

Содержание

Редакционный совет:

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

* * *

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

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Баруздин С. А. Влияние параметров импульсов возбуждения
на амплитуду спинного эха 3

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Крупальник К. М., Корнилов Н. А., Кондратьева Т. А.
Установки быстрого термического отжига
для формирования омических контактов
полупроводниковых приборов на основе соединений A^3B^5 9

Мараева Е. В., Чеснокова Д. Б., Мошников В. А., Гамарц А. Е.
Исследование состава слоев на основе твердых
растворов селенида свинца - селенида кадмия методом
моделирования рентгеновских дифракционных линий 14

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Молдовян Н. А., Хо Нгок Зуй, Сухов Д. К. Протокол слепой
коллективной подписи на основе сложности задачи
дискретного логарифмирования 19

Филатов А. Ю. Математические модели качества системы
сопровождения пользователей 24

Миронов С. Э., Полукаров И. В., Сафьянников Н. М.
Транслятор описания топологии ячеек БИС
из реальной в технологически инвариантную форму 29

Лавров А. А., Яновский В. В. Идентификация
операционной системы удаленного хоста методами
анализа временных характеристик 34

Фаррохбахт Фумани Мехди. Автоматизированная система
смысловой обработки текстов в системе управления
электронными архивами 40

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Филатов Д. М., Кузнецов В. Е., Минав Т. А., Ян Ч., Якупов О. Э.
Компьютерное моделирование аксиально-поршневого насоса 45

Лямкин А. А., Макаров Н. В. Система антипомпажной
защиты газоперекачивающего агрегата 52

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Пронин М. В., Воронцов А. Г., Гоголев Г. А., Нахди Т.
Сравнение преобразователей частоты в цепи ротора
асинхронной машины в гидроаккумулирующих электростанциях 56

Ваганов М. А., Пантюхов Д. С. Преобразование
параметрического сомножителя в выражении
электромагнитного момента асинхронного двигателя 62

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Геращенко М. Д., Парфенов В. А. Формирование цветных оксидных пленок на поверхности металлов под воздействием лазерного излучения 68

Алексеев В. В., Чарнецкий А. Д., Королев П. Г.,
Комишилова К. О., Коновалова В. С., Марченков Р. Ю.
ИИС контроля и управления технологическим
процессом термического уничтожения отходов 72

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Быков В. В., Никитин А. В., Лозовой Л. Н. Построение и организация инструментальной среды на базе многоуровневых моделей для проведения лабораторного практикума по дисциплине «Теоретическая информатика» 79

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Подорова-Аникина О. Н. Современные политические коммуникации: факторы искажения восприятия 86

Почебут С. Н. Концепции новаций и инноваций в науке 91

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

Кузьмина В. М. Решение агитационно-пропагандистских задач индустриальной модернизации средствами изобразительного искусства в 1960–1980-е годы (на примере творчества художников Центрального Черноземья) 96

Сведения об авторах 102

Правила представления рукописей авторами 106

**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 14.03.11 г.

Формат 60 × 84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 13,5.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)

Заказ 11.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

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



УДК 539.143.4

С. А. Баруздин

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ НА АМПЛИТУДУ СПИНОВОГО ЭХА

Рассматривается зависимость амплитуды двух- и трехимпульсного эха от параметров импульсов возбуждения. Решается задача оптимизации амплитуды эха за счет выбора оптимальной амплитуды (длительности) импульса возбуждения при его фиксированной длительности (амплитуде).

Спиновое эхо, ядерный магнитный резонанс, спиновые процессоры, оптимизация параметров импульсов возбуждения

Спиновое эхо является импульсным методом наблюдения сигналов магнитного резонанса. Данный метод широко используется для физических и химических исследований. Кроме физики и химии он также находит успешное применение в настоящее время в биологии, медицине, материаловедении, геологии и других областях. Особо следует отметить успехи этого метода как современного метода интроскопии (магнитно-резонансная томография). Наряду с упомянутыми областями метод спинового эха также используется в устройствах обработки радиосигналов на базе спиновых процессоров, в частности, в качестве управляемых линий задержки и согласованных фильтров.

Интенсивность сигналов ядерного магнитного резонанса (ЯМР) сравнительно невелика, а зачастую сопоставима с уровнем собственных шумов регистрирующей аппаратуры. Амплитуда эха определяет верхнюю границу динамического диапазона спиновых процессоров. Поэтому важно возбудить эхо максимальной амплитуды. Амплитуда эха зависит от ряда факторов: вида возбуждаемого вещества и его объема, типа ядер, конструкции возбуждающей и регистрирующей катушек. В данной статье исследуется влияние параметров импульсов возбуждения на амплитуду эха.

Анализ эхо-сигналов основан на решении уравнений Блоха на интервалах, на которых действуют импульсы возбуждения, и на свободных от них интервалах. В результате решение для интервала, на котором возникает эхо, может быть определено путем последовательного решения системы дифференциальных уравнений для различных интервалов времени. Решение удобно представить в матричном виде, используя аппарат переходных матриц состояния.

Для определения состояния вектора намагниченности $\mathbf{M}(t, \Omega)$ в момент времени t по окончании второго импульса возбуждения необходимо последовательно использовать решение для интервалов, на которых действуют импульсы возбуждения, и для свободных интервалов (Ω – расстройка частоты относительно несущей частоты импульса, совпадающей с центральной частотой неоднородно уширенной линии поглощения). При этом решение для предыдущего интервала времени является начальным условием для последующего. В пренебрежении релаксационными процессами алгоритм решения строится в виде

$$\mathbf{M}(t, \Omega) = \mathbf{B}^{(2)} \mathbf{A}^{(2)} \mathbf{B}^{(1)} \mathbf{A}^{(1)} \mathbf{M}(-\tau_1 / 2), \quad (1)$$

где матрицы $\mathbf{A}$ являются переходными матрицами, определяющими решение для интервалов, на которых действуют импульсы возбуждения; матрицы $\mathbf{B}$ являются переходными матрицами, описывающими решение для свободных интервалов времени; цифры в скобках указывают порядковый номер импульса возбуждения и следующего за ним свободного интервала; τ_i – длительность i -го импульса возбуждения. Начальные условия для первого импульса соответствуют термодинамическому равновесию, в котором продольная компонента вектора намагниченности равна M_0 :

$$\mathbf{M}\left(-\frac{\tau_1}{2}\right) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ M_0 \end{bmatrix}.$$

Умножив переходную матрицу $\mathbf{A}^{(1)}$ на вектор начальных условий, получают состояние вектора $\mathbf{M}$ после первого импульса возбуждения. Это состояние является начальным условием для свободного интервала после первого импульса возбуждения и т. д. При этом в алгоритме (1) используется формальная запись переходных матриц $\mathbf{A}$ с элементами $a_{ik}(\Omega)$ и явный вид матриц $\mathbf{B}$ [1].

Сигнал эха индуцируется поперечной компонентой вектора намагниченности, поэтому в (1) интерес представляет состояние комплексной поперечной компоненты вектора намагниченности $\tilde{M}(t, \Omega)$ вектора $\mathbf{M}(t, \Omega)$. В двухимпульсном режиме возбуждения $\tilde{M}(t, \Omega)$ содержит три составляющие, которые соответствуют двум сигналам свободной индукции, формируемым после первого и второго импульсов возбуждения, и сигналу двухимпульсного эха 1–2, возникающему в момент $t = 2t_2$ (t_2 – задержка второго импульса относительно первого). Двухимпульсному эху соответствует отклик

$$\tilde{m}_2(t, \Omega) = M_0 a_{12}^{(2)}(\Omega) a_{23}^{(1)}(\Omega) \exp[i\Omega(t - 2t_2 + \tau_1 / 2)]. \quad (2)$$

Комплексная огибающая сигнала двухимпульсного эха определяется интегрированием всех изохромат (2) с весом, определяемым функцией низкочастотного эквивалента неоднородно уширенной линии поглощения $g(\Omega)$:

$$\tilde{M}_e(t) = M_0 \int_{-\infty}^{\infty} g(\Omega) a_{12}^{(2)}(\Omega) a_{23}^{(1)}(\Omega) \exp\left[i\Omega\left(t - 2t_2 + \frac{\tau_1}{2}\right)\right] d\Omega. \quad (3)$$

После подстановки элементов матрицы $\mathbf{A}$ в их явном виде в выражение (3) получают комплексную огибающую сигнала двухимпульсного эха.

Распространив алгоритм (1) на случай воздействия трех импульсов возбуждения, получим комплексную огибающую, соответствующую стимулированному (трехимпульсному) эху:

$$\tilde{M}_s(t) = M_0 \int_{-\infty}^{\infty} g(\Omega) a_{13}^{(3)}(\Omega) a_{32}^{(2)}(\Omega) a_{23}^{(1)}(\Omega) \exp \left[i\Omega \left(t - t_3 - t_2 + \frac{\tau_1 + \tau_2 - \tau_3}{2} \right) \right] d\Omega, \quad (4)$$

где t_3 – задержка третьего импульса относительно первого.

Входящие в (3) и (4) матричные коэффициенты для случая прямоугольных радиоимпульсов [2] имеют вид

$$\begin{aligned} a_{12} &= \frac{\tilde{R}^2}{\beta^2} \sin^2 \left(\frac{\beta\tau}{2} \right), \\ a_{23}^* &= a_{13} = \frac{2\tilde{R}\Omega}{\beta^2} \sin^2 \left(\frac{\beta\tau}{2} \right) - i \frac{\tilde{R} \sin \beta\tau}{\beta}, \\ a_{32}^* &= \frac{\tilde{R}^* \Omega}{\beta^2} \sin^2 \left(\frac{\beta\tau}{2} \right) - i \frac{\tilde{R}^* \sin \beta\tau}{2\beta}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\beta^2 = R^2 + \Omega^2$, $\tilde{R} = R \exp(i\phi)$; R – амплитуда (выраженная в единицах круговой частоты); τ – длительность; ϕ – начальная фаза радиоимпульса.

Известно [3], что в классическом методе возбуждения двухимпульсного эха, иллюстрируемом векторной моделью, под действием первого импульса равновесная намагниченность M_0 поворачивается на угол $\alpha_1 = R_1 \tau_1 = \pi/2$. После первого импульса намагниченность расфазирована из-за неоднородного характера распределения частот ЯМР. Вторым импульсом возбуждения поворачиваются все магнитные моменты на угол $\alpha_2 = R_2 \tau_2 = \pi$. После этого в момент времени $2t_2$ расфазированная намагниченность полностью восстанавливается, принимая значение M_0 . Таким образом, можно считать, что максимальное значение амплитуды двухимпульсного эха, нормированное к величине M_0 , равно 1.

Для симулированного эха максимальная амплитуда достигается при $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \pi$, и ее нормированное значение равно 0.5.

Однако векторная модель не учитывает конечной длительности импульсов возбуждения, из-за чего магнитные моменты ядер с различными частотами ЯМР претерпевают повороты на углы, отличные от упомянутых. Это приводит к уменьшению амплитуды эха относительно максимальных значений.

Рассмотрим возбуждение спинового эха в тонких магнитных пленках кобальта. В них ширина спектра ЯМР ядер Co^{59} составляет 10 МГц. Следовательно, ширина низкочастотного эквивалента неоднородно уширенной линии поглощения $g(\Omega)$ будет $\sigma_g = \pi \cdot 10^7$ рад/с. Форму линии будем считать гауссовской. На рис. 1 показаны зависимости амплитуд двухимпульсного эха (сплошная кривая) и стимулированного эха (пунктирная кривая) от длительности импульсов возбуждения τ . При этом для двухимпульсного эха $\alpha_1 = \pi/2$, $\alpha_2 = \pi$, а для стимулированного эха $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \pi$. Длительности всех импульсов возбуждения τ полагаются одинаковыми.

Из рис. 1 видно, что максимальные амплитуды двухимпульсного и стимулированного эха достигаются при стремлении длительности импульсов возбуждения τ к 0. Для согласованной с шириной спектра ЯМР по уровню 0.707 ширины спектра радиоимпульса его длительность $\tau = 0.1$ мкс. При этой длительности амплитуда двухимпульсного эха $M_e = 0.52$ (52 % от максимальной), а амплитуда стимулированного эха $M_s = 0.32$ (64 % от максимальной для стимулированного эха). Для того чтобы амплитуда эха составляла 95 % от максимальной, длительность импульса возбуждения для двухимпульсного эха должна быть равна 21 нс, а для стимулированного эха 37 нс, т. е. по сравнению с согласованной длительностью она должна быть в 5 раз короче для двухимпульсного эха и в 3 раза короче – для стимулированного.

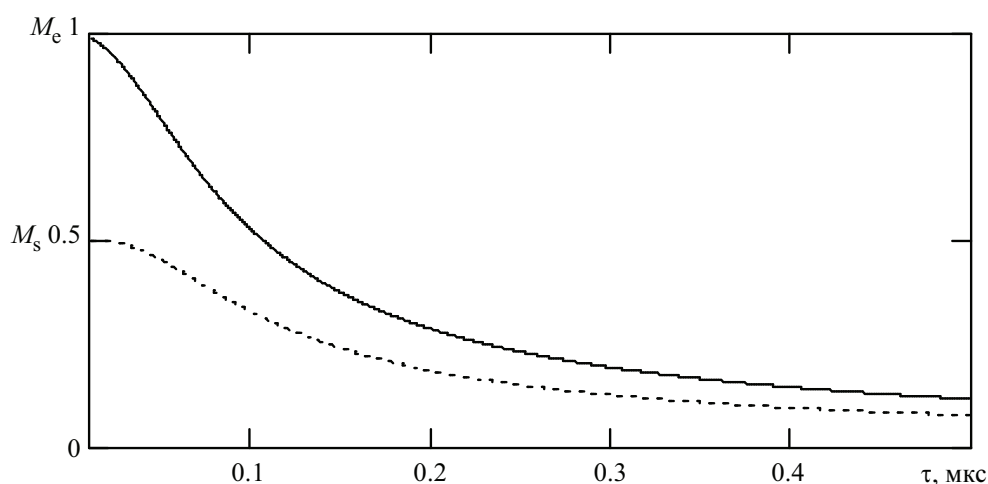


Рис. 1

Принято считать, что для получения максимальной амплитуды стимулированного эха параметры всех трех импульсов возбуждения должны удовлетворять условию $\alpha = R\tau = \pi/2$. В условиях, когда генератор импульсов возбуждения имеет ограничения на диапазон амплитуд или длительностей импульсов, это не совсем верно. На рис. 2 представлены графики зависимости амплитуды стимулированного эха от параметра α при различных фиксированных длительностях импульса τ . Такая ситуация имеет место, когда в генераторе нельзя установить длительность импульса меньше некоторой предельной величины.

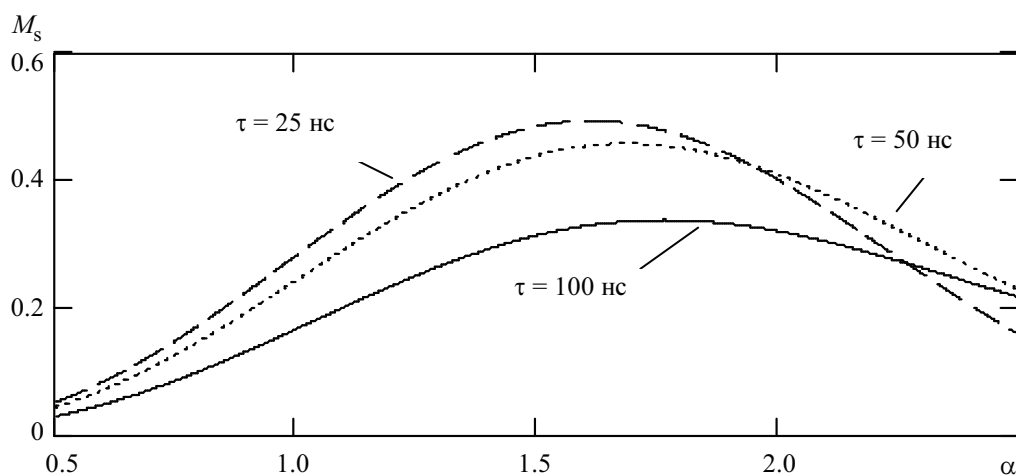


Рис. 2

Как видно из представленных графиков, каждому значению τ соответствует свое оптимальное значение α , отличное от $\pi/2$. Для импульсов длительностью 100, 50 и 25 нс оптимальные значения α равны, соответственно, 1.76; 1.69 и 1.61. По мере уменьшения длительности импульсов α приближается к значению $\pi/2$. При этом также возрастает и амплитуда эха.

На рис. 3 представлены графики зависимости амплитуды стимулированного эха от параметра α при различных фиксированных амплитудах импульса R [рад/с]. Такая ситуация имеет место при ограничениях на амплитуду (мощность) импульса возбуждения.

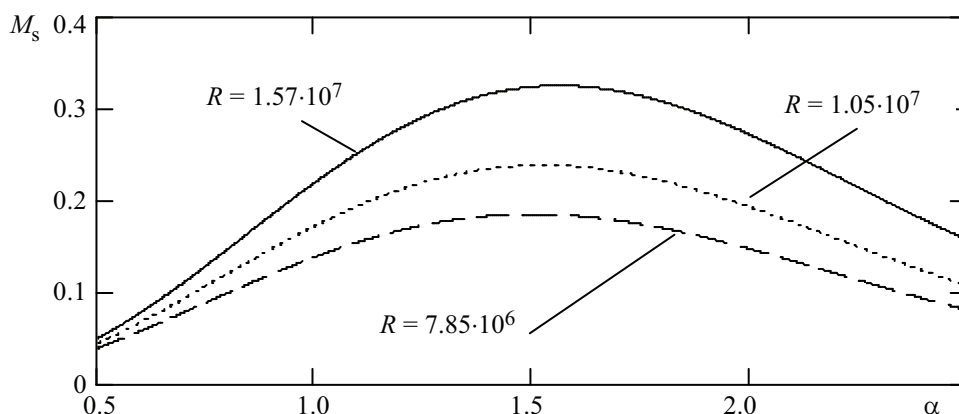


Рис. 3

Как видно из представленных графиков, максимальная амплитуда стимулированного эха достигается при различных значениях параметра α . Так, для амплитуд импульса $R = 1.57 \cdot 10^7$; $1.05 \cdot 10^7$ и $7.85 \cdot 10^6$ оптимальные значения α равны, соответственно, 1.56; 1.52 и 1.50. В данном случае эти значения близки к значению $\alpha = \pi/2$.

Максимальное относительное значение амплитуды двухимпульсного эха равно 1, а стимулированного – равно 0.5. Эти значения достигаются при длительностях импульсов возбуждения, стремящихся к 0. При конечной длительности импульсов возбуждения, когда ширина спектра центрального лепестка по уровню 0.707 равна ширине неоднородной линии поглощения по тому же уровню, амплитуда двухимпульсного эха равна 0.52, а амплитуда стимулированного эха 0.32. Для достижения амплитуды эха значения 95 % от максимальной для данного типа эха длительность импульса возбуждения для двухимпульсного эха должна быть в 5 раз короче, а для стимулированного эха в 3 раза короче этого значения. При ограничениях, накладываемых на амплитуду или длительность импульсов возбуждения, оптимальные значения параметра α могут отличаться от значения $\pi/2$.

Следует также отметить, что при использовании спиновых процессоров в качестве линий задержки и согласованных фильтров, в них в качестве управляющих сигналов используют короткие прямоугольные радиоимпульсы. Их конечная длительность снижает динамический диапазон процессоров. Поэтому полученные результаты могут быть использованы для анализа и моделирования работы спиновых процессоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

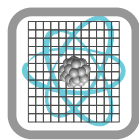
1. Функциональные устройства обработки сигналов (основы теории и алгоритмы): учеб. пособие для вузов / С. А. Баруздин, Ю. В. Егоров, Б. А. Калиникос и др.; под ред. Ю. В. Егорова. М.: Радио и связь, 1997.
2. Баруздин С. А. Стимулированное спиновое эхо при возбуждении псевдослучайными импульсами // Физика твердого тела. 2005. Т. 47, № 12. С. 2116–2120.
3. Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях. М.: Мир, 1990.

S. A. Baruzdin

INFLUENCE OF PARAMETERS OF PULSE EXCITATION ON AMPLITUDE OF SPIN ECHO

The dependence of amplitude of two and three-pulse echo on parameters of pulses excitation is considered. The task of optimization of amplitude of an echo is decided at the expense of a choice of optimum amplitude (duration) of a pulse of excitation at its fixed duration (amplitude).

Spin echo, nuclear magnetic resonance, spin processors, optimization of parameters of pulses of excitation



УДК 621.315.592

К. М. Крупальник, Н. А. Корнилов, Т. А. Кондратьева

УСТАНОВКИ БЫСТРОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ A^3B^5

Рассмотрены особенности технологического процесса формирования омических контактов полупроводниковых приборов на основе соединений A^3B^5 . Предложена экспериментальная конструкция нагревателя для установки быстрого термического отжига. Продемонстрированы результаты, полученные с помощью установок быстрого термического отжига серии STE RTA компании «Закрытое акционерное общество “Научное и технологическое оборудование”» (ЗАО «НТО», торговая марка SemiTEq).

Омический контакт, термическая обработка, быстрый термический отжиг

Проблемы технологического процесса формирования омических контактов. Современные полупроводниковые приборы на основе гетероструктур A^3B^5 составляют перспективную основу элементной базы микроэлектроники. В России технология создания подобных приборов: транзисторов, СВЧ интегральных схем на их основе, сейчас находится на стадии завершающихся опытно-конструкторских работ. За последние десять лет был решен ряд сложных технологических задач, в том числе связанных с этапами постростового цикла планарных технологических операций. Однако в настоящее время все еще существуют определенные сложности с реализацией различных важнейших технологических операций, таких как формирование омических контактов к приборам на основе гетероструктур A^3B^5 .

Технологический процесс формирования омического контакта состоит из двух основных этапов: непосредственно создание контактной металлизации и ее дальнейшая термическая обработка. Полученный после термической обработки контакт должен иметь как можно более высокую электропроводность и теплопроводность, вносить как можно меньшие механические напряжения, иметь хорошую адгезию к поверхности эпитаксиальной структуры, низкую шероховатость, быть технологичным и воспроизводимым.

Термическая обработка контактной металлизации, после ее физического осаждения, определяет такие ключевые параметры контакта, как морфология, омическое сопротивление. При этом обработка образцов на основе гетероструктур A^3B^5 с неоднородным по-

глощением оптического излучения по поверхности, имеющих в своем составе в качестве подложек такие материалы как карбид кремния, сапфир и др., сопряжена с рядом технологических трудностей. Поэтому в связи с развитием интереса к созданию различных полупроводниковых приборов возникает потребность в современном технологическом оборудовании для реализации процесса термической обработки.

Важнейшими технологическими параметрами процесса термической обработки являются температура процесса, однородность и скорость нагрева образца. Так, для отжига контактной металлизации к транзисторным гетероструктурам на основе нитрида галлия требуются скорости нагрева образца порядка $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и более при максимальной температуре $800\ldots 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]. Типичное время процесса составляет от 30 до 120 с. Допустимая неоднородность нагрева при этом не должна превышать 2–3 % на диаметре образца 100 мм, что обусловлено производственной необходимостью. Подобные технологические параметры используются для создания контактной металлизации на основе системы металлов титан–алюминий, например Ti/Al/Ni/Au [2]. При этом относительно низкая температура плавления алюминия диктует необходимость в высоких скоростях нагрева образца для исключения влияния расплавленного алюминия на структуру контакта, во избежание его деградации [3]. Высокая максимальная температура процесса обусловлена высокой, более $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурой образования фазы Ti_xN_y , которая обедняет приповерхностный слой полупроводника азотом, создавая вакансии азота, которые, в свою очередь, являются донорами для нитридных материалов.

Таким образом, для формирования омических контактов полупроводниковых приборов на основе гетероструктур A^3B^5 необходимо провести быструю высокотемпературную обработку металлизации. Такой процесс принято называть взрывным вжиганием [4]. В ряде случаев для термической обработки контактной металлизации к нитридным гетероструктурам используется так называемый флеш-процесс [5].

Конструкция большинства современных установок термической обработки имеет в своем составе нагревательный элемент на основе галогенных ламп накаливания. Общий принцип построения таких установок представлен на рис. 1. На рисунке обозначены: 1 – массив ламп; 2 – кварцевое окно для ввода излучения; 3 – образец; 4 – держатель образца. Подобные нагревательные элементы обладают низкой инерционностью и позволяют достичь скорости нагрева образца до $40\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и более. Низкая инерционность таких источников излучения также позволяет реализовать пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования для прецизионного управления процессом температурной обработки.

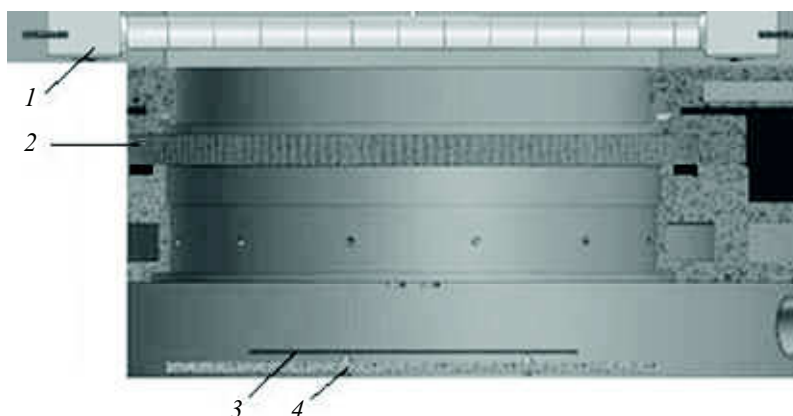


Рис. 1

Однако подобный принцип организации нагревательного элемента имеет ряд существенных недостатков, основным из которых является значительная неоднородность нагрева образцов с неоднородным поглощением оптического излучения по поверхности. К подобным образцам относятся, например, полупроводниковые транзисторные гетероструктуры, выращенные на сапфировых подложках. Такие образцы, как правило, имеют непостоянную степень заполнения сформированной на поверхности металлизацией, что приводит к неоднородности нагрева образца и низкой повторяемости технологического процесса в производственном цикле, особенно при обработке различных типов образцов мелкими сериями.

Кроме того, принцип расположения ламп внутри нагревательного элемента также влияет на однородность нагрева образца за счет неоднородного распределения падающего на поверхность образца излучения. При температурах порядка 600...800 °С этот эффект проявляется в виде светлых и темных пятен на поверхности полупроводниковой пластины, соответствующих форме и расположению нитей накаливания галогенных ламп в нагревательном элементе. Этот эффект возможно компенсировать, располагая несколько массивов ламп с разных сторон образца в различных геометрических конфигурациях, в том числе это могут быть два параллельных массива, образующих решетку.

Спектр излучения линейных галогенных ламп накаливания также влияет на однородность и эффективность нагрева образца. Так, наиболее распространенные линейные галогенные лампы с биспиральной нитью накаливания имеют широкий спектр излучения, часть которого лежит в видимом диапазоне. В то же время образец имеет различные коэффициенты поглощения такого излучения для подложки и сформированной металлизации, что и обуславливает низкую однородность нагрева. Эффективность нагрева образца определяется его коэффициентом поглощения, который увеличивается с увеличением длины волны излучения. С этой точки зрения видимая часть спектра излучения галогенных ламп накаливания уменьшает эффективность нагрева образца. Для повышения эффективности нагрева возможно использование инфракрасных галогенных ламп, спектр излучения которых также широкий, однако его пик значительно сдвинут в длинноволновую область.

Для устранения перечисленных недостатков нагревательных элементов на основе галогенных ламп накаливания авторами настоящей статьи была предложена конструкция термостатирующего элемента, которая легла в основу линии серийно выпускаемых установок быстрого термического отжига компании ЗАО «НТО». В качестве термостатирующего элемента используется держатель образца, изготовленный из материала, позволяющего улучшить распределение падающего на образец излучения. При этом образец поглощает не первичное излучение от галогенных ламп, а вторичное излучение термостатирующего элемента, испускаемое на длине волны, соответствующей его температуре. В качестве материала для термостатирующего элемента был выбран пиролитический графит. Держатель образца, выполненный из такого материала, обладает высокой теплопроводностью в плоскости, параллельной плоскости располагаемого на нем образца, что уменьшает неоднородность его нагрева галогенными лампами.

Конструкция предложенного термостатирующего элемента имеет вид двух плоских дисков, между которыми располагается образец. При температурах процесса порядка 800...1000 °С спектр излучения подобного элемента будет лежать в инфракрасной области, и излучение будет поглощаться образцом более эффективно, чем в случае с более ши-

роким спектром галогенных ламп. Кроме того, использование двух дисков способствует выравниванию температуры образца, так как фактически тепловая засветка происходит с двух сторон. Помимо термостатирующего элемента во всех установках термического отжига также применяются системы тепловых экранов, позволяющие повысить эффективность и увеличить однородность нагрева образца. На рис. 2 представлена общая схема построения нагревательного элемента для установок быстрого термического отжига серии STE RTA компании ЗАО «НТО». На рисунке обозначены: 1 – тепловые экраны; 2 – термостатирующий элемент из пиролитического графита; 3 – образец; 4 – кварцевое окно для ввода излучения; 5 – массив галогенных ламп.

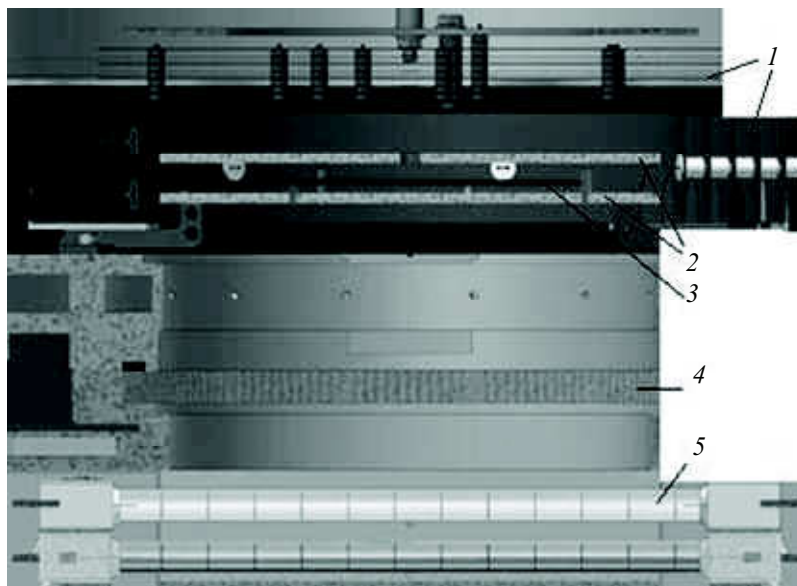


Рис. 2

На основе данной схемы были реализованы установки быстрого термического отжига STE RTA 79 и STE RTA 70H, предназначенные для проведения быстрой температурной обработки в управляемой газовой среде и вакууме. На рис. 3 показаны установки STE RTA 79 (слева) и STE RTA 70H (справа). Обе установки имеют возможность проведения многостадийного отжига образцов в автоматическом режиме со скоростями до 40 °C/с при температурах до 1300 °C.

Для проведения экспериментов по термической обработке были подготовлены образцы – полупроводниковые подложки диаметром 76 мм с выращенными нитридными гетероструктурами типа (Al, Ga)N/GaN и подложки диаметром 100 мм с гетероструктурами (Al, Ga)As/GaAs. В обоих случаях термическая обработка использовалась для создания омических контактов в рамках технологической цепочки создания полупроводниковых приборов. При помощи установки электронно-лучевого напыления STE EB 71 на подложки с нитридными и арсенидными гетероструктурами осаждались многослойные металлические покрытия Ti/Al/Ni/Au и Ni/Ge/Au соответственно. Однородность напыления этих покрытий по толщине типично составляла 1 % на диаметре образца 100 мм. Контроль толщины напыляемых покрытий производился в ходе процесса при помощи кварцевых датчиков-резонаторов измерения толщины, которые были предварительно юстированы посредством проведения нескольких процессов напыления и измерения толщины напыленного покрытия при помощи профилометра.



Рис. 3

При помощи установки STE RTA 79 был проведен ряд экспериментов по вжиганию полученных многослойных металлических систем. Максимальная температура нагрева образцов составила 800...850 °С при скорости нагрева на линейном участке 35...40 °С/с (для различных режимов обработки нитридных структур). Время экспозиции при максимальной температуре составляло от 60 до 90 с. Температура измерялась при помощи термопар. Типичное измеренное значение неоднородности нагрева образца не превышало 2 % на диаметре 100 мм при температуре 800 °С. При этом воспроизводимость достижения заданного температурного режима не превышала 1 % от заданной температуры.

Полученные значения контактного сопротивления для нитридных гетероструктур – $R_k = 0.4...0.6 \text{ Ом} \cdot \text{мм}$ при значении шероховатости поверхности $R_a = 0.2...0.09 \text{ мкм}$. Для слаболегированных арсенидных контактных слоев – $R_k = 0.15...0.25 \text{ Ом} \cdot \text{мм}$, $R_a = 0.05...0.01 \text{ мкм}$. Разброс значений сопротивления по пластине не превысил 5 % для пластин диаметром 100 мм. Значения сопротивлений измерялись при помощи зондовой автоматической станции методом «длинной линии».

Стоит отметить, что незначительная характерная неоднородность нагрева, которая наблюдалась на некоторых нитридных образцах, выращенных на сапфировых подложках и подложках из карбида кремния, является следствием неплотного прилегания пластины к держателю образца. Этот эффект обусловлен не идеально ровной поверхностью образца со стороны подложки вследствие внутренних механических напряжений самой структуры. В настоящий момент авторами статьи ведутся эксперименты по нейтрализации этого эффекта за счет использования держателя образцов специальной конструкции.

В качестве заключения необходимо отметить, что созданные в компании ЗАО «НТО» установки быстрого термического отжига серии STE RTA на основе новых нагревательных элементов в составе комплекса оборудования планарного технологического цикла позволяют проводить как исследовательские, так и промышленные работы по формированию низкоомных омических контактов полупроводниковых приборов на основе современных материалов Al^3V^5 .

Исследования поддержаны госконтрактом № 16.740.11.0374 от 01.12.2010 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ruvimov S. Microstructure of Ti/Al and Ti/Al/Ni/Au ohmic contacts for *n*-GaN // Applied Physics Letters. 1996. Vol. 69, № 11. P. 1556–1558.
2. Отечественные установки электронно-лучевого напыления. Реализация низкоомных омических контактов к мощным нитридным СВЧ-транзисторам на основе тугоплавких материалов / С. Б. Александров, А. Н. Алексеев, Е. А. Веселова и др. // Тр. 9-й Междунар. конф. «Пленки и покрытия–2009». СПб., 2009. С. 179.
3. Luther B. P., Mohny S. E. Investigation of the mechanism for Ohmic contact formation in Al and Ti/Al contacts to *n*-type GaN // Applied Physics Letters. 1997. Vol. 70. P. 57–59.
4. Fiory A. T. Methods in Microelectronics for Rapid Thermal Annealing of Implanted Dopants / Ed. by B. L. Sopori // 11th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cell Materials and Processes. 2001. NREL/BK-520 – 30838. P. 102.
5. Prucnal S., Sun J. M. Flash Lamp Annealing vs Rapid Thermal and Furnace Annealing for Optimized Metal-Oxide-Silicon-Based Light-Emitting Diodes // Solid-State Letters. 2007. Vol. 10. Issue 2. P. H50–H52.

