраслевых инноваций. Внутренняя генерация инноваций	Участие в создании специальных центров, технопарков, зон инновационного предпринимательства, инновационных бизнес-инкубаторов, технополисов. Прямая и косвенная поддержка НИИ, вузов, специальных подразделений и отдельных специалистов

Таким образом, РЦИР, путем допуска претендентов к системе адресных налоговых льгот, безвозмездной передачи (предоставления на льготных условиях) государственного имущества (земли) и привлечения малого бизнеса, будет способствовать активизации инвестиционно-инновационной деятельности в регионе.

Для успешной работы РЦИР должен обладать методиками оценки степени инновационности предприятий как кандидатов на государственную поддержку при реализации региональных целевых программ. По мнению автора статьи, построение таковых должно исходить из признания инновационными только тех предприятий, которые осуществляют применение вновь созданных самостоятельно либо приобретенных на основе покупки патента или лицензии технологических и продуктовых новшеств и обеспечивают их распространение для получения коммерческого (социального) эффекта.

Элементом управленческого цикла РЦИР является сопровождение инвестиционно-инновационных проектов предприятий-кандидатов на государственную поддержку. Автором разработана соответствующая процедура, предполагающая аудит состава, длительности, объемов и стоимости работ, распределения имеющихся и будущих ресурсов, обоснованности запрашиваемого бюджета государственной поддержки и плана исполнения проектов с определением критерия успеха и оценкой выполнимости.

Основной методологической трудностью аудита инвестиционно-инновационных проектов для целей принятия решения о государственной поддержке является проверка правильности расчета заявителями рисковей составляющей s в ставке дисконтирования R денежных потоков. При применении кумулятивного подхода к оценке экономической эффективности ставка дисконтирования определяется из соотношения $R = r + s$, где r – ставка рефинансирования Центробанка с учетом инфляции [2].

В целях аудита автором предлагается методика оценки рисковей составляющей эконометрическими методами на основе панельных данных о наборе признаков, характеризующих понятие риска [3]. В качестве таковых определены: региональный риск, риск ненадежности участников проекта, территориальный риск и риск неполучения предусмотренных проектом доходов. Базой данных для определения значений индикаторов могут служить ретроспективные и текущие документы РЦИР, содержащие информацию о параметрах инвестиционно-инновационных проектов, реализовывавшихся предприятиями региона.

Если сопровождаемый проект при аудите показал соответствие установленным критериям народно-хозяйственной эффективности и обладает приемлемым уровнем риска, то РЦИР рекомендует его органам регионального управления в качестве кандидата на государственную поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мардас А. Н., Кадиев И. Г., Пичушкин Р. В. Управленческий цикл государственного регулирования инновационной деятельности в отраслевом комплексе региона // Инновации. 2008. № 5. С. 117–120.
2. Завлин П. Н., Васильев А. В. Оценка эффективности инноваций. СПб.: Бизнес-пресса, 1998.
3. Мардас А. Н. Эконометрический анализ инновационных процессов. СПб.: ЭЛМОР, 2007.

I. G. Kadiev

MANAGERIAL CYCLE FOR STATE REGULATION INVESTMENT AND INNOVATION ACTIVITIES IN REGION

Issues of state regulation of investment and innovation activities in national economic are discussed. A structure of the managerial cycle for state regulation of investment and innovation activities based on the principles of indicative planning is proposed.

State regulation of investment and innovation activities, Regional center of investment and innovation development, managerial cycle, investment and innovation projects audit



УДК 621.3.93

В. П. Северинова

145 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПАВЛА ДМИТРИЕВИЧА ВОЙНАРОВСКОГО

Излагаются сведения о биографии выдающегося инженера и ученого, специалиста в области электротехники, создателя кафедры электротехники, директора (ректора) ЭТИ. Приводятся сведения, найденные в Государственном архиве, в частности, о Фонде Войнаровского.

П. Д. Войнаровский, А. С. Попов, ЭТИ, А. А. Кузнецов, Фонд Войнаровского

Самое искреннее желание принести все свои силы и знания на пользу дорогой Родины.

П. Д. Войнаровский, 1910 г.

Павел Дмитриевич Войнаровский родился 15 февраля 1866 г. в Севастополе. В 1886 г. он окончил физико-математический факультет университета г. Марсель (Франция), в 1890 г. – Техническое училище почтово-телеграфного ведомства в Санкт-Петербурге (будущий ЛЭТИ). В 1894 г. получил звание «телеграфного инженера» и продолжил образование в Бельгии, где с отличием закончил в 1895 г. Электротехнический институт «Монтефиоре» в г. Льеж. С 1895 г. П. Д. Войнаровский работает в Санкт-Петербургском Электротехническом институте, ведет практические занятия и читает лекции, вскоре получает звание профессора.

Приближался бурный 1905 г., который был отмечен в истории Петербургского Электротехнического института следующими событиями:

– 27 августа (9 сентября) вышел «Именной высочайший указ о введении в действие временных правил об управлении высшими учебными заведениями», предоставлявший право избирать директора, инспектора (заместителя директора), секретаря;

– 17 сентября (30 сентября) право выбора руководства было распространено на Электротехнический институт, находившийся в ведении Министерства внутренних дел;

– 28 сентября (11 октября) Совет Электротехнического института единогласно избрал на должность директора выдающегося ученого, профессора института А. С. Попова, инспектором – профессором П. Д. Войнаровского, секретарем – А. А. Кузнецова;

– 31 декабря (13 января 1906 г.) институт, как и вся Россия, понес тяжелую утрату – скоропостижно скончался первый выборный директор Института – профессор Александр Степанович Попов.



Рис. 1

Обязанности директора с января 1906 г. принял на себя профессор П. Д. Войнаровский (рис. 1 – его фотография этого периода). После выборов он был утвержден в этой должности, став вторым выборным директором и первым директором из выпускников института [1].

Вся тяжесть работ в период преобразования и становления института как нового учебного заведения легли на плечи П. Д. Войнаровского. Это был переход с курсовой системы на предметную систему обучения с расширенной программой, организация учебных лабораторий с новейшим для того времени оборудованием. Возникали финансовые трудности оплаты уже заключенных договоров, студенческие волнения и следующие за ними докладные записки Министру внутренних дел в защиту «горячих голов» будущих инженеров-электриков.

Представляет интерес подлинный документ, составленный в начале XX в. [2], справка, представленная на имя председателя Правительственного Техническо-строительного Комитета Его Превосходительства Н. В. Султанова:

«Директор Электротехнического Института ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА III-го, Профессор по кафедре прикладной электротехники, Инженер-Электрик, Статский Советник Павел Дмитриевич ВОЙНАРОВСКИЙ.

В службе с 1887 года Сентября 4-го.

В классных чинах с 1890 года Мая 27-го.

В чине Статского Советника с 1903 года Июля 1-го.

В должности Директора с 1906 года Января 2-го (с 2 Января 1906 года по 1 Ноября 1906 года исполнял обязанности, а затем утвержден).

Состоит членом Техническо-Строительного Комитета, сверх штата, с 1904 года Марта 28-го.

Получил последнюю ВЫСОЧАЙШУЮ награду Орден Святослава 2 степени 1904 года Декабря 6-го.

В самое трудное и тревожное время для учебных заведений П. Д. ВОЙНАРОВСКОМУ пришлось принять на себя обязанности Директора, которые, несмотря на всю сложность и беспокойство, он продолжает нести до сего времени, с успехом выполняя выпавшую на его долю столь серьезную и ответственную задачу, немало осложненную еще тем трудом, который пришлось ему положить при разработке в Совете различного рода вопросов по учебной части».