K. M. Krupalnik, N. A. Kornilov, T. A. Kondratyeva

RAPID THERMAL ANNEALING SYSTEMS FOR A³B⁵ SEMICONDUCTOR DEVICES OHMIC CONTACT FORMATION

Details of ohmic contact formation technological process to A³B⁵ semiconductor devices were examined. Experimental heater design for rapid thermal annealing system was shown. Experimental results were shown using STE RTA rapid thermal annealing systems by SemiTEq JSC.

Ohmic contact, thermal processing, rapid thermal annealing

УДК 539.216.2:549.328

*Е. В. Мараева, Д. Б. Чеснокова,
В. А. Мошников, А. Е. Гамари*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СЛОЕВ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СЕЛЕНИДА СВИНЦА – СЕЛЕНИДА КАДМИЯ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ

Приведены результаты исследования фазового состава и фотолюминесценции слоев на основе твердых растворов Pb_{1-x}Cd_xSe (x = 0...0.20) для создания излучателей, работающих в среднем ИК-диапазоне.

Наноструктурированные слои, твердые растворы, рентгеновский фазовый анализ, фотолюминесценция

Поликристаллические слои на основе селенида свинца используются при формировании фотоприемников и излучателей среднего инфракрасного (ИК) диапазона, работающих при комнатной температуре. Одной из основных областей технического использования фотоприемников и излучателей являются оптические газоанализаторы для регистрации углекислого газа и углеводородов. Для сдвига спектральной характеристики приборов в коротковолновую область используют твердые растворы селенида свинца–селенида кадмия (PbSe–CdSe). Кадмий, входя в подрешетку свинца, образует твердые растворы замещения. Его введение приводит к увеличению ширины запрещенной зоны и получению высокой фотолюминесценции в заданном диапазоне. Технология получения фотолюминесцентных поликристаллических структур включает в себя многостадийные активационные термические отжиги [1], в ходе которых появляются новые фазы, меняется микроструктура слоев и образуются слои твердых растворов переменного состава [2], [3].

Целью работы, результаты которой представлены настоящей статьей, являлось установление связи между составом и условиями активации слоев на основе твердых растворов $\text{Pb}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Se}$ ($x = 0 \dots 0.20$). Состав активированных слоев твердых растворов определен путем моделирования рентгеновских дифракционных линий.

Эксперимент и обсуждение результатов. Для исследования были выбраны слои твердых растворов PbSe-CdSe с различным содержанием кадмия, легированные и не легированные йодом.

Для получения структур, предназначенных для регистрации углекислого газа, были выбраны исходные слои с содержанием кадмия до 4 % (тип 1). Для получения структур, излучающих на длине волны 3.3 мкм и применяемых для регистрации пропана, использовались исходные слои с содержанием кадмия в шихте 20 % (тип 2). Необходимое содержание кадмия для смещения спектральной характеристики рассчитывали, используя линейную зависимость ширины запрещенной зоны от состава твердого раствора.

В процессе термической активации образуются слои твердых растворов переменного состава, даже если исходные слои имеют постоянный состав. Оценку состава твердых растворов проводили в среде LabVIEW с помощью специальной программы. Принцип ее действия основан на моделировании формы и положения каждого рефлекса для известных условий съемки (длины волны рентгеновского излучения) и заданного набора составов твердого раствора и сравнении полученного результата с экспериментом. Было установлено, что форма дифракционных линий твердых растворов постоянного состава хорошо описывается функцией Лоренца. На рис. 1 приведен пример моделирования рефлекса (311) слоя твердого раствора PbSe-CdSe с содержанием кадмия 4 % (1 – моделирующая линия, 2 – дифракционная линия из рентгенограммы).

Положение угла θ для твердого раствора с содержанием кадмия x рассчитывали, исходя из правила Вегарда, по формуле

$$\theta = \arcsin \left(\frac{\sqrt{m}\lambda}{2(a_{\text{PbSe}}(1-x_i) + a_{\text{CdSe}}x_i)} \right),$$

где a_{PbSe} и a_{CdSe} – период решетки селенида свинца и селенида кадмия соответственно; λ – длина волны рентгеновского излучения; $m = H^2 + K^2 + L^2$.

В процессе расчетов проводилось суммирование линий для всех отдельных составов x_i от x_1 до x_2 , каждая из которых моделировалась функцией Лоренца с учетом факторов, влияющих на ширину и интенсивность рентгеновской дифракционной линии.

Ширина дифракционных линий определяется многими параметрами [4]. В первую очередь, изменение ширины линии при изменении угла θ для всех фаз определяется выражением

$$\Delta\theta \approx \text{tg } \theta.$$

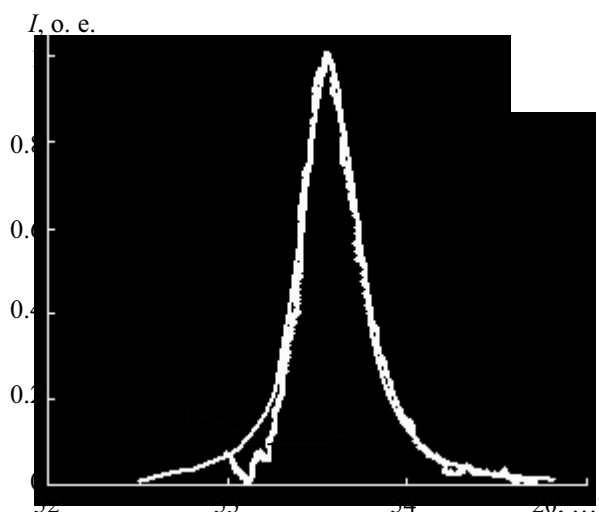


Рис. 1

Кроме того, при исследовании наноструктурированных образцов важно определить, какой вклад в общее уширение линии дает размерный эффект. Размер кристаллитов в исследуемых слоях составлял в среднем 150 нм. Зависимость между величиной дифракционного размытия и значением угла θ устанавливалась с использованием формулы Шеррера [4].

На рис. 2 представлены зависимости уширения линии B от угла 2θ , рассчитанные для разных размеров кристаллитов D . Из рисунка видно, что при размере кристаллитов, равном 150 нм, уширение рентгеновской линии является незначительным на углах 2θ , не превышающих 120° . В диапазоне значений углов $2\theta = 40...120^\circ$ уширение линии составляет приблизительно 0.02° . Из этого можно сделать вывод, что размерным эффектом в данном диапазоне значений углов можно пренебречь.

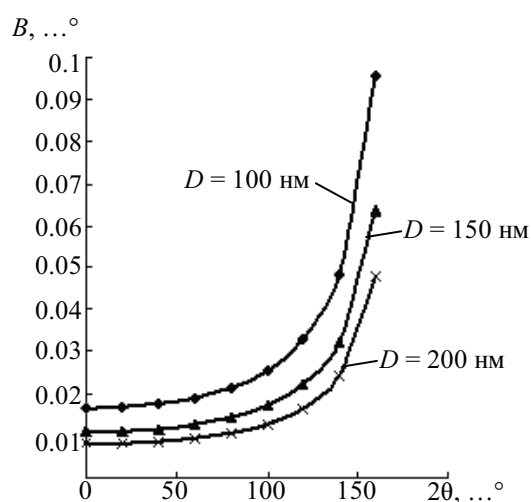


Рис. 2

Еще одной причиной уширения линий является степень несовершенства структуры исходного слоя. Сравнение рефлексов для исходных и активированных слоев чистого селенида свинца показало, что при отжиге полуширина линий не меняется. Поэтому изменение формы и полуширины линии связывалась авторами в первую очередь с изменением состава твердого раствора.

Исходя из ограничений, накладываемых размерным эффектом, моделирование проводилось в диапазоне значений углов $2\theta = 40...120^\circ$. В процессе моделирования дифракционных линий также принимали во внимание изменение интенсивности линий в зависимости от состава твердых растворов. Изменение интенсивности линии при изменении состава твердого раствора для четных m определяется выражением

$$I \approx 16(f_{\text{Me}} + f_{\text{Se}})^2 F;$$

для нечетных m :

$$I \approx 16(f_{\text{Me}} - f_{\text{Se}})^2 F,$$

где $f_{\text{Me}} = x f_{\text{Cd}} + (1-x) f_{\text{Pb}}$; f_{Cd} , f_{Pb} , f_{Se} – атомный фактор рассеяния рентгеновских лучей кадмием, свинцом и селеном соответственно; F – угловой множитель интенсивности [4].

Дополнительно принималось во внимание наличие в рентгеновском спектре двух линий, связанных с переходами $k_{\alpha 1}$ и $k_{\alpha 2}$.

Одной из задач рентгеновского анализа с использованием изложенной методики было проследить, как меняется состав твердого раствора в зависимости от условий активационных отжигов (температуры и состава газовой среды), а также от исходного состава слоев.

В ходе исследования было установлено, что для слоев твердых растворов, полученных из исходных слоев с содержанием кадмия 4 % (тип 1), состав твердого раствора сохраняется. Это объясняется тем, что молярная доля селенида кадмия ($x = 0.04$) для данного типа растворов отвечает области растворимости на равновесной диаграмме состояния [5], и, следовательно, такие твердые растворы являются устойчивыми.

Для пересыщенных слоев твердых растворов, полученных из исходных слоев с содержанием кадмия до 20 % (тип 2), было зафиксировано изменение состава твердых растворов в зависимости от условий отжига. Оценка состава раствора методом моделирования для слоев типа 2, активированных при температуре 690 К, приведена в таблице.

Рефлекс, HKL	Условия обработки слоя (температура и состав среды)	Содержание кадмия в растворе, %
(311)	Исходный слой	3.0...15.5
	690 К, кислород	3.0...8.5
	690 К, йод и кислород	4.0
(600)	Исходный слой	3.0...16.0
	690 К, кислород	3.0...10.0
	690 К, йод и кислород	3.0...5.0

На рис. 3 приведен пример моделирования рефлекса (600) для одного из слоев типа 2, активированного при температуре 690 К в атмосфере кислорода (*1* – моделирующая линия; *2* – дифракционная линия из рентгенограммы).

На рис. 4 в качестве примера приведены линии, соответствующие рефлексам (600) для слоев типа 2: *1* – исходных; *2* – обработанных при температуре $T = 690$ К в атмосфере кислорода; *3* – обработанных в атмосфере, содержащей кислород и йод. После обработки в атмосфере кислорода смещалась правая часть линии, относящаяся к высокому содержанию кадмия. В случае обработки в атмосфере, содержащей йод, происходило сужение и смещение рентгеновских линий в сторону меньших значений углов, что соответствует еще более низкому содержанию кадмия. Оценка состава по форме и ширине линии (см. таблицу) дает значение $x = 0.03...0.05$. Таким образом, химическая активность йода способствует выводу кадмия из метастабильного твердого раствора.

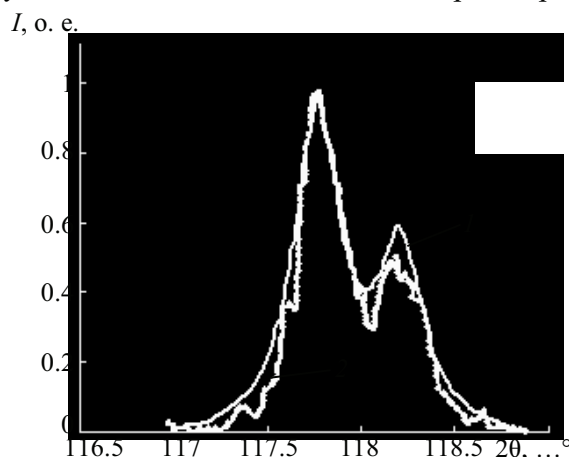


Рис. 3

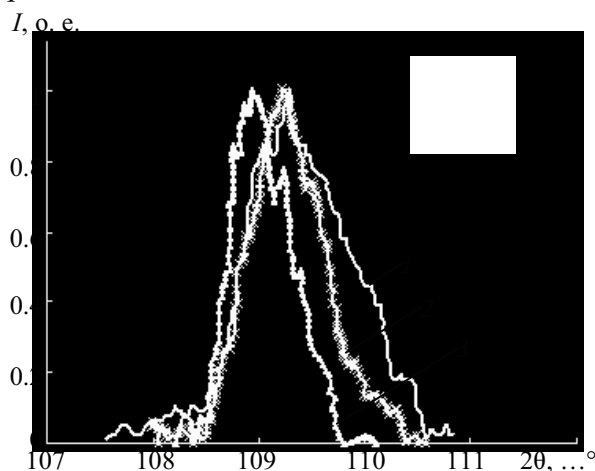


Рис. 4

При увеличении температуры отжига до 760 К получали аналогичную картину смещения рентгеновских линий. Таким образом, при повышении температуры роль йода в изменении состава твердого раствора четко повторяется. Однако с увеличением температуры отжига в составе твердых растворов наблюдали большее содержание кадмия. Это соответствует положению линии сольвуса на T - X -проекции диаграммы состояния системы PbSe–CdSe [5].

Приведенные закономерности хорошо согласуются со спектрами фотолюминесценции. Сопоставление спектров фотолюминесценции слоев, отоженных при одинаковой температуре, но имеющих разные исходные составы, показывает, что положения максимумов по оси длин волн совпадают. Это говорит о том, что твердые растворы с разным исходным содержанием кадмия в процессе отжига стремятся к одному и тому же равновесному составу.

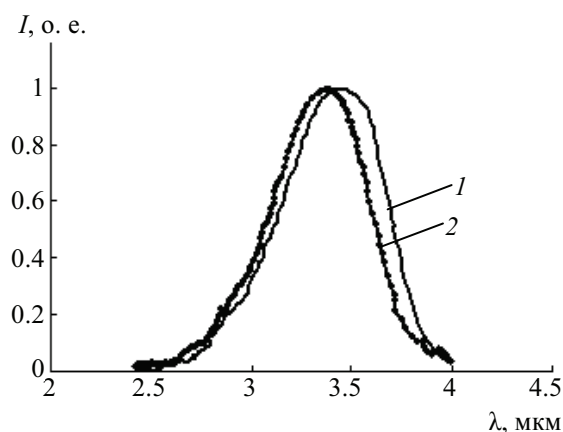


Рис. 5

На рис. 5 приведены спектры фотолюминесценции для структур типа 2, активированных при одной и той же температуре в условиях с различным составом газовой среды: 1 – в атмосфере кислорода; 2 – в атмосфере, содержащей кислород и йод. Из рисунка видно, что в присутствии йода спектр смещается в сторону больших значений длин волн. Это коррелирует с оценкой состава методом рентгеновского фазового анализа (РФА) и объясняется тем, что химическая активность йода способствует выводу кадмия из пересыщенного твердого раствора.

Сопоставление спектров фотолюминесценции слоев типа 2, отожженных в атмосфере йода при разных температурах, показало, что при повышении температуры отжига максимум спектров люминесценции смещается в сторону меньших значений длин волн, что соответствует более высокому содержанию кадмия.

Таким образом, в ходе исследования были установлены общие закономерности, отражающие влияние условий формирования фотолюминесцентных структур на их состав. Исследование показало, что слои, полученные из исходной шихты с высоким содержанием кадмия, имеют не определенный состав твердого раствора, а характеризуются диапазоном составов. Установлено, что в результате проведения отжигов происходит уменьшение содержания кадмия в твердых растворах, состав приближается к равновесному.

На основании проведенных исследований были определены условия активационных отжигов, обеспечивших получение излучателей со спектральной характеристикой на определенной длине волны в заданном диапазоне, работающих при комнатной температуре.

Работа проводилась при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2009–2013 гг., ГК № ПЗ99, ГК № П1249.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубченко Н. В., Мошников В. А., Чеснокова Д. Б. Влияние примесей на кинетику и механизм термического окисления поликристаллических слоев PbSe // Неорг. материалы. 2006. Т. 42, № 9. С. 1040–1049.
2. Голубченко Н. В., Мошников В. А., Чеснокова Д. Б. Исследование микроструктуры и фазового состава поликристаллических слоев селенида свинца в процессе термического окисления // Физика и химия стекла. 2006. Т. 32, вып. 3. С. 464–478.
3. Гамарц А. Е., Мошников В. А., Чеснокова Д. Б. Фотолюминесценция в поликристаллических слоях $Pb_{1-x}Cd_xSe$, активированных в присутствии паров йода // ФТП. 2006. Т. 40, вып. 6. С. 683–685.
4. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия / Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. М. Иванов, Л. Н. Расторгуев. М.: Металлургия, 1982. 632 с.
5. Томашик З. Ф., Олейник Г. С., Томашик В. Н. Диаграмма состояния системы PbSe–CdSe // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1980. Т.16, № 2. С. 261.

E. V. Maraeva, J. B. Chesnokova, V. A. Moshnikov, A. E. Gamarts

STUDYING THE COMPOSITION OF LEAD SELENIDE – CADMIUM SELENIDE SOLID SOLUTIONS BY THE X-RAY DIFFRACTION LINES MODELLING

The nanostructured layers based on lead selenide-cadmium selenide solid solutions are reported. The influence of terms of layers formation on their phase and photoluminescence properties is under discussion.

Nanostructured layers, solid solutions, X-Ray diffraction analyses, photoluminescence



УДК 681.3

Н. А. Молдовян, Хо Нгок Зуй, Д. К. Сухов

ПРОТОКОЛ СЛЕПОЙ КОЛЛЕКТИВНОЙ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ СЛОЖНОСТИ ЗАДАЧИ ДИСКРЕТНОГО ЛОГАРИФИМИРОВАНИЯ

На основе сложности задачи дискретного логарифмирования разработан протокол слепой коллективной подписи, расширяющий функциональность схемы электронной цифровой подписи Шнорра и обеспечивающий целостность коллективной электронной цифровой подписи.

Криптографический протокол, электронная цифровая подпись, коллективная подпись, слепая подпись, слепая коллективная подпись

Протокол слепой подписи впервые был предложен в работах [1], [2], а схема слепой коллективной подписи – в работе [3]. Первая реализация криптографического протокола данного типа была выполнена на основе сложности задачи извлечения корней большой простой степени по простому модулю длины 1024 бит и более. Недостатком этой реализации является достаточно большой размер подписи – 1184 бит. Для практического использования таких протоколов в системах электронных денег и системах тайного электронного голосования представляет интерес построение протоколов слепой коллективной подписи с меньшим размером. Также представляется целесообразным использовать в качестве базовой схемы электронной цифровой подписи (ЭЦП) алгоритмы ЭЦП, основанные на сложности задачи дискретного логарифмирования.

В настоящей статье рассмотрен вопрос синтеза протокола слепой коллективной подписи сравнительно малого размера (320 бит), основанного на базовой схеме ЭЦП Шнорра [4].

В схеме ЭЦП Шнорра используется открытый ключ y , вычисляемый по формуле $y = \alpha^x \bmod p$, где x – личный секретный ключ пользователя, являющегося владельцем открытого ключа y ; p – простое число размером не менее 1024 бит; α – число, относящееся по модулю p к простому показателю q сравнительно малого размера (160 бит). Подпись генерируется в виде пары чисел (E, S) .

Вычисление ЭЦП к сообщению M предусматривает следующие шаги:

1. Сгенерировать случайное число k , $1 < k < q$.
2. Вычислить значение $R = \alpha^k \bmod p$.

3. К сообщению M присоединить число R и вычислить значение хэш-функции F_H от значения $M\|R$: $E = F_H(M\|R)$ – рандомизирующий параметр ЭЦП.

4. Вычислить второй элемент ЭЦП: $S = k + xE \bmod q$.

Процедура проверки подлинности ЭЦП осуществляется следующим образом:

1. Вычислить значение R' : $R' = y^{-E} \alpha^S \bmod p$.

2. К сообщению M присоединить число R' и вычислить значение хэш-функции $E' = H(M\|R')$.

3. Сравнить значения E и E' . Если $E = E'$, то подпись считается подлинной.

Достоинством схемы подписи Шнорра является защищенность от атак на основе предварительно найденных коллизий, поскольку перед хэшированием подписываемого сообщения к нему присоединяется случайное значение R .

Используя общий подход к построению схем коллективной ЭЦП, представленный в работе [5], на основе схемы ЭЦП Шнорра был разработан следующий протокол коллективной ЭЦП. Пусть m пользователей, владеющих открытыми ключами $y_1, y_2, \dots, y_m$, желают подписать один и тот же электронный документ M единой на всех коллективной подписью. При этом указанные открытые ключи были вычислены по формуле $y_i = \alpha^{x_i} \bmod p$, где x_i – личный секретный ключ i -го пользователя ($i = 1, 2, \dots, m$). Предполагается, что подлинность коллективной ЭЦП проверяется в соответствии с проверочной процедурой алгоритма Шнорра, за исключением того, что в это уравнение вместо индивидуального открытого ключа подставляется коллективный открытый ключ y , представляющий собой произведение открытых ключей всех подписывающих: $y = y_1 y_2 \dots y_m \bmod p$.

Генерация коллективной ЭЦП к документу M выполняется следующим образом:

1. Каждый i -й пользователь ($i = 1, 2, \dots, m$) генерирует случайное число k_i , такое, что $1 < k_i < q$ (это число играет роль разового секретного ключа), и вычисляет значение $R_i = \alpha^{k_i} \bmod p$, которое предоставляет для коллективного использования.

2. Вычисляется произведение $R = R_1 R_2 \dots R_m \bmod p$, играющее роль общего рандомизирующего элемента, представляющего собой свертку индивидуальных рандомизирующих значений R_i ($i = 1, 2, \dots, m$) пользователей, участвующих в формировании коллективной ЭЦП. Указанное произведение может вычислить один из пользователей и разослать его остальным, либо это может сделать каждый пользователь самостоятельно. Выбор одного из этих вариантов не влияет на достигаемый уровень безопасности коллективной ЭЦП.

3. К подписываемому сообщению M присоединяется параметр R и коллективный открытый ключ y , после чего вычисляется значение $E = F_H(M\|R\|y)$. Это может сделать один из пользователей и затем разослать значение E остальным. Возможен также вариант, в котором каждый из пользователей самостоятельно вычисляет значение $E = F_H(M\|R\|y)$.

4. Каждый i -й пользователь ($i = 1, 2, \dots, m$) по своему значению k_i , по своему секретному ключу x_i и по значению E вычисляет свою долю в коллективной подписи в соответствии с формулой $S_i = (k_i + x_i E) \bmod q$. Все значения S_i рассылаются каждому пользователю.

5. Вычисляется второй параметр S коллективной цифровой подписи в виде свертки индивидуальных долей S_i по формуле $S = S_1 + S_2 + \dots + S_m \bmod q$.

Коллективной подписью является пара чисел (S, E) . Размер коллективной подписи не зависит от числа пользователей, подписавших документ, и равен суммарной длине числа q и значения E . При использовании 160-битовой хэш-функции размер коллективной ЭЦП равен 320 бит.

Коллективная подпись проверяется следующим образом:

1. Вычислить коллективный открытый ключ в виде свертки $y = y_1 y_2 \dots y_m \bmod p$ индивидуальных открытых ключей пользователей, участвующих в разделении коллективной подписи (S, E) к сообщению M .

3. Вычислить значение $P = \alpha^S y^{-E} \bmod p$.

4. К подписываемому сообщению присоединить параметр P и коллективный открытый ключ, после чего вычислить значение $E_P = F_H(M \parallel P \parallel y)$.

5. Сравнить значения E_P и E . Если $E_P = E$, то коллективная подпись, соответствующая заданной совокупности пользователей, признается действительной, в противном случае подпись отвергается.

Подставляя значение коллективной подписи, полученное в описанной процедуре генерации коллективной ЭЦП, в процедуру проверки подписи, легко доказать корректность предложенной схемы коллективной подписи. На шаге 2 процедуры генерации ЭЦП и на шаге 4 процедуры проверки ЭЦП значение хэш-функции вычисляется в зависимости от коллективного открытого ключа. Это делается с целью зафиксировать коллектив подписывающих и сделать практически невозможными попытки формирования других подписей по известной коллективной ЭЦП, т. е. для обеспечения целостности коллективной подписи. Если не делать такой привязки, то могут оказаться возможными атаки на протокол коллективной ЭЦП, состоящие в том, что по известной подписи формируются другие коллективные ЭЦП, соответствующие увеличенному или уменьшенному коллективу подписывающих.

Следует также отметить, что практическое использование предложенного протокола коллективной ЭЦП может опираться на существующую инфраструктуру открытых ключей, которая в настоящее время применяется для случая обычных индивидуальных ЭЦП. Однако в случае коллективных ЭЦП возможны атаки, направленные на формирование коллективной подписи для некоторого фиксированного числа подписывающих. Данные атаки предполагают возможность получения атакующим цифровых сертификатов с некорректно сформированным открытым ключом. Предотвращение таких атак связано с требованием явного выполнения процедуры проверки корректности представляемого для регистрации открытого ключа. Данная проверка состоит в демонстрации возможности формирования индивидуальной ЭЦП к некоторому электронному сообщению, которая успешно проходит проверочную процедуру при использовании регистрируемого открытого ключа. Например, представляемая заявка на получение сертификата должна быть подписана заявителем.

По аналогии с доказательством сводимости стойкости протокола коллективной ЭЦП к стойкости базовой схемы ЭЦП, предложенной в работе [6] для случая коллективной ЭЦП на основе стандартов ГОСТ Р 34.10–94 и ГОСТ Р 34.10–2001, можно легко показать, что для описанного протокола допущение возможности подделки коллективной ЭЦП приводит к возможности подделки индивидуальной ЭЦП в базовой схеме ЭЦП. Поскольку использованный в качестве базовой схемы ЭЦП алгоритм Шнорра относится к доказуемо стойким схемам ЭЦП [7], то протокол коллективной ЭЦП на его основе также является стойким.

Пусть некоторый пользователь A желает получить коллективную подпись к некоторому сообщению M . Пусть документ подписывают m субъектов, владеющих открытыми ключами $y_1, y_2, \dots, y_m$. При этом при формировании коллективной ЭЦП подписывающие не должны иметь возможность ознакомиться с сообщением M и впоследствии при получении подписывающими этого сообщения и подлинной подписи к нему они не должны иметь возможности однозначно установить пользователя, представившего этот документ на подпись (предполагается, что слепая ЭЦП формировалась ко многим различным сообщениям). Последнее требование известно как задача обеспечения анонимности (неотслеживаемости). Эта задача решается с применением протоколов слепой подписи [1], [2]. Протокол такого типа может быть разработан на основе алгоритма ЭЦП Шнорра путем комбинирования протокола коллективной подписи и известного протокола слепой подписи [8].

Процедура генерации слепой коллективной ЭЦП к документу M выполняется следующим образом:

1. Каждый i -й пользователь ($i = 1, 2, \dots, m$) генерирует случайное число k_i , такое, что $1 < k_i < q$ (это число играет роль разового секретного ключа), вычисляет значение $R_i = \alpha^{k_i}$ и предоставляет это значение для коллективного использования.

2. Вычисляется произведение $R' = R_1 R_2 \dots R_m \bmod p$, после чего значение R' передается пользователю A .

3. Пользователь A генерирует случайные числа τ ($1 < \tau < q$) и ε ($1 < \varepsilon < q$), вычисляет значения $R = R' y^\tau \alpha^\varepsilon$, $E = F_H(R||M)$ и $E' = E + \tau \bmod q$. Затем он направляет значение E коллективу подписывающих.

4. Каждый i -й подписывающий ($i = 1, 2, \dots, m$) по своему значению k_i , по своему секретному ключу x_i и по значению E' вычисляет свою долю в слепой коллективной подписи в соответствии с формулой $S_i = (k_i + x_i E') \bmod q$. Все значения S_i рассылаются каждому подписывающему.

5. Вычисляется второй параметр S' слепой коллективной цифровой подписи в виде свертки индивидуальных долей S_i по формуле $S' = S_1 + S_2 + \dots + S_m \bmod q$. Затем значение S направляется пользователю A .

6. Пользователь A вычисляет значение $S = S' + \varepsilon \bmod q$.

Пара чисел (E, S) представляет собой подлинную коллективную подпись к сообщению M . Проверка этой коллективной подписи осуществляется в соответствии с процедурой проверки, описанной ранее. Докажем корректность протокола, т. е. то, что сформированная коллективная подпись (E, S) распознается процедурой проверки как подлинная. Действительно, в соответствии с процедурой проверки коллективной ЭЦП имеем

$$\begin{aligned} P &\equiv \alpha^S y^{-E} \equiv \alpha^{\varepsilon + \sum_{i=1}^m S'_i} y^{-E' + \tau} \equiv \alpha^\varepsilon \alpha^{\sum_{i=1}^m S'_i} y^{-E'} y^\tau \equiv \\ &\equiv \alpha^{\sum_{i=1}^m (k_i + x_i E')} y^{-E'} y^\tau \alpha^\varepsilon \equiv \alpha^{\sum_{i=1}^m k_i} \alpha^{E' \sum_{i=1}^m x_i} y^{-E'} y^\tau \alpha^\varepsilon \equiv \\ &\equiv R' y^\tau \alpha^\varepsilon \equiv R \bmod p. \end{aligned}$$

Из условия $P = R$ следует равенство $E_P = E$, которое означает, что подпись (E, S) признается подлинной.

Рассмотренный протокол обеспечивает анонимность пользователя, предоставляющего документ для получения коллективной подписи вслепую, т. е. при предъявлении подписи (E, S) к сообщению M подписавший не может установить пользователя, который предоставлял ему этот документ на подпись, с вероятностью выше значения d/N , где N – количество документов, подписанных заданным коллективом подписывающих с помощью протокола слепой подписи; d – число документов, предоставлявшихся на подпись данным пользователем. Это требование выполняется, если любая подпись (E, S) может быть с равной вероятностью отнесена к каждой из N выполненных процедур протокола слепой подписи. Описанный протокол удовлетворяет этому требованию. Действительно, пусть раскрыта коллективная подпись (E, S) и соответствующее ей сообщение M . Возьмем произвольную слепую коллективную подпись (E', S') и параметр R , которые формировались коллективом подписывающих в процессе выполнения протокола слепой коллективной подписи (предполагается, что подписывающие сохраняют значения, которые становятся им известны в процессе выполнения протокола). Для подписей (E, S) и (E', S') выполняются соотношения $R = \alpha^S y^E \bmod p$ и $R' = \alpha^{S'} y^{E'} \bmod p$ соответственно. Из последних двух соотношений получаем $R = R' \alpha^\varepsilon y^\tau$, где $\varepsilon = S - S' \bmod q$ и $\tau = E - E' \bmod q$ – пара случайных чисел, связывающих заданную раскрытую подпись с произвольной слепой подписью. Поскольку в процессе протокола числа ε и τ генерируются случайно, то все слепые подписи могут быть соотнесены с заданной раскрытой подписью. В связи с этим подписывающие не могут однозначно установить пользователя, предоставлявшего на подпись сообщение M , соответствующее раскрытой коллективной ЭЦП (E, S) .

Протоколы слепой подписи и слепой коллективной подписи представляют практический интерес для применения при построении систем электронных денег и систем тайного электронного голосования. Реализация таких протоколов на основе доказуемо стойких схем ЭЦП представляется достаточно важным моментом.

Показана возможность эффективной реализации протоколов коллективной ЭЦП и протоколов слепой коллективной ЭЦП на основе процедур генерации и проверки ЭЦП, специфицируемых алгоритмом ЭЦП Шнорра, который относится к классу доказуемо стойких схем ЭЦП. Полученные результаты расширяют функциональность схемы ЭЦП Шнорра и позволяют на ее основе формировать коллективную и слепую коллективную ЭЦП.

Для расширения областей практического применения протоколов коллективной и слепой коллективной ЭЦП представляет интерес их реализация с использованием процедур генерации и проверки ЭЦП, рекомендуемых официальными стандартами ЭЦП. Рассмотрение американских стандартов ЭЦП DSA и ECDSA [9] показало, что их использование для построения таких протоколов связано с принципиальными трудностями. Можно предположить, что непосредственное использование процедур генерации и проверки подписи, регламентированных стандартами DSA и ECDSA, не позволит построить протоколы слепой ЭЦП, коллективной ЭЦП и слепой коллективной ЭЦП. Предварительное рассмотрение других стандартов показало, что по аналогии с рассмотренным протоколом могут быть построены протоколы

коллективной и слепой коллективной ЭЦП на основе стандарта Беларуси СТБ 1176.2–99 [10] и стандартов России ГОСТ Р 34.10–94 и ГОСТ Р 34.10–2001, однако детальное рассмотрение построения таких протоколов составляет предмет самостоятельного исследования.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chaum D. Blind Signatures for Untraceable Payments. Advances in Cryptology // Proc. of CRYPTO'82. Plenum Press, 1983. P. 199 – 203.
2. Chaum D. Blind Signature Systems // U.S. Patent # 4,759,063. 19 July 1988.
3. Молдовян Н. А., Молдовяну П. А. Новые протоколы слепой подписи // Безопасность информационных технологий. 2007. № 3. С. 43–48.
4. Schnorr C. P. Efficient signature generation by smart cards // J. Cryptology. 1991. Vol. 4. P. 161–174.
5. Ананьев М. Ю., Гортинская Л. В., Молдовян Н. А. Протоколы коллективной подписи на основе свертки индивидуальных параметров // Информационно-управляющие системы. 2008. № 2. С. 22–27.
6. Kobitz N., Menezes A. J. Another Look at "Provable Security" // Journal of Cryptology. 2007. Vol. 20. P. 3–38.
7. Moldovyan N. A. Blind Signature Protocols from Digital Signature Standards // Int. Journal of Network Security. 2011. Vol. 13, No. 1. P. 22–30.
8. Pointcheval D., Stern J. Security arguments for digital signatures and blind signatures // J. Cryptology. 2000. Vol. 13, No 3. P. 361–396.
9. Intern. Standard ISO/IEC 14888–3:2006(E). Information technology Security techniques Digital Signatures with appendix Part 3: Discrete logarithm based mechanisms.
10. Математические и компьютерные основы криптологии / Ю. С. Харин, В. И. Берник, Г. В. Матвеев, С. В. Агиевич. Минск: Новое знание, 2003.

N. A. Moldovyan, Ho Ngoc Duy, D. K. Sukhov

BLIND COLLECTIVE SIGNATURE PROTOCOL BASED ON DIFFICULTY OF THE DISCRETE LOGARITHM PROBLEM

There is proposed the blind collective signature protocol based on difficulty of finding the discrete logarithm in finite group. The protocol provides the functionality extension of Schnorr's digital signature algorithm and integrity of the collective signature.

Cryptographic protocol, digital signature, collective signature, blind signature, collective blind signature

УДК 004.051

А. Ю. Филатов

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Представлена обобщенная модель системы сопровождения, описаны математические модели качества системы как объекта и системы как услуги, предоставляемой этим объектом.

Математическая модель, система, качество, воздействие, реакция

Систему сопровождения пользователей можно представить как некую законченную систему, характеризующуюся рядом входных и выходных параметров, а также параметров управления. Рассмотрим обобщенную модель системы.

Пусть есть некоторый физический процесс, который представим переменной $r(t)$. Здесь t представляет собой некоторую переменную, от которой r зависит не напрямую численно, а косвенно, так, что изменение t влечет за собой изменение r . Введем переменную $u(t)$, которая обозначает некую причину изменения $r(t)$, некоторое внешнее воздействие на процесс. Тогда $r(t)$ будет своего рода реакцией на внешнее воздействие $u(t)$ [1].

Математически это можно описать следующей зависимостью:

$$r(t) \equiv v u(t)$$

или

$$r = r(u) \equiv v(u).$$

Здесь v рассматривается как некоторый оператор, ставящий в соответствие значение параметра r значению параметра u .

Графически это можно представить в виде рис. 1.

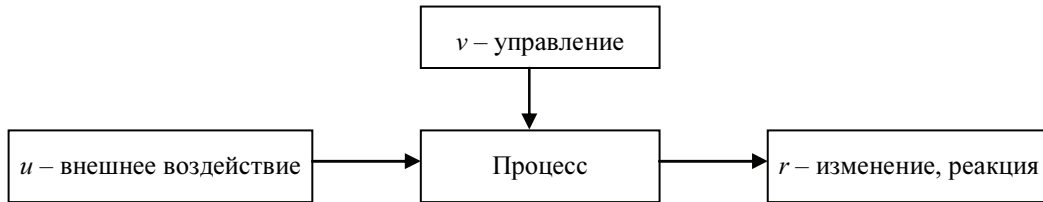


Рис. 1

Здесь r представляет собой реакцию на внешнее воздействие u , влияющее непосредственно на физический процесс [2].

Обобщенная математическая модель системы. Будем рассматривать системы как объекты с h независимыми точками воздействия на эти объекты. При описании таких объектов используются переменные воздействия на объект на каждом i -м входе ($i = 1, 2, \dots, h$) и зависимостью параметров от сторонних воздействий. При этом свойства системы определяются реакциями $r(i)$ на воздействия $u(i)$. Аналитически это можно записать функциональным уравнением

$$f(r_1, r_2, \dots, r_h, u_1, u_2, \dots, u_h) = 0.$$

Данное уравнение может быть преобразовано к системе уравнений, каждое из которых имеет следующий вид:

$$f_i(r_1, r_2, \dots, r_h) = u_i \quad (i = 1, 2, \dots, h),$$

а это в свою очередь соответствует системе операторных уравнений вида

$$\sum_{j=1}^h b_{ij} r_j = a_i u_i, \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, h.$$

Разделив обе части каждого i -го уравнения на a_i получим следующую систему уравнений:

$$\sum_{j=1}^h w_{ij} r_j = u_i \quad (i = 1, 2, \dots, h),$$

а при делении на b_{ii} – систему уравнений

$$\sum_{j=1}^h v_{ij} r_j = v_{i0} u_i, \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, h.$$

Полученные уравнения изоморфны матричным уравнениям

$$WR = U \text{ и } VR = V_0 U \quad (1)$$

соответственно.

Здесь в первом уравнении U и R представляют собой векторы переменных воздействий и реакций, а W – матрицу параметров w_{ij} . Во втором уравнении R и $V_0 U$ – это векторы переменных r и $v_0 u$, а V – матрица параметров v_{ij} с единичными диагональными элементами.

Поскольку переменные u_i физически независимы, произведем эквивалентное преобразование

$$R = PU \equiv W^{-1}U.$$

Учитывая, что параметры w_{ij} причинно-следственных связей на практике зависят от сторонних воздействий, в том числе от времени и человеческого фактора, отобразим рабочие условия вектором $Z = [z_1, z_2, \dots, z_m]$, составляющими которого являются дискретные числовые значения u_i и t .

С учетом всех перечисленных элементов математическая модель системы может быть представлена следующим функциональным уравнением:

$$f(r_1, r_2, \dots, r_h, u_1, u_2, \dots, u_h, w_1, w_2, \dots, w_k, z_1, z_2, \dots, z_m) = 0,$$

которое, в свою очередь, может быть записано в следующем виде:

$$F(R(Z), U(Z), W(Z), Z) = 0,$$

где $R = R(Z)$, $U = U(Z)$, $W = W(Z)$ – векторы элементов модели, которые в общем случае зависят от рабочих условий функционирования системы, $k, m \in 1 \dots N$ [3].

Математическая модель качества системы как объекта. Аналогичным образом можно представить математическую модель качества системы как объекта и показателей его поведения в рамках общей системы, которые обозначим переменной $q(t)$, зависящей от некоторого свойства этого объекта, например $r(t)$. Такая связь, как показано ранее, математически моделируется функциональной зависимостью, принимающей вид

$$q(t) = \varphi(r(t)) \equiv vr(t).$$

Свойства объекта в данном случае определяются реакциями $q(i)$ на воздействие $r(t)$, что аналитически описывается уравнением вида

$$f(q_1, q_2, \dots, q_h, r_1, r_2, \dots, r_h) = 0.$$

Это уравнение может быть преобразовано к системе уравнений, каждое из которых имеет следующий вид:

$$f_i(q_1, q_2, \dots, q_h) = u_i \quad (i = 1, 2, \dots, h),$$

а это в свою очередь соответствует системе операторных уравнений вида

$$\sum_{j=1}^h b_{ij} q_j = a_i r_i, \text{ где } i = 1, 2, \dots, h.$$

Разделив обе части каждого i -го уравнения на a_i получим следующую систему уравнений:

$$\sum_{j=1}^h g_{ij} q_j = r_i \quad (i = 1, 2, \dots, h),$$

которая изоморфна матричному уравнению качества

$$GQ = R.$$

Здесь $\mathbf{Q}$ и $\mathbf{R}$ – векторы переменных реакций и воздействий объекта; $\mathbf{G}$ – квадратная матрица параметров g_{ij} их взаимосвязи [4].

С учетом формул (1) уравнение качества объекта принимает вид

$$\mathbf{Q} = \mathbf{G}^{-1} \mathbf{W}^{-1} \mathbf{U},$$

что в операторной форме имеет вид

$$P(\mathbf{Q}(\mathbf{Z}), \mathbf{U}(\mathbf{Z}), \mathbf{G}(\mathbf{Z}), \mathbf{Z}) = 0.$$

Здесь множество $\mathbf{Q} = \mathbf{Q}(\mathbf{Z})$ представляет собой векторы элементов модели, учитывающих качество объекта и его рабочие условия; $\mathbf{U} = (U_1, U_2, \dots, U_l)$ – вектор переменных входных воздействий; $\mathbf{W} = (W_1, W_2, \dots, W_l)$ – параметры модели; $\mathbf{G} = (G_1, G_2, \dots, G_l)$ – параметры связей; $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_l)$ – вектор параметров внешних воздействий ($l \in 1..N$) [3].

Графически взаимодействие этих параметров показано на рис. 2.

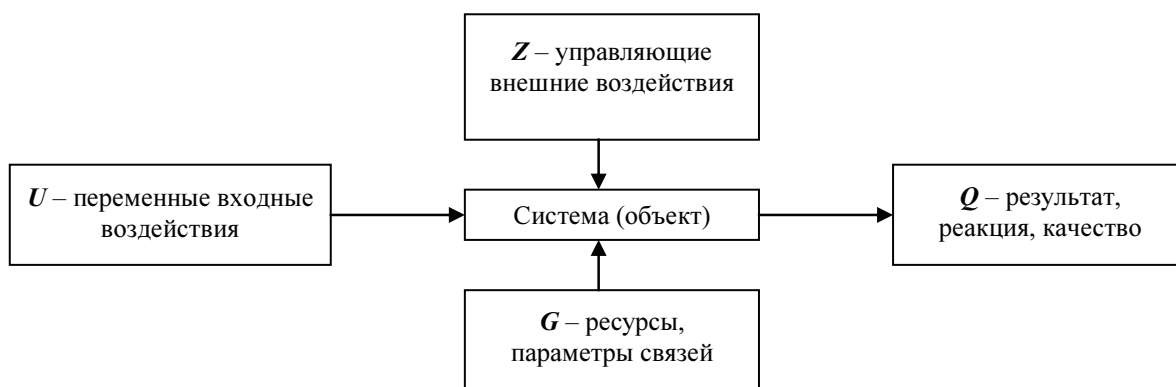


Рис. 2

Математическая модель качества системы как услуги. Пусть качество предоставляемой системой услуги и показателей ее поведения описывается переменной $\theta(t)$, которая зависит от некоторого свойства этой системы, например $r(t)$. Такая связь, как было показано ранее, может быть представлена функциональной зависимостью вида

$$\theta(t) = f(r(t)) \equiv vr(t).$$

Свойства системы в данном случае определяются реакциями $q(i)$ на воздействие $r(t)$, что аналитически описывается уравнением вида

$$f(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_h, r_1, r_2, \dots, r_h) = 0.$$

Это уравнение может быть преобразовано к системе уравнений, каждое из которых имеет следующий вид:

$$f_i(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_h) = u_i \quad (i = 1, 2, \dots, h),$$

а это в свою очередь соответствует системе операторных уравнений вида

$$\sum_{j=1}^h b_{ij} \theta_j = a_i r_i, \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, h.$$

Разделив обе части каждого i -го уравнения на a получим систему уравнений

$$\sum_{i=1}^h d_{ij} \theta_j = r_i \quad (i = 1, 2, \dots, h),$$

изоморфную матричному уравнению качества

$$\mathbf{D} \mathbf{\Theta} = \mathbf{R}.$$

Здесь $\mathbf{\Theta}$ и $\mathbf{R}$ – векторы переменных реакций и воздействий объекта; $\mathbf{D}$ – квадратная матрица параметров d_{ij} их взаимосвязи [4].

С учетом формул (1) уравнение качества объекта принимает вид

$$\mathbf{\Theta} = \mathbf{D}^{-1} \mathbf{W}^{-1} \mathbf{U},$$

или в операторной форме:

$$P(\mathbf{\Theta}(Z), U(Z), D(Z), Z) = 0.$$

Здесь множество $\mathbf{\Theta} = \mathbf{\Theta}(Z)$ представляет собой векторы элементов модели, учитывающих качество услуги и условия ее предоставления; $\mathbf{U} = (U_1, U_2, \dots, U_l)$ – вектор переменных входных воздействий; $\mathbf{W} = (W_1, W_2, \dots, W_l)$ – параметры модели; $\mathbf{D} = (D_1, D_2, \dots, D_l)$ – параметры связей; $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_l)$ – вектор параметров внешних воздействий ($l \in 1..N$) [3].

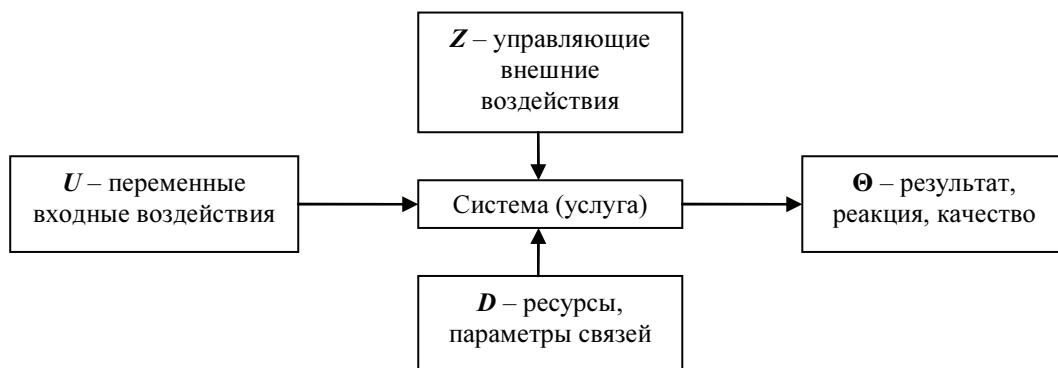


Рис. 3

Взаимодействие этих параметров визуально представлено на рис. 3.

Построенные математические модели позволяют связать в единое целое параметры системы, построить алгоритмы их взаимодействия. Значимость этих моделей будет полностью раскрыта в процессе проектирования на их основе элементов системы сопровождения пользователей или иной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
2. Мазур И. И., Шапиро В. Д. Управление качеством: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2003.
3. Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Ч. 2 / А. В. Засецкий, А. Б. Иванов, С. Д. Постников, И. Б. Соколов; Компания САЙРУС СИСТЕМС. М., 2010.
4. Ильин В. А., Поздняк Э. Г. Линейная алгебра: Учеб. для вузов. 5-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

A. Y. Filatov

MATHEMATICAL QUALITY MODELS OF USER SUPPORT SYSTEM

Generic system support model is offered, mathematical quality models of a system as an object and as a service are described.

Mathematical model, system, quality, action, reaction

ТРАНСЛЯТОР ОПИСАНИЯ ТОПОЛОГИИ ЯЧЕЕК БИС ИЗ РЕАЛЬНОЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНУЮ ФОРМУ

Рассматривается метод автоматической адаптации топологии ячеек СБИС к новым проектным нормам. Описывается программа трансляции описания топологии из реальной в виртуальную технологически инвариантную форму. Приводится пример преобразования топологии полного сумматора.

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

Трансляция топологии из реального описания в виртуальное. Проектирование топологии традиционными методами (кодированием топологии средствами языков описания топологии в жестко заданных конкретных проектных нормах) ведется уже несколько десятков лет. Поэтому при переходе на новые передовые методы технологически инвариантного проектирования на основе виртуальной сетки и алгоритмов сжатия топологии может быть утрачено очень большое количество топологических разработок.

С целью сохранения существующих проектов, выполнявшихся с учетом различных конструкторско-технологических требований (КТТ), необходима разработка транслятора из жесткого описания топологии в конкретных проектных нормах в технологически инвариантную форму описания, позволяющую настраивать проект на любые проектные нормы с помощью систем сжатия топологии.

В связи с тем, что основная доля аппаратных затрат приходится на нерегулярные схемы, строящиеся методом размещения и трассировки из ячеек, входящих в состав библиотек стандартных фрагментов, помимо накопления проектной информации может быть получен еще один результат, особенно важный для отечественной микроэлектроники, отстающей от передовых стран по уровню технологии, выражающемуся как в проектных нормах, так и в проценте выхода годных изделий. Использование систем сжатия топологии позволит не только сохранить прежние разработки, адаптируя их к новым проектным нормам, но и существенно улучшить их основные характеристики, сократив благодаря сжатию и их размеры, и времена задержек вследствие уменьшения паразитных емкостей шин межсоединений и стоковых/истоковых областей транзисторов.

Результаты проведенных исследований эффективности процесса сжатия нерегулярных схем [1]–[3] свидетельствуют о том, что площадь макроблока, в котором межсоединения исходно занимают 40, 50 и 60 % топологии, сократится соответственно:

- на 9...19 %, 10...21 % и 11...24 % после сжатия без изменения формы элементов;
- на 11...24 %, 14...28 % и 16...32 % после сжатия с изменением формы элементов.

Основные задачи трансляции описания топологии из реальной формы в виртуальную. Описание топологии как стандартных библиотечных фрагментов, так и собранных из них топологий макроблоков выполняется в конкретных использованных при проектировании технологических нормах и на одном из используемых стандартных языков метрического описания реальной топологии. В системах же сжатия используется абстрактный язык символьного описания топологии, не связанный с метрическими проектными нормами и со средствами описания топологии в традиционных языках.

Таким образом, перед сжатием топологии макроблоков ее описание следует перевести с традиционного языка на язык описания топологии в системе сжатия.

Такая трансляция предусматривает преобразование описания топологии, обеспечивающее переход:

- от реальных топологических слоев к виртуальным слоям конструктива;
- от одних геометрических фигур или их комбинаций в определенных топологических слоях к другим геометрическим фигурам;
- от реальных метрических единиц измерения к абстрактным виртуальным;
- от операторов языка метрического описания реальной топологии к операторам языка символического описания виртуальной топологии.

Первые 2 типа преобразования можно проиллюстрировать с помощью рис. 1, 2.

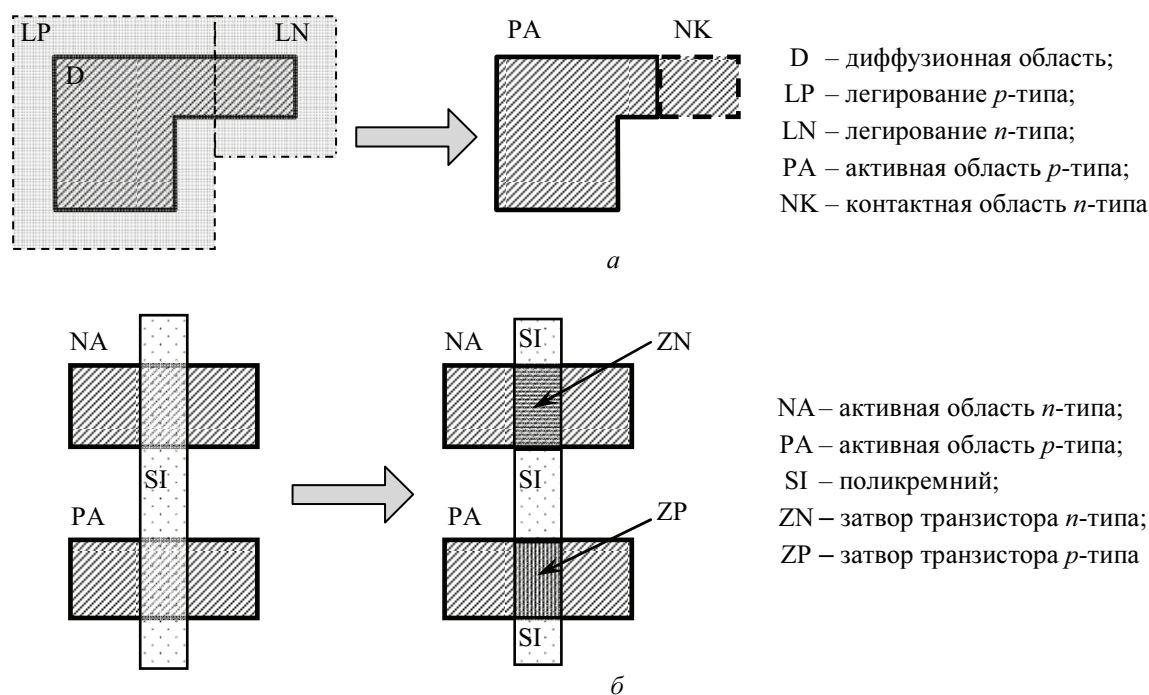


Рис. 1

На рис. 1 приведены примеры выделения комбинаций топологических примитивов в разных топологических слоях и замены их элементами слоев виртуального конструктива (примитивами символического описания топологии).

Рис. 1, *a* демонстрирует преобразование диффузионной области реальной топологии с учетом типа легирования в активную область транзистора и контактную область к карману в технологически инвариантном описании топологии.

Рис. 1, *б* демонстрирует разбиение поликремниевой шины на поликремниевые межсоединения и затворы транзисторов с разным типом проводимости.

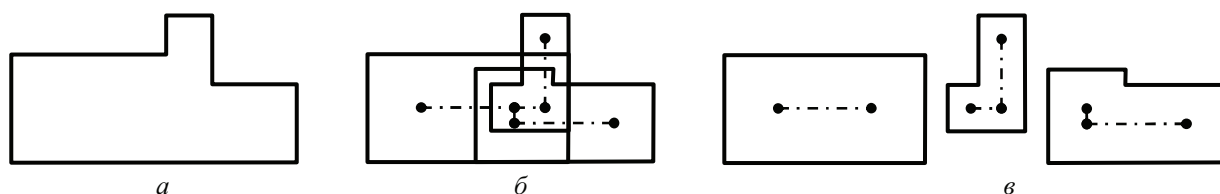


Рис. 2

Рис. 2 иллюстрирует задачу преобразования многоугольников, описываемых множеством координат угловых точек их границы (рис. 2, а), в трассы (рис. 2, б), описываемые координатами угловых точек осевой линии (рис. 2, в) и шириной (возможно, различной для разных отрезков трассы). Необходимость подобного перехода связана с тем, что (как показывает практика) подавляющее большинство межсоединений в реальной топологии ячеек реализуется не в виде трасс (удобных для сжатия), а в виде многоугольников. У многоугольников после перехода к виртуальному описанию топологии нельзя отследить такой важный электрический параметр, как сопротивление, связанный с шириной проводника, так как при сжатии противоположные стороны многоугольника могут смещаться, чрезмерно «разбегаясь» или наоборот «сближаясь» до минимально допустимой проектными нормами ширины проводника. Трасса же избавлена от подобного недостатка, так как по определению характеризуется шириной, постоянной для всей трассы или (в случае трассы так называемой переменной ширины) для каждого из ее отрезков.

Что же касается перехода от реальных метрических единиц измерения к абстрактным виртуальным, то его особенностью является наличие нескольких масштабных коэффициентов, качественно отличающихся друг от друга. Виртуальные координаты точек определяются как отношение реальных координат к величине шага сетки координатного поля реальной топологии (максимальному из минимально допустимых проектными нормами расстояний между осями соседних элементов топологии). В качестве же единиц измерения ширины виртуальных шин выступают минимально допустимые проектными нормами ширины шин в соответствующих топологических слоях.

Транслятор описания топологии ячеек БИС из реальной в технологически инвариантную форму. При разработке транслятора авторы ориентировались на текстовые языки описания как реальной, так и виртуальной топологии интегральных схем, позволяющие благодаря своей наглядности преобразовывать выполненные с их помощью описания ячеек и макрофрагментов в параметризованные (например, по нагрузочной способности или разрядности) программы генерации описания топологии. В качестве языка описания реальной топологии используется язык CIF. Выбор формата был обоснован его высокой популярностью.

В первой экспериментальной версии транслятора была реализована возможность задания операторов и форматов данных входного и выходного языков описания топологии. Создание средств настройки на способ описания входной топологии было вызвано тем, что в языках описания реальной топологии могут использоваться различные способы обозначения топологических слоев (номера или названиями), принятые у разработчиков топологии. Кроме условных обозначений задаются технологические параметры, необходимые для трансляции. К ним относятся шаг сетки, минимальные ширины шин в разных топологических слоях, размеры контактов разного типа.

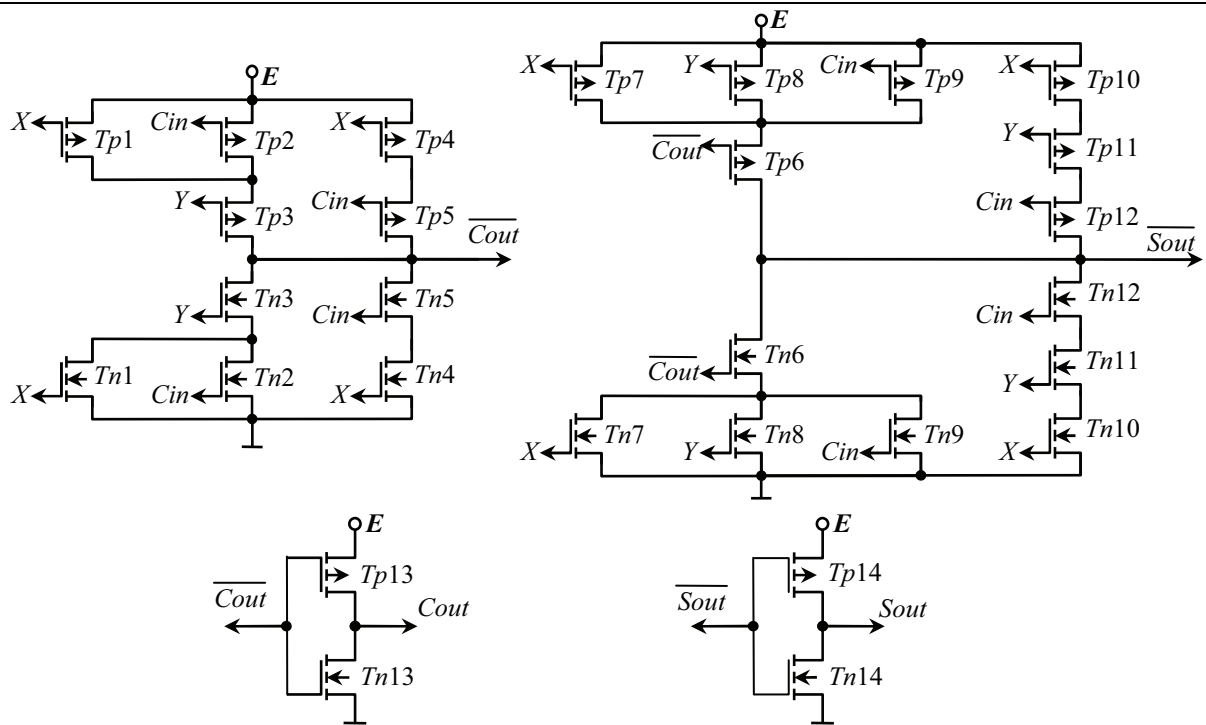
На рис. 3 приведен фрагмент описания на языке CIF топологии тестовой ячейки, в качестве которой выступает полный одноразрядный двоичный сумматор [4].

Программа транслятора снабжена графическим интерфейсом, в окнах которого отображаются исходный топологический чертеж (рис. 4) и результирующий виртуальный эскиз (рис. 5) обрабатываемого описания топологии (в примере на рис. 4 и 5 – полного одноразрядного двоичного сумматора).

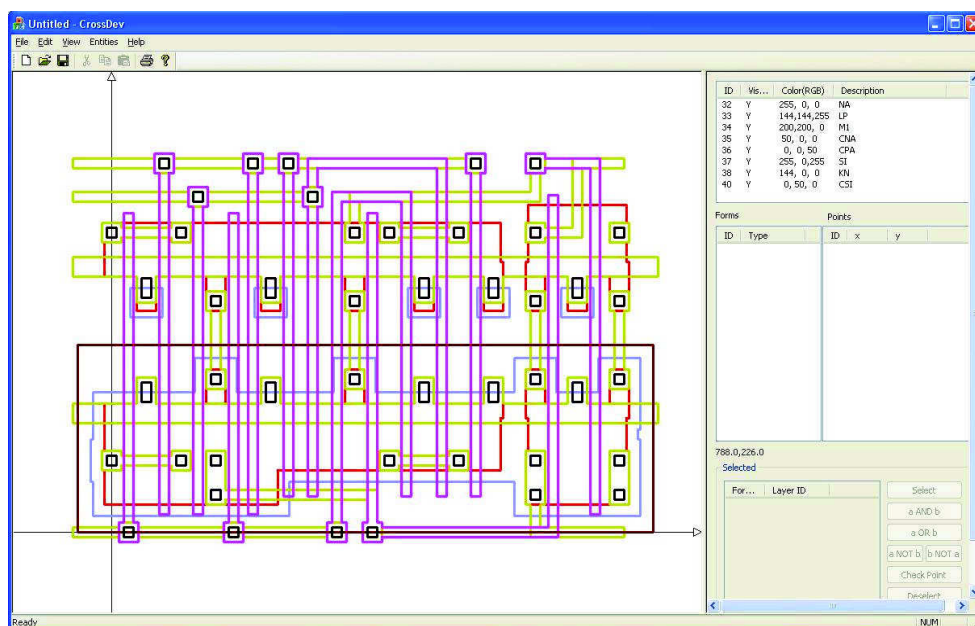
```

( CALTECH INTERMEDIATE FORMAT for : WCIF );
9 SM10_1;
...
L 9;
B 606 24 207 824;
P 1062 104 1038 104 1038 -12 1270 -12 1270 12 1062 12 ;
...
C 6 T 172 176;
...
( *** GRU/CIF symbol number/name table *** );
...
( symbol number/name : 7/SM10_1 );
E

```



Puc. 3



Puc. 4

2. Миронов, С. Э. Построение технологически инвариантных эскизов топологии на основе описания топологии в конкретных проектных нормах / С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. Вып. 2. С. 19–25.

3. Миронов, С. Э. Транслятор реального описания топологии интегральных схем в технологически инвариантное описание / С. Э. Миронов, И. В. Полукаров, Н. М. Сафьянников // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD'2010: Материалы 7-й Междунар. конф., Минск, 16–17 нояб. 2010. Минск, 2010. С. 326–333.

4. Hample, D. CMOS/SOS serial-parallel multiplier / D. Hample, K. E. McGuire, K. J. Prost // IEEE journal of solid-state circuits. 1975. Vol. SC-10, №. 5. P. 307–314.

S. E. Mironov, I. V. Polukarov, N. M. Safiannikov

VLSI CELL LAYOUT DESCRIPTION TRANSLATOR FROM REAL TO VIRTUAL PROCESS-TOLERANT FORM.

The method of automatic VLSI cell layout adaptation to new design role is offered. The hardware for translation of layout description from real to virtual process-tolerant form is elaborated. The example of full adder layout translation is given.

VLSI macroblock, array divider, process-tolerant design, layout compaction, silicon compiler

УДК 004.056.57

А. А. Лавров, В. В. Яновский

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО ХОСТА МЕТОДАМИ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Методы сбора информации о конфигурации удаленных сетевых узлов находят широкое применение в задачах обеспечения сетевой информационной безопасности. Одной из важнейших задач таких методов является идентификация версии операционной системы (ОС) удаленного хоста [1]. Рассматриваются современные методы идентификации ОС; анализируются их недостатки и ограничения; предлагается метод, основанный на анализе временных характеристик стека TCP/IP целевой системы и свободный от основных ограничений существующих методов. Проведено практическое исследование эффективности и функциональности предлагаемого метода.

Информационная безопасность, методы сбора информации о сетевых узлах, аудит сети, идентификация ОС удаленного хоста, стек TCP/IP, процедура установления TCP-соединения

В связи с ростом числа сетевых угроз и интенсивности атак, выполняемых через повсеместно распространенные локально-вычислительные сети, в последние годы возникла потребность в автоматизированных программных средствах оценки уровня информационной безопасности и защищенности сетевых узлов и локальных сетей. Неотъемлемым этапом процесса реализации подобного аудита информационной безопасности является сбор информации о целевом хосте, идентификация версии его ОС или проверка правильности идентификации ОС существующими методами сбора информации, ориентированными на решение перечисленных задач, поскольку знание информации о версии ОС определяет дальнейшие действия по отношению к анализируемому узлу.

Методы идентификации ОС подразделяются на две основные группы:

– *активные* – реализуются путем инициации сетевого взаимодействия со стороны сканирующего хоста;

– *пассивные* – реализуются посредством пассивного прослушивания трафика от целевого хоста.

Более детальная классификация приведена на рис. 1.

Наиболее широкое распространение в современных средствах сетевой безопасности и сетевых сканерах нашли методы активного сбора информации об удаленных сетевых узлах. Группа активных методов идентификации ОС включает в себя следующие основные методы:



Рис. 1

- *Анализ ответов целевой системы на специальным образом сформированные TCP-пакеты* (как правило, не соответствующие RFC). В большинстве случаев требования RFC не определяют жестких требований к характеру реакции системы на нестандартные пакеты, вследствие чего производители программного обеспечения свободны в выборе алгоритмов обработки подобных запросов, что приводит к различиям в реализации стеков TCP/IP различных ОС и позволяет по анализу реакции хоста на ряд специальных запросов определить версию его ОС.

- *Анализ ICMP-ответов.* Один из новейших методов. Реализуется отправкой целевой системе различных UDP- и ICMP-запросов и последующим анализом получаемых ICMP-откликов.

- *Анализ исходных номеров последовательности (ISN).* Анализируется закономерность присвоения целевой системой уникального исходного номера последовательности (ISN) устанавливаемым соединениям.

Перечисленные методы основаны на существующих различиях в реализациях стека TCP/IP различных ОС. Задача идентификации версии ОС удаленного хоста в широко распространенных сетевых сканерах (NMap, QueSO и др.) реализуется на основе указанных методов.

Основные характеристики перечисленных методов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика	Анализ ICMP-ответов	Нестандартные TCP-пакеты	Анализ ISN
Первая реализация	Август 2001	Июнь 1998	Апрель 2001
Используемые протоколы	UDP, ICMP	IP, TCP, UDP, ICMP	TCP
Требуется открытый TCP-порт	Нет	Чем больше, тем лучше	Да
Требуется закрытый TCP-порт	Нет		Нет
Требуется закрытый UDP-порт	Да		Нет
Обнаруживаемость системами фильтрации трафика	Низкая	Средняя	Средняя
Функционирование при наличии SYN relay/gateway	Да	Затруднено	Нет
Обнаруживаемость системами IDS	Да	Да	Да
Интенсивность обмена трафиком	Низкая	Очень высокая	Низкая
Меры противодействия	Блокирование ICMP-трафика	Межсетевой экран	SYN relay/gateway

Указанные методы позволяют получать информацию о типе и версии ОС удаленного хоста за достаточно короткий промежуток времени, однако обладают следующими основными недостатками:

1. На целевой системе необходимо наличие нескольких открытых и закрытых TCP- и UDP-портов. Во многих же случаях доступны только несколько TCP-портов.

2. В процессе идентификации ОС осуществляется обмен TCP-пакетами нестандартной структуры (как правило, некорректной) или набором специальных ICMP-запросов, что делает возможным обнаружение попыток сканирования средствами систем защиты и обнаружения вторжений, которые в числе прочего могут воспрепятствовать корректной идентификации ОС целевого хоста.

Рассмотрим метод идентификации версии ОС удаленного хоста, свободный от перечисленных недостатков.

TCP представляет собой протокол надежной передачи сообщений, что достигается за счет использования процедур установления соединения и подтверждения доставки всех передаваемых пакетов. Рассматриваемый метод идентификации ОС удаленного хоста основан на анализе временных характеристик повторных передач потерянных пакетов (retransmission timeout, RTO) стеком TCP/IP целевой системы. RFC не предъявляют конкретных жестких требований к длительности задержки повторной передачи потерянного пакета и алгоритму ее изменения с каждой новой повторной передачей, в связи с чем каждая реализация стека TCP/IP отрабатывает повторные передачи в соответствии с собственным алгоритмом. В результате для каждой реализации стека TCP/IP различных ОС характерны различные временные характеристики RTO, что предоставляет возможность определения версии ОС по результатам их анализа.

В качестве иллюстрации предлагаемого метода рассмотрим один из вариантов его реализации на основе процедуры установления TCP-соединения.

Процедура установления соединения в TCP (рис. 2) реализуется в ходе обмена тремя TCP-пакетами между клиентом (инициатором соединения) и сервером (узлом, принимающим запрос на соединение):

- 1) пакет SYN от клиента к серверу;
- 2) пакет SYN-ACK от сервера к клиенту;
- 3) заключительный пакет-подтверждение ACK от клиента к серверу.