Являясь членом правительственного Технического строительного комитета, П. Д. Войнаровский проделал огромный труд в составлении томов отчета, объемом на 2544 страницы, о постройке здания учебного корпуса и ассигновании средств на постройку и оборудование. Департамент Гражданской отчетности предупредил, что такой объем документов он может изучить, потратив три месяца [3].

П. Д. Войнаровский был крупным специалистом и авторитетным инженером. Своей работой, «упорной и самоотверженной, отданной любимому делу, создавал условия для закрепления и расширений позиции молодой в то время отрасли – Электротехники» [4].

Не было такой области электротехники, практического ее приложения к нуждам промышленности и городского хозяйства, куда бы ни вложил свои знания, энергию и частичку жизни П. Д. Войнаровский, будь то телефонная связь, пуск первого трамвая в Санкт-Петербурге, устройство и экспертиза освещения зданий и улиц, разработка первых правил безопасных работ на электроустановках.

Наиболее значимыми инженерными трудами П. Д. Войнаровского являются:

- расчетный проект телефонного сообщения Петербург – Москва, одного из самых протяженных в Европе, и практические рекомендации при его сооружении;

- создание в 1903 г. в Электротехническом институте первой в России высоковольтной лаборатории с напряжением 200 000 В [5]. В лаборатории проводились всевозможные испытания материалов и оборудования, выполнялись правительственные заказы, в том числе и испытание воздушной сети для первого петербургского трамвая. Дальнейшее развитие высоковольтной лаборатории и техники высоких напряжений взял на себя профессор А. А. Смуров, ученик П. Д. Войнаровского. Следует отметить, что в США только в 1907 г. начали появляться установки с напряжением 100 000 В [6].

Одной из многочисленных заслуг П. Д. Войнаровского было приглашение в ЭТИ таких ученых, как В. В. Скобелцын, Г. О. Графтио, С. М. Тимошенко, Н. А. Скрицкий.

Главным направлением приложения сил Павла Дмитриевича было воспитание новых кадров инженеров-электриков, о чем он говорил в своем прощальном письме – напутствии молодежи [7].

«Мои лучшие пожелания нашей молодежи, которой, главным образом, я посвятил свою службу, и любовь к которой заставляла меня переносить всю тяжесть и проявлять терпение, связанные с постом начальника высшего учебного заведения.

Пусть не покинет их чуткость ко всему хорошему и светлому и любовь к правде, качества, характеризующие русское студенчество, но пусть руководит ими всегда разум, столь сильный рычаг студенчества Запада».

Об отношении к Павлу Дмитриевичу студенческой молодежи свидетельствует обращение, принятое на общей сходке 24 января 1913 г. Приведем некоторые выдержки из него [8]:

«...Вы приняли на себя в момент преобразования института в высшее учебное заведение громадный тяжелый труд создания и чтения целого ряда специальных курсов электротехники, которыми институт с признательностью и, ценя Ваши труды, пользуется в течение многих лет...

Последние семь лет Вы были у нас выборным директором. За это время Ваше теплое сердечное отношение ко всем, кто к Вам обращался, Ваше постоянное и искреннее желание идти навстречу разнообразным просьбам студентов всегда служили тем прочным цементом, без которого немыслима плодотворная работа учащихся и учащихся...

Ваши обширные познания в различных областях электротехники, Ваши труды и вся Ваша деятельность как инженера-электрика поставила Вас в первые ряды русских электротехников.

Многочисленные обращения со всех концов России за Вашим мнением и познаниями свидетельствуют о том, что Ваш авторитет как инженера в технических кругах стоит весьма высоко.

Мы высказываем наше искреннее убеждение, что Ваше имя, глубокоуважаемый Павел Дмитриевич, неизгладимыми буквами будет начертано на одной из славных страниц нашего института».

Совет Института также оценил большую работу, выполненную П. Д. Войнаровским на пользу института, «для преуспевания которого он не щадил здоровья и сил». Под обращением к П. Д. Войнаровскому подписались члены Совета: В. В. Скобельцын, П. С. Осадчий, Н. А. Пушин, В. В. Дмитриев, А. А. Кузнецов [9].

Чрезвычайно напряженная работа и отсутствие отдыха подорвали здоровье Павла Дмитриевича. Он скончался от тяжелого заболевания – рака горла – 26-го июня 1913 г. в расцвете творческих сил на 47 году жизни.

Вскоре после кончины П. Д. Войнаровского было принято решение образовать Фонд Войнаровского.

В день прощания с Павлом Дмитриевичем типография Н. Естифеева (она также издала книгу «Двадцатипятилетие Электротехнического института императора Александра III, 1896–1911 гг.») отпечатала обращение ко всем, кто хочет увековечить память П. Д. Войнаровского, с предложением образовать капитал его имени для стипендий или премий студентам [10]. Учредителями фонда были следующие организации: Главное управление почт и телеграфов, Правление общества «Сименс и Гальске», Харьковский почтово-телеграфный округ, АО «Тифлисский трамвай», Отдел телеграфа службы эксплуатации юго-восточной железной дороги, радиостанция в Таганроге, Керчинский завод Металлургического общества.

Со всех уголков России от бывших питомцев института и организаций, с которыми работал П. Д. Войнаровский, на имя казначея института поступали денежные средства. Шли телеграммы с денежными переводами из Харькова, Тифлиса, Воронежа, Таганрога, Баку, Саратова, Нового Петергофа, из Минской губернии, Керчи, Еревана, Риги, Кишинева, Винницы, Подольской губернии и других мест. Свои посильные взносы вносили сотрудники и студенты Электротехнического института.

Приводим текст одной из телеграмм [10]:

«Господину казначею Электротехнического института.

Милостивый государь!

Сочувствуя начинанию образования капитала имени покойного проф. П. Д. Войнаровского, покорнейше прошу принять от меня посильную лепту на благое дело для увековечивания памяти незабвенного дорогого учителя.

Александр Густавович Фреймарк».

Посильный взнос внесли около 200 человек. Среди участников фонда есть несколько фамилий, известных в истории ЛЭТИ: Мерчинг Г. К., Осадчий П. С., Эйлер А. Н., Славянов Н. Н., Яблонский-Снадзский Н. А., Нагорский В. М., Триумфов В. А., Божко-Степаненко М. М., Савельев А. А., Горелейченко В. К., Геппенер Б. И., Роде Б. Н., Ряжский В. Н., Рогинский Н. О., Аристов Н. Н., Козьмин М. М., Теодорович И. Л., Парчин Н. В., Дьяков Е. Н., Димчевский В. Г., Урбанович Е. М., Тер-Погосян Г. М., Фреймарк А. Г., Соколович К. К., Фазлы Н. В., Горский Д. Ф. и др.

Собранные деньги в размере 1085 р. 20 коп. были вложены 3 июня 1914 г. в XIII отделение Санкт-Петербургской Сберегательной кассы (Каменноостровский пр., д. 35/75) и обращены в ценные бумаги.

Затем наступило тревожное время – Первая мировая война, революции 1917 г.

Все процентные бумаги и наличные деньги Фонда Войнаровского были перенесены 8 января 1918 г. «на хранение в денежный шкаф института» [10]. Стремясь сохранить и увеличить Фонд Войнаровского, в 1918 г. члены общества инженеров-электриков собрали еще 103 р.