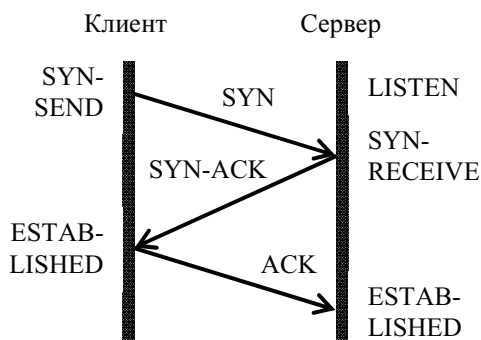


Рис. 2

В соответствии со спецификой TCP по надежной доставке сообщений каждый пакет, в том числе запросы SYN на установление соединения, обязательно подтверждается получателем с использованием ответов-подтверждений – пакетов с установленным флагом ACK. В случае неполучения подтверждения отправитель повторно посылает неподтвержденный пакет. Таким образом, при установлении соединения возможна следующая ситуация: клиент по каким-либо причинам не

отправляет последний, третий, пакет ACK, в результате чего сервер классифицирует последний отправленный им пакет SYN-ACK как потерянный и запускает цикл его повторных передач, ожидая от клиента подтверждения об успешном установлении соединения (рис. 3).

Имитация клиентом перегруженности сети, повлекшей за собой потерю пакетов между сервером и клиентом, принудительно вводит сервер в нестандартную ситуацию, при которой он отрабатывает тайм-аут ожидания подтверждения в ответ на отправленный пакет и запускает серию повторных передач «потерянного» пакета. Регистрация интервалов времени ме-

жду получением повторных запросов SYN-ACK от сервера, анализ полученной последовательности значений временных интервалов и ее сравнение с существующей базой сигнатур для различных ОС позволяет сделать предположение о типе и версии ОС, выполняющейся на сервере.

Следует отметить, что вследствие возможности прохождения пакетов через нестабильные сети (например, Интернет) интервалы времени между повторными передачами можно измерить лишь приблизительно. Однако поскольку в среднем время прохождения двух последовательных пакетов между двумя узлами в одном направлении приблизительно одинаково, можно принять $\lambda_i \approx t_i$, и в качестве последовательности

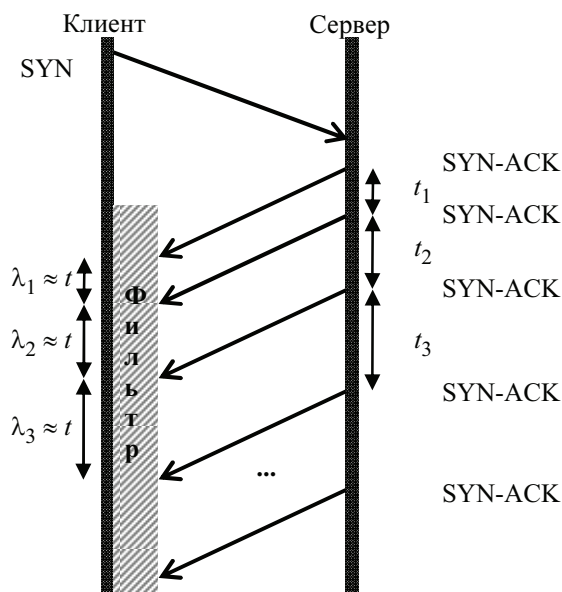


Рис. 3

временных интервалов между повторными передачами сервером потерянного пакета рассматривать последовательность $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$, где λ_i – интервал между регистрацией пришедших от сервера i -го и $(i + 1)$ -го пакетов. При этом, анализируя полученную последовательность временных интервалов, необходимо оценивать не ее точное соответствие той или иной известной сигнатуре конкретной ОС, а степень близости полученных значений к значениям тех или иных сигнатур из существующей базы сигнатур известных ОС.

Определить соответствие версии ОС анализируемого хоста некоторой ОС с известной сигнатурой можно по следующей формуле:

$$C_k = \sum |t_i - \tau_i|,$$

где C_k – степень близости ОС анализируемого хоста к некоторой k -й ОС из существующей базы сигнатур; t_i – интервал времени между получением от сервера i -го и $(i + 1)$ -го пакетов; τ_i – интервал времени между отправкой i -го и $(i + 1)$ -го пакетов для k -й ОС из существующей базы сигнатур.

По результатам анализа наиболее вероятной версией ОС удаленного хоста будет ОС из используемой базы сигнатур, соответствующая минимальному значению C из множества значений $\{C_j\}$, полученных по результатам сравнения полученной сигнатуры с известными сигнатурами различных ОС.

По сравнению с иными, перечисленными ранее, методами идентификации ОС удаленного узла рассмотренный метод обладает следующими основными достоинствами:

1. На целевой системе необходимо наличие только одного открытого TCP-порта. В связи с тем, что подобная ситуация характерна для многих хорошо защищенных современных серверов, рассмотренный метод во многих случаях может быть значительно более эффективным по сравнению с иными существующими методами.

2. Используются стандартные TCP-запросы, что практически исключает возможность классификации передаваемого трафика как аномального и/или являющегося признаком внешнего вторжения или сканирования. Таким образом, предложенный метод прозрачен для систем обнаружения вторжений и межсетевых экранов.

Также одним из преимуществ метода является легкость обновления и изменения базы сигнатур, а также возможность создания самообучающихся систем.

Эффективность рассмотренного метода подтверждается результатами соответствующих исследований [2]*. Авторами было также проведено собственное практическое исследование функциональности и эффективности предлагаемого метода, в рамках которого разработано демонстрационное программное обеспечение для анализа параметров RTO стека TCP/IP удаленной системы, проведены соответствующие экспериментальные измерения искомых значений для широкого спектра ОС (Arch Linux, Fedora, Microsoft Windows 2003 Server R2, Windows Vista Business Edition, Windows XP Service Pack 2, Windows XP Service Pack 3 и др.), эксплуатирующихся в рамках корпоративной сети кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ (МО ЭВМ) СПбГЭТУ «ЛЭТИ», сформированы предварительные сигнатуры указанных ОС и проведен их анализ. Пример сигнатур значений RTO для четырех ОС (Arch Linux 2.6.27, Fedora release 13 2.6.33.3, Microsoft Windows XP Service Pack 3 и Microsoft Windows Server 2003 R2) приведен в табл. 2.

Таблица 2

Номер повторной передачи	Задержка перед повторной передачей, с			
	Fedora release 13 2.6.33.3	Windows Server 2003 R2	Windows XP SP3	Arch Linux 2.6.27
1	3,151	2,246	2,855	4,199
2	6,412	6,583	6,022	6,236
3	12,79	–	–	12,050
4	24,008	–	–	24,130
5	47,986	–	–	48,386

В графическом виде полученные результаты представлены на рис. 4.

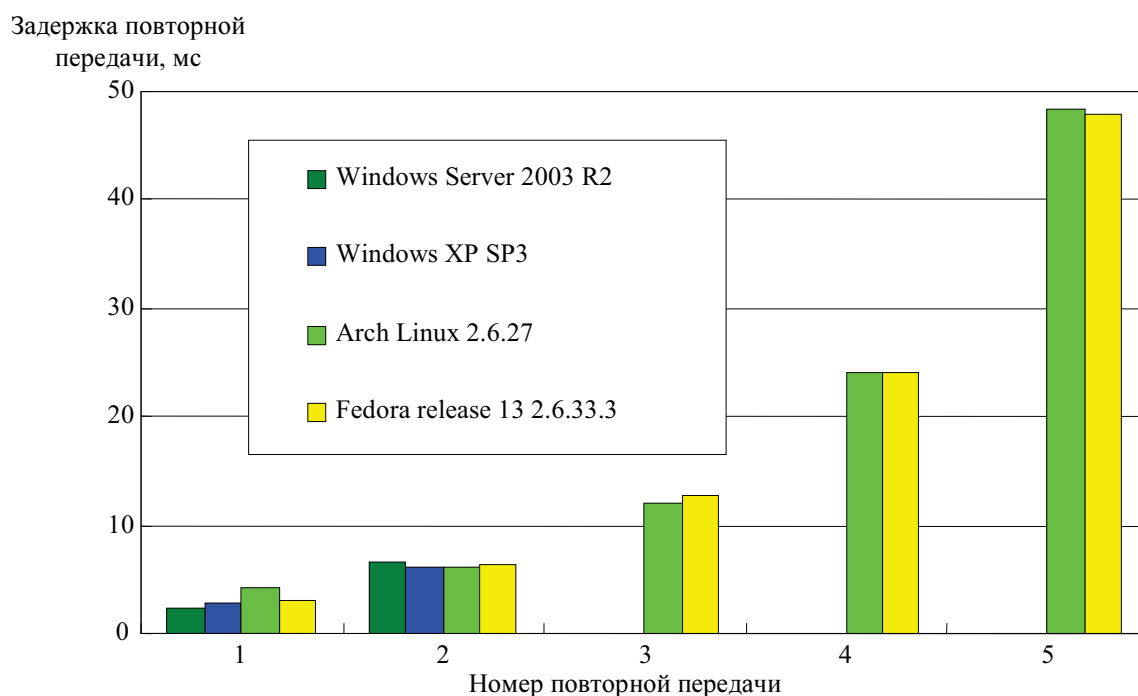


Рис. 4

* Beardsley T. Ring out the old, RING in the New: OS Fingerprinting through RTOs. May 2002 / <http://www.planb-security.net/wp/ring.html>.

Результаты исследования подтверждают существование различий в значениях временных параметров функционирования стеков TCP/IP различных ОС и возможность решения задачи идентификации версии ОС удаленного хоста с высокой степенью точности на основе анализа временных характеристик сетевого взаимодействия.

Основным недостатком метода является относительно невысокое быстродействие, что, тем не менее, компенсируется значительными преимуществами, рассмотренными ранее.

В заключение следует отметить, что методы идентификации ОС удаленного хоста, основанные на анализе временных характеристик стека TCP/IP, в настоящее время не являются широко распространенными и не реализованы в популярных сетевых сканерах [2], [3]. Отсутствуют также комплексные работы, предлагающие полноценные анализ и исследование (как теоретические, так и практические) подобных методов. Тем не менее, отдельные существующие практические исследования* отмечают их высокую эффективность и точность получаемых результатов, что позволяет сделать вывод об актуальности дальнейших исследований и разработок в этом направлении.

В связи с этим необходимо также отметить, что возможности идентификации версии ОС удаленного хоста по результатам анализа временных характеристик не ограничиваются рассмотренным примером, основанным на отработке протоколом TCP ситуации потери пакетов при установлении TCP-соединения. Возможны модификации указанного метода [2], [4], в частности, ориентированные на анализ аналогичных временных характеристик RTO при разрыве соединения (при обмене пакетами FIN), обладающие рядом функциональных отличий по сравнению с ситуацией установления соединения. Различные варианты реализации рассмотренного метода в настоящее время также недостаточно изучены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zalewski M. Silence on the Wire. No Starch Press, 2005.
2. Veysset F., Courtay O., Heen O. New Tool And Technique For Remote Operating System Fingerprinting // Intranode Software Technologies. 2002. April.
3. Lyon G. F. Nmap Network Scanning: The Official Nmap Project Guide to Network Discovery and Security Scanning (Paperback). Insecure.Com LLC, 2008.
4. Spangler R. Analysis of Remote Active Operating System Fingerprinting Tools / University of Wisconsin Whitewater, 2003.

A. A. Lavrov, V. V. Yanovsky

THE IDENTIFICATION OPERATION SYSTEM OF REMOTE HOST BY METHODS OF ANALYSIS OF TEMPORAL PROPERTIES

Methods of extraction information about the configuration of remote hosts are widely used for ensuring network security. One of the most important tasks of such methods is the identification the version of the operating system (OS) of remote host. The modern methods of OS identification is considered, their weaknesses and limitations are analyzed; method based on analysis of temporal properties of TCP/IP stack of the target system and free from major limitations of existing methods is offered. A practical research of efficiency and functionality of the proposed method is conducted.

Information security, methods of gathering information about network hosts, network audit, identification operation system of the remote host, TCP/IP stack, the procedure of TCP connection establishment

* Beardsley T. Ring out the old, RING in the New: OS Fingerprinting through RTOs. May 2002 / <http://www.planb-security.net/wp/ring.html>.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СМЫСЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ АРХИВАМИ

Рассматриваются структурная и функциональная схемы автоматизированной системы смысловой обработки текстов. Приведена формализация представления данных до вида, пригодного для методов (численных, графических и т. д.) анализа. Приведен принцип смыслового анализа текста, основанный на использовании онтологии.

Полнотекстовая БД, архитектура, функциональная схема, формализация, смысловой анализ, текст, онтология

Деятельность отдельных людей, коллективов и организаций сейчас все в большей степени зависит от имеющейся у них информации и способности ее эффективно использовать. Принятие наиболее правильного решения часто требует анализа большого объема текстовой информации. Ученые, аналитики, редакторы журналов, предприниматели, юристы, специалисты техподдержки и даже студенты зачастую сталкиваются с большими трудностями при анализе текста [1].

Огромное количество информации скапливается в многочисленных текстовых базах, хранящихся в информационных агентствах, библиотеках, корпорациях, в личных ПК и во всемирной глобальной сети. Объем информации увеличивается с поразжающей скоростью, и люди не в состоянии решать проблемы, связанные с этим ростом. Человечество нуждается в интеллектуальных электронных помощниках, которые могут справиться со смысловым анализом текста [1], [2].

В данной статье рассматриваются функциональная и структурная схемы системы, получившей название SemTextProcessor.

Архитектура системы SemTextProcessor. Структурная схема разрабатываемой автоматизированной системы смысловой обработки текстов SemTextProcessor представлена на рис. 1. В состав системы входят следующие подсистемы: управляющая подсистема, предназначенная для управления процессом смысловой обработки текстов; полнотекстовая база данных, ориентированная на хранение текстовых документов в UTF-8 кодировке; подсистема ведения полнотекстовой базы данных, предназначенная для занесения, удаления и обновления информации о текстовых документах; подсистема синтаксического анализа текстов, служащая для выделения основных форм слов, составляющих текст, и их принадлежности к частям речи; подсистема семантического анализа текстов, предназначенная для обнаружения связей между словами, обусловленных конструкцией предложений; подсистема статистического анализа текстов, предназначенная для подготовки численных двумерных таблиц для методов анализа с целью классификации текстов; статистический анализ также используется для формализации задачи смысловой обработки текстов. Эта подсистема дополняет лингвистические подсистемы и влияет на формирование семантической сети; подсистема формирования семантической сети, служащая для формирования множества понятий текста – слов и словосочетаний, связанных между собой по смыслу; подсистема формирования таксономии (онтологии), предназначенная для создания иерархии свя-

данных тем и подтем, раскрывающих содержание тем; здесь формируется онтология¹ текста; подсистема визуализации, предназначенная для отображения в удобном пользователю виде всей полученной из текста (текстов) информации – взаимосвязь и степень близости слов и групп текстов; подсистемы реализации алгоритмов обработки, служащие для реализации алгоритмов извлечений знаний и других манипуляции ими. Это алгоритмы классификации, реферирования и т. д.

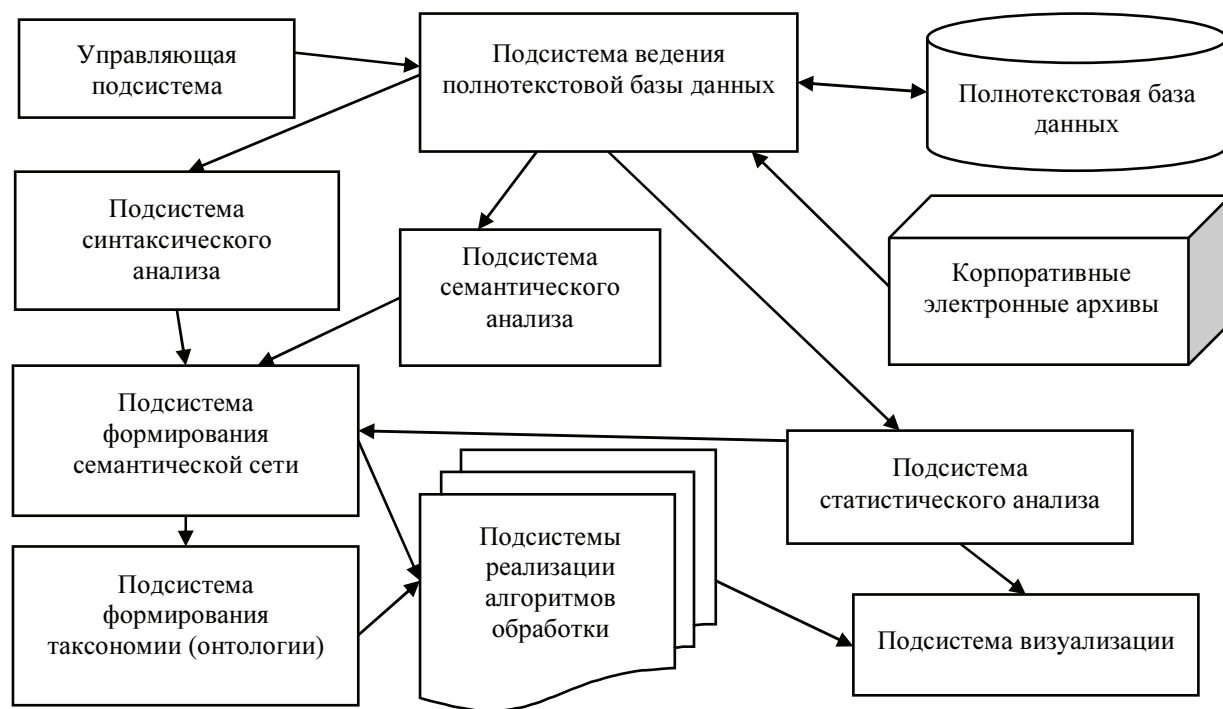


Рис. 1

Основой функционирования всей системы является полнотекстовая база данных (подробно о полнотекстовых базах данных см. [3]), источниками информации для которой выступают корпоративные электронные архивы.

Функциональная схема SemTextProcessor. Функциональная схема разрабатываемой автоматизированной системы смысловой обработки текстов SemTextProcessor представлена на рис. 2.

Предполагается, что система SemTextProcessor должна быстро суммировать, эффективно управлять и объединять в группы документы в полнотекстовой базе, способствовать поиску семантической информации либо акцентировать изучение текста вокруг какого-то определенного предмета.

¹ Онтологии во многом похожи на тезаурусы и таксономии, но на самом деле шире их, поскольку предоставляют дополнительные средства для описания структуры описываемых данных. Онтология – формальная спецификация разделяемой концептуальной модели [Studer,1998], где

- под «концептуальной» моделью подразумевается абстрактная модель предметной области, описывающая систему понятий предметной области;
- под «разделяемой» подразумевается согласованное понимание концептуальной модели определенным сообществом (группой людей);
- «спецификация» подразумевает описание системы понятий в явном виде;
- «формальная» подразумевает, что концептуальная модель является машиночитаемой.

Онтология состоит из классов сущностей предметной области, свойств этих классов, связей между этими классами и утверждений, построенных из этих классов, их свойств и связей между ними.

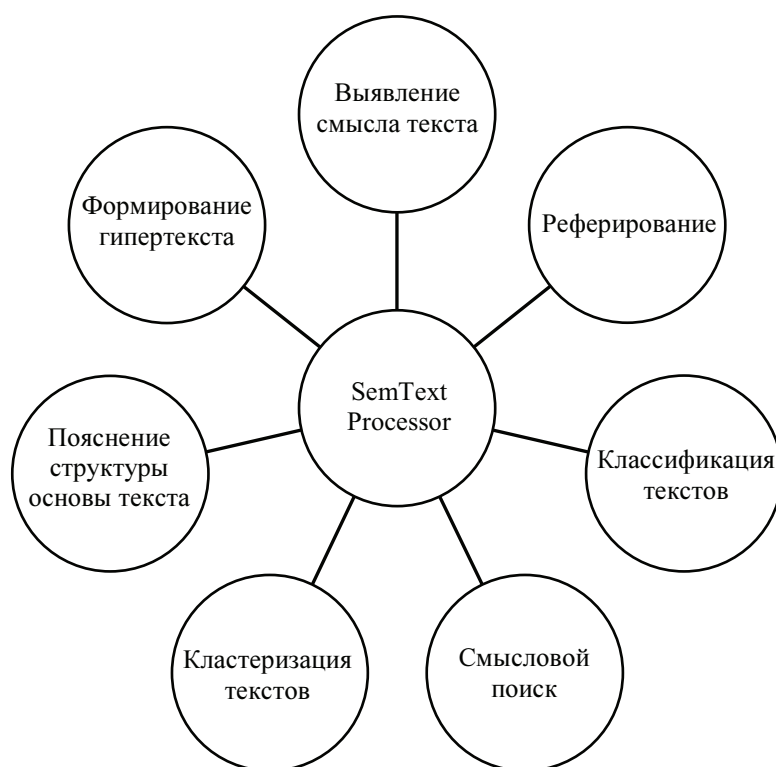


Рис. 2

Объединение включенных в систему SemTextProcessor статистического, лингвистического и онтологического подходов к анализу текстов обеспечит высокую скорость и точность при анализе неструктурированных текстов. Это объединение также наделяет систему следующими возможностями: выявлением смысла текста – формирование и экспорт точной семантической сети текста или текстовой базы. Эта сеть представляет смысл текста и служит основанием для дальнейшего анализа текста; точным изложением текстового материала (реферированием) – качество краткого изложения текста обеспечивается сбалансированным сочетанием методов исследования лингвистической сети, статистических параметров и онтологии. Объем изложения контролируется посредством семантической пороговой величины; исследованием текстов по заданной тематике – определенные пользователем словари включенных и исключенных слов позволяют направить исследование на выбранную тематику; эффективной навигацией по текстовой базе – навигация по базе данных осуществляется при помощи гиперссылок по ключевым словам, основным понятиям семантической сети к предложениям в документах, содержащих продуманную комбинацию концепций. Отдельные предложения в свою очередь могут быть отображены в виде гиперссылок на места исходного текста, где они встречаются; пояснением структуры основы текста – создание древовидной структуры тематик и онтологии, представляющих семантику исследуемого текста. При этом более важные, актуальные предметы располагаются ближе к корню дерева; кластеризацией текстов – удаление слабых ссылок в семантической сети приводит к разбиению корпуса текстов на семантически однородные кластеры; семантического поиска информации – анализ запросов естественного языка на наличие важных слов и извлечение релевантных предложений из базы данных текстовых документов. В дополнение формируется поддерево понятий, что детализирует поиск.

Пользователями SemTextProcessor могут быть правительственные учреждения, консалтинговые и юридические компании, медицинские учреждения, научные организации, электронные издательства, центры поддержки клиентов, политические институты, школы и студенты и т. д.

Для смыслового анализа текстов прежде всего нужно формализовать представление данных до вида, пригодного для методов анализа.

Формализация представления данных. Для проведения смыслового анализа исходные данные должны быть обработаны и подготовлены каким-либо математическим методом. Другими словами, надо подготовить пространство или систему координат, в которой будет проводиться анализ. Этот процесс и носит название формализации задачи. Здесь важно отметить, что основные следствия, которые могут быть получены далее математическим путем, уже содержатся в результате формализации, поэтому принципы, на которые опирается система смыслового анализа, отрабатывают именно здесь.

Базовой числовой информацией для системы является матрица вида объект–атрибут, где объектами изучения являются тексты базы данных, а их атрибутами – относительные частоты слов, которые система считает значимыми и выделяет из всей совокупности слов, встречающихся во всех текстах. Относительной частотой слова будем называть число словоупотреблений данного слова во всех текстах базы данных.

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

Нужно отметить, что статистические оценки дополняются лингвистическими данными. Рассчитываются следующие двухмерные числовые матрицы: матрица текст/слово, элементы которой – это число повторений данного слова в данном тексте; первая матрица слово/слово, элементы которой – это число повторений данной пары слов в данном тексте; вторая матрица слово/слово, элементы которой – это число текстов, содержащих данную пару слов; матрица текст/текст, элементы которой – это число слов, встречающихся в данной паре текстов.

Далее структуризация информации о распределении слов в текстах в числовом виде выполняется с помощью алгоритмов решения слабоформализованных задач.

Процесс смыслового анализа текста. На рис. 3 представлен процесс смыслового анализа текста в системе SemTextProcessor, основанный на получении и обработке онтологии текстов на естественном языке.

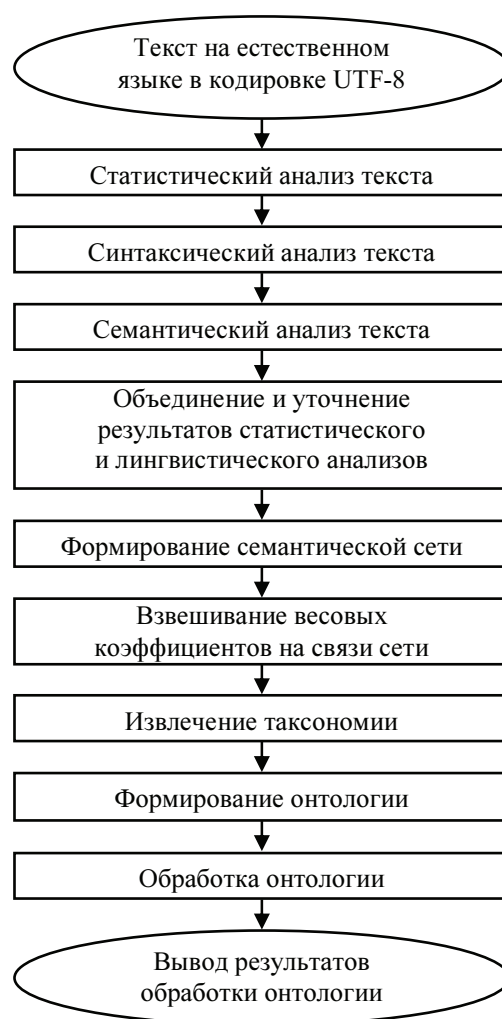


Рис. 3

Данный процесс выполняется для каждого текста. После получения онтологии предметной области текста над ней можно выполнить любые алгоритмы извлечения знаний. Это может быть алгоритм реферирования либо классификации и т. д. Заметим, что таксономия уже является классификацией. Для группы текстов можно объединить отдельные онтологии областей этих текстов и обработать результирующую онтологию либо объединить результаты обработки отдельных онтологий областей текстов.

В статье приводится краткое описание разрабатываемых подходов к решению задачи смысловой обработки текстов, сочетающих статистические, лингвистические и онтологические способы анализа текстов; представлены структурная и функциональная схемы автоматизированной системы смысловой обработки текстов. Показано, что для смыслового анализа текстов необходимо представление информации о распределении слов в текстах в числовом виде и структуризация этой информации с помощью алгоритмов решения слабоформализованных задач. Также приведен принцип смыслового анализа текста, основанный на использовании онтологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

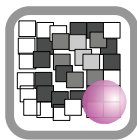
1. Леонтьева Н. Н. Автоматическое понимание текстов: системы, модели, ресурсы: Учеб. пособие для студ. линг. фак. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2006.
2. Шемакин Ю. И. Начала компьютерной лингвистики: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГОУ, 1992.
3. Alexandrov M., Sboyshakov K. Searching in full text Data Bases by using text patterns // Proc. of Intern. Computer Symposium CIC'99. National Polytechnic Institute, Mexico, 1999. P.17–29.

Farrokhbakht Foumani Mehdi

AUTOMATED SYSTEM OF SEMANTIC PROCESSING OF TEXTS IN THE CONTROL SYSTEM OF ELECTRONIC ARCHIVES

Structural and functional schemes of the automated system of semantic processing of texts are developed. Data presentation formalization up to a kind, suitable for analysis methods (numerical, graphic, etc.) is resulted. In the work is also resulted the principle of the semantic analysis of the text, based on the use of ontology.

Full text DB, architecture, functional scheme, formalization, semantic analysis, text, ontology



УДК 621.22.001.57:004.9

Д. М. Филатов, В. Е. Кузнецов,
Т. А. Минав, Ч. Ян, О. Э. Якупов

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА¹

Приводится компьютерная модель аксиально-поршневого насоса, учитывающая неравномерность потока жидкости, обусловленную кинематикой механизма гидромашины, а также определяющая зависимость объемных потерь от перепада давления, влияние нагрузки, сил трения и дающая возможность перехода из режима работы насосом в режим работы двигателем. Предлагаются способы, уменьшающие количество вычислений, необходимых при описании геометрической подачи насоса с учетом ее неравномерности.

Аксиально-поршневой насос, компьютерное моделирование, неравномерность потока жидкости

При моделировании автономных электрогидравлических систем для вычисления геометрической подачи аксиально-поршневого насоса Q_r наиболее часто используют только произведение угловой скорости вращения ω на характерный объем насоса $V_{\text{хар}}$. В этом случае геометрическая подача соответствует усредненному значению (в функции скорости вращения) и не учитывает пульсаций потока жидкости, вызванных конструктивными особенностями аксиально-поршневой машины.

Известен подход к вычислению геометрической подачи насоса с помощью суммы изменений объемов цилиндров аксиально-поршневой машины, находящихся в зоне нагнетания [1], [2]. Использование такого подхода позволяет при моделировании учитывать неравномерность потока жидкости, обусловленную кинематикой механизма гидромашины, но при этом требует существенно больших вычислительных затрат.

В данной статье рассматривается подход к разработке компьютерной модели аксиально-поршневого насоса, учитывающий неравномерность потока жидкости и момента на валу, обусловленную кинематикой механизма гидромашины, зависимость объемных потерь от перепада давления и влияние сил трения с кулоновским представлением сил сухого трения.

¹ Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по программе ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. в рамках реализации мероприятия № 1.2.2 в соответствии с гос. контрактом № 698 от 20.05.10.

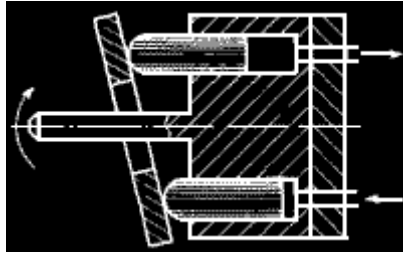


Рис. 1

Составим математическую модель аксиально-поршневого насоса на примере насоса с наклонным диском, схематичное изображение которого представлено на рис. 1.

При вращении вала поршни совершают возвратно-поступательное движение в цилиндрах насоса, причем цилиндры, объем которых увеличивается, соединены с зоной всасывания, а цилиндры, объем которых уменьшается – с зоной нагнетания. Мгновенное значение объема i -го цилиндра с учетом равномерного распределения цилиндров по окружности можно записать в виде [1], [2]:

$$V_i = \frac{\pi d^2}{4} \frac{h}{2} \left(1 + \cos \left(\alpha + \frac{2\pi(i-1)}{z} \right) \right),$$

где d – диаметр цилиндра; h – максимальный ход поршня в цилиндре; α – мгновенное значение угла поворота насоса; i – номер цилиндра ($1 \leq i \leq z$), z – количество цилиндров в насосе. Для удобства записи введем обозначение максимального объема i -го цилиндра:

$V_{i_max} = \pi d^2 h / 4$. С учетом того, что за один оборот вала насоса каждый цилиндр выталкивает в зоне нагнетания объем жидкости, равный своему максимальному объему, максимальный объем цилиндра можно выразить как

$$V_{i_max} = V_{xap} / z. \quad (1)$$

Опишем геометрическую подачу насоса. Подачу, создаваемую одним цилиндром, можно выразить как

$$Q_{\Gamma i} = \frac{dV}{dt} = -\frac{V_{i_max}}{2} \omega \sin \left(\alpha + \frac{2\pi(i-1)}{z} \right), \quad (2)$$

тогда геометрическая подача насоса будет представлять собой сумму геометрических подач цилиндров, находящихся в зоне нагнетания:

$$Q_{\Gamma} = \frac{dV}{dt} = -\frac{V_{i_max}}{2} \omega \sum_{i=i_H}^{i_K} \sin \left(\alpha + \frac{2\pi(i-1)}{z} \right), \quad (3)$$

где i_H и i_K – индексы первого и последнего цилиндров группы цилиндров, находящихся в зоне нагнетания, причем эти индексы зависят от мгновенного значения угла поворота вала насоса. Диапазон значений угла α , при котором i -й цилиндр находится в зоне нагнетания, можно представить в виде неравенства

$$\frac{\pi(z-2i+2)}{z} < \alpha < \frac{2\pi(z-i+1)}{z},$$

полученного исходя из условия положительности геометрической подачи цилиндра (2), выталкивающего жидкость. Используя это неравенство, можно разбить один оборот вала насоса на интервалы, в пределах которых в зоне нагнетания находятся одни и те же цилиндры, т. е. индексы i_H и i_K остаются неизменными. Для четного числа цилиндров один оборот разбивается на z интервалов, для нечетного числа цилиндров – на $2z$ [2].

Для уменьшения количества вычислений, необходимых в расчете геометрической подачи, предлагается преобразовать сумму тригонометрических функций в выражении (3), параметры которых определяются на основе описанной логики, в тригонометрическую функцию, аргумент которой будет изменяться по кусочно-линейному закону. На следующем этапе приближенно заменим полученное выражение непрерывной функцией, что позволит при вычислениях исключить логические условия.

Опишем геометрическую подачу насоса на k -м интервале. Поскольку на каждом интервале состав слагаемых в правой части выражения (3) остается неизменным, то представим выражение (3) с использованием тригонометрических преобразований в виде

$$Q_{гk} = \frac{dV_k}{dt} = -\frac{V_{i\max}}{2} \omega A_k \sin(\alpha_k + \varphi_k), \quad (4)$$

где k – номер интервала; A_k – масштабирующий множитель; α_k – угол поворота вала насоса, принадлежащий рассматриваемому интервалу; φ_k – фазовый сдвиг. При этом A_k и φ_k зависят не только от номера интервала, но и от количества цилиндров. Для нечетного и четного количества цилиндров фазовый сдвиг определяется соответственно по формулам

$$\varphi_k = \frac{\pi(3z - 2k + 1)}{2z}, \quad (5)$$

$$\varphi_k = \frac{\pi(3z - 4k + 2)}{2z}. \quad (6)$$

Численное значение сомножителя A_k зависит только от количества цилиндров, но при этом вид сомножителя, полученного путем преобразования выражения (3), будет зависеть от номера интервала при нечетном количестве цилиндров.

Угол поворота вала насоса, принадлежащий рассматриваемому интервалу, для нечетных и четных значений z соответственно можно определить следующими выражениями:

$$\alpha_k \in \left[\frac{\pi(2k-1)}{2z} - \frac{\pi}{2z}; \frac{\pi(2k-1)}{2z} + \frac{\pi}{2z} \right], \quad (7)$$

$$\alpha_k \in \left[\frac{\pi(2k-1)}{z} - \frac{\pi}{z}; \frac{\pi(2k-1)}{z} + \frac{\pi}{z} \right]. \quad (8)$$

С помощью выражений (5) и (7) для нечетного числа цилиндров и выражений (6) и (8) для четного числа цилиндров определим пределы изменения аргумента синуса в выражении (4). Для удобства обозначим $\alpha_k + \varphi_k$ через α_k . Для нечетных значений z аргумент изменяется в пределах

$$\alpha_k \in \left[\frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{2z}; \frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{2z} \right], \quad (9)$$

для четных значений z –

$$\alpha_k \in \left[\frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{z}; \frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{z} \right], \quad (10)$$

Таким образом, вид геометрической подачи насоса, определяемой выражением (4) не зависит от номера интервала, для которого происходит вычисление, что позволяет объем жидкости V_k , выталкиваемой за один период, представить как отношение характерного объема к количеству периодов. С другой стороны, объем жидкости V_k может быть определен как интеграл от выражения (4) с учетом (9) и (10). Приравняем выражения для определения V_k , полученные двумя описанными способами, при нечетном количестве цилиндров в насосе:

$$V_{i_max} A_k \sin\left(\frac{\pi}{2z}\right) = \frac{V_{xap}}{2z}. \quad (11)$$

Из выражения (11) с учетом (1) получим зависимость масштабирующего множителя A_k от z для нечетного количества цилиндров:

$$A_k = \frac{1}{2 \sin(\pi/2z)}.$$

Аналогичным способом получается зависимость A_k от z для четного количества цилиндров:

$$A_k = \frac{1}{\sin(\pi/z)}$$

Преобразуем выражение (4), учитывая границы изменения аргумента синуса (9), (10) и взаимосвязь между характерным объемом насоса и максимальным объемом i -го цилиндра (1):

$$Q_\Gamma = \frac{dV}{dt} = -\frac{V_{xap}}{2z} \omega A_k \cos(\alpha'), \quad (12)$$

где α' изменяется по закону: $\alpha = \alpha_H(\alpha) + \int \omega dt$, α_H – функция от α' , обеспечивающая нахождение аргумента в указанных в (9) и (10) интервалах с учетом приведения функции $\sin$ к $\cos$. Зависимость α_H от α можно представить в виде

$$\alpha_H = \begin{cases} \alpha_H - 2\alpha_0, & \alpha' > \alpha_0; \\ \alpha_H + 2\alpha_0, & \alpha' > -\alpha_0, \end{cases} \quad (13)$$

где α_0 – половина ширины интервала, указанного для нечетного числа цилиндров в (9) и для четного числа – в (10). В начальный момент времени примем $\alpha_H = -\alpha_0$.

Таким образом, описать зависимость геометрической подачи насоса от скорости вращения вала можно с помощью выражения (12) с учетом (13). Поскольку α изменяется в пределах от $-\alpha_0$ до α_0 , кусочно-непрерывную функцию (12) для нечетного значения z предлагается приближенно заменить непрерывной функцией вида

$$Q_\Gamma = \frac{V_{xap}}{2z} \omega A_k A K_{доп} \left((1 - \cos(\alpha_0)) |\sin(z\alpha)| + \cos(\alpha_0) \right), \quad (14)$$

а для четного значения z – функцией вида

$$Q_\Gamma = \frac{V_{xap}}{2z} \omega A_k A K_{доп} \left((1 - \cos(\alpha_0)) \left| \sin\left(\frac{z}{2}\alpha\right) \right| + \cos(\alpha_0) \right). \quad (15)$$

В выражениях (14) и (15) $K_{\text{доп}}$ – коэффициент, необходимый для того, чтобы объем жидкости, выталкиваемой за один оборот вала насоса, рассчитанный с использованием указанных выражений, соответствовал характеристическому объему насоса $V_{\text{хар}}$. Для расчета $K_{\text{доп}}$ приравняем выражения (14) или (15) к выражению (12) с учетом (13). Для нечетного и четного количеств цилиндров $K_{\text{доп}}$ определяем по формулам соответственно:

$$K_{\text{доп}} = \frac{2z \sin(\pi/2z)}{2 - 2 \cos(\pi/2z) + \cos(\pi/2z)\pi};$$

$$K_{\text{доп}} = \frac{z \sin(\pi/z)}{2 - 2 \cos(\pi/z) + \cos(\pi/z)\pi}.$$

Переходя к описанию модели насоса, отметим, что без учета сжимаемости жидкости фактическая подача насоса определяется как

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{г}} - Q_{\text{ут}}, \quad (16)$$

где $Q_{\text{ут}}$ – объемные потери, учитывающие утечки и перетечки жидкости внутри насоса. Как показывают эксперименты [2], утечки жидкости прямо пропорциональны перепаду давления, поэтому расход утечек может быть представлен в виде

$$Q_{\text{ут}} = r(P_{\text{н}} - P_{\text{в}}), \quad (17)$$

где r – постоянный коэффициент утечек; $P_{\text{н}}$ – давление в зоне нагнетания; $P_{\text{в}}$ – давление в зоне всасывания [1].

На практике коэффициент утечек легко определяется с помощью формулы для расчета объемного КПД:

$$\eta_0 = 1 - A_k = \frac{r \Delta P_{\text{ном}} 2\pi}{V_{\text{хар}} \omega_{\text{ном}}},$$

где $\Delta P_{\text{ном}}$ – номинальный перепад давления на насосе; $\omega_{\text{ном}}$ – номинальная скорость вращения вала насоса.

Момент сопротивления на валу насоса $M_{\text{н}}$ определим через подводимую механическую мощность

$$N_{\text{м}} = \omega M_{\text{н}} \quad (18)$$

и гидравлическую мощность потока жидкости на выходе насоса без учета утечек

$$N_{\text{г}} = Q_{\text{г}} (P_{\text{н}} - P_{\text{в}}). \quad (19)$$

Приравняем выражения (18) и (19) и выразим момент $M_{\text{н}}$, развиваемый перепадом давления жидкости в камерах насоса:

$$M_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{г}} (P_{\text{н}} - P_{\text{в}})}{\omega}. \quad (20)$$

Момент сил трения на валу аксиально-поршневой машины определяется с учетом известного условия [3]:

$$M_{\text{тр}} = \begin{cases} M_{\text{в}}, & |M_{\text{в}} - M_{\text{н}}| < M_{\text{с.т}}; \\ M_{\text{с.т}} \sin g(\omega) + K_{\text{в.т}}, & |M_{\text{в}} - M_{\text{н}}| \geq M_{\text{с.т}}, \end{cases} \quad (21)$$

где $M_{\text{в}}$ – внешний момент, прикладываемый к валу насоса; $M_{\text{с.т}}$ – момент сил сухого трения; $K_{\text{в.т}}$ – коэффициент вязкого трения. Для оценки значений момента сил сухого трения и коэффициента вязкого трения можно воспользоваться графиками изменения механического КПД от скорости вращения. Гидравлические потери обычно оцениваются тоже через механический КПД [1].

В качестве среды моделирования использовался MATLAB Simulink. Структурная схема блока, описывающего процессы преобразования энергии в аксиально-поршневом насосе, представлена на рис. 2.

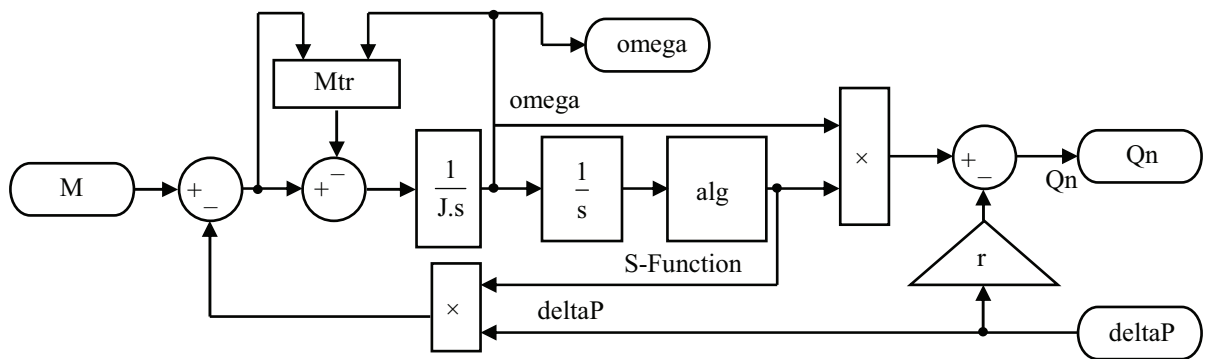


Рис. 2

На вход блока подаются значения внешнего момента (M), прикладываемого к валу насоса, и разность давления между зоной всасывания и зоной нагнетания (ΔP). Выходами являются поток жидкости (Q_n) и скорости вращения вала насоса (ω). Поток жидкости на выходе насоса рассчитывается в соответствии с выражениями (14)–(17). Формулы для расчета необходимых коэффициентов и реализация части алгоритма (14), (15) выполнены с помощью S-функции в блоке alg. Скорость вращения вала насоса определяется в соответствии с уравнением

$$M - M_{\text{н}} - M_{\text{тр}} = J \frac{d\omega}{dt},$$

где J – суммарный момент инерции насоса и механизма, приводящего его в движение. Момент на валу насоса представляет собой разность внешнего момента M , прикладываемого к валу насоса, и моментов, создаваемых перепадом давления жидкости в камерах насоса (20) и силами трения (21). Блок Mtr реализует алгоритм (21). В качестве примера результатов использования предложенной модели на рис. 2 представлены графики скорости и потока жидкости, полученные при моделировании электрогидравлического привода с аксиально-поршневой машиной Parker Hannifin F11-19.

Рассматриваемый подход к компьютерному моделированию позволяет учитывать неравномерность потока жидкости в зоне нагнетания и момента на валу насоса, вызванную конструктивными особенностями аксиально-поршневой машины. Учет указанных факторов может быть полезен при разработке систем управления следящими автономными

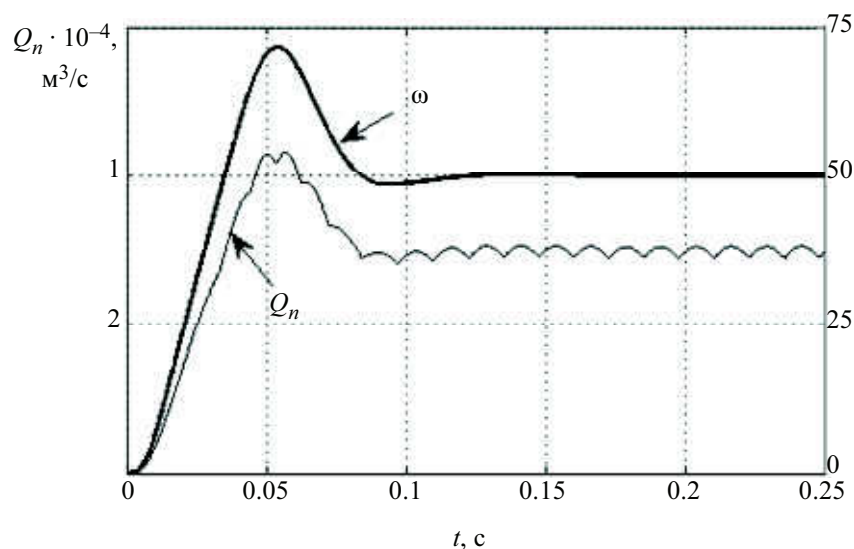


Рис. 3

электрогидравлическими приводами с объемным или комбинированным принципом регулирования. Другой особенностью предложенной модели является возможность ее применения для моделирования аксиально-поршневой машины как в режиме работы насосом, так и в режиме работы мотором, что позволяет использовать данную модель при разработке электрогидравлических приводов с возможностью рекуперации энергии. В качестве примера применения подобных технологий в промышленности можно привести электрогидравлические приводы подъемных устройств с возможностью рекуперации энергии в режиме опускания груза [4], [5]. Также указанная особенность модели позволяет применять ее для оценки работы системы с автономным электрогидравлическим приводом при превышении максимально допустимых нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башта Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. М.: Машиностроение, 1974. 606 с.
2. Орлов Ю. М. Авиационные объемные гидромашины с золотниковым распределением / Пермь: Пермский гос. техн. ун-т, 1993. 252 с.
3. Шамберов В. Н., Влияние сухого трения в исполнительных механизмах автоматических систем с приводным электродвигателем на их устойчивость // Научное приборостроение. 2004. № 4. С. 39–45.
4. Yang H., Sun W., Xu B. New Investigation in Energy Regeneration of Hydraulic Elevators, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. 2007. Vol. 12, № 5. Oct.
5. Electric energy recovery system efficiency in a hydraulic forklift / T. A. Minav, L. I. E. Laurila, P. Immonen et al. // Proc. EUROCON 2009, St. Petersburg, Russia, 2009.

*D. M. Filatov, V. E. Kuznetsov,
T. A. Minav, Y. Zhan, O. E. Jakupov*

COMPUTER MODELING AND SIMULATION OF AXIAL-PISTON PUMP

The Matlab/Simulink model of axial-piston pump with flow ripple delivery are presented. Model includes into account volume losses in the hydraulic machine, effect of load change and friction. This all helps to evaluate the possibilities of the hydraulic pump work as a motor. Ways to reduce the amount of calculations regarding geometrical pumpage modeling are offered.

Axial-piston pump, computer modeling, flow ripple delivery

СИСТЕМА АНТИПОМПАЖНОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Предлагается структура системы антипомпажной защиты газоперекачивающего агрегата и дается описание ее работы

Газоперекачивающий агрегат, система защиты, помпаж, регулятор, уставка

Центробежный нагнетатель вместе с приводным газотурбинным двигателем являются основными частями газоперекачивающего агрегата (ГПА). При работе ГПА в составе компрессорной станции возможно возникновение предпомпажного состояния, а в дальнейшем и помпажа нагнетателя.

Помпаж представляет собой срыв потока газа в нагнетателе с потерей динамической устойчивости. Возникающие при этом колебания расхода и давления газа могут привести к разрушению оборудования. Явление помпажа возникает, когда давление на выходе нагнетателя высокое, а расход газа через него низкий [1].

На рис. 1 показана типовая газодинамическая характеристика центробежного нагнетателя, представляющая собой зависимость степени сжатия газа E от расхода газа Q при различной скорости вращения ротора нагнетателя ($N_1 < N_2 < N_3$)

Линия $a-b$ является границей зоны устойчивой работы и называется границей помпажа. Зона, расположенная левее линии $a-b$, является зоной неустойчивой работы. Работа нагнетателя в зоне, расположенной левее линии $c-d$ (граница регулирования) недопустима.

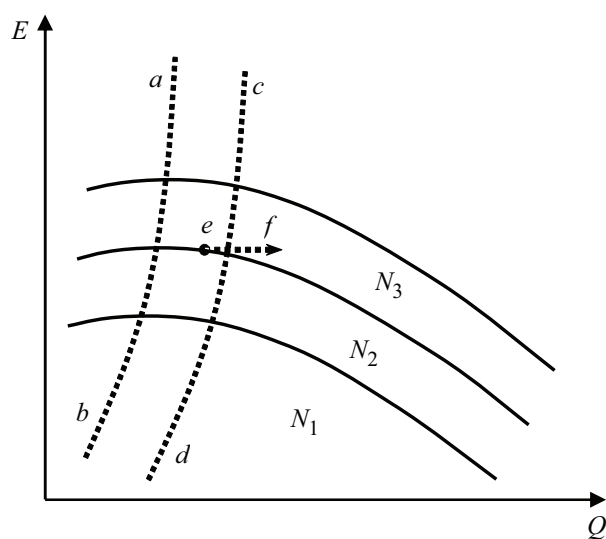


Рис. 1

Обычно режим работы компрессорной станции выбирается таким, чтобы нагнетатель работал в зоне устойчивой работы, однако различные возмущающие воздействия на ГПА могут приводить к тому, что нагнетатель будет приближаться к границе помпажа.

Для вывода нагнетателя в зону устойчивой работы производится перепуск перекачиваемого газа с выхода нагнетателя на его вход в количестве, необходимом для избежания помпажа (линия $e-f$).

В более ранних системах при фиксации предпомпажного состояния система антипомпажной защиты полностью открывала анти-

помпажный клапан. Такой способ эффективен для предотвращения развития помпажа, однако значительно уменьшает производительность газоперекачивающего агрегата. Задачи антипомпажной защиты заключаются:

- в поддержании запаса по помпажу не ниже заданного значения,
- в обнаружении помпажа,
- в выводе нагнетателя из зоны помпажа.

Главной целью системы антипомпажной защиты является гарантированное избежание помпажа нагнетателя, однако при этом рабочая точка нагнетателя должна, по возможности, находится вблизи границы помпажа, так как лишь при этом условии достигается наибольшая производительность ГПА.

Эти задачи решаются системой антипомпажной защиты ГПА, обобщенная структурная схема которой представлена на рис. 2, где Z – помпажный запас; E – степень сжатия газа; $P_{\text{вых}}, P_{\text{вх}}$ – давление на выходе и входе нагнетателя; ΔP_k – перепад давления на конфузоре нагнетателя; $N_{\text{ст}}$ – скорость вращения силовой турбины нагнетателя; ИМ – исполнительный механизм; $\Delta U_z, \Delta U_p, \Delta U_e$ – выходы соответствующих регуляторов; ΔU – вход исполнительного механизма; $U_{\text{огр}}$ – управляющий выход блока вычисления скорости изменения помпажного запаса и выходного давления; $U_{\text{п}}$ – управляющий выход блока диагностики помпажа и предпомпажного состояния; U_0 – текущее положение антипомпажного клапана (АПК); $U_{\text{рег}}$ – управляющее воздействие на АПК.

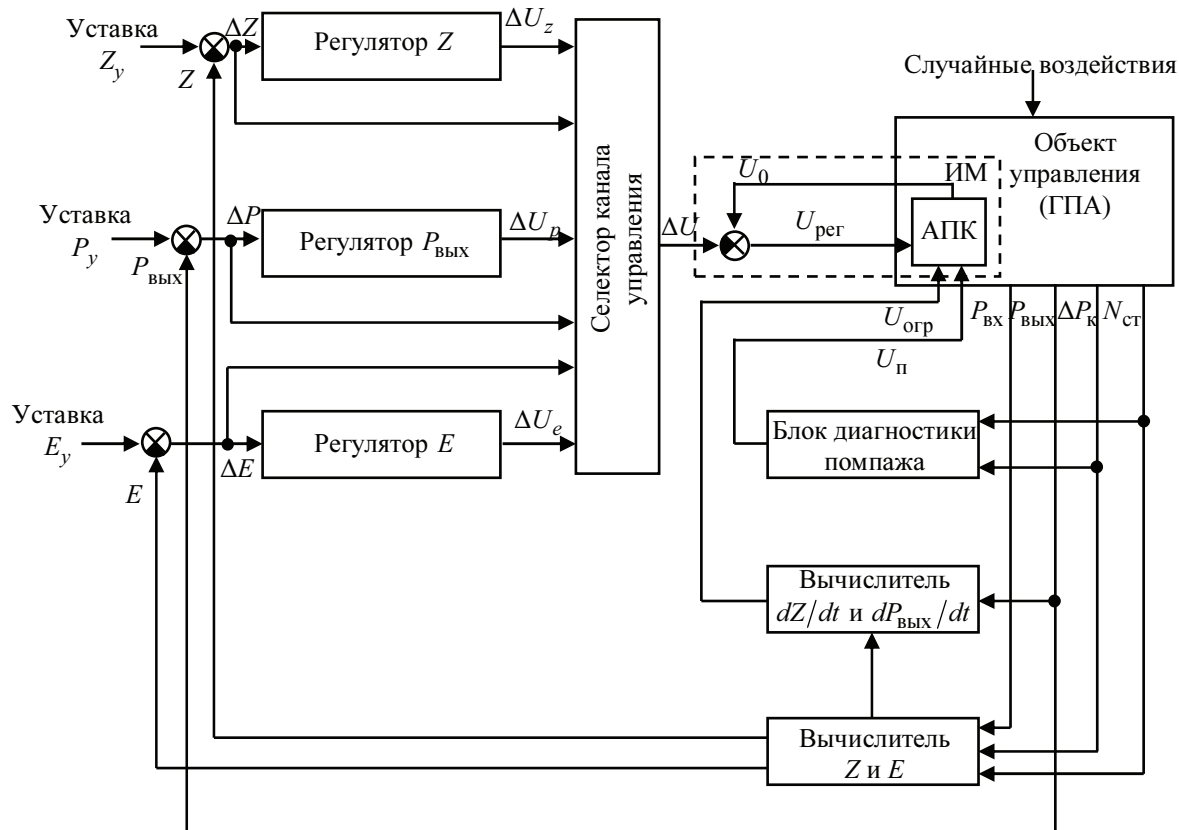


Рис. 2

Нагнетатель является многосвязным объектом, имеющим один управляющий вход ΔU (положение АПК) и несколько выходов ($P_{\text{вых}}, N_{\text{ст}}, \Delta P_k$). Для управления таким объектом предлагается использовать трехконтурный ПИД-регулятор (регулятор Z , регулятор $P_{\text{вых}}$ и регулятор E) с общим выходом, который обеспечивается селектором каналов управления. АПК регулируется в первую очередь по помпажному запасу Z . Однако возможно возникновение предпомпажного состояния по $P_{\text{вых}}$ и предпомпажного состояния по E . Поэтому в случае, когда рассогласование по величине помпажного запаса (ΔZ) минималь-

но, происходит регулирование по параметрам E или $P_{\text{вых}}$, что определяется величиной наибольшего рассогласования ΔP или ΔE . Таким образом, в каждый момент регулирования производится только по одному из указанных параметров путем переключения каналов в зависимости от величины рассогласования.

Поддержание запаса по помпажу достигается путем своевременного частичного открытия антипомпажного клапана при пересечении рабочей точкой нагнетателя линии регулирования (см. рис. 1) или при быстром приближении к ней. Степень открытия антипомпажного клапана вычисляется контуром антипомпажного регулирования, контуром регулирования выходного давления или контуром степени сжатия газа.

Вычислитель Z и E осуществляет согласно утвержденной методике [2] расчет текущих значений помпажного запаса и степени сжатия газа по измеряемым значениям перепада давления на конфузоре и давления на выходе нагнетателя.

Степень сжатия E рассчитывается в соответствии с выражением

$$E = \frac{P_{\text{вых}} + P_{\text{атм}}}{P_{\text{вх}} + P_{\text{атм}}},$$

где $P_{\text{вых}}$ – давление на выходе нагнетателя; $P_{\text{вх}}$ – давление на входе нагнетателя; $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление.

Помпажный запас Z вычисляется по формуле

$$Z = \frac{Q - Q_{\text{п}}}{Q} \cdot 100 \%,$$

где $Q_{\text{п}}$ – допустимый объемный расход технологического газа, обусловленный газодинамической характеристикой нагнетателя; Q – текущий объемный расход газа.

Текущий объемный расход газа вычисляется согласно выражению [3]

$$Q = K \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{к}}}{\rho}},$$

где K – коэффициент расхода конфузора нагнетателя; $\Delta P_{\text{к}}$ – перепад давления на конфузоре нагнетателя; ρ – плотность газа на входе нагнетателя.

Блок диагностики помпажа предназначен для формирования сигналов «Предпомпажное состояние» и «Помпаж». В основе диагностики лежит анализ скорости изменения частоты вращения ротора нагнетателя и перепада давления на конфузоре нагнетателя. В момент формирования предпомпажного состояния скорость изменения обеих этих величин возрастает в 2–10 раз по сравнению со штатным режимом работы нагнетателя. Поэтому при превышении скорости изменения хотя бы одной из величин порогового значения формируется сигнал «Предпомпажное состояние», а если он не снимается в течение заданного интервала времени, то формируется сигнал «Помпаж».

По сигналу «Предпомпажное состояние» система антипомпажной защиты производит экстренное открытие АПК, что резко увеличивает расход газа через нагнетатель и смещает рабочую точку в зону устойчивой работы, а по сигналу «Помпаж» система управления ГПА должна выполнить аварийный останов газоперекачивающего агрегата со стравливанием газа.

Вычислитель скорости изменения помпажного запаса и выходного давления необходим для дополнительной защиты нагнетателя при резком изменении контролируемых параметров. При превышении скорости изменения помпажного запаса (dZ/dt) или скорости изменения выходного давления ($dP_{\text{вых}}/dt$) заданных значений блок вырабатывает управляющее воздействие на постепенное открытие АПК (открытие с постоянным заданным шагом).

Управляющие сигналы от блока диагностики помпажа и вычислителя скорости изменения помпажного запаса и выходного давления имеют приоритет над управляющим выходом многоконтурного регулятора (при их наличии выход регулятора отключается).

Уставки регуляторов Z_y , P_y , E_y формируются в соответствии с аварийным значением каждого параметра, определяемым в процессе эксплуатации ГПА (уставка должна быть несколько меньше аварийного значения, а для регулятора Z несколько больше).

При пересечении каким-либо одним параметром соответствующей линии регулирования активным является канал управления именно этой величиной. При пересечении соответствующей линии регулирования двумя и более параметрами с помощью селектора канала управления на исполнительный механизм поступает приращение управляющего сигнала от регулятора параметра, имеющего наибольшую величину рассогласования.

Задача обеспечения требуемого качества переходных процессов решается путем выбора настроечных коэффициентов непосредственно для каждого ПИД-регулятора.

Система антипомпажной защиты ГПА реализована с помощью программно-технических средств фирмы Siemens. В качестве программного комплекса для разработки и эксплуатации выступает система управления процессами Simatic PCS7. Аппаратная составляющая реализована на базе программируемого логического контроллера Siemens Simatic серии S7-400. Система антипомпажной защиты включается в состав САУ ГПА, являясь ее неотъемлемой частью.

Таким образом, разработанная система улучшает антипомпажную защиту ГПА и позволяет реализовать не только традиционные функции открытия-закрытия антипомпажного клапана в различных режимах работы ГПА, но и обеспечивает регулирование по основным параметрам нагнетателя вблизи границы его устойчивой работы, что обеспечивает наибольшую производительность газоперекачивающего агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов Я. А. Регулирование ГПА: возникающие проблемы и пути их решения // Современные технологии автоматизации. 2009. № 2. С. 82–85.
2. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. СТО Газпром 2-3.5-051-2006 / «ИРЦ Газпром» М., 2006. С. 134–139.
3. Зиятдинова Н. М., Токарев Д. В., Гольянов А. И. Определение газодинамических характеристик нагнетателя газоперекачивающего агрегата // Нефтегазовое дело. 2006. Том 4. № 1. С. 217–221.

A. A. Lyamkin, N. V. Makarov

A SURGE PROTECTION SYSTEM FOR GAS COMPRESSOR UNITS

The structural arrangement of a surge protection system for gas compressor units is proposed and its operation procedure is described.

Gas compressor unit, protection system, surge, controller, setting



УДК 621.313.39

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

СРАВНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ В ЦЕПИ РОТОРА АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ В ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Рассмотрены варианты построения гидроаккумулирующей электростанции с асинхронным генератором-двигателем с фазным ротором и преобразователем частоты в цепи возбуждения. На примере агрегата мощностью 274 МВт выполнен сравнительный анализ характеристик двухуровневых, трехуровневых, каскадных и многоуровневых преобразователей частоты. Отмечены преимущества и недостатки преобразователей различного типа, даны рекомендации.

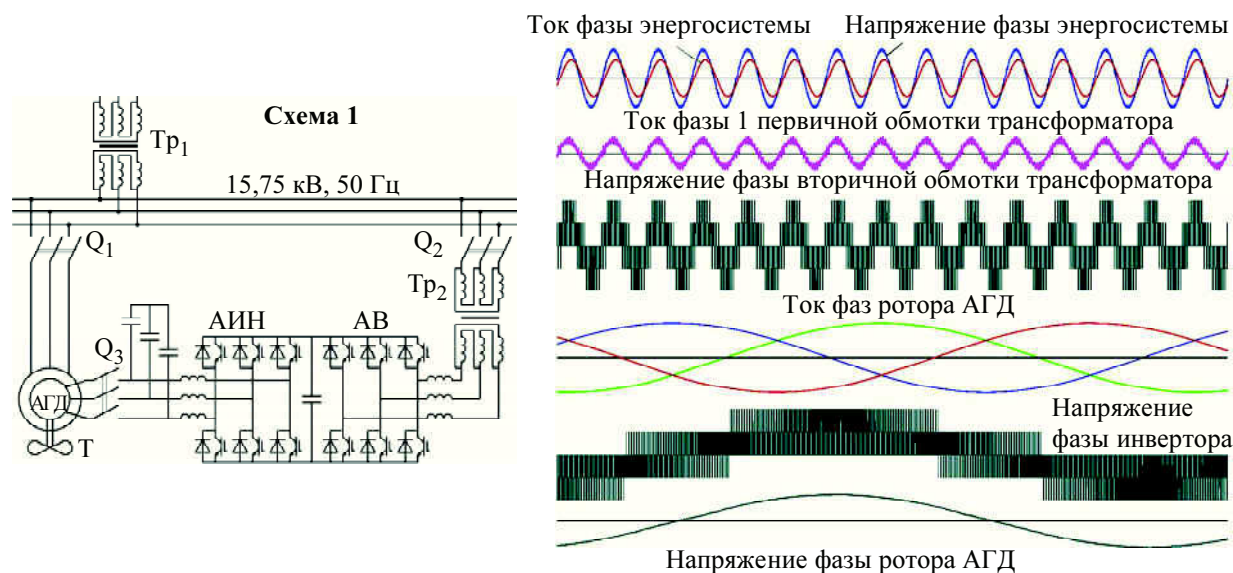
Гидроаккумулирующая электростанция, генератор-двигатель, асинхронная машина, фазный ротор, активный преобразователь, двухуровневый преобразователь, многоуровневый преобразователь, каскадный преобразователь, многотактный преобразователь, моделирование

На гидроаккумулирующих электростанциях (ГАЭС) Японии, Германии и других стран применяются синхронные генераторы-двигатели (СГД) и асинхронные (АГД) с фазным ротором [1]. Машины указанных типов используются в ГАЭС, как правило, совместно [2]–[4]. На проектируемых ГАЭС также планируется применять СГД и АГД [5]. Габариты, масса и стоимость систем с АГД больше, чем систем с СГД. Однако в системах с АГД с помощью преобразователей частоты (ПЧ) в цепях роторов осуществляется регулирование частот вращения турбин и за счет выбора рациональных частот повышается КПД, уменьшается влияние на работу турбин кавитационных процессов, расширяются возможности стабилизации работы электроэнергетической системы.

Необходимым элементом ГАЭС с АГД является ПЧ в цепи ротора. В действующих ГАЭС используются обычно ПЧ с непосредственной связью (НПЧ) [2], [3]. Однако в рассматриваемых системах НПЧ имеют низкий коэффициент мощности (порядка 0,3...0,5), поэтому габариты, масса и стоимость НПЧ и согласующего трансформатора велики. В настоящее время в связи с широким применением полностью управляемых полупроводниковых приборов (IGBT, GTO, GCT и др.) существуют возможности выполнения ПЧ с лучшими технико-экономическими характеристиками [6]–[8]. В данной статье оцениваются преимущества и недостатки использования ПЧ различных типов в цепи ротора АГД

На рис. 1 приведена схема с АГД, двухуровневым ПЧ, трансформатором, LC -фильтром между ПЧ и ротором АГД и токоограничивающим реактором между ПЧ и трансформатором (схема 1). Трансформатор двухобмоточный. ПЧ содержит активный выпрямитель (АВ) и автономный инвертор напряжения (АИН). Данная схема рассматривается применительно к ГАЭС во многих публикациях, например [2], [3].

На рис. 2 приведена схема с АГД, каскадным ПЧ с многообмоточным трансформатором и однофазными низковольтными ПЧ (схема 2). Каждый однофазный ПЧ содержит АВ и АИН. Однофазные ПЧ соединяются последовательно в фазах нагрузки и образуют трехфазный источник повышенного напряжения. Каскадные ПЧ производятся серийно, но используются в основном в электроприводах с вентиляторной нагрузкой. В некоторых публикациях подтверждена возможность применения каскадных ПЧ в ГАЗС [9].



Puc. 1

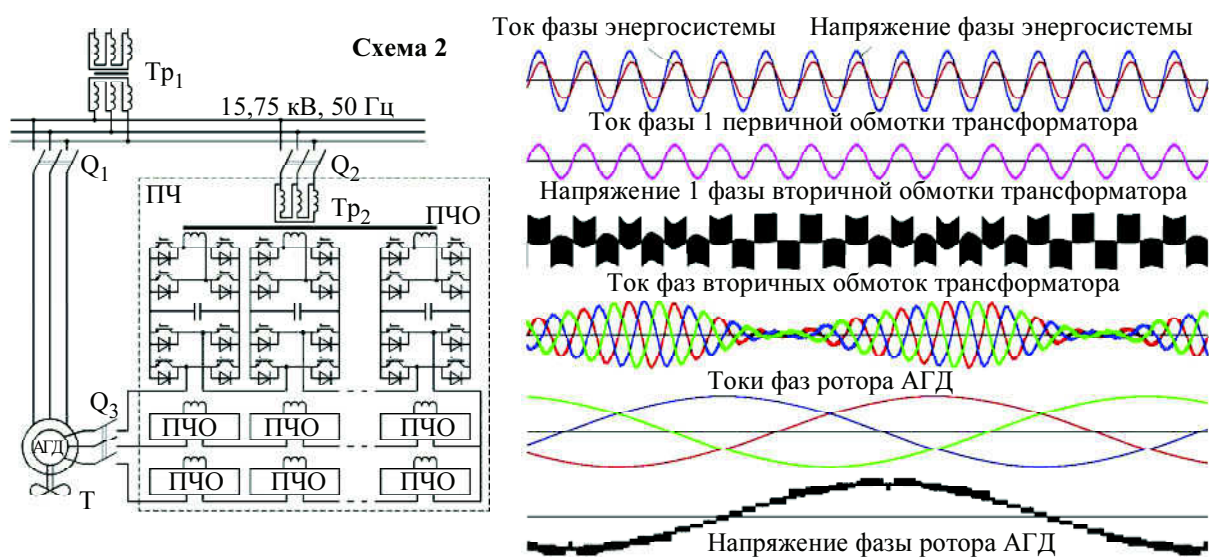


Рис. 2

На рис. 3 представлена схема с многотактно-многоуровневым ПЧ (схема 3). В этом варианте ГАЭС ротор АГД подключен к многоуровневому АИН, цепь выпрямленного тока которого соединена с многотактным АВ. Выпрямитель подключен к многообмоточному трансформатору. Количество преобразовательных мостов АВ и количество уровней АИН определяется требуемым напряжением ПЧ, используемыми полупроводниковыми приборами и требуемым качеством электроэнергии на входе и выходе ПЧ. Аналогичные схемы ПЧ опубликованы [6], однако предложений по их использованию в ГАЭС в цепи ротора АГД нет. Поэтому схему 3 следует рассматривать как новую.