30 июля 1919 г. в Институт поступила телефонограмма Комиссии государственного контроля: «Немедленно сдать в Северную Областную контору народного банка (Екатерининский канал, 30) все процентные и дивидендные бумаги, а также ценности из благородных металлов». По распоряжению Комиссии в Петроградскую контору Народного банка был передан капитал фонда, составлявший 1350 р. (за подписью ректора П. С. Осадчего, проректора по хозяйственной части П. Щуркевича, бухгалтера П. Чернышева) [10]. На этом деятельность Фонда Войнаровского прекратилась.

Портрет П. Д. Войнаровского помещен в Галерее выдающихся деятелей СПбГЭТУ «ЛЭТИ». В память об ученом в 1-м корпусе СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в 1996 г. установили мемориальную доску.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двадцатипятилетие института Императора Александра III, 1886–1911 гг. СПб.: Типолиитография Н. И. Ефтифеева, 1914.
2. ЦГИА СПб. ф. 990. оп. 1. д. 2728. л. 136.
3. ЦГИА СПб. ф. 1289. оп. 2. д. 2924.
4. Бочарова М. Д. Выдающийся деятель русского электротехнического образования П. Д. Войнаровский // Тр. по истории техники. Материалы первого совещ. по истории техники. 1952. Вып. VI. М.: Изд-во АН СССР, 1953.
5. История электротехнической техники СССР: в 3 т. Том 2: Электротехника М.: Гос. энерг. изд-во, 1957. Гл. 2. С. 69.
6. Соколова А. Обзор современных высоковольтных передач // Электричество. 1912. № 20.
7. Прощальное письмо П. Д. Войнаровского 14 января 1913 года. Музей истории СПбГЭТУ. Основной фонд. 8247.
8. 50 лет Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина). М.: Гос. энерг. изд-во, 1948. С. 48–49.
9. Журнал Совета института, 14 января 1913.
10. ЦГИА СПб. ф. 990. оп. 1. д. 1326. л. 2–3, 34, 42, 46.

V. P. Severinova

145 YEARS SINCE BIRTHDAY OF PAVEL DMITRIEVITCH VOYNAROVSKY

The article expounds some information on the biography of the prominent engineer and scientist, electrotechnical expert, creator of the chair of electrotechnic, director (rector) of ETI. Expounds information from the State Archive, in particular on the Voynarovsky Foundation.

P. D. Voynarovsky, A. S. Popov, ETI, A. A. Kuznetsov, Voynarovsky Foundation



УДК 123; 124. 5; 316. 77

М. Е. Кудрявцева

ПРОБЛЕМА САМОИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ В ИГРОВOM ПРОСТРАНСТВЕ И ПСЕВДОЦИКЛИЧЕСКОМ ВРЕМЕНИ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ КОММУНИКАЦИИ

Рассматриваются основные факторы самоидентификации личности в пространстве телекоммуникации, к числу которых относятся фактор игрового начала телевизионного пространства и фактор его «псевдоциклического» времени. Одним из наиболее опасных последствий для личности как для субъекта телекоммуникации является размывание границ между существованием в пространстве и времени телевизионной реальности и реальной жизнью. В статье рассматриваются условия предотвращения этих последствий.

Телевизионное пространство, личность, социальные роли, массовая коммуникация, псевдоциклическое время

Одним из наиболее драматических вопросов, возникающих в контексте широкого круга проблем массовой коммуникации, является проблема личности в медиапространстве, характер ее самоидентификации, условия свободы, возможности развития и творчества. Факт огромного влияния на личность телекоммуникации невозможно отрицать – трудно представить себе современную жизнь без телевидения, которое заполняет собой практически все досуговое время большинства жителей России, дополняя и скрашивая своими иллюзиями их жизни. Тот факт, что это влияние далеко не всегда является позитивным, тоже не новость – об этом немало сказано в педагогической и психологической науке. Открытым остается вопрос о том, что необходимо сделать для того, чтобы нейтрализовать разрушительные для личности факторы телекоммуникации и оптимизировать действие созидательных. Принципиально, с нашей точки зрения, то, что деятельность в этом направлении должна носить не только внешний для субъекта телекоммуникации характер, но и быть внутренней деятельностью самой личности по самоосознанию и самоопределению.

В число важных факторов самоидентификации личности в телекоммуникации входят, по нашему мнению, фактор игрового начала телевизионного пространства и фактор его своеобразного «псевдоциклического» времени. Попробуем выяснить суть влияния этих факторов на личность, а также определить, при каких условиях она сможет противостоять негативным эффектам этого влияния.

Социальные роли и пространство игры в массовой коммуникации. Человек осознает себя как личность в процессе коммуникации с другой личностью, в которой он как будто видит свое отражение. Во времена, предшествовавшие массовой коммуникации, самосознание человека складывалось на основании ограниченного числа контактов с его ближним окружением, что не противоречило целостности самоидентификации. Человек выступал в роли семьянина, члена и представителя какой-либо территориальной или трудовой группы. Небольшой набор социальных ролей позволял сосредоточиться на их содержательном и качественном исполнении. Представление о соотношении себя реального с собой идеальным складывалось на основе небольшого числа сравнений себя с некоторыми членами своей референтной группы.

Резко увеличив число возможных контактов, массовая коммуникация принципиально изменила эту ситуацию. Человек получил возможность ощутить свою причастность к событиям практически во всех сферах жизни, определить свое отношение к ним, а иногда и обозначить свою роль в них. Чем больше получает человек возможности реального участия в массово-коммуникационном процессе (в звонках на телевидение, в участии в телевизионных шоу), тем больше социальных ролей он берет на себя и тем активнее продолжают процессы его социализации, не прекращающиеся в течение всей жизни. Человек может выступить в роли артиста или ведущего на телевидении или радио, события его личной жизни могут стать содержанием телепередачи, его мнение может быть публично выслушано и прокомментировано. Это, с одной стороны, в лучших своих вариантах, позитивно сказывается на личности, давая ей ощущение полноты социального бытия. С другой стороны, многообразие социальных ролей, инициируемых СМИ, зачастую оказывается иллюзорным. Весьма резко об этом высказывался еще Г. Дебор в своей книге «Общество спектакля»: «Спектакль стирает границы между “Я” и окружающим миром путем деформации “Я”, постоянно одолеваемого отсутствием присутствия данного мира. Таким же образом человек, оказавшийся в спектакле, перестает отличать ложь от правды по той причине, что всякая переживаемая правда теряется за реальным присутствием лжи, которое обеспечивается самой организацией видимости»¹.

Это, пожалуй, излишне категоричная точка зрения, но даже если иметь в виду реально осуществляющиеся в медиапространстве события и реально исполняемые в нем человеком роли (что также, безусловно, имеет место в телевизионной коммуникации), то возникает сомнение в возможностях человека наполнить эти роли реальным содержанием. Содержательное и качественное исполнение социальной роли в любом случае требует определенной самоотдачи и сосредоточенности, что в пространстве массовой коммуникации при тенденции к умножению предлагаемых личности социальных ролей не представляется для нее возможным.

Необходимо отметить и еще один момент, важный для понимания тех последствий для человека, которые имеет для него возможность (реальная или мнимая) увеличить число исполняемых им социальных ролей. Дело в том, что социализация личности как полное и органичное ее включение в жизнь общества является процессом совершенно необходимым и, более того, развивающим саму эту личность, но только в первую половину жизни

¹ http://www.avtonom.org/old/lib/theory/debord/society_of_spectacle.html.