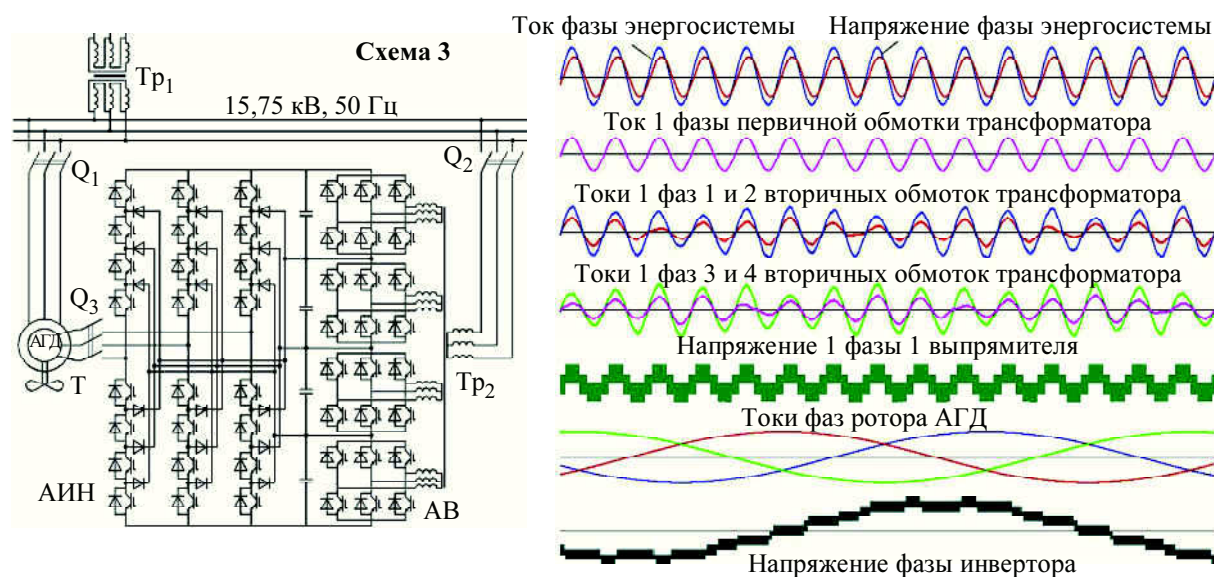


Рис. 3

Для всех вариантов ГАЭС выполнено математическое описание электромеханических процессов и методами моделирования систем по взаимосвязанным подсистемам разработаны компьютерные модели. Методология моделирования и примеры создания моделей ГАЭС с каскадным ПЧ (рис. 2) и других систем приведены в [6], [7], [9].

Модели использованы для выполнения расчетов для сравнения схем 1–3. Расчеты выполнялись для двигательного режима работы АГД, параметры которого могут быть приняты в качестве номинальных. Параметры оборудования ГАЭС следующие. Активная мощность АГД 274 МВт, коэффициент мощности 0,95, напряжение обмотки статора 15,75 кВ, частота напряжения статора 50 Гц. Коэффициент приведения параметров ротора к статору 5, индуктивности рассеяния фазы статора 0,18 о.е., фазы ротора 0,173 о.е., индуктивность намагничивания 1,79 о.е., активное сопротивление фазы статора 0,0016 о.е., активное сопротивление фазы ротора 0,029 о.е.

Питание АГД осуществляется от трансформатора мощностью 300 МВА (Tr_1) с напряжением короткого замыкания 10 %. Напряжение вторичной обмотки – 15,75 кВ.

Мощность трансформатора в цепи ротора АГД 20 МВА (Tr_2). В схеме 1 коэффициент трансформации Tr_2 равен 23,7 (количество вторичных обмоток 18), в схеме 2 – 2,3, в схеме 3 – 11,2. Напряжение короткого замыкания трансформаторов 6 %. В схеме 1 на входе ПЧ используются токоограничивающие реакторы, увеличивающие напряжение короткого замыкания до 12 %.

Выпрямленные напряжения ПЧ в 1 схеме 820 В, в схеме 2 – 11 660 В, в схеме 3 – 10 000 В. Частота ШИМ в схеме 1 составляет 900 Гц, в схемах 2 и 3 – 4000 Гц. Коэффициент мощности активных выпрямителей ПЧ во всех схемах поддерживается равным 1.

Скольжение ротора АГД $s = -0,07142857$, что соответствует скорости вращения $n = 1,07142857$ о.е. При этом основная часть активной мощности (92,9 %) поступает из энергосистемы на вал турбины через обмотку статора и воздушный зазор АГД, меньшая часть мощности (7,1428 %) передается из энергосистемы на вал турбины через ПЧ и обмотку ротора АГД. В этом режиме частота тока ротора АГД ($f_r = 3,57$ Гц) кратна частоте энергосистемы ($f_s = 50$ Гц). Это позволяет получить периодический процесс.

На рис. 1–3 приведены также диаграммы напряжений и токов ПЧ и АГД в одном и том же режиме работы всех рассматриваемых систем, описанном далее.

Результаты расчетов на компьютерных моделях также представлены в таблице.

Параметры системы с АГД и ПЧ в цепи ротора АГД	Схема 1	Схема 2	Схема 3
Частота ШИМ ПЧ, Гц	900	4000	4000
Частота вращения ротора АГД, о.е.	107,142	107,142	107,142
Активная мощность энергосистемы, МВт	273,93	273,91	273,93
Реактивная мощность энергосистемы, МВА	96,5	96,5	96,5
Активная мощность статора АГД, МВт	255,88	255,62	255,85
Реактивная мощность статора АГД, МВА	97,7	96,27	96,75
Активная мощность в цепи ротора АГД, МВт	18,05	18,3	18,09
Мощность на валу АГД, МВт	272,8	272,67	272,87
Полная мощность ротора АГД, МВА	20,48	20,58	20,82
Полная мощность ротора АГД по 1 гармоникам, МВА	20,48	20,47	20,52
Мощность первичных обмоток трансформатора, МВА	18,43	18,31	18,09
Мощность вторичных обмоток трансформатора, МВА	23,02	25,52	32,19
ПМ ключей выпрямителей, МВА	195	454	180
ПМ ключей инверторов, МВА	240	176,9	180
ПМ разделительных диодов, МВА	–	–	135
Энергия емкостей ($0,5 \sum CU^2$), кДж	680 + 311	1500	500
Дополнительные LC-фильтры между ПЧ и АГД	Есть	–	–
Дополнительные L-фильтры между ПЧ и сетью	Есть	–	–
Коэфф. искажения синусоидальн. напряжений сети, %	3,59	2,76	0,34
Коэфф. искажения синусоидальности токов сети, %	1,2	0,819	0,13
Коэфф. искажения синусоид. напряжений ротора, %	1,43	10,4	17
Коэффициент искажения синусоид. токов ротора, %	0,2807	1,0	0,053
Амплитуда коэффициента модуляции выпрямителей	0,825	0,818	0,825
Амплитуда коэффициента модуляции инверторов	0,826	0,815	0,791
Выпрямленное напряжение ПЧ, В	11 660	820	10 000
Напряжение фазы ротора по 1 гармонике, В	3219	3224	3224
Действующий ток фазы выпрямителя ПЧ, А	1594	3237	2639
Действующий ток фазы инвертора ПЧ, А	2079	2116	2121
Действующий ток фазы ротора АГД, А	2121	2116	2121
Небаланс мощности (погрешности вычислений), %	0,08	0,13	0,06

Емкости конденсаторов ПЧ в звеньях выпрямленного напряжения выбраны из условия обеспечения устойчивости установившихся и переходных электромеханических процессов. В схеме 1 использован конденсатор постоянного напряжения емкостью 10 000 мкФ при напряжении 11 660 В, а также конденсаторы в фильтре. В схеме 2 в каждой из 18 однофазных ячеек ПЧ использован конденсатор емкостью 250 000 мкФ при напряжении 820 В. В схеме 3 использованы конденсаторы емкостью по 40 000 мкФ, включенные последовательно, при напряжении по 2500 В. Перечисленным емкостям и напряжениям конденсаторов соответствуют запасы энергии, указанные в таблице.

Во всех расчетах (при различных схемах ПЧ в цепи ротора) регуляторы [9] обеспечивают приблизительно один режим работы всей системы (частоту вращения ротора и скольжение АГД, активную и реактивную мощности энергосистемы и АГД, коэффициенты модуляции выпрямителей и инверторов и др.).

Для сравнения схем по мощности ключевых полупроводниковых элементов введен показатель мощности ключей (ПМ). Он определяется как произведение амплитуды тока в ключевом элементе на амплитуду напряжения и на количество однотипных ключевых элементов, работающих в одинаковых условиях. Для сравнения схем по емкости конденсаторов введен показатель – запас энергии в емкостях.

Из результатов следует выделить параметр «небаланс мощности». В идеальном случае (в установившемся режиме работы системы, при отсутствии биений, при отсутствии погрешностей вычислений) он должен быть равен 0, что обусловлено законом сохранения энергии. При расчетах на моделях он отличается от 0, и это характеризует точность вычислений, обусловленную погрешностями различного рода (ограничение количества итераций, погрешности интегрирования, округлений, гармонического анализа). В рассматриваемых случаях погрешности вычислений не превышают величины 0,43 % (см. таблицу).

Один из результатов расчетов заключается в том, что в схеме ГАЭС с каскадным ПЧ в токах вторичных обмоток трансформатора Tr2, а также в АВ и АИН однофазных преобразователей частоты и в конденсаторах существуют биения (рис. 2), обусловленные низкой частотой и значительной величиной токов ротора. Биения и неравномерность токов в фазах нагрузки ПЧ приводят к увеличению габаритной мощности трансформатора Tr2, к увеличению мощности полупроводниковых приборов и емкости конденсаторов. По этим причинам схема 2 уступает схемам 1 и 3 и в ГАЭС ее использовать нецелесообразно.

В схеме 3 между вторичными обмотками трансформатора Tr2 нагрузка распределена неравномерно. Неравномерность обусловлена тем, что полупроводниковые ключи, присоединенные непосредственно к фазам ротора, участвуют в формировании всей кривой тока ротора, а ключи, подведенные к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя, участвуют в формировании только тех частей токов ротора, которые находятся вблизи экстремумов. В схеме 3 возможно выполнение трансформатора с различной мощностью вторичных обмоток, и в этом случае указанная особенность ПЧ практически не отражается на габаритной мощности оборудования.

Другой результат анализа рассматриваемых схем ПЧ заключается в том, что схемы 2 и 3 могут быть выполнены на сравнительно быстродействующих низковольтных модулях IGBT, допускающих повышенную частоту ШИМ, например 4000 Гц. В схеме 1 в каждом плече АВ и АИН должен использоваться эквивалентный полностью управляемый клапан, содержащий несколько приборов, соединенных последовательно с использованием элементов распределения напряжений между приборами. Такие эквивалентные клапаны существуют и создаются обычно на сравнительно низкочастотных приборах GTO, GCT, IGCT. В ПЧ с указанными эквивалентными клапанами рекомендуемая частота ШИМ обычно не превышает 900 Гц. При этом в схеме 1 необходимо применение фильтров на входе и выходе ПЧ.

Применение фильтров в схеме 1 позволяет решить проблему качества электроэнергии на входе и выходе ПЧ, но влечет за собой падение напряжения на индуктивностях фильтров,

повышение выпрямленного напряжения ПЧ и, вследствие этого, увеличение мощности и стоимости полупроводниковых приборов, габаритов и стоимости конденсаторов. Кроме того, количество емкостей в системе увеличивается вследствие использования их в фильтрах.

По комплексу показателей (мощность полупроводниковых приборов, запас энергии конденсаторов, искажения напряжений и токов на входе и выходе ПЧ) схемы 1 и 3 различаются, но не столь существенно, чтобы предпочесть одну из них. Поэтому основанием для выбора схем ПЧ и ГАЭС является выбор элементной базы. Модули IGBT более доступны, и по этой причине предпочтительнее схема ГАЭС с многотактно-многоуровневым ПЧ (схема 3).

Несмотря на то что анализ схем ПЧ и ГАЭС выполнен на примерах работы систем в конкретных режимах, он имеет общее значение, так как в ГАЭС рассмотренные режимы можно принять в качестве номинальных для ПЧ. При этом в других режимах нагрузки ПЧ соизмеримы [9], частоты токов на выходе ПЧ ниже и биения токов проявляются в той же степени, но с более низкими частотами.

В результате указанных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Предложена схема ГАЭС с асинхронным генератором-двигателем с фазным ротором, отличающаяся от других тем, что в цепи ротора используется многотактно-многоуровневый преобразователь частоты с многоуровневым инвертором, подключенным к обмотке ротора, и многотактным активным выпрямителем, подключенным к электросети через многообмоточный трансформатор.

2. Выявлены особенности работы многотактно-многоуровневого преобразователя частоты и трансформатора в цепи ротора асинхронного генератора-двигателя ГАЭС. Выявлено, что обмотки трансформатора и мосты преобразователя частоты нагружаются неравномерно. Для уменьшения габаритной мощности трансформатора предложено выполнять трансформатор с различными номинальными мощностями вторичных обмоток.

3. Выявлены особенности работы каскадного преобразователя частоты и многообмоточного трансформатора в цепи ротора асинхронного генератора-двигателя ГАЭС. Выявлено, что обмотки трансформатора и блоки преобразователя частоты нагружаются неравномерно, в токах фаз вторичных обмоток трансформатора возникают биения.

4. Выполнен сравнительный анализ схем ГАЭС с асинхронными генераторами-двигателями и преобразователями частоты различного типа в цепи ротора. По комплексу показателей (мощность полупроводниковых элементов, запас энергии в конденсаторах, искажения токов и напряжений в сети и в роторе машины, доступность элементной базы) рекомендована к применению схема ГАЭС с многотактно-многоуровневым преобразователем частоты в цепи ротора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pumped Storage Power Station with Adjustable Speed Pumped Storage Technology / Mitsubishi Electric Corporation. 2008. Feb.
2. Bocquel A., Janning J. 4*300 MW Variable Speed Drive for Pump-Storage Plant Applications / EPE Sept. 2–4, 2003, Toulouse, France / Toulouse, 2003.
3. Bocquel A., Janning J. Analysis of a 300 MW Variable Speed Drive for Pump-Storage Plant Applications / EPE, Sept. 11–14, 2005 in Dresden, Germ / Dresden, 2005.
4. Saiju R., Koutnik J., Krueger K. Dynamic Analysis of Start-up Strategies of AC Excited Double Fed Induction Machine for Pumped Storage Power Plant / EPE, Sept. 8–10, 2009 in Barcelona, Spain / Barcelona, 2009.

5. Rich operation experiences and new technologies on adjustable speed pumped storage systems in JAPAN / K. Aguro, M. Kato, F. Kishita, et al.; CIGRE 2008, A1-101, Paris, France.

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

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

8. Design and dynamic response characteristics of 400 MW adjustable speed pumped storage unit for Ohkawachi power station / T. Kuwabara, A. Shibuya, H. Furuta, et al.; IEEE Transactions on Energy Conversion. 1996. Vol. 11, №. 2, June.

9. Пронин М. В., Воронцов А. Г., Нахди. Т. Гидроаккумулирующая электростанция с синхронизированными машинами и каскадными преобразователями частоты / Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. № 1.

M. B. Pronin, A. G. Voronov, G. A. Gogolev, T. Nahdi

COMPARING OF FREQUENCY CONVERTERS IN A CIRCUIT OF A ROTOR OF ASYNCHRONOUS MACHINE IN A PUMPED-STORAGE STATION

Variants of creation of pumped-storage station with the asynchronous generator-motor with a phase rotor and the frequency converter in an exciting circuit are considered. On an example of the aggregate capacity 274 MW makes the comparative analysis of characteristics of two-level, three-level, cascade and multistage-multi-level frequency converters. Advantages and imperfection of various types of frequency converters are marked, recommendations are made.

Pumped-storage station, motor-generator, asynchronized synchronous machine, phase-wound rotor, active converter, two-level converter, multi-level converter, cascade converter, multistage converter, simulation

УДК 621.313.333.001.24

М. А. Ваганов, Д. С. Пантюхов

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СОМНОЖИТЕЛЯ В ВЫРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Выполнено преобразование параметрического сомножителя в выражении электромагнитного момента асинхронного двигателя, позволяющее выразить все величины, входящие в него, через величины, числовые значения которых заданы или известны, что обеспечивает возможность получения числового значения данного сомножителя на этапе определения основных размеров асинхронного двигателя.

Электромагнитный момент асинхронного двигателя, номинальное скольжение, перегрузочная способность асинхронного двигателя, основные размеры двигателя

Электромагнитный момент асинхронного двигателя определяется выражением

$$M_{\text{эм}} = \frac{m_1 U_1^2}{\omega_1} \frac{r'_2/s}{(r_1 + c_1 r'_2/s)^2 + (x_1 + c_1 x'_2)^2}, \quad \omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}, \quad (1)$$

где $c_1 = 1 + (x_1/x_m)$; m_1 – число фаз обмотки статора; U_1 – фазное напряжение обмотки статора; ω_1 – синхронная угловая скорость вращения; f_1 – частота напряжения сети; p – число пар полюсов двигателя; r_1 и x_1 – активное и индуктивное сопротивления рассеяния обмотки статора; r'_2 и x'_2 – приведенные активное и индуктивное сопротивления рассеяния короткозамкнутой обмотки ротора; x_m – индуктивное сопротивление взаимной индукции обмоток статора и ротора; s – скольжение ротора.

Представим выражение (1) в следующем виде

$$M_{\text{эм}} = \frac{m_1 U_1^2}{\omega_1 \sqrt{r_1 r_2'}} F,$$

$$F = \frac{r_2' s}{(r_1 s + c_1 r_2')^2 + s^2 (x_1 + c_1 x_2')^2} \sqrt{r_1 r_2'}. \quad (2)$$

Первый сомножитель в выражении для электромагнитного момента, стоящий перед F , определяет поперечную геометрию асинхронного двигателя [1], а сомножитель F зависит от скольжения ротора s и от активных и индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора и условно его можно назвать параметрическим сомножителем.

На этапе определения основных размеров асинхронного двигателя числовые значения активных и индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора неизвестны и поэтому правую часть выражения (2) необходимо преобразовать таким образом, чтобы можно было заранее вычислить величину F . Так как основные размеры асинхронного двигателя определяются для его номинального режима и, в частности, для номинальной скорости вращения, то следует прежде всего в выражении (2) скольжение двигателя принять равным его номинальному значению, т. е. $s = s_n$.

Параметрический множитель F определяет форму механической характеристики асинхронного двигателя, в которой принципиальное значение имеет максимальный электромагнитный момент $M_{\text{эмmax}}$, характеризующий перегрузочную способность двигателя. Величина момента $M_{\text{эмmax}}$ для асинхронного двигателя зависит от сопротивлений обмоток статора r_1 , x_1 и ротора x_2' . Поэтому целесообразно заранее ввести в рассмотрение кратность максимального момента k_M , которую при традиционном проектировании асинхронного двигателя приходится обеспечивать подбором обмоточных данных и изменением геометрии зубцовых зон статора и ротора.

Для удобства дальнейших преобразований числитель и знаменатель выражения (2) разделим на r_1 и, вводя обозначения

$$\frac{c_1 r_2'}{r_1} = r_*; \quad \frac{x_1 + c_1 x_2'}{r_1} = x_{\text{к}*}, \quad (3)$$

получим

$$F = \frac{r_* \sqrt{r_*} s}{c_1 \sqrt{c_1}} \frac{1}{(s + r_*)^2 + s^2 x_{\text{к}*}^2}. \quad (4)$$

Критическое скольжение s_m асинхронного двигателя, соответствующее максимальному электромагнитному моменту, определяется выражением

$$s_m = \frac{c_1 r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + c_1 x_2')^2}}$$

и при учете выражений (3) получим

$$s_m = \frac{r_*}{\sqrt{1 + x_{к*}^2}}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4), получим выражение для функции F при скольжении s_m , при котором функция F характеризует максимальный электромагнитный момент асинхронного двигателя

$$F_{\max} = \frac{\sqrt{r_*}}{2c_1\sqrt{c_1}} \frac{1}{1 + \sqrt{1 + x_{к*}^2}}. \quad (6)$$

При номинальном скольжении s_H функция F в выражении (4) будет характеризовать номинальный электромагнитный момент асинхронного двигателя $M_{\text{эм}H}$

$$F_H = \frac{r_*\sqrt{r_*}s_H}{c_1\sqrt{c_1}} \frac{1}{(s_H + r_*)^2 + s_H^2 x_{к*}^2}. \quad (7)$$

Имея в виду, что перегрузочная способность асинхронного двигателя или кратность максимального момента определяется отношением

$$k_M = M_{\text{эм} \max} / M_{\text{эм}H},$$

и, принимая во внимание физический смысл величин $F_{\max}$ и F_H , можно составить выражение для $k_M = F_{\max} / F_H$, которое при учете выражений (6) и (7) после преобразований примет вид

$$k_M = \frac{(s_H + r_*)^2 + s_H^2 x_{к*}^2}{2r_*s_H(1 + \sqrt{1 + x_{к*}^2})}. \quad (8)$$

Выражение для коэффициента k_M содержит достаточно неопределенную по числовому значению на этапе проектирования асинхронного двигателя величину $x_{к*}$, учитывающую индуктивные сопротивления рассеяния обмоток статора и ротора, которую выражение (8) позволяет однозначно определить через k_M , s_H и r_* .

Разделим числитель и знаменатель выражения (8) на номинальное скольжение s_H^2 и, вводя для упрощения дальнейших преобразований дополнительное обозначение

$$r = r_* / s_H,$$

получим следующее выражение для перегрузочной способности асинхронного двигателя:

$$k_M = \frac{(1 + r)^2 + x_{к*}^2}{2r(1 + \sqrt{1 + x_{к*}^2})}. \quad (9)$$

Из данного выражения может быть однозначно определена величина $x_{к*}^2$. Для этого предварительно обозначим $\sqrt{1 + x_{к*}^2} = y$, и тогда выражение (9) примет вид

$$k_M = \frac{(1+r)^2 - 1 + y^2}{2r(1+y)}.$$

Отсюда $y = rk_M + \sqrt{(rk_M - 1)^2 - (1+r)^2}$. Для общепромышленных асинхронных двигателей $c_1 r'_2 / r_1 \approx 1$ (выражение (3)) и так как $s_H = 0,005 \dots 0,05$ и $k_M = 2,0 - 2,5$, то $r = r_*/s_H \gg 1$ и $rk_M \gg 1$. При этих условиях $y = r(k_M + \sqrt{k_M^2 - 1})$, и тогда

$$x_{к*}^2 = \left[r \left(k_M + \sqrt{k_M^2 - 1} \right) \right]^2 - 1. \quad (10)$$

Подставляя (10) в (7), после преобразований получим

$$F_H = \frac{s_H}{2c_1^2 k_M \left(k_M + \sqrt{k_M^2 - 1} \right)} \sqrt{\frac{r_1}{r'_2}}. \quad (11)$$

Выражение (11) содержит отношение активного сопротивления обмотки статора r_1 и приведенного активного сопротивления обмотки ротора r'_2 . Эти активные сопротивления для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором определяются известными из литературы выражениями [2]

$$r_1 = \frac{4m_1 k_{\vartheta_1}}{\gamma_1 k_{\Gamma_1} z_1 Q'_{\Pi_1}} W_1^2 \left(k_{\lambda_1} l_1 + k_{\beta_1} \frac{D_1}{p} \right), \quad (12)$$

$$r'_2 = \frac{4m_1 k_{\vartheta_2}}{\gamma_2 k_{\Gamma_2} z_2 Q'_{\Pi_2}} (W_1 k_{\sigma \delta_1})^2 \left(l_1 + \frac{\pi D_1 k_j}{z_2 \sin(\pi p / z_2)} \right), \quad (13)$$

где γ_1 и γ_2 – электропроводности материалов обмоток статора и ротора; z_1 и z_2 – числа пазов статора и ротора; k_{Γ_1} и k_{Γ_2} – коэффициенты заполнения пазов статора и ротора неизолированным проводом; k_{ϑ_1} и k_{ϑ_2} – температурные коэффициенты сопротивления материалов обмоток статора и ротора; k_{λ_1} – коэффициент вылета лобовых частей обмотки статора; k_{β_1} – коэффициент укорочения шага обмотки статора; k_j – коэффициент, учитывающий увеличение плотности тока в короткозамыкающих кольцах ротора по отношению к плотности тока в стержнях; Q'_{Π_1} и Q'_{Π_2} – площади пазов статора и ротора.

Площади пазов статора и ротора определяются выражениями

$$Q'_{\Pi_1} = k_{\Pi_1} D_1^2, \quad (14)$$

$$Q'_{\Pi_2} = k_{\Pi_2} (D_1 - 2\delta)^2. \quad (15)$$

Выражения для коэффициентов k_{Π_1} и k_{Π_2} даны в [1]. Без особой погрешности в (15) можно пренебречь значением воздушного зазора δ в сравнении с диаметром расточки статора D_1 , и тогда выражение (15) примет вид

$$Q'_{\Pi_2} = k_{\Pi_2} D_1^2. \quad (16)$$

Принимая во внимание выражения (12)–(14), (16), составим отношение сопротивлений

$$\frac{r_1}{r'_2} = \frac{k_{\gamma_1} \gamma_2 z_2 k_{\Gamma_2} k_{\Pi_2}}{k_{\gamma_2} \gamma_1 z_1 k_{\Gamma_1} k_{\Pi_1}} \frac{1}{k_{\text{об}_1}^2} \frac{k_{\text{л}_1} l_{1*} + k_{\beta_1} D_{1*}/p}{l_{1*} + \pi D_{1*} k_j / z_2 \sin(\pi p / z_2)}. \quad (17)$$

В этом выражении $l_{1*} = l_1 / D_{1\text{н}}$ и $D_{1*} = D_1 / D_{1\text{н}}$ представляют собой относительные значения длины пакета стали статора и диаметра расточки статора.

После определения оптимальной поперечной геометрии асинхронного двигателя [1] вычисляется правая часть выражения (17), и тогда выражение (11) принимает конкретное числовое значение, что дает возможность перейти к расчету основных размеров двигателя и его обмоточных данных.

В асинхронных двигателях с фазным ротором обмотка ротора выполняется, как правило, из жестких катушек, укладываемых в пазы прямоугольной формы, и длина лобовой части таких катушек определяется выражением

$$l_{\text{л}_2} = k_1 \tau_p + 4h_{\text{п}_2}, \quad \tau_p = \pi(D_{2\text{н}} - h_{\text{п}_2})/2p, \quad (19)$$

где τ_p – шаг обмотки ротора, рассчитанный по середине высоты паза ротора.

Коэффициент k_1 определяется из таблицы в функции отношения $y = (b_{\text{п}_2} + 0,003)/t_2$, где $b_{\text{п}_2}$ – ширина прямоугольного паза ротора; $t_2 = \pi D_{2\text{н}}/2p$ – зубцовое деление ротора, $D_{2\text{н}}$ – наружный диаметр ротора.

y	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
k_1	1,10	1,12	1,15	1,20	1,26	1,33	1,41	1,51	1,67

Длина витка обмотки ротора $l_{\text{в}_2} = 2(l_2 + l_{\text{л}_2})$ и тогда активное сопротивление фазы обмотки ротора при рабочей температуре будет определяться выражением

$$r_2 = \frac{4m_2 k_{\gamma_2}}{\gamma_2 k_{\Gamma_2} z_2 Q'_{\Pi_2}} (W_2 k_{\text{об}_2})^2 l_{\text{в}_2}, \quad (18)$$

где m_2 – число фаз обмотки ротора; W_2 – число последовательно соединенных витков одной фазы обмотки ротора.

Приведенное к числу витков и фаз обмотки статора активное сопротивление фазы обмотки фазного ротора

$$r'_2 = r_2 k_E k_I, \quad (19)$$

$$k_E = W_1 k_{\text{об}_1} / W_2 k_{\text{об}_2}, \quad k_I = m_1 W_1 k_{\text{об}_1} / m_2 W_2 k_{\text{об}_2}, \quad (20)$$

где k_E и k_I – коэффициенты приведения обмотки ротора по ЭДС и току соответственно.

Подставляя выражение (20) в (19), получим с учетом (18) следующее окончательное выражение для приведенного активного сопротивления фазы обмотки ротора:

$$r_2' = \frac{4m_1 k_{g2}}{\gamma_2 k_{\Gamma 2} Q_{\Pi 2}} (W_1 k_{об1})^2 l_{в2}. \quad (21)$$

Для фазного ротора с учетом (12) и (21) получим следующее выражение для отношения:

$$\frac{r_1}{r_2'} = \frac{k_{g1} \gamma_2 z_2 k_{\Gamma 2} k_{\Pi 2}}{k_{g2} \gamma_1 z_1 k_{\Gamma 1} k_{\Pi 1}} \frac{1}{k_{об1}^2} \frac{k_{л1} l_{1*} + k_{\beta 1} D_{1*} / p}{l_{в2}}.$$

Таким образом, параметрический сомножитель F оказывается полностью определенным, так как все величины, входящие в него, известны и, следовательно, приступая к расчету основных размеров асинхронного двигателя, можно рассчитать числовое значение сомножителя F .

Выражение (11) позволяет прогнозировать влияние кратности максимального момента на основные размеры асинхронного двигателя при заданном значении номинального момента, чего не обеспечивают другие математические модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов М. А., Пантюхов Д. С. Оптимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 2.
2. Гольдберг О. Д., Гурин Я. С., Свириденко И. С. Проектирование электрических машин. М.: Высш. шк., 2001.

Vaganov M. A., Pantuhov D. S.

PARAMETRIC FACTOR CONVERSION IN THE ASYNCHRONOUS MOTOR'S ELECTROMAGNETIC MOMENT EXPRESSION

There was realized a parametric factor transformation in the asynchronous motor's electromagnetic moment expression. This transformation helps us to express all its quantities through the quantities with the numerical value set or known; it makes possible to get a numerical value of the factor at the stage of asynchronous motor's principal dimensions determination.

Asynchronous motor's electromagnetic moment, rated slip, asynchronous motor's overload capacity, principal dimensions of the motor.



УДК:681.7.069.24:535.6:

М. Д. Геращенко, В. А. Парфенов

ФОРМИРОВАНИЕ ЦВЕТНЫХ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Рассмотрены физические принципы формирования цветных изображений на поверхности металлов при помощи лазерной обработки. Описаны различные способы получения цветных оксидных пленок. Приведены результаты предварительных экспериментальных исследований по лазерному окислению поверхности нержавеющей стали при помощи импульсно-периодического иттербиевого волоконного лазера, работающего на длине волны 1,06 мкм.

Лазерное окисление металлов, лазерная обработка, цветное изображение, оксидные пленки, иттербиевый волоконный лазер

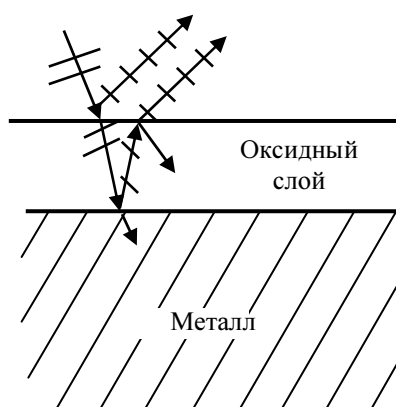


Рис. 1

Многие металлы, находящиеся на открытом воздухе, вступают в окислительные реакции с кислородом, в результате чего на их поверхности формируются оксидные пленки [1]. При малой толщине (десятки микрон) эти пленки могут иметь различные цветовые оттенки. Появление цвета и его изменение обусловлены интерференцией света, возникающей в результате сложения волн, отражающихся от поверхностного слоя оксидной пленки и поверхности самого металла. При этом по мере роста толщины оксида последовательно возникают условия гашения лучей с той или иной длиной волны (рис. 1), в результате

чего его цвет может меняться от фиолетового до красного. Однако на цвет пленки влияет также и степень шероховатости поверхности металла.

Тонкие оксидные пленки могут быть сформированы в результате однородного нагрева поверхности металла. Этот метод широко применяется с древних времен в металлургии для художественной и промышленной обработки металлических изделий [2]. В последние годы появился интерес к использованию для этих целей лазерной обработки металлов [3]–[5]. По сравнению с традиционными методами (металлургическими и осно-

ванными на использовании химических реагентов) лазерная технология получения цветных оксидных пленок имеет ряд преимуществ, в том числе: скорость, локальность воздействия и высокую точность обработки. Это достигается благодаря малым (порядка десятков микрон) размерам диаметра лазерного луча и применению высокоточных скоростных систем сканирования. Дополнительным достоинством является то, что лазерная обработка не требует использования каких-либо химических реагентов и вспомогательного оборудования.

Как правило, при лазерной обработке металлических объектов в результате взаимодействия излучения с веществом происходит плавление и испарение обрабатываемого материала с образованием плазмы. В результате цвет поверхности металла в видимом свете обычно приобретает буро-коричневый оттенок, а структура поверхности – значительную шероховатость вследствие быстрого затвердевания расплавленного металла в зоне обработки. Однако, если добиться сведения процессов плавления и испарения металла к минимуму, обеспечивая его непрерывный нагрев и окисление, то при варьировании параметров лазерного излучения можно получить необходимую толщину оксида, а соответственно, и любой цвет пленки.

Получение цветных оксидных пленок с помощью лазеров на поверхности металлов имеет важное практическое значение. В настоящее время они применяются в промышленных целях, например для определения состава металлических сплавов или в качестве ингибирующих покрытий готовых изделий. Оксиды способны предохранять поверхность металлов от коррозии и царапин, что является весьма существенным для многих потребительских товаров. Кроме того, получение цветных изображений на поверхности металлов важно при производстве сувенирной продукции. Помимо уже существующих применений, данная технология представляет потенциальный интерес для использования в реставрации при восстановлении художественной отделки (так называемого воронения) произведений прикладного искусства из металлов.

Следует заметить, что окислительные химические реакции, стимулированные лазерным излучением, изучались в многочисленных экспериментальных и теоретических работах [3], [6], [7]. При этом были разработаны математические модели, описывающие кинетику и динамику роста оксидной пленки под действием лазерного излучения. Однако до сих пор в данной области техники остается нерешенным ряд серьезных научно-технических проблем, касающихся, в частности, изучения механизмов лазерных термохимических реакций. Кроме того, для широкого практического использования цветных оксидных пленок требуется разработка соответствующей лазерной технологии. Это делает исследования в данной области актуальными с научной точки зрения.

Общие принципы лазерного формирования цвета на поверхности металлов. Лазерное окисление металлов является многостадийным процессом, который включает в себя нагрев поверхности твердой фазы, адсорбцию окислителя на поверхности металла, перенос реагентов через слой продуктов реакции, пространственно разделяющий исходные реагенты, и собственно химические реакции.

Заметим, что динамика химических реакций на поверхности металлов довольно сложна. Эффективность ввода лазерной энергии определяется поглощательной способностью обрабатываемого материала, которая в свою очередь зависит от параметров излучения, а также от толщины и состава оксидного слоя [3].

Кроме того, на скорость изменения толщины оксида влияют такие параметры, как температура и газовый состав окружающей среды. Для возникновения пленки достаточно присутствия кислорода в окружающей среде, однако его высокая концентрация может способствовать ускорению роста толщины пленки.