(разумеется, момент перехода из первой половины во вторую определяется индивидуально и субъективно). Естественным для человека во второй половине жизни является постепенное сокращение своих социальных контактов и ролей до того минимума, который является действительно необходимым для того, чтобы выполнить свое предназначение; осмысление того, что составляло содержание жизни в молодости; сосредоточение на самом главном. Массовая коммуникация в этом смысле – это дело молодости, которая, затягиваясь, тормозит созревание личности. Массовому человеку зачастую присуще инфантильное сознание – то, что Й. Хейзинга называл «пуэрилизм» – психология резвящихся подростков, бесталанная и безнравственная, по его мнению [2].

Можно предположить, что тяга человека к увеличению числа социальных ролей имеет бессознательную природу и обусловлена внутренней потребностью «примерить» на себя не одну, а несколько жизней. Не случайно же одной из наиболее авторитетных фигур в современной жизни является фигура актера, проживающего за одну свою актерскую жизнь сотни чужих (характерно, что в средневековой России профессия актера, лицедея была позорной и гонимой). Возможно, это связано с глубинной разобщенностью людей в современном мире, практически утративших чувство причастности к целому. Атомизированный индивид, ощущая ненормальность своей отчужденности от других, стремится воссоединиться с ними через лицедейство. Как опять-таки довольно резко высказался Г. Дебор, цитируя Дж. Габеля, «ненормальная потребность выставления себя напоказ в данном случае компенсирует мучительное сознание собственной ненужности»².

Таким образом, негативное влияние на личность телекоммуникации связано с тенденцией к неоправданному умножению социальных ролей, и то, что такое множество ролей препятствует их полноценному исполнению, еще не самое опасное. Самое неприятное связано с теми пагубными последствиями для личности, которые влекут за собой страсть к лицедейству и жажда прожить чужие жизни, в своем крайнем выражении реализующиеся в виртуальном пространстве Интернета, в экстраполяции на себя жизни киберперсонажей. Оказываясь в плену своих ролей, человек может утратить представление о своей подлинной сущности, граница между собой как медиасубъектом и собой как реальным субъектом может оказаться размытой. Можно ли представить себе такую телевизионную коммуникацию, в которой созданы и реализуются условия для преодоления этой проблемы?

Как представляется, одним из вариантов решения этой проблемы может стать ориентация субъектов телевизионной коммуникации на своеобразный условный мир игры. Если принять во внимание чрезвычайно распространенный в мировой культуре образ мира-театра, то телекоммуникация окажется в этом контексте своеобразным театром в театре со своими актерами, играющими роли по законам данного театра. Полноценно исполнение роли человеком здесь – это далеко не то же самое, что исполнение им своей социальной роли в «театре жизни» (и не то же самое, что исполнение актером роли в обычном театре, где важно создать художественный образ). Продолжая метафору театра, можно сказать, что если игра в жизни – это, по системе Станиславского, «искусство переживания», когда в процессе игры испытываются подлинные переживания, то игра в медиапространстве – это

² Там же.

«искусство представления», когда в процессе игры актер воспроизводит форму проявления этих переживаний, или просто основанное на готовых штампах «ремесло» [3]. Медиаигра – это не создание художественного образа, в котором преломляется личность актера, это, скорее, создание имиджа, некоего желаемого представления о себе.

С нашей точки зрения, человек, переживающий свои роли в медиaprостранстве, как в жизни, совершает большую ошибку, поскольку принимает мнимую реальность за настоящую. Результатом этого, как мы узнаем из тех же СМИ, часто становятся реальные, а не вымышленные жизненные драмы. Ярким примером этого являются судьбы некоторых людей, принимавших участие в так называемых «реалити-шоу» на телевидении («За стеклом», «Последний герой», «Дом – 1 и 2» и др.). Покинув программу, человек может почувствовать себя выкинутым из жизни (заметим, что актеру, отдающему себе отчет, где его жизнь в роли, а где настоящая жизнь, это грозит в гораздо меньшей степени, хотя и у него есть свои проблемы). В этом смысле наиболее опасными для свободы личности от ложных самопредставлений являются именно электронные средства коммуникации.

Осознание человеком своей включенности в пространство игры освобождает его от излишней серьезности, от опасности принять вымышленный иллюзорный мир за подлинный. Если игра нравится, человек принимает ее условия и правила, сохраняя при этом свое «Я», а в лучших случаях даже и развивая свою личность. Если игра не нравится, ее условия и правила не принимаются, личность человека в этом случае оказывается незадетой. Человек поднимается на один уровень с создателями игры – создается психологический эффект причастности, полноценности: «Я не тот, кому хотят навязать какую-то роль, я согласен играть в эти игры тогда, когда мне захочется, и самому принимать решение, когда из игры выходить».

Интересным примером того, как эта идея иницируется самими СМИ, является граничащее с цинизмом поведение некоторых телеведущих, в частности, А. Гордона, который пытается дистанцироваться от окружающей его медиареальности, с презрением относится к большинству телевизионных программ и не скрывает, что участие в них для него в большинстве случаев не более чем способ заработать деньги. Трудно сказать, впрочем, является ли это примером его личной свободы и искренности или очередным ловким ходом медиаигры (возможно, и тем и другим одновременно, о чем сам он просто не догадывается).

Таким образом, для того чтобы сохранить от посягательств пространство своей личной свободы, человек в массовой коммуникации не должен забывать, что находится в особом пространстве игры, из которой он рано или поздно должен будет выйти.

Свобода уйти из медиаигры, однако, не исключает ее способности к качественному исполнению своих ролей, которое предполагает возможность подъема личности на новые ступени развития. Что же подразумевается под качественным исполнением роли в медиaprостранстве?

Й. Хейзинга отмечает в качестве одного из главных свойств социальной игры ее внеинтеллектуальность и внеэтичность: «Если игра лежит вне дизъюнкции мудрости и глупости, то она точно так же не знает различения истины и лжи. Выходит она и за рамки противоположности добра и зла. В игре самой по себе, хотя она и есть продукт деятельности духа, не заключено никакой моральной функции – ни добродетели, ни греха» [2, с. 18]. Игра, таким образом, с точки зрения Й. Хейзинги, не может быть ни нравственной, ни безнравственной. Однако он же отмечает, что «узы, связующие игру и красоту, тесны и многообразны» [2, с. 19].

Стало быть, игра может оцениваться с эстетических позиций, и уже поэтому, по нашему мнению, содержит определенный этический потенциал (эстетическая ценность не исчерпывается этической, однако строится на ее основе). Эстетическая нагрузка вводит игру, первоначально находящуюся до и вне культуры, в область последней: «Когда игра порождает красоту, то ценность этой игры для культуры тотчас же становится очевидной» [2, с. 286]. И это утверждение Й. Хейзинги видится вполне обоснованным, поскольку большинство явлений окружающей жизни человек сознательно или подсознательно оценивает первоначально с эстетической точки зрения и только потом дает им этическую и правовую оценку.

Качественное исполнение человеком своей роли в медиапространстве подразумевает не «ремесло», не воспроизведение набора готовых штампов, а искусное творческое представление (но не проживание) того образа, который соответствует конкретной ситуации. Именно такой игровой эстетический подход к телекоммуникации, с нашей точки зрения, сможет обеспечить ее субъектам как внутреннюю свободу, так и личностное развитие.