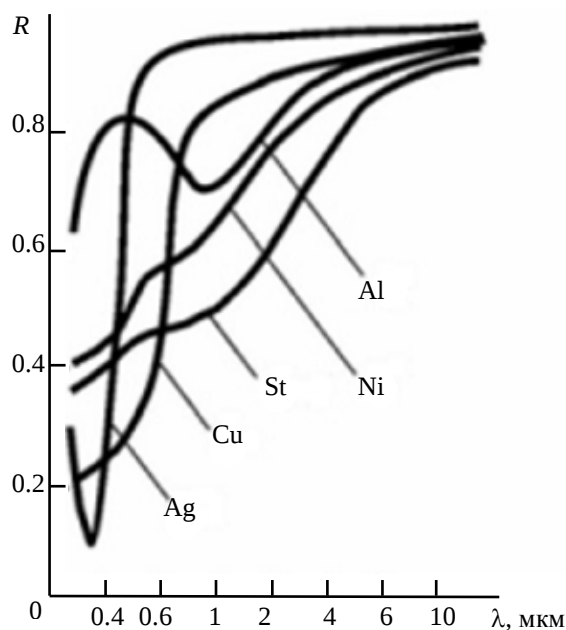


Рис. 2

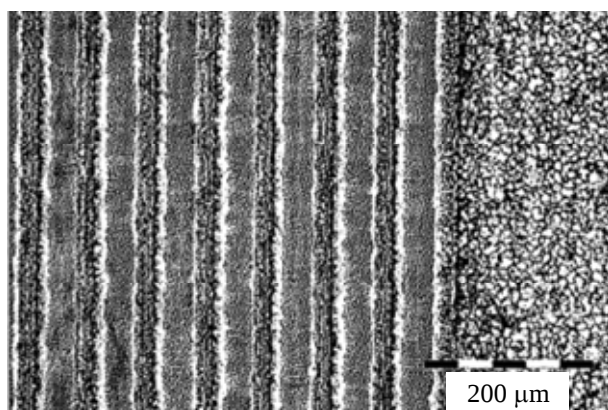


Рис. 3

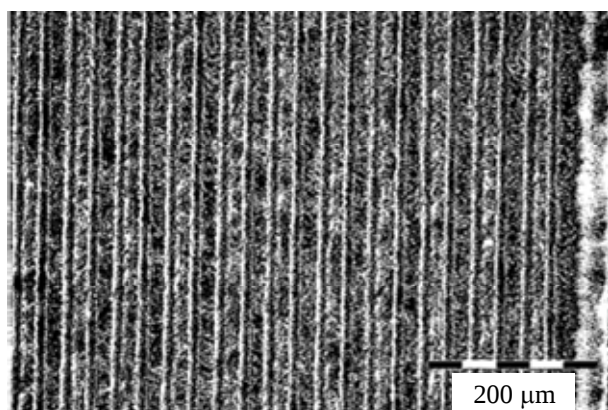


Рис. 4

способствовать ускорению роста толщины пленки.

При лазерном формировании цветных пленок на поверхности металлов источник излучения необходимо выбирать, исходя из поглощательной способности обрабатываемого материала [6]. Как видно из графика зависимости коэффициента отражения некоторых металлов (при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) от длины волны излучения (рис. 2) [6], применение лазеров, излучающих в среднем ИК-диапазоне (к примеру, CO_2 -лазера), неэффективно, так как до 99 % излучения будет отражаться от металлической решетки. Оптимальный выбор – лазерные системы с длиной волны в диапазоне до 1 мкм, например волоконные и эксимерные лазеры.

В настоящее время известно несколько различных методов лазерного формирования цветных пленок на металлических поверхностях [4], [5]*. На рис. 3 показан метод сканирования поверхности с разрешением 20 линий/мм, при котором рисунок каждой линии создается независимо от других, и итоговое изображение формируется последовательно линия за линией. Для создания пленки однородного цвета толщина линии должна варьироваться в пределах от 20 до 50 мкм. На изображении, сделанном с помощью сканирующего электронного микроскопа, между линиями сканирования видна поверхность исходного материала, однако она незаметна невооруженным глазом.

Другой метод заключается в перекрытии линий движения лазерного пучка при сканировании (рис. 4). В данном случае разрешение составляет 30 линий/мм. Оксидный слой фор-

* Sherwood J. Researchers Create Gold Aluminum, Black Platinum, Blue Silver, <http://www.rochester.edu/news/show.php?id=3106>

мируется за счет аккумуляции энергии соседних линий. Оригинального материала между линиями в этом случае не остается, поэтому цвет обработанной поверхности обладает большей однородностью, чем при сканировании с разрешением 20 линий/мм. Однако при использовании данного метода крайние линии в сформированном таким образом изображении отличаются по цвету от остальных, так как количество получаемой ими энергии отлично от количества энергии, приходящейся на остальную площадь обработанной лазером поверхности.

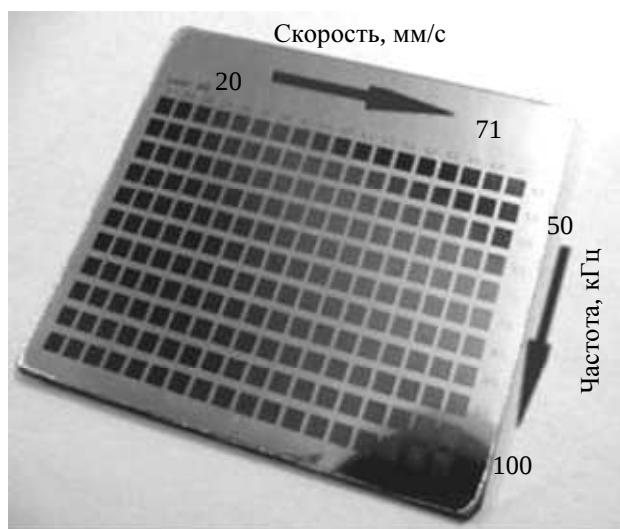


Рис. 5

Результаты экспериментальных исследований. При практическом использовании метода лазерного формирования цветных изображений на поверхности металлов значительный интерес представляет вопрос о возможности получения различных цветовых оттенков с использованием одного и того же лазера.

В рамках данной работы была предпринята попытка решить подобную задачу с использованием лазерной установки, выходные параметры которой могут варьироваться в широких пределах. Ниже описываются предварительные результаты проведенных экспериментальных исследований.

Для получения цветных оксидов была использована серийно выпускаемая лазерная установка для маркировки МиниМаркер М10 (производство компании «Лазерный Центр», Санкт-Петербург) на базе иттербиевого волоконного лазера со следующими выходными параметрами: длина волны излучения 1,06 мкм, максимальная мощность 10 Вт, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов от 20 до 100 кГц.

В качестве образцов для нанесения цветных изображений использовались пластинки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

При облучении отдельных участков поверхности таких пластинок были сформированы матрицы оксидных пленок, представляющие собой регулярные «решетки» из квадратов со стороной 2 мм (рис. 5). Мощность излучения лазера составляла 6 Вт, скорость сканирования изменялась от 20 до 71 мм/с с шагом 3 мм/с (по горизонтали), частота следования импульсов изменялась от 50 до 100 кГц с шагом 5 кГц (по вертикали).

Сформированные на поверхности образцов цветные оксидные пленки имели оттенки практически всех основных цветов видимого диапазона спектра. При этом с увеличением скорости сканирования лазерного пучка цвет пленок изменялся от красного к фиолетовому, что объясняется уменьшением толщины пленки. И, наоборот, при увеличении частоты следования импульсов (при одинаковой скорости сканирования) толщина пленки увеличивалась, что также приводило к изменению цвета.

Высокая частота следования импульсов позволила избежать существенного плавления, повреждающего пленку.

Было отмечено, что даже незначительное изменение параметров лазерного излучения приводило к существенному изменению цвета пленки.

Результаты описанных экспериментов носят предварительный характер. Тем не менее, проведенные исследования показали, что волоконный иттербиевый лазер с длиной волны излучений 1,06 мкм может быть использован для получения оксидных пленок с практически любыми цветовыми оттенками на поверхности нержавеющей стали.

В дальнейшем планируется исследовать влияние параметров материала и окружающей среды на толщину оксида. Кроме того, необходим колориметрический анализ оксидных пленок.

Часть проведенных исследований выполнялась в рамках Государственного контракта № 14.740.11.0601 от 05.10.2010 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кубашевский О., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1965.
2. Vander Voort G.F., Use of color etching to study historical artifacts // Proc. of the Intern. conf. "Archaeometallurgy in Europe", Milan, Italy 24–26 Sept. 2003, Vol.2. P. 369–377.
3. Карлов Н. В., Кириченко Н. А., Лукьянчук Б. С. Лазерная термохимия. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992.
4. Laasko P., Pantsar H. etc., Marking decorative features to stainless steel with fiber laser. VTT Technical Research Centre of Finland, 2009.
5. Hongyu Z. Laser-induced colours on metal surfaces. SIMTech Technical Report PT/01/005/AM, 2001.
6. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов. М.: Мир, 1986.
7. Либенсон М. Н., Яковлев Е. Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Механизмы поглощения и диссипации энергии в веществе / ИТМО. СПб., 2005.

M. D. Gerashchenko, V. A. Parfenov

LASER – INDUCED FORMATION OF COLOR FILMS ON METAL SURFACES

Physical principles of laser-induced formation of color images on metal surfaces were studied in this paper. Different techniques of creating color oxide films are described. Also there are presented preliminary experimental results of laser oxidation of stainless steel surface when using fiber ytterbium laser with wavelength 1.06 μm .

Laser oxidation of metals, laser treatment, color image, oxide films, fiber ytterbium laser

УДК 681.20; 547.47

**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.

Измерительная система, технологический процесс, мониторинг

ИИС контроля и управления технологическим процессом играют важную роль при создании экологически чистых производств. Они применяются как при создании промышленных производств, так и при реализации технологий уничтожения отходов.

Проблема свалок в развивающихся промышленных центрах, крупных городах, мегаполисах является одной из основных при решении задач создания экологически чистых районов, областей, регионов. Одним из возможных способов решения указанной пробле-

мы является создание комплексов уничтожения (обезвреживания) отходов. Технологический процесс термического уничтожения отходов (ТПТУО) обеспечивает обезвреживание отходов разного типа путем высокотемпературного сжигания.

Специально подготовленные к уничтожению отходы подвергаются термической обработке в печи сжигания, где в результате горения переходят в газовую фракцию (газ дымовой), а несгоревшие остатки в виде шлаков накапливаются в бункере-накопителе зольного остатка. Дымовой газ поступает в камеру дожигания, после чего подвергается охлаждению в теплообменнике, очистке от механических частиц в циклоне и химическому обезвреживанию в скруббере и рукавном фильтре. В результате в атмосферный воздух выбрасываются дымовые газы, состав и концентрации компонентов которых должны соответствовать российским и международным экологическим стандартам. Каждый из перечисленных этапов ТПТУО должен соответствовать расчетным требованиям. Отклонение от требований ТПТУО на любом этапе может привести к выбросу в атмосферу повышенной концентрации газов, аэрозоли, пыли, привести к экологической чрезвычайной ситуации (ЧС).

Контроль важных технологических и экологических параметров ТПТУО обеспечивает информационно-измерительная система (ИИС) [1], которая осуществляет измерения (контроль) характеристик, анализ динамики изменения важных показателей ТПТУО и выработку управляющих-корректирующих сигналов с целью предупреждения ЧС.

Рассмотрим принципы построения ИИС контроля и управления ТПТУО на примере системы, созданной на кафедре ИИСТ. ИИС имеет 3 уровня организации (рис. 1).

На рисунке от датчиков, размещенных в важных точках ТП, поступает информация на первый уровень.

Первый (нижний) уровень реализует подсистемы контроля и управления отдельными технологическими узлами. Это компактные измерительные системы [2], которые осуществляют контроль параметров ТП и вырабатывают элементарные управляющие операции типа включить/выключить двигатель или горелку, открыть/закрыть вентиль и др. по результатам сравнения контрольных измерений с заданными уставками. Например, операция поддержания заданного уровня жидкости в накопительной емкости, операция поддержания заданного значения pH в скруббере, операция поддержания заданного значения разрежения в рабочем тракте и др.

Рассмотрим подробнее задачу измерения уровня жидкости в накопительной емкости с целью его поддержания в заданных пределах. В зависимости от свойств жидкости для измерения ее уровня могут использоваться датчики с различным принципом действия. Общим для большинства датчиков, применяемых в системах контроля, является, как правило, наличие унифицированного выхода. Вид сигнала, снимаемого с датчика, определяется условиями эксплуатации средств измерений, характеристиками ТП, размерами накопительной емкости и др.

Пример. В общем виде схема измерения уровня может быть представлена следующим образом (рис. 2).

На рисунке: D – диапазон входных значений измерительного преобразователя (датчика); h_d – расстояние между датчиком и дном емкости; x_i – показания измерителя (для датчика с унифицированным выходом значение на выходе измерительного преобразователя с диапазоном выходных значений от 4 до 20 мА); h – результат измерения: $h = h_d - (x_i - 4)k$, $k = D/16$.

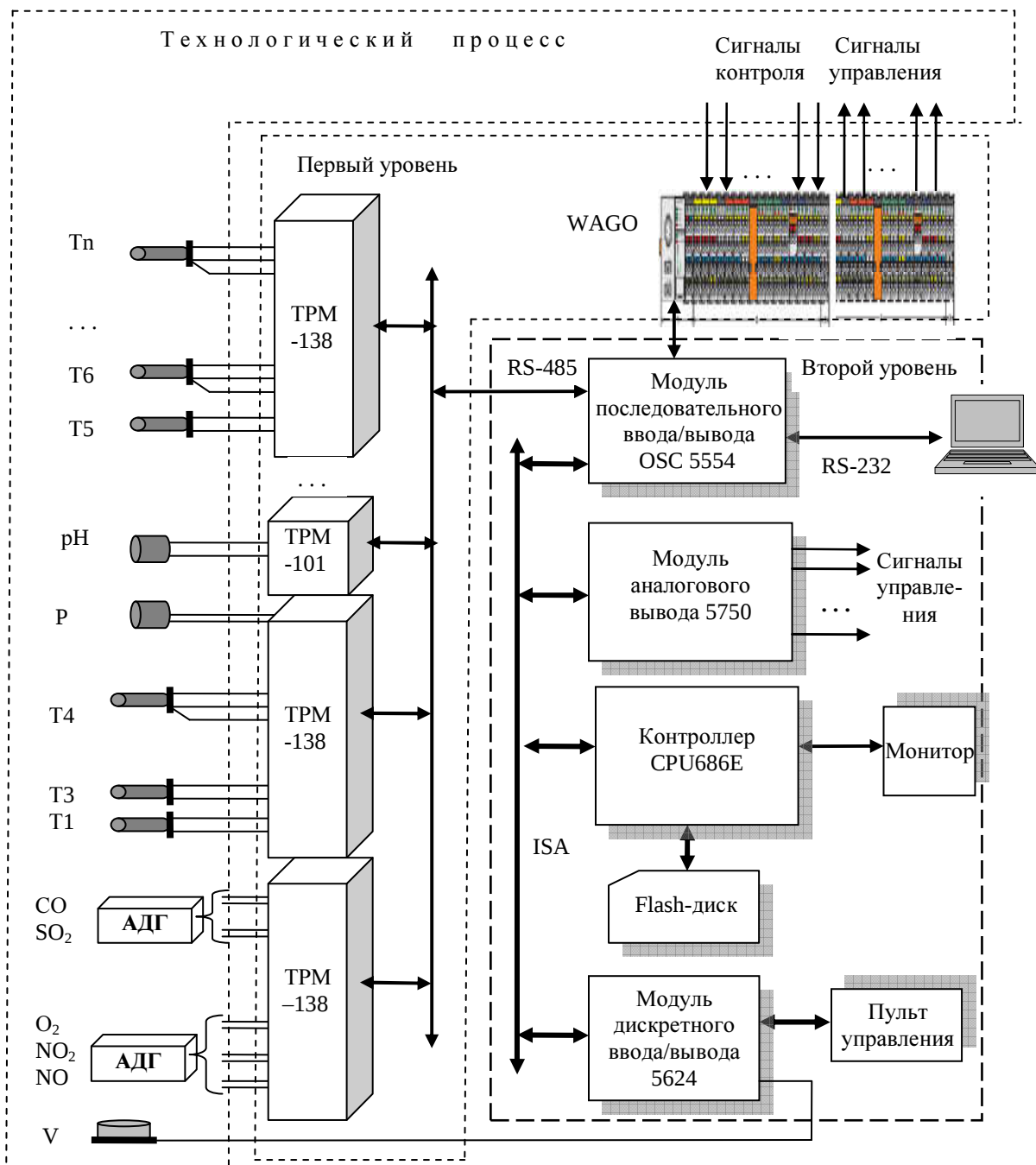


Рис. 1

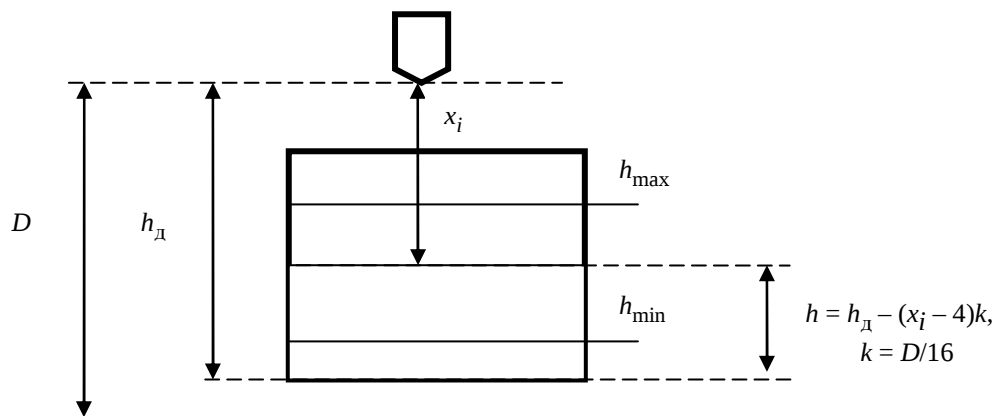


Рис. 2

Анализ свойств измеряемой величины. Значение уровня постоянно меняется во времени. На него накладываются внешние воздействия – колебания корпуса емкости от механических воздействий различной природы, различной частоты. В измерительном тракте преобразователя практически всегда присутствует случайная помеха. Это шум аналогового тракта в акустических, радиолокационных и др. первичных измерительных преобразователях.

Из изложенного вытекает следующая структура измеряемого сигнала, м:

$$x = h(t) + \sum_k a_k \sin(\omega_k t) + \varepsilon(t)$$

где $h(t)$ – изменяющееся во времени значение уровня жидкости; $\sum_k a_k \sin(\omega_k t)$ – аддитивная гармоническая составляющая, учитывающая колебания поверхности, описанная суммой k гармоник с заданной амплитудой a_k и частотой ω_k ; $\varepsilon(t)$ – случайная помеха.

Для надежного принятия решения о формировании управляющего воздействия необходимо выделить систематическую составляющую сигнала.

Определим физику процесса.

Объем жидкости в резервуаре в текущий момент, м³:

$$V(t) = V_0 + (v_H - v_T)t = h_0 S + (v_H - v_T)t,$$

где V_0 – начальный объем жидкости, м³; v_H – производительность насоса, подающего жидкость, м³/с; v_T – производительность узлов, потребляющих жидкость, м³/с; h_0 – начальный уровень жидкости, м; S – площадь резервуара, м².

Значение уровня жидкости в резервуаре, м:

$$h(t) = V(t)/S = h_0 + (v_H - v_T)t/S,$$

а скорость изменения уровня, м/с:

$$h'(t) = (v_H - v_T)/S.$$

Погрешность результатов измерений уровня жидкости зависит от уровня гармонических составляющих волнения ее поверхности, случайных помех в канале измерения и динамических свойств сигнала и измерительного канала, м:

$$\Delta x(t) = \sum_k a_k \sin(\omega_k t) + \varepsilon(t) + \Delta t h'(t).$$

Для выделения систематической составляющей изменения уровня жидкости необходимо определить методы фильтрации гармонических и случайных составляющих: метод сглаживания, шаг дискретизации.

Интервал дискретизации систематической составляющей и время принятия управляющего решения (динамика систематической составляющей h').

Динамические характеристики системы зависят от параметров ее реализации.

Измерительно-вычислительная управляющая система (ИВУС) вырабатывает управляющие воздействия в двух ситуациях: включает насос, подающий жидкость, когда уровень жидкости опускается ниже значения $h_{\min}$; выключает насос, когда уровень превышает значения $h_{\max}$.

Время принятия решений зависит от динамики процесса и значений критических порогов.

Если максимальная скорость изменения измеряемой величины на нижнем пределе, м/с:

$$h'_{\text{н max}} = \text{mod}(-v_r)/S$$

а критический порог $h_{\text{min кр}}$, время, за которое необходимо принять решение:

$$\Delta t_{\text{р.н}} = \text{mod}(h_{\text{min}} - h_{\text{min кр}})/h'_{\text{н max}}.$$

Для верхнего уровня максимальная скорость изменения измеряемой величины, м/с:

$$h'_{\text{в max}} = v_r/S,$$

при этом, если критический порог равен $h_{\text{max кр}}$, время, за которое необходимо принять решение:

$$\Delta t_{\text{р.в}} = \text{mod}(h_{\text{max кр}} - h_{\text{max}})/h'_{\text{в max}}.$$

Предполагая, что характеристики гармонической и случайной составляющих погрешности (помехи) имеют одинаковые свойства, определим в качестве требования к системе принятия решений, что время принятия решения равно меньшему из двух:

$$\Delta t_{\text{р}} = \min(\Delta t_{\text{р.н}}, \Delta t_{\text{р.в}}).$$

Время дискретизации систематической составляющей сигнала (контролируемой функции) должно быть меньше времени принятия решения:

$$\Delta t_{\text{дл}} < \Delta t_{\text{р}}.$$

Интервал усреднения, кратный периоду низкочастотной составляющей. Допустим, в сигнале присутствуют гармонические помехи $a_1 \sin(\omega_1 t) = a_1 \sin(2\pi f_1 t)$, $a_2 \sin(\omega_2 t) = a_2 \sin(2\pi f_2 t)$, $a_3 \sin(\omega_3 t) = a_3 \sin(2\pi f_3 t)$. Предположим, что они кратны между собой (из конструктивных соображений). Как правило, низкочастотная составляющая обладает большей амплитудой ($a_1 > a_2 > a_3$). И если частоты кратны ($f_3 = k_2 f_2 = k_1 f_1$), выбирая параметры фильтра, сглаживающего эту гармонику, одновременно сгладим другие гармонические составляющие помехи. Однако для измерения высокочастотной составляющей необходимо выбрать шаг дискретизации $\Delta t_{\text{д}} \leq 1/(2kf_3)$.

В этом случае количество результатов измерений, по которым будет проводиться усреднение (простейшая фильтрация):

$$N_1 \geq (1/f_1)/(1/(2kf_3)) = 2kk_1.$$

а интервал усреднения $T_1 = N_1 \Delta t_{\text{д}}$.

Если амплитуда низкочастотной гармонической составляющей больше критических значений $a_1 \geq \text{mod}(h_{\text{min}} - h_{\text{min кр}}) \vee \text{mod}(h_{\text{max кр}} - h_{\text{max}})$, а время принятия решений меньше времени усреднения $\Delta t_{\text{р}} < T_1 = 1/f_1$, задача поставлена некорректно. Если же время принятия решений больше $\Delta t_{\text{р}} > T_1 = 1/f_1$, задача может быть решена. Для этого необходимо рассмотреть другие составляющие погрешности.

Интервал усреднения в зависимости от свойств СП. Предположим, что случайная составляющая погрешности $\varepsilon(t)$ имеет нормальный закон распределения с СКО σ . В зависимости от значения σ и ее отношения к значениям $\text{mod}(h_{\text{min}} - h_{\text{min кр}})$, $\text{mod}(h_{\text{max кр}} - h_{\text{max}})$ можно принять решение об интервале усреднения, равном или кратном интервалу $T_1 = N_1 \Delta t_{\text{д}}$.

Таким образом, в результате анализа физики процесса и метрологических характеристик сигнала могут быть определены требования к измерительному каналу и алгоритму обработки сигнала.

Нижний уровень реализован на базе средств автоматики типа ТРМ фирмы «ОВЕН», LOGO фирмы «Siemens», WAGO и др. Компактная измерительная система реализует стандартный набор измерительных и управляющих функций, который может быть представлен в виде нескольких модификаций структурной реализации. На рис. 3 представлена одна из таких структур.

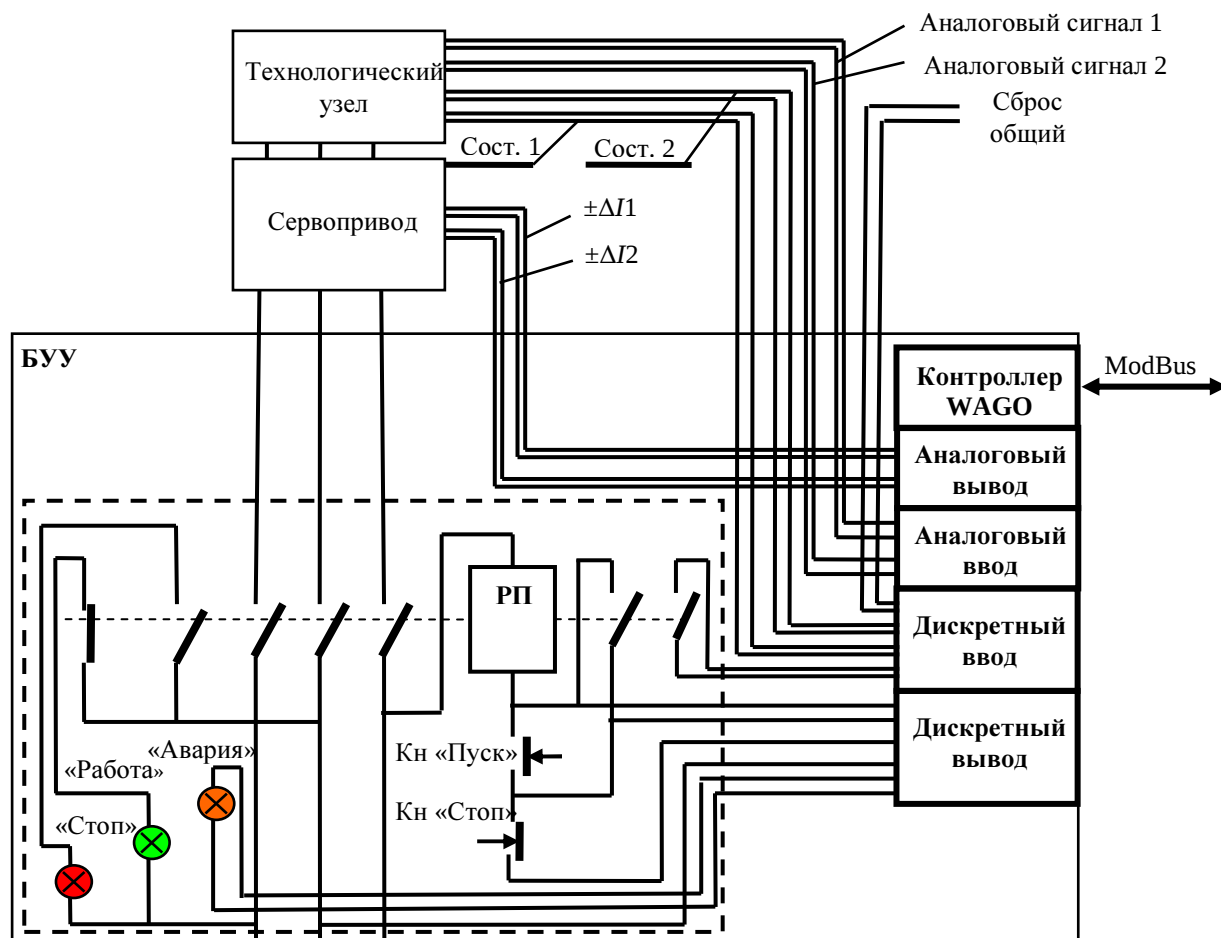


Рис. 3

Компактная измерительная система контроля и управления (КИСКУ) в зависимости от состояния технологического узла (ТУ) – дискретных сигналов и результатов измерений измерительных каналов, формирует управляющие воздействия. На рисунке приведен пример сигналов состояния: дискретные – «Состояние 1», «Состояние 2», непрерывные (измеряемые) «Аналоговый сигнал 1», «Аналоговый сигнал 2»; сигналы управления: дискретные – «Пуск» (включить пускатель двигателя привода), «Стоп» (выключить пускатель), «Авария» и непрерывные – $\pm\Delta I1$, $\pm\Delta I2$ (управляющие воздействия на сервопривод). Контроллер реализует алгоритм анализа сигналов состояния и результатов измерений с заданной достоверностью и вырабатывает управляющие воздействия в соответствии функциональным назначением ТУ.

Все КИСКУ обмениваются информацией со вторым уровнем системы с помощью интерфейса ModBus. Технические решения для среднего и верхнего уровней управления, алгоритмы работы ИИС будут рассмотрены во второй части статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

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. The first part is devoted to structural solutions and the lower level of management.

Measurement system, process, monitor



УДК 004.855.5; 004.41; 004.4'22

В. В. Быков, А. В. Никитин, Л. Н. Лозовой

ПОСТРОЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА БАЗЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА»

Посвящается вопросам внедрения в учебный процесс образовательной программы магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника» современных инструментальных средств высокого уровня для исследования и разработки многослойных программных комплексов масштаба предприятия. Описывается цикл практических работ, построенный на базе программного комплекса IBM Rational Software Architect, предназначенного для решения подобных задач.

Инструментальная среда, разработка ПО, многослойный программный комплекс, язык описания UML, ПО промежуточного уровня

Дисциплина «Теоретическая информатика» входит в базовую часть профессионального цикла образовательной программы магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника». Главная цель этой дисциплины – сформировать теоретический базис для формализованного представления информации и машин, ее перерабатывающих, в рамках основного метода информатики – метода компьютерного моделирования.

В условиях исключительно высоких темпов обновления компьютерных информационных технологий и дефицита времени преподавателя, создание адекватных образовательных технологий, отбор материала и его методическая обработка составляют одну из важнейших проблем обеспечения качества предоставляемых образовательных услуг.

Исходя из анализа текущего состояния и тенденций развития компьютерных информационных технологий и рынка образовательных услуг, современной трактовки образовательной технологии в условиях массового учебного процесса, можно сформулировать требования к образовательной технологии нового поколения. Она должна обеспечивать [1]:

– достижение целей обучения, связанных с усвоением знаний и с выработкой интеллектуальных навыков и умений, соответствующих компетентностным моделям по ГОС ВПО нового поколения;

- опережающую реакцию на изменение спроса на рынке образовательных услуг;
- высокое качество предлагаемых образовательных услуг в условиях нехватки высококвалифицированных преподавательских кадров;
- доступность образовательных услуг и асинхронность процесса обучения;
- ресурсосбережение (главным ресурсом следует считать время преподавателя).

Первое требование связано с проблемой целей обучения, которая является одной из важнейших для определения содержания обучения и планирования учебного процесса для проверки овладения учебным материалом. Второе требование, как уже отмечалось, связано с исключительно высокой динамикой обновления знаний в фундаментальной и в прикладной областях науки и, прежде всего, в области информационных технологий. Третье обусловлено стремлением к конкурентоспособности, так как очевидно, что по мере становления и развития открытого рынка образовательных услуг конкуренция на нем будет неизбежно нарастать. Четвертое не требует дополнительной аргументации.

Построение лабораторного практикума по теоретической информатике с использованием среды разработки и моделирования IBM Rational Software Architect (RSA) включает в себя возможности, сфокусированные на архитектурном анализе кода, C++ и MDD (Model-Driven Development) с UML для создания устойчивых приложений и веб-служб.

Ниже приводится перечень реализуемых возможностей:

- 1) поддержка UML версии 2.1;
- 2) поддержка преобразований типа «модель – код» и «код – модель», включая прямые преобразования:
 - UML в Java;
 - UML в C#;
 - UML в C++;
 - UML в EJB;
 - UML в WSDL;
 - UML в XSD;
 - UML в CORBA IDL;
 - UML в SQL (на основе логической модели данных, поддерживаемой программным обеспечением IBM Rational Software);
 - Java в UML;
 - C++ в UML

и других им подобных.

В качестве иллюстрации приводятся этапы выполнения двух лабораторных работ с применением IBM Rational Software Architect (RSA) версии 6.5 для магистров первого года обучения (1 семестр).

Все лабораторные работы строятся на сквозном учебном проекте – разработке системы начисления заработной платы (Payroll Application) для вымышленной компании Acme Corp.

Лабораторная работа 1. Знакомство с Rational Software Architect

Цели. В этой работе необходимо решить ряд основных задач моделирования с использованием языка UML:

- создать новую рабочую область в системе;
- добавить модель проекта в рабочую область;
- добавить диаграмму модели в проект;
- добавить дополнительные элементы в диаграмму модели.

Далее – применить шаблон Façade – один из стандартных шаблонов «банды четырех» (“Gang of Four”, GoF) [2] для набора классов разрабатываемой модели, а затем преобразовать их в код Java.

Этапы выполнения:

1. Создание проекта GettingStartedProject и UML-модели системы GettingStartedModel
2. Применение шаблона к модели. В этом проекте предлагается применить шаблон стандарта «Gang of Four» [2] – Façade.

Также необходимо создать классы EmployeeFaçade, Employee, PaymentMethod и Role. Добавить EmployeeFaçade в параметры шаблона Façade, а остальные классы – как Subsystem. Создать отношения между классами и шаблоном, в результате чего должна получиться следующая UML-диаграмма (рис. 1).