Время личности и псевдоциклическое время в массовой коммуникации. В архаичные времена в примитивных культурах время было циклично, люди жили, подчиняясь общему закону жизни природы, в соответствии со своим реальным трудом. Человек в большей степени ощущал себя частью целой общности, чем индивидуальностью, на смену его биологическому существованию приходило другое – жизнь продолжалась, а смерть рассматривалась в общем контексте законов природы. В современной жизни условием существования человеческой личности во времени является принятие ею решений и осуществление продиктованными этими решениями поступков, касающихся не только самой этой личности, но и других людей. Цепь этих решений-поступков ведет личность от рождения к смерти, определяя в конечном итоге ее личную свободу, содержание и смысл ее жизни. Человеческая жизнь представляет собой диалектическое единство прошлого и будущего – осуществляя свое будущее, выбирая те или иные пути своего поведения той или иной степени новизны, человек опирается на ценности, сложившиеся у него под воздействием прошлого опыта. Таким образом, в его деятельности реализуются основные категории творчества – новизна и ценность.

Массовая коммуникация разрушает традиционные представления о времени. В американской культуре таким характерным примером являются комиксы о Супермене. Прочитав в связи с этим У. Эко: «Сюжеты (истории) об их герое разворачиваются как бы в мире сновидений (но читатель об этом не догадывается): совершенно неясно, что происходит прежде, а что – потом. Повествование снова и снова возвращается к одной и той же линии событий, всякий раз будто забывая что-то досказать и в следующий раз лишь добавляя подробности к тому, что уже было сказано» [4, с. 189].

Одним из наиболее характерных примеров разрушения представления о времени на российском телевидении являются «мыльные» сериалы, демонстрируемые по разным каналам: на одном канале сюжет идет к концу, в то время как на другом дело только начинается. Герои могут надолго исчезать, а затем появляться снова (и даже в исполнении других актеров), причем у зрителя создается впечатление о какой-то насыщенной событиями жизни персонажа, которая протекает за пределами кадра. Бывает и так, что сюжеты разворачиваются по разным сценариям, по одному сценарию герои погибают, по другому остаются живыми. Схожий эффект возникает и тогда, когда, например, сразу же после известия о смерти знаменитого актера начинается трансляция фильма с его участием.

Принципиально важно, что эти парадоксальные ситуации времени в медиапространстве существуют отнюдь не для того, чтобы, будучи критически осмысленными, способствовать созданию у человека «таких моделей воображения, которые помогут ему воспринимать идеи новой науки», предоставлять современному человеку «своего рода символическую подсказку или аллегорическую диаграмму того абсолюта, с которыми имеет дело наука» [4, с. 191]. Этот временной слом не должен осознаваться зрителем и читателем, публике как бы предписано оставаться в пространстве иллюзий непроященного времени, порождающего все новые и новые истории.

Возникает ощущение какого-то непрекращающегося настоящего, в котором все циклично, на это часто работает и сам ритм повседневной жизни многих участников массовой коммуникации: утро, просмотр теленовостей, однообразная работа, однообразные домашние заботы, просмотр хорошо знакомых передач или сериалов – и так каждый день. Однако эта цикличность времени в массовой коммуникации неподлинная, выражаясь словами Г. Дебора, это «псевдоцикличность» – иллюзия той подлинной цикличности времени, в которой человеку достаточно быть членом общины, занимающейся общим сезонным трудом, чтобы чувствовать себя живущим, той, которая в большинстве культур невозможна на нынешнем этапе развития цивилизации. В современной реальной жизни, требующей личностной осмысленности, для человека, привыкшего к псевдоциклическому времени массовой коммуникации, вопросы личности так и остаются нерешенными. Человек перестает осознавать тот факт, что реально он живет в координатах линейного времени, т. е. жизнь его проходит, он стареет и уходит из жизни. Псевдоциклическое время является для него своеобразным наркотиком, заставляющим забыть о смерти. Возможно, именно поэтому массовая коммуникация так привлекательна для человека – в медиапространстве не может быть окончательного ухода, массовый человек сохраняет иллюзию бессмертия. Однако такое отрицание смерти по сути дела означает отрицание жизни. Перестав осознавать свою конечность, человек «забывает о проблемах, отсюда вытекающих, т. е. забывает, что существует свобода, возможность строить замыслы и необходимость эти замыслы осуществлять, что все это сопряжено со скорбью и ответственностью и, наконец, что существует человеческое сообщество, чье развитие зависит от того, как я строю свои замыслы» [4, с. 192].

Человек, живущий по законам псевдоциклического, непроященного для себя времени, мало осознает свободу и ответственность своего реального бытия, не способен ни предвосхищать свое будущее, ни оценивать свое прошлое. Какими же должны быть внутренние условия самосознания личности, для того чтобы она могла вырваться из этого замкнутого круга настоящего?

В качестве такого условия, как представляется, могло бы выступить осознание личностью целостности собственной жизни в единстве ее прошлого и будущего, переосмысление ее как целостного источника для свободной творческой реализации.

Любая живая система, в том числе и человек, в той или иной форме содержит память о своем прошлом и «предвосхищение», если можно так выразиться, своего будущего. Свобода и творчество связаны с будущим, и чем больше у человека этого потенциального будущего, тем больше и его свобода, и его творческий потенциал: «Будущее время, – как отмечает А. И. Субетто, – несет в себе будущую генеалогию порождения будущих систем, и потому оно многомерно, всеобразно» [5, с. 40]. Важно то, что количество будущего в человеческой жизни со-

всем не обязательно связано с его биологическим временем, ощущение возраста может быть достаточно субъективным: даже в преклонном возрасте можно видеть впереди веер возможностей. Однако и прошлое, как содержащее в себе свернутую генеалогию происхождения данной системы, не является одномерным, как, с нашей точки зрения, ошибочно предполагает А. И. Субетто. Прошлое человека это не только то, что сложилось в его жизни. Каждый минимально рефлексирующий взрослый человек представляет свое прошлое еще и как целое поле нереализованных способностей, несложившихся обстоятельств, упущенных возможностей, неверно принятых решений. Человек смотрит на будущее под углом зрения своего прошлого, не только состоявшегося, но и несостоявшегося (причем несостоявшегося прошлого в жизни каждого человека во много раз больше). Именно прошлое формирует ценности человека, которые уж никак нельзя назвать одномерными, поскольку складываются они в поле стереоскопического зрения – на пересечении того, что было, и того, что могло бы быть.

В жизни любого взрослого человека (опять-таки не всегда в прямой зависимости от возраста) существует определенное соотношение прошлого и будущего, говоря иными словами, соотношение двух жизненных стратегий: стратегии жизни в соответствии со сложившимися ценностями и стратегии готовности на новые открытия (они могут быть связаны и с формированием новых ценностей). Это соотношение может меняться в том или ином направлении, и в зависимости от этого человек ориентируется либо на устоявшееся и проверенное временем, либо на активные перемены, но всегда в той или иной степени в жизни есть и то, и другое. Способность же человека соединять в своей жизни обе стратегии свидетельствует, по нашему мнению, о признании творческого потенциала как за своим будущим, так и в своем прошлом, его постоянном осмыслении и переосмыслении.

Входя в псевдоциклическое время телевизионной коммуникации, человек, обладающий осознанием целостности жизни, не переносит его на свое собственное существование, обладает мужеством выйти из него обратно в свое собственное личное время. Его собственная жизнь уже перестает быть для него источником подсознательного ужаса как юдоль скорби и неотвратимого движения к смерти, а становится безусловной ценностью и стимулом к творчеству независимо от прожитых лет, несложившихся обстоятельств и личных утрат.

Подводя общий итог нашим размышлениям о проблеме самоидентификации личности в пространстве телевизионной коммуникации, сформулируем еще раз основные выводы.

1. Одним из наиболее опасных последствий для личности как для субъекта телекоммуникации является размывание границ между его существованием в пространстве и времени телевизионной реальности и реальной жизнью.

2. Первым условием сохранения границы между реальной жизнью субъекта и его существованием в медиапространстве является ориентация на условный мир игры, предполагающая осознанное исполнение субъектом определенной роли или ролей, а также способность выхода из этих ролей по собственному желанию.

3. Качественное исполнение своей роли в пространстве телевизионной коммуникации, реализующее ее эстетический потенциал, способно обеспечить развитие личности.

4. Вторым условием сохранения границы между «жизнью в медиа» и реальной жизнью субъекта является способность выхода из псевдоциклического времени телевизионной коммуникации, что предполагает осознание субъектом целостности и ценности своей жизни как источника творческой реализации в единстве ее прошлого, настоящего и будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хейзинга Й. Homo Ludens. Человек играющий / Пер. с нид. В. В. Ошиса. М.: ЭКСМО Пресс, 2001.
2. Станиславский К. С. Работа актера над собой. М.: Искусство, 1985.
3. Эко У. Роль читателя. Исследования по семиотике текста / Пер. с англ. и итал. С. Серебряного. СПб.; М., 2007.
4. Субетто А. И. Творчество, жизнь, здоровье и гармония (этюды креативной онтологии). М.: Логос, 1992.

M. E. Kudryavtseva

THE PROBLEM OF PERSON SELFIDENTIFICATION IN THE PLAY SPACE AND PSEUDOCYCLE TIME OF TV COMMUNICATION

The basic factors of person selfidentification in the space of TV communication are discussed. These factors are play character and pseudocycle time of TV communication. One of the most dangerous threads for the person in TV communication is the "erosion" of the borders between TV life and the real life. The conditions of preventing of the threads are discussed.

TV space, personality, social roles, mass communication, pseudocycle time

УДК 334.784:174

С. В. Цветков

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ЦЕННОСТЕЙ В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

Проанализированы основные направления кардинальных изменений в системе корпоративных ценностей и в аксиосфере общества в целом, происходящих на фоне формирования нового способа производства (информационного), становления новой глобальной социальной структуры (сетевого общества).

Корпоративная культура, аксиосфера, информационное общество, ценности

Изучение вопросов формирования и развития информационного общества имеет богатые традиции. Впервые понятие «информационное общество» появилось во второй половине 1960-х гг. Введение данного термина связывают с именем профессора Токийского технологического института Ю. Хаяши. В его работах информационное общество тесно связывается с компьютерными технологиями, которые смогли бы предоставить людям доступ к надежным источникам информации и избавили бы их от рутинной работы, обеспечив высокий уровень автоматизации производства. Предполагалось, что в результате существенных изменений в производственных отношениях произойдет значительное увеличение доли инноваций, дизайна и маркетинга в стоимости продукта. Производство информационного продукта, а не продукта материального, по мнению японских исследователей, должно стать движущей силой образования и развития информационного общества.

Очень быстро постиндустриальная проблематика становится одной из ведущих в социальной философии. Существенным толчком для развития идей информационного общества послужили работы Э. Тоффлера [6], Д. Белла [2], Я. Зондерквиста [1], М. Кастельса [4], В. Иноземцева [3], Н. Моисеева [5] и других авторов.

Обобщая существующие подходы к анализу и описанию особенностей информационного общества, можно сказать, что оно характеризуется принципиально новыми отношениями в политике, экономике, культуре, образовании, науке.

Наиболее существенные и заметные изменения происходят в области производства. Если основу традиционного общества составляло аграрное производство, индустриального – промышленное, то в информационном обществе развивается производство информацион-

ное, нацеленное на создание и распространение информации и знаний. Именно они становятся важнейшими предметами труда и источниками развития экономики. Орудием труда в информационном обществе становятся компьютер и информационные технологии.

Изменения в процессах производства накладывают отпечаток и на систему регуляторов организационного взаимодействия. Одни ценности отходят на второй план, другие вообще теряют свою значимость, а какие-то занимают ведущее положение в системе нормирования и целеполагания.

Прежде всего, обратим внимание на то, что в информационном обществе свое высокое значение для организации теряет стабильность. Более того, она в определенной степени становится препятствием в ее развитии. Ведь стабильная сеть, это уже не сеть, а решетка. Представьте, что рыбакам вместо сети, дают решетку.

Социальное окружение организации в информационном обществе очень динамично, а значит, более динамичной должна быть и организация. Она должна быть составлена не из жестких связей, а из множества свободных звеньев, которые могут в любой момент подключиться к сети и отключиться от нее. Таким образом, на смену стабильности приходят маневренность и динамичность.

Это не может не сказаться и на втором уровне системы ценностей. Стремление к маневренности вызывает к жизни такие ценности внутренней системы, как креативность, открытость, доверие, самоуправляемость, инициативность, коммуникабельность.

Креативность. Сегодня, когда «новые продукты появляются быстрее, чем в обществе успевает возникнуть осознанная потребность в них, залогом успеха становится не следование спросу, а его формирование» [3, с. 52]. Тот, кто первым предложит новый продукт и сформирует спрос на него, тот и обеспечит себе конкурентное преимущество, пусть и на незначительный отрезок времени. Это означает, что мобилизация творческого потенциала сотрудников оказывается основным средством, обеспечивающим ее выживание и развитие. Поэтому важнейшими ценностными ориентирами сетевого предприятия являются креативность и инновационность. Под креативностью мы понимаем способность сотрудников и организации находить новые идеи и решения, предлагать продукты с недоступными ранее характеристиками. Инновационность – это способность организации к реализации этих новых идей и решений на практике.

Следует заметить, что данные ценности заложены в самой сути динамичных сетевых структур. Наличие прямых равноправных связей всех со всеми обеспечивает сетевым структурам превосходство над иерархическими в скорости, темпе, степени непредсказуемости совершения действия.

Коммуникативность. Следует заметить, что корпоративные ценности в сети также тесно переплетены и взаимосвязаны, как и все узлы сети. Так, инновационность компании основана на открытости информационных ресурсов организации для всех ее членов и на открытости информационных ресурсов всех сотрудников для организации, к которой они принадлежат. В то же время сами эти информационные ресурсы формируются и постоянно пополняются благодаря ориентации организации на ценности инноваций.

Здесь следует вкратце остановиться на том, как образуются сетевые организации. Попробуем схематично описать процесс «сетеобразования». Человек, обладающий определенными ресурсами, знаниями, необходимыми сети, вступая в нее, предоставляет свои ресурсы и

взамен получает доступ к ресурсам сети, т. е. материально-техническим ресурсам, клиентам, репутации и знаниям, накопленным сетью. Предлагая свои знания и умения, сотрудник получает взамен знания и умения всех членов организации. Происходит взаимный обмен ресурсами.

Такой взаимообмен прекрасно иллюстрирует практика работы организаций по стандартизации, например ISO. Члены организации получают доступ к стандартам сети и принимают участие в их совершенствовании. Причем работа в процессе разработки стандартов позволяет участникам ассоциации отслеживать те изменения, которые будут внесены в их деятельность в ближайшее время, или самим определять новые требования. Так, если один из участников сети совершает технологический прорыв, он, при определенных условиях, может внести свои новации в стандарты. С одной стороны, он получит определенные преимущества на то время пока свои новации не смогут внедрить другие участники ассоциации, а с другой, заставляет членов объединения двигаться вперед и развиваться.

Поэтому система коммуникаций организации, принятие ценностей открытости и коммуникативности выполняют функцию катализатора процессов творчества и внедрения инноваций.

Доверие. Степень доверия участников взаимодействия во всех культурах является характеристикой, непосредственно влияющей на эффективность совместной работы, решения сложных вопросов. В сетевом предприятии доверие приобретает особую значимость. Ведь сама суть действий сети заключается в минимизации противоречий между различными подразделениями, препятствующих обмену информацией между ними и согласованию усилий по решению общих задач. А как обмениваться информацией и согласовывать действия с людьми или организациями, которым сложно доверять?

Доверие порождает слаженность в работе коллектива и тем самым способствует быстрой выработке решений, взаимозаменяемости, нацеленности на реализацию общих задач компании, ускоряет процесс принятия и реализации решений, усиливает конкурентоспособность компании, т. е. придает предприятию все те характеристики, которые необходимы для успешности в сетевой экономике.

Следует заметить, что доверие – не просто одно из значимых условий качественного взаимодействия в сети. Сеть сама предоставляет уникальные возможности для установления доверия в рабочей группе. Ведь там, где есть возможность устанавливать многочисленные связи с профессионалами разных сфер, можно без труда получить информацию об опыте партнера, реализованных с его участием проектах, убедиться в его профессионализме, результативности, предсказуемости и открытости к обсуждению проблем.

Инициативность. Постоянное стремление к инновациям, перманентное состояние организационного творчества возможны лишь в коллективе инициативных людей. И в этом также заключается одно из ключевых отличий корпоративных ценностей сетевого предприятия от всех существовавших ранее.

Переход к сетевой форме организации взаимодействия и к инновационности предприятия подразумевает полное участие работников в данном процессе. Чем больше у организации источников знания, тем больше у нее возможностей найти уникальное решение какой-либо проблемы. Поэтому важнейшая задача руководства сетевой организации – сделать так, чтобы сотрудники не прятали свое знание, не хранили его лишь для собственной выгоды. Это подразумевает все то, о чем говорилось выше: и открытость, и доверие, и коммуникабельность, и, безусловно, инициативность.

Благодаря всему этому в сети коренным образом меняется содержание понятия лидерства. Лидер в сетевой организации – любой человек или компания, обладающие финансовыми, производственными, коммуникативными, экспертными или иными ресурсами, актуальными и важными для работы сети в данное конкретное время.

На основе такого понимания лидерства формируется полицентричная система управления, основанная на «экспертном» способе сетевого самоуправления. Если ранее все решения принимались начальством и затем спускались по вертикали власти к конечным исполнителям, то теперь создается множество экспертных центров, принимающих решения по конкретному спектру вопросов, входящих в сферу их компетенции. При этом, как правило, решения от имени всей рабочей группы принимает человек, который признан ячейкой наиболее компетентным в данном вопросе.

Следует заметить, что в приведенной выше модели корпоративных ценностей отражено наше видение ближайшего будущего аксиосферы корпоративной культуры. Эта модель крайне абстрактна, но даже она прекрасно демонстрирует важнейшие ценностные дилеммы, стоящие перед современными организациями.

Так, главная проблема сегодняшнего дня – отказ от стабильности, жестких связей, четких процедур в пользу определенной свободы, независимости и гибкости. Большие сложности вызывает также разрешение противоречия исполнительность – инициативность. Стремлением превратить человека в «колесико и винтик огромного процесса производства» представители административной школы управления внесли весомый вклад в психологию современной личности. Превратить человека в деятельного субъекта – не менее сложная задача, стоящая перед современными менеджерами.

Еще один вопрос – внедрение ценности *открытость*. Ранее обеспечить стабильную защищенность компании от конкурентов можно было в том числе с помощью защиты информации, связанной с деятельностью компании. Теперь ценность сетевого продукта зависит от количества подключенных к нему потребителей. Посмотрим, к примеру, на рынок IT-продуктов, наиболее приближенный к условиям сетевого общества. Сначала распространение новых продуктов происходит бесплатно. И лишь после того, как будет охвачено необходимое количество пользователей, продукт начинает распространяться на платной основе. Кроме того, зачастую прибыль приносит не сам продукт, а другие сопутствующие продукты, работающие только с ним.

Таким образом, сегодня мы являемся свидетелями того, что на смену таким важным для индустриального предприятия корпоративным ценностям, как дисциплинированность, безопасность, эффективность управления, исполнительность, приходят иные, предполагающие большую свободу, инициативность и ориентированность на развитие, а не на сохранение. На первый план выдвигаются такие ценности, как новаторство, открытость, независимость, самоуправляемость, инициативность, коммуникабельность, справедливость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бард А., Зондерквист Я. Нетократия. Новая правящая элита и жизнь после капитализма. СПб.: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2004. 252 с.
2. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество: Опыт социального прогнозирования. М.: Academia, 1999. 783 с.
3. Иноземцев В. Л. Современное постиндустриальное общество – природа, противоречия, перспективы. М.: Логос, 2000. 304 с.

4. Кастельс М. Становление общества сетевых структур // Новая постиндустриальная волна на Западе: антология / Под ред. В. Л. Иноземцева. М., 1999. С. 494–505.
5. Моисеев Н. Информационное общество: возможность и реальность // Информационное общество: сб. трудов. М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. С. 428–451.
6. Тоффлер А. Шок будущего: пер. с англ. М.: ООО «Издательство АСТ», 2002. 557 с.

S. V. Tsvetkov

TRANSFORMATION OF ORGANIZATIONAL VALUES IN THE INFORMATION SOCIETY

The article analyses the main directions of fundamental changes in organizational values and axiosphere, taking place against a background of new mode of production (informational), and a new a global social structure (the network society).

Corporate culture, axiosphere, network society, organizational values

Сведения об авторах

Алексеев Владимир Васильевич

Профессор, зав. кафедрой информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: VVAlekseyev@mail.ru.

Алексеева Ольга Геннадьевна

Старший преподаватель кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 775-02-28. E-mail: olgaa1970@rambler.ru.

Ахлаков Махмудгаджи Камилович

Доцент кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 346-29-21. E-mail: ismre@eltech.ru.

Андреев Сергей Васильевич

Старший техник кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 230-97-32. E-mail: svan51@mail.ru.

Беляев Андрей Владимирович

Ведущий инженер института аналитического приборостроения РАН.

Тел.: +7 (905) 262-12-76. E-mail: abel2004@inbox.ru.

Богданов Александр Владимирович

Директор НОЦ «Метакомпьютинг» СПбГЭТУ, профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, д-р физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 920-82-92. E-mail: bogdanov@csa.ru.

Буй Минь Туан

Студент кафедры физической электроники и технологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (953) 377-89-69. E-mail: kqha_2015@yahoo.com.

Валов Александр Александрович

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

Тел.: (812) 234-60-77. E-mail: AAValov@mail.eltech.ru.

Васильев Алексей Юрьевич

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (950) 041-38-53. E-mail: orion@pochta.com.

Воробьев Сергей Викторович

Доцент кафедры прикладной механики и инженерной графики СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 346-29-17. E-mail: svvorobiev@yandex.ru.

Воронцова Надежда Валерьевна

Студентка кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 986-30-70. E-mail: nvvorontsova@list.ru.

Высоцкий Сергей Анатольевич

Инженер Санкт-Петербургского государственного горного института (Технический университет).

Тел.: +7 (921) 594-93-85. E-mail: nvvorontsova@list.ru corinth@rambler.ru.

Грязнов Артем Юрьевич

Доцент кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-35-59. E-mail: ay.gryaznov@yandex.ru.

Гуревич Борис Симхович

Ведущий специалист ЗАО «Научные приборы», д-р техн. наук.

Тел.: +7 (921) 745-61-26. E-mail bgurevich@mail.ru.

Демина Елена Анатольевна

Начальник отдела Института научно-методических исследований в области образования СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 346-29-21. E-mail: ismre@eltech.ru.

Жамова Карина Константиновна

Студентка кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-35-59. E-mail: karisha_kto@mail.ru.

Кадиев Исмаил Гаджиевич

Зам. декана ФЭМ по научной работе, доцент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

Тел.: +7 (906) 253-84-07. E-mail: ismmut@gmail.com.

Кичигин Вячеслав Владимирович

Аспирант, ассистент кафедры электротехнологической и преобразовательной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 698-18-73. E-mail: vyacheslav-kichigin@rambler.ru.

Кишмар Роман Васильевич

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-27-73. E-mail: romakishmar@mail.ru.

Колесников Евгений Игоревич

Аспирант кафедры компьютерных технологий Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, инженер.

Тел.: +7 (911) 716-65-27. E-mail: evgeniy777.84@gmail.com.

Колесов Илья Анатольевич

Аспирант кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 257-79-86. E-mail: ilkak@jmail.ru.

Комшилова Кира Олеговна

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-93-93.

Коновалова Вера Сергеевна

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 766-29-08. E-mail: VSKonovalova@inbox.ru.

Королев Павел Геннадьевич

Доцент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ,
канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: PGKorolyev@mail.eltech.ru.

Костикова Елена Валентиновна

Преподаватель кафедры математического моделирования и эконометрии Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций, инженер.

Тел.: (812) 251-64-88. E-mail: Kostikovaev@mail.ru.

Кривцова Галина Борисовна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук (НИЦЭБ РАН), ст. науч. сотр., канд. техн. наук.

Тел.: (812) 230-79-40. E-mail: g.b.krivtsova@ecosafety-spb.ru.

Кудрявцева Мария Евгеньевна

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

Тел.: +7 (921) 305-26-13. E-mail: mashutka331@yandex.ru.

Кутуан Ака Атаназ

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 300-65-46. E-mail: a akutuan@gmail.com.

Ла Мин Хтут

Аспирант кафедры вычислительной техники и информационной технологии СПбГМТУ.

Тел.: +7 (960) 264-98-30. E-mail: laminhtut@mail.ru.

Лаиманова Наталья Викторовна

Профессор кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7 (911) 741-81-28. E-mail: natalasha2007@rambler.ru.

Леньшин Александр Сергеевич

Научный сотрудник кафедры физики твердого тела и наноструктур Воронежского государственного университета, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: +7 (920) 771-81-04. E-mail: lenshin@phys.vsu.ru.

Лобанова Евгения Германовна

Студентка кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-35-59.

Максимов Алексей Иванович

Аспирант, ассистент кафедры электротехнологической и преобразовательной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 463-80-77. E-mail: aleksmaks@mail.ru.

Марченков Роман Юрьевич

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 926-93-23. E-mail: rmic@bk.ru.

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.

Молдовяну Петр Андреевич

Доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (921) 928-94-86. E-mail: nmold@mail.ru.

Морозова Лидия Григорьевна

Студентка кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 191-66-97. E-mail: Lida_Morozova@rambler.ru.

Мошников Вячеслав Алексеевич

Профессор кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ, д-р физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 234-31-64. E-mail: VAMoshnikov@mail.ru.

Мьё Тун Тун

Аспирант кафедры вычислительной техники и информационной технологии СПбГМТУ.

Тел.: +7 (905) 254-08-36. E-mail: bongelay@gmail.com.

Новикова Евгения Сергеевна

Преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (931) 210-43-55. E-mail: nmold@mail.ru.

Печенков Андрей Юрьевич

Доцент кафедры электротехнологической и преобразовательной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 346-47-78. E-mail: aypechenkov@mail.eltech.ru.

Позняк Игорь Владимирович

Доцент кафедры электротехнологической и преобразовательной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 275-26-35. E-mail: ivpozniak@mail.eltech.ru.

Попечителев Евгений Парфирович

Профессор кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук, засл. деятель науки РФ.

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

Сафьянников Николай Михайлович

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

Тел.: +7 (921) 754-74-21.

Северинова Вера Павловна

Зав. экспозиционным выставочным отделом Музея истории СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812) 346-47-79.

Спивак Юлия Михайловна

Ассистент кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ, канд. физ.-мат. наук.

Тел.: +7 (921) 771-81-04. E-mail: ymkanageeva@yandex.ru.

Степанов Борис Георгиевич

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-37-26. E-mail: BGStepanov@mail.eltech.ru.

Степанов Сергей Константинович

Доцент кафедры прикладной механики и инженерной графики СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 346-29-17. E-mail: stepser00@mail.ru.

Сухов Дмитрий Константинович

Аспирант Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН.

Тел.: (812) 234-28-27. E-mail: dimonfsb@gmail.com.

Травкин Павел Геннадьевич

Студент кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 633-10-56. E-mail: pasha_travkin@mail.ru.

Фам Шон Лам

Аспирант кафедры компьютеризации и проектирования оптических приборов Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.

Тел.: +7 (950) 002-89-65. E-mail: psonlamvn@yahoo.com.

Фаррохбахт Фумани Мехди

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (950) 014-68-99. E-mail: m79f@mail.ru.

Фролкин Анатолий Кузьмич

Студент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (950) 042-00-40. E-mail: AnFrolkin@gmail.com.

Цветков Сергей Валерьевич

Аспирант кафедры философии СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 550-26-12. E-mail: cvetkof@mail.ru.

Чарнецкий Александр Давидович

Президент ЗАО ТД «ТУРМАЛИН», д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 235-43-23. E-mail: VVAlekseev@mail.eltech.ru.

Челак Вячеслав Николаевич

Инженер-программист фирмы «Скайрос-технологии».

Тел.: +7 (921) 406-43-25. E-mail: tchelack@yahoo.com.

Шагаров Сергей Сергеевич

Студент кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 512-50-26. E-mail: Shagarovss@mail.ru.

Шаповалов Валентин Викторович

Заведующий кафедрой биотехнических систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-01-33. E-mail: val.shapovalov@mail.ru.

Шатунов Алексей Николаевич

Инженер кафедры электротехнологической и преобразовательной техники СПбГЭТУ,
канд. техн. наук.

Тел.: (812) 498-89-15. E-mail: an@shatunov.org.

Правила представления рукописей авторами

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

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи (статья должна быть объемом 4–8 маш. с., обзорная статья – до 16 маш. с.);
 - сведения об авторе(ах);
 - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
 - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Сведения об авторах должны содержать:

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

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

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

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

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Times New Roman» 14 pt; межстрочный интервал одинарный); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Times New Roman» 12 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman» 14 pt; жирный; выравнивание по левому краю; отступы слева и справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него – 12 pt; межстрочный интервал одинарный).

Аннотация содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.75 см; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал одинарный).

Ключевые слова состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него 9 pt; межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

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

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

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

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 8 pt, «символ» 14 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив; интервалы: перед формулой 6 pt, после нее 6 pt.

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

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом; интервалы: перед таблицей 4 pt, после нее 4 pt.

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

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и

обозначения на рисунке даются шрифтом размером 10 pt, индексы 8 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок и номер рисунка даются курсивом. Буквенные обозначения фрагментов рисунка (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) ставятся внизу фрагмента; интервалы: перед рисунком 6 pt, после него 6 pt.

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

Перечень основных тематических направлений журнала:

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

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

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