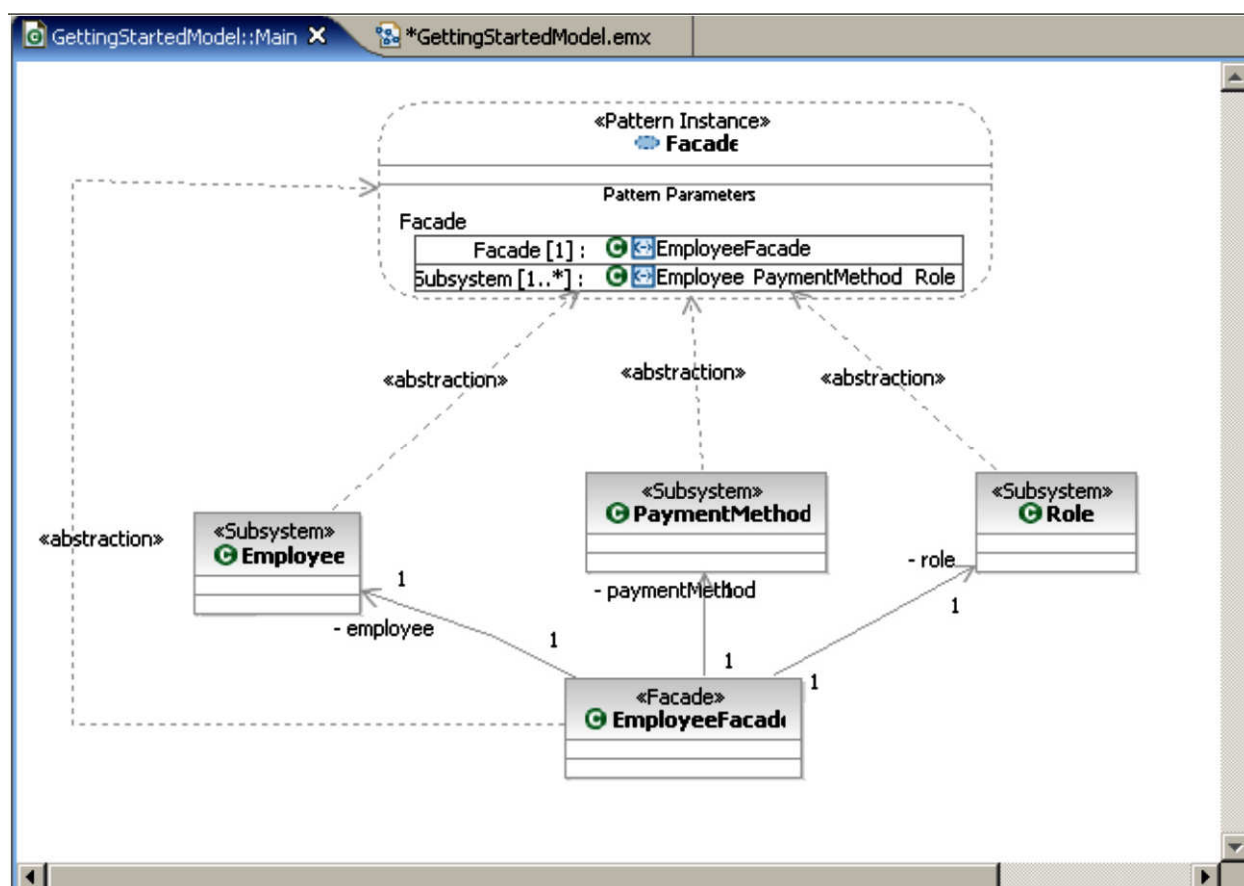


Рис. 1

3. Трансформация UML-диаграммы в Java код. Преобразовать UML-диаграмму в Java-код. Для этого создать новый проект «TransformationTarget» и добавить в него созданные ранее классы.

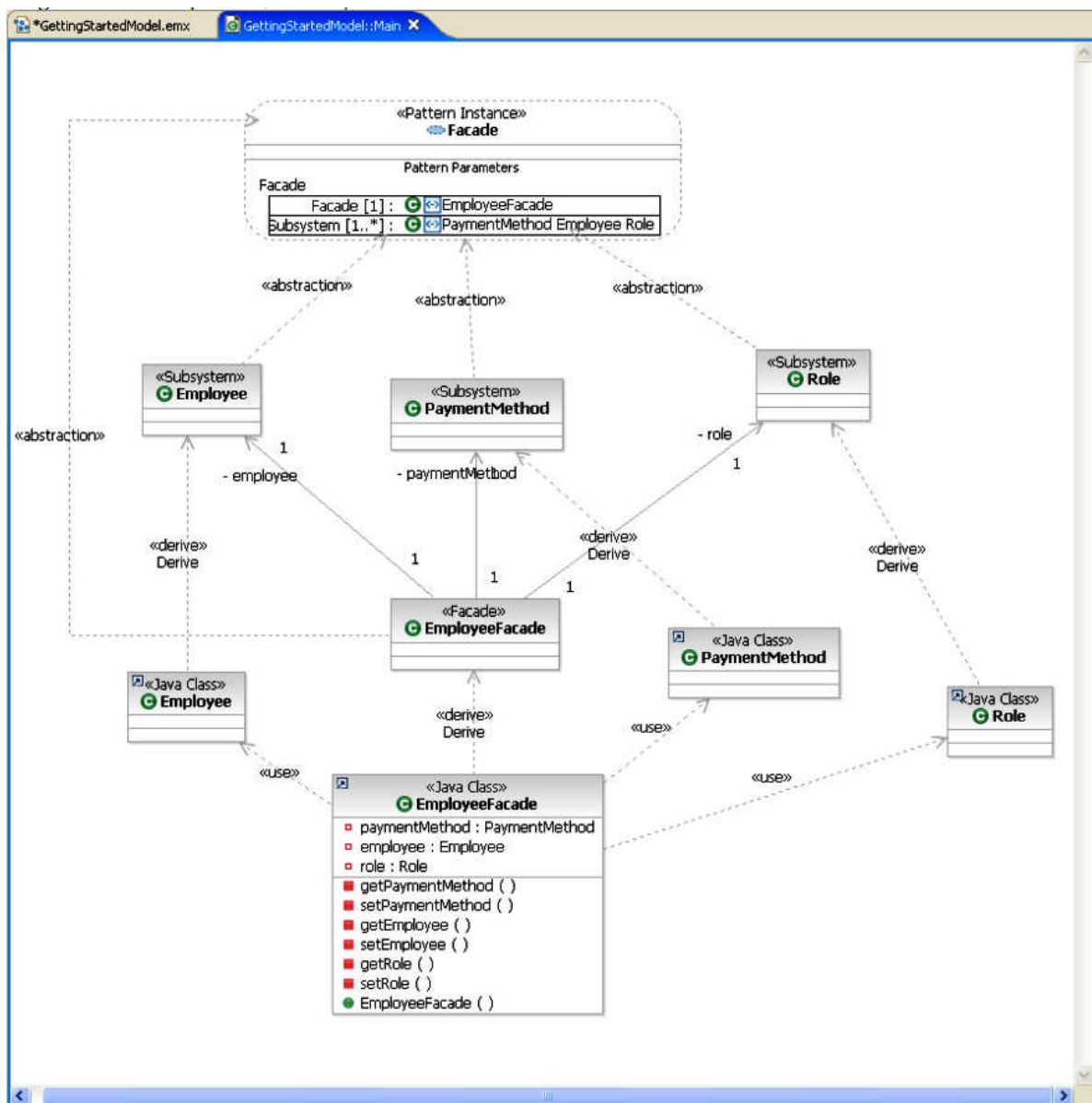


Рис. 2

Используя классы из проекта «TransformationTarget» и дополняя новые отношения между классами, преобразовать диаграмму в набор классов Java (рис. 2). Сохранить проект.

Лабораторная работа 2. Определение архитектуры системы начисления зарплаты

Цели. Научиться создавать модели развертывания, дизайна и архитектуры программной модели документа. Использовать бизнес-шаблоны IBM при создании обзорных диаграмм архитектуры; определять и моделировать высокоуровневую организацию подсистем, а также механизмы анализа.

В ходе выполнения работы в проекте необходимо:

- создать следующие модели: дизайн-модель, модель развертывания, модель архитектуры документа;
- использовать шаблоны IBM «e-business» для создания диаграмм обзора архитектуры;
- представить артефакты, созданные в процессе определения архитектуры должностей в RSA;

- определить и смоделировать высокоуровневую организацию подсистем;
- определить и смоделировать механизмы анализа.

Исходные данные для выполнения работы:

- шаблоны для электронного бизнеса (P4eb);
- постановка задачи начисления заработной платы (проблемы заработной платы. Statement.doc);
- модель прецедентов для системы начисления заработной платы (PayrollUCModelRpt.doc);
- глоссарий системы начисления заработной платы (Glossary.doc);
- дополнительные спецификации для системы начисления заработной платы (Specification.doc).

Этапы выполнения.

1. *Создание рабочей области и импорт исходных данных.* Импорт исходных данных производится с помощью Project Interchange. В результате появится площадка для выполнения остальных пунктов лабораторной работы.

2. *Создание описания архитектуры.* Использовать Architecture Overview Diagram. Этот компонент IBM RSA отображает основные компоненты решения и используемые шаблоны бизнес-процессов.

Создав новую модель архитектуры разрабатываемой системы (Acme Payroll Software Architecture Document Model), наполнить ее структурно.

Далее построить описательную диаграмму архитектуры (AOD), элементы которой можно найти в пакете Business Pattern AOD. Для удобства построения AOD использовать диаграмму развертывания (Deployment diagram) и геометрические фигуры для обозначения сущностей (рис. 3).

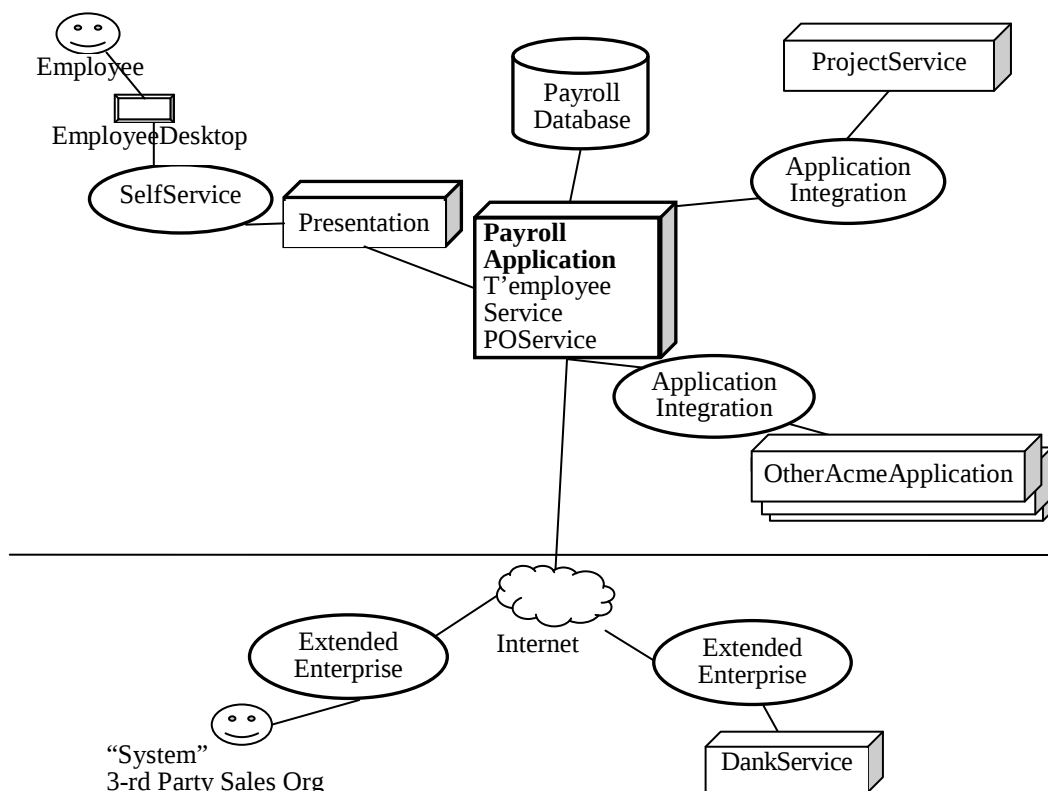


Рис. 3

3. *Обзор и обновление AOD.* Здесь дается представление о бизнес-шаблонах. В ходе выполнения этой задачи нужно применить следующий набор шаблонов:

- прямой интегрированный одиночный канал;
- брокер – маршрутизатор изменений (профиль SOA);
- открытый брокер – открытый маршрутизатор изменений (профиль SOA).

4. *Создание начальной диаграммы развертывания.* Используя диаграмму описания архитектуры (этап 2) вместе с бизнес-шаблонами, создать для разрабатываемой платежной системы начальную диаграмму развертывания Acme Payroll Deployment Model.

5. *Определение высокоуровневой организации подсистем.* В этом задании для выбора слоев, дизайн которых необходим, использовать рекомендации по разделению приложения на слои.

6. *Определение ключевых абстракций.* Использовать модуль Analysis Model в проекте. Пересмотреть артефакты проекта для того, чтобы выяснить, какие ключевые понятия и сущности система должна обрабатывать.

В каждой функциональной области создать пакет сущностей Entity.

7. *Идентификация способов анализа.* Основная задача этого этапа – создать Analysis Mechanisms, необходимый для построения платежной системы Acme.

1. Во вкладке Acme Payroll Software Architecture Document Model создать пакет для способов анализа, назвав его Architecture Mechanisms. Структура этой иерархии представлена на рис. 4.

2. Внутри пакета Architecture Mechanisms создать пакет типа «analysis, framework» для каждого способа анализа.

3. Обновить диаграмму классов всех способов отображения в соответствии с компонентом способа и ключевыми абстракциями, использующими этот способ анализа, а также зависимостями связей абстракций со способом анализа.

8. *Экспорт проекта.* Этот этап позволяет сделать общим законченный проект.

В заключение можно сказать следующее. В условиях исключительно высоких темпов обновления компьютерных информационных технологий и дефицита времени преподавателя отбор и методическая обработка материала, создание адекватных образовательных технологий на базе существующих инструментальных сред разработки ПО масштаба

предприятия позволяют решить одну из важнейших проблем образовательного процесса – обеспечение качества предоставляемых образовательных услуг.

Использование инструментального комплекса Rational Software Architect обеспечивает практическое знакомство с современным ПО промежуточного уровня, способным решать сложные задачи разработки программных комплексов на различных уровнях абстракции и интеграции этих комплексов с существующими и проектируемыми бизнес-процессами, унаследованным ПО и инфраструктурой.

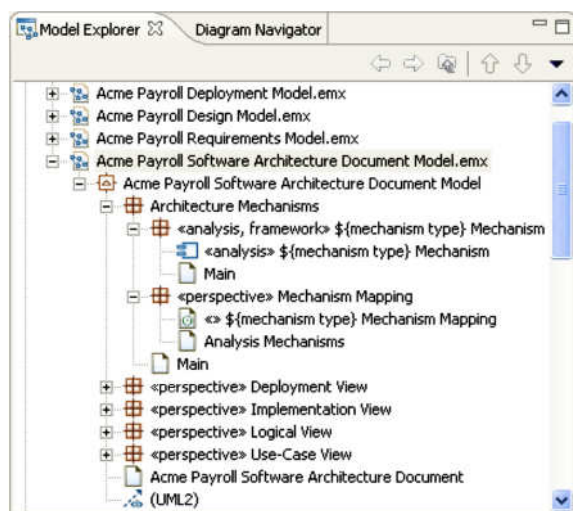


Рис. 4

Предлагаемый практический курс обеспечивает закрепление знаний, развитие умений и выработку навыков работы с многослойным программным обеспечением с привлечением сетевых технологий [3] и с использованием высокого уровня абстракции при разработке сложных многоуровневых программных комплексов на концептуальном этапе проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов И. В. База онтологий в современных концепциях становления и развития образовательных WEB-технологий // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2002. Вып. 3. С. 3–10.
2. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. СПб.: Питер, 2007.
3. Основания технологии комплементарного проектирования наукоемких изделий / И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин, Л. Н. Лозовой, А. В. Никитин; Под ред. И. В. Герасимова и А. В. Никитина. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.

V. V. Bykov, A. V. Nikitin, L. N. Lozovoy

PLANNING AND ORGANIZATION OF PRACTICAL WORKSHOP FRAMEWORK, BASED ON MULTITIER MODELS FOR THE COURSE “THEORETICAL COMPUTER SCIENCES”

It is devoted to implementation of modern high-level instrumental frameworks into the learning process for Masters educational program “Computer Sciences and Computer Hardware” for investigation, analysis and design of multitier enterprise-level programming complexes. The set of practical workshops, based on IBM Rational Software Architect programming system for analysis and design of such a systems is described.

Framework, Software Development, Multitier Programming Complex, UML language, Middleware



УДК 32.019.51

О. Н. Подорова-Аникина

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЛИТИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ: ФАКТОРЫ ИСКАЖЕНИЯ ВОСПРИЯТИЯ

Представлена как практическая, так и теоретическая информация о современной политической коммуникации. Рассматриваются некоторые аспекты современной политической коммуникации, в том числе факторы искажения восприятия политического рекламного сообщения.

Политическая коммуникация, политическая реклама, факторы искажения восприятия политического рекламного сообщения

Без научных представлений о политической коммуникации государство не может не только приспособиться к изменяющейся жизни в сегодняшнем сложноорганизованном мире, но и лучше понять свои возможности на пути обеспечения гражданских прав и свобод, осознать свою ответственность перед гражданином, увидеть возможности использования силы государственной власти для реализации интересов народов.

В связи с разнообразием и множеством различных направлений, теорий, научных течений, уровнем проработанности вопроса мы фиксируем разброс научных определений политической коммуникации. Ниже приведены лишь некоторые из них.

«Политическая коммуникация – это смысловой аспект взаимодействия субъектов политики путем обмена информацией в процессе борьбы за власть или ее осуществление. Она связана с целенаправленной передачей и избирательным приемом информации, без которой невозможно движение политического процесса» [1, с. 53].

«Политическая коммуникация выступает как специфический вид политических отношений, посредством которого доминирующие в политике субъекты регулируют производство и распространение общественно-политических идей своего времени» [2, с. 308].

«Политическая коммуникация – процесс передачи политической информации, благодаря которому она циркулирует от одной части политической системы к другой и между политической системой и социальной системой» [3, с. 101].

Управленческие политические коммуникации, избирательные политические коммуникации, политические PR-коммуникации, политические маркетинговые коммуникации, конфликтные и переговорные политические коммуникации, журналистские политические коммуникации – вот лишь краткий перечень направлений и моделей политической коммуникации.

Как же добиться наибольшей эффективности и открытости этих взаимодействий, успеха выстраиваемых политических коммуникаций? Изменение всех сфер российской общественной жизни позволяет сегодня взглянуть по-новому на организацию политического пространства. Отсюда очевидна актуальность исследований в сфере политических коммуникаций.

Специфика политических коммуникаций в современной России – вопрос дискуссионный, но мы все же попробуем дать на него полноценный ответ.

Итак, политическая сфера – это особый вид межгрупповых отношений, связанных с использованием большими группами людей институтов публичной власти для реализации и удовлетворения их жизненно важных потребностей. Коммуникационное воздействие в политической сфере изучается многие десятилетия и зарубежными, и отечественными исследователями.

Главная функция политической коммуникации сегодня – борьба за политическую власть. Политическая коммуникация призвана оказать прямое или косвенное влияние на распределение власти и ее использование путем выборов, создания общественного мнения и т. д. Политическая коммуникация оказывает влияние на распределение и использование власти благодаря тому, что она служит средством воздействия на сознание принимающих политические решения людей (избирателей, депутатов, чиновников и т. д.). Современная политическая коммуникация не только передает информацию, но и оказывает эмоциональное воздействие на адресата, преобразует существующую в сознании человека политическую картину мира, существенно меняет или же подменяет ее.

Коммуникация всегда состоит из множества элементов. Вспомним модель коммуникации Г. Лассуэла, включающую в себя источник коммуникации, сообщение и канал коммуникации, получателя, эффект коммуникации. Это простейший вариант. Г. Лассуэл предложил свою модель коммуникации в 1948 г. Этой моделью пользуются и сегодня, особенно при описании различного рода пропагандистских акций. Каждый отдельно взятый элемент коммуникации подробно изучают исследователи всех стран мира.

Эта модель, как и многие другие, не учитывает всю роль обратной связи, а это одно из центральных понятий политической коммуникации. Код современной коммуникации в сфере политики должен быть понятен аудитории, доступен. Обратная связь – ожидаемый эффект коммуникации, она необходима.

В различных подходах добавляются «шумы» коммуникации, связанные с процессом кодирования и декодирования сообщения, сами этапы кодирования и декодирования.

То, как получатель расшифрует сообщение, в значительной степени зависит от личного восприятия человека, т. е. эффект коммуникации обусловлен тем, как адресат рассматривает сообщение и понимает его, после чего часто и появляется обратная связь, подтверждающая либо опровергающая правильность декодирования (расшифровки) отправленного сообщения.

Что же особенного в современной политической коммуникации? Ее структура, которая обусловлена современными каналами передачи сообщения, соответствующими процессами кодирования и декодирования. С содержательной стороны этот связующий политическую сферу процесс представляет собой взаимодействие разнообразных информационно-коммуникативных систем, совокупность связей и отношений, которые формируются вокруг того или иного устойчивого потока сообщений, функционирующих для решения

определенного круга задач. Так, например, политическая информация и соответствующие коммуникации могут формироваться в связи с проведением избирательной кампании, урегулированием того или иного политического казуса.

В политике не все сведения равноценны для людей. «В частности, те сведения, которые выбираются ими из потока разнообразных сведений для подготовки и принятия необходимых им решений в сфере государственной власти или исполнения функций, а также совершения сопутствующих действий, называются политической информацией. В этом смысле информация выступает и как предпосылка действий любого политического субъекта, и одновременно как его важнейший ресурс, позволяющий эффективно взаимодействовать в политической сфере ради достижения тех или иных своих целей» [4, с. 393].

В современных условиях огромное внимание уделяется тому, что сообщение политической коммуникации должно быть нацелено на электорат или на ту целевую аудиторию, которую необходимо склонить к принятию необходимого решения (чаще всего получателя сообщения). Поэтому все элементы политической коммуникации важны. Сегодня каждый носитель сообщения, коммуникационный канал передачи проходят через экспертов.

Что касается каналов передачи сообщения коммуникации, отметим, что, зная «свою» аудиторию, легче подобрать формат отображения текста, фотографии, иллюстрации. Например, пенсионеры имеют ослабленное зрение, для них необходимо печатать плакаты и буклеты с увеличенным шрифтом. Даже исполнение материалов политической рекламы на дорогостоящей бумаге возможно лишь при выявлении высокого достатка жителей района. Ведь у многих такие затраты вызовут негодование. Кому-то наоборот дешевая бумага листовки покажется неинтересной.

Большой интерес в мире науки вызывают характеристики самого источника коммуникации, его черты и описания аудитории. Источником сообщения может быть любой субъект политики, как группа, так и масса, или же отдельный индивид. Само сообщение, принципы его создания изучены слабо.

Принципы создания сообщения политической коммуникации становятся результатом проведения тщательного анализа. В силу того, что люди по-разному декодируют сообщение политической коммуникации, важно осмысленное фиксирование гражданином переданной ему информации.

Для эффективности акта коммуникации необходимо чтобы адресат и адресант говорили на одном языке и одинаково понимали сказанное, чтобы они имели общий опыт, необходимый для понимания символов, т. е. пережили бы ряд одинаковых событий, чтобы они принадлежали к одной и той же социокультурной среде.

Достаточно часто в политической коммуникации имеют место факторы искажения восприятия политического рекламного сообщения [5, с. 41]. Именно их изучение мы ставим в центр нашего исследования.

Современная политическая наука в своем развитии все больше обращается к прикладным политическим методам, позволяющим накопить и обработать значительный эмпирический материал, служащий основой и подтверждением (или опровержением) тех или иных гипотез.

Весьма широко при изучении политических коммуникаций применяются методы, которые находятся на стыке социологии и прикладной политологии: мониторинг и кон-

тент-анализ как один из видов анализа документов. Именно эти методы были выбраны для проведения исследований в представленной работе. Разберемся вкратце в процедурах проведения каждого из них.

«Политический мониторинг – наблюдение, оценка, прогноз состояния и развития какого-либо политического явления» [6, с. 829]. Мониторинг предполагает не разовое исследование, а некоторую последовательность, позволяющую изучать объект анализа в развитии. Если выстроить цепь событий из определенных политических заявлений (сообщений политической коммуникации) в некоторой хронологической последовательности, соотнести их с развитием общей политической ситуации и сложившимся в результате общественным мнением или последовавшим электоральным выбором, то можно обнаружить тенденции в действиях того или иного политика, политической партии, оценить результаты. Это самый простой пример политического мониторинга. Объектом политического мониторинга в этом случае могут послужить агитационные материалы, акции и другие политические события. Важно, что наилучший результат дает комплексный подход в организации политического мониторинга: например, одновременное использование таких методов как опрос, экспертное интервью, изучение материалов прессы, официальных документов.

Контент-анализ очень широко используется в политической практике последних лет. Контент-анализ – «систематическая числовая обработка, оценка и интерпретация формы и содержания информационного источника» [7, с. 269]. Техника проведения контент-анализа состоит из нескольких этапов. Прежде всего, необходимо определить основную цель исследования, перечень и последовательность решаемых задач. Потом – определить эмпирический материал исследования. Круг привлекаемых материалов в данном случае широк – официальные документы, материалы СМИ, агитационные материалы. Следующий этап, от которого во многом зависит успех исследования, – выбор единиц анализа. В нашем случае контент-анализ, основанный на исследовании слов, тем и сообщений, сосредоточивает внимание исследователя на содержании сообщения, на том, о чем и как в нем говорится. Завершает процедуру этап анализа полученных данных и интерпретации результатов анализа.

В нашем случае наибольший интерес вызывают печатные материалы избирательной кампании и непосредственное их сопоставление с результатами выборов. Эта, казалось бы, достаточно узкая форма организации исследования политической ситуации позволяет получить значительный массив полезной, актуальной информации.

В представленном исследовании использованы печатные агитационные материалы (плакаты, листовки, буклеты, газеты, календари и открытки), распространенные в ходе избирательных кампаний в различных городах Республики Коми: Ухта, Сыктывкар и Сосногорск. Анализу были подвергнуты более двухсот образцов визуальной политической рекламы. Проведя исследование материалов печатной политической рекламы, автор обозначил наиболее часто встречающиеся нарушения, влияющие на восприятие такой формы политической коммуникации.

Сопоставив выделенные Е. В. Егоровой-Гантман и К. В. Плешаковым факторы искажения восприятия политического рекламного сообщения (две группы: технические факторы искажения сообщения и психологические [5, с. 41]) с исследуемыми визуальными агитационными материалами политической рекламы, мы сделали следующие выводы.

Как подтверждают наши исследования, первую группу составляют технические факторы искажения сообщения. В печатной политической рекламе это, во-первых, простые технические визуальные факторы: плохая печать фотографии в газете, листовке. Во-вторых, сложнотехнические визуальные факторы – опечатки, ошибочно помещенные фотографии и рисунки, меняющие смысл сообщения.

Что касается второго вида факторов – психологических, то, по Е. В. Егоровой-Гантман и К. В. Плешакову [5, с. 41], здесь мы отмечаем следующие: индивидуальные (чаще всего зависят от психологического состояния человека, декодирующего сообщение, в данный момент времени), социально-психологические фильтры (значимость того или иного понятия для данной группы) и психологические фильтры, связанные с социальной средой (стереотипы, свойственные человеку как представителю той или иной социокультурной среды).

Проведя подробный анализ печатных агитационных материалов, распространенных в ходе предвыборных кампаний последних лет в Республике Коми, автор исследования предлагает добавить к вышеуказанным общий лингвистический и технологический факторы.

Самое мощное оружие любого печатного агитационного материала политической рекламы – слово. Визуальный образ, создаваемый в ходе выстраивания политических коммуникаций, формируется на основе соблюдения общепринятых требований, но что касается текста в печатном образце распространяемых и распространенных агитационных материалов, их «политического языка»?

В настоящем исследовании под термином «политический язык» понимается особая подсистема национальной речи, предназначенная для политической коммуникации: для пропаганды тех или иных идей, эмотивного воздействия на граждан страны и побуждения их к политическим действиям.

Содержание рекламных носителей должно разрабатываться с учетом лингвистических особенностей региона и доминирующего уровня образования. Сложный и чужой для жителей язык в лучшем случае оставит их равнодушными, а в худшем – породит негативные чувства к кандидату. Таким образом, в ходе проведения исследования было отмечено, что частым явлением и важным фактором, влияющим на восприятие сообщения политической рекламы, является нарушение норм и правил русского языка. Общий лингвистический фактор мы выделяем в третью группу.

В четвертую группу факторов искажения сообщения в политической рекламе мы выделяем технологические факторы, здесь есть определенные требования, соблюдение которых поможет внедрить в сознание и подсознание аудитории необходимое сообщение. Например, интересны закономерности восприятия в политической рекламе: слева мы традиционно «помещаем» в своем сознании нечто уже данное, знакомое. Справа же мы склонны видеть нечто новое, то, что еще требуется познать, переосмыслить. Так, к правой части зрительного поля привлекается больше внимания. Если в рекламе делается сравнение нового и бывшего депутатов, мэров, то вновь избранный должен находиться справа, а бывший – слева. Если же, однако, вы хотите показать, что у экс-мэра есть резерв, а новый всего лишь другое обличье уже знакомой политической идеологии, то бывшего лидера помещать лучше справа [5, с. 107].

Таким образом, на базе прикладного политического анализа, включившего в себя мониторинг и контент-анализ, основываясь на результатах исследования печатных материалов избирательных кампаний, проведенных в отдельно взятом субъекте Российской Федерации, предлагается добавить к общепризнанным факторам, влияющим на восприятие сообщения политической коммуникации, общий лингвистический и технологический факторы.

Представив краткие результаты работы, мы приходим к выводу, с которым сложно не согласиться: умелое использование не только технических, психологических, но и грамотное сочетание технологических и языковых ресурсов, творческое сочетание стилистических приемов – все это способно обеспечить подлинный успех современной политической коммуникации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вершинин М. С. Политическая коммуникация в информационном обществе. СПб.: Изд-во Михайлова В. А., 2001. 253 с.
2. Ирхин Ю. В., Зотов В. Д., Зотова Л. В. Политология: учебник. М.: Юристъ, 2002. 511 с.
3. Кретов Б. Е. Средства массовой коммуникации – элемент политической системы общества // Социально-гуманитарные знания. 2000. № 1. С. 101–115.
4. Соловьев А. И. Политология: политическая теория, политические технологии: учебник для студентов вузов. М.: Аспект Пресс, 2000. 559 с.
5. Егорова-Гантман Е. В., Плешаков К. В. Политическая реклама. 2-е изд. М.: Никколо-Медиа, 2002. 240 с.
6. Общая и прикладная политология: Учеб. пособие / Под общ. ред. В. И. Жукова, Б. И. Краснова М.: МГСУ; Союз, 1997. 992 с.
7. Мангейм Дж. Б., Рич Р. К. Политология: методы исследования. М.: Весь Мир, 1997. 544 с.

O. N. Podorova-Anikina

MODERN POLITICAL COMMUNICATION: THE FACTORS OF DISTORTION PERCEPTION

You'll receive information in the practice and theory of contemporary political communication. Covers several aspects of modern political communication, including the factors of distortion perception posts of political advertising.

Political communication, political advertising, the factors of distortion perception posts of political advertising

УДК 004

С. Н. Почебут

КОНЦЕПЦИИ НОВАЦИЙ И ИННОВАЦИЙ В НАУКЕ

Рассматриваются понятия новации и инновации в науке, наиболее известные концепции новаций в науке и их классификация. Представлены подходы к понятию инновации в науке.

Новация, инновация, классификация, наука

Понятие новации исследуется в науке достаточно долго. Изменения в научном познании возникают постоянно, при этом данные изменения, как говорит Б. В. Ахлибининский в статье «Новации, традиции, открытия», могут происходить и в рамках определенного уровня научного знания и его методологии, не затрагивая основ. Это самое изменение и называется, по его мнению, новацией. А. С. Мамзин в статье «Новации в науке и гуманизм» отмечает особенности развития новаций в фундаментальных и прикладных науках. По его мнению, в фундаментальных науках новации могут выступать в форме открытий, получающих название

законов, теорий, концепций, учений, принципов, правил, систем. При этом, как пишет А. С. Мамзин, авторство таких открытий нередко фиксируется в их наименованиях: гелиоцентрическая система мира Коперника, эволюционная теория Чарльза Дарвина и т. д., а также, подчеркивает автор статьи, важную роль тут играют интуиция и синтез ранее накопленных знаний [1].

Новации в науке обычно классифицируют по следующим типам:

- преднамеренные. Эти новации возникают как результат целенаправленных действий. По Т. Куну, этот тип новаций происходит в рамках парадигмы;
- непреднамеренные. В отличие от преднамеренных эти новации возникают побочным образом и способны изменить саму парадигму (Т. Кун);
- новации исследовательских программ (новых методов). В данном случае имеются в виду методы и средства получения знания, некие инструкции, образцы решения задач, приборы и т. д.;
- новации коллекторских программ (открытие новых миров). Коллекторские программы – это образцы, или вербальные указания. Они показывают то, о чем мы хотим знать, а также определяют нашу избирательность по отношению к знаниям и задают образцы их систематизации;
- новации, связанные с незнанием. Условно мы можем назвать незнанием то, что может быть выражено в виде вопроса или эквивалентного утверждения типа: «Я не знаю того-то». «Что-то» в данном случае – это какие-то вполне определенные объекты и их характеристики;
- новации, фиксирующие неведение. В отличие от незнания неведение не может быть зафиксировано в форме конкретных утверждений типа: «Я не знаю того-то». Это «что-то» мы не можем в данном случае заменить какими-то конкретными характеристиками. Поэтому получаем тавтологию: «Я не знаю того, чего не знаю». Тавтология такого типа – это и есть признак неведения;
- новации открытия (см. концепцию побочных результатов и случайных открытий);
- новации – научные революции (см. концепцию смены основания науки) [2].

На сегодняшний день существует ряд различных концепций и теорий новаций в науке. Наиболее известные среди них следующие:

- эволюционная концепция (возникновение научных знаний в рамках повседневной работы). У А. Бергсона, например, это она выражается в его учении «о творческой эволюции»;
- концепция «пришельцев». Эта концепция связана с появлением человека из другой области науки, не связанного с традициями данной. Именно он и открывает то, что не смогли до него обнаружить. Этой концепции придерживался В. И. Вернадский, опираясь на работы Л. Пастера по проблеме самозарождения;
- концепция «монтажа». Она заключается в объединении данных всех отраслей знания. Идеи этой концепции впервые были изложены А. Вегенером в книге «Происхождение континентов и океанов». При этом само явление монтажа возможно и в чистом виде, т. е. без перехода исследователя из одной области в другую, как это представлено в концепции «пришельцев»;
- концепция побочных результатов и случайных открытий. Эта концепция является одной из самых распространенных. Она связана с наличием определенных традиций, которым противоречат полученные результаты. Хорошим примером этой концепции служит история открытия закона Кулона;

- концепция метафорических программ взаимодействия наук. Эта концепция обусловлена переносом образов из одной области в другую. Так, например, из такой науки как экология на свет появились дисциплины: экология преступности, культурная экология и др.;

- диалектико-материалистическая концепция. Данная концепция связана с этапами развития науки: нормальным, ординарным, революционным;

- концепция смены основания науки. Имеются в виду научные революции, в ходе которых появляются новые типы объектов, которые не могут быть рассмотрены с позиции прежних методов [2].

Наряду с понятием новации в XIX в. появляется понятие «инновации», следовательно, возникает вопрос их соотношения. Понятие «инновация» имеет междисциплинарный характер и является одним из самых популярных в современных исследованиях. В переводе с латинского языка оно означает «обновление, новшество или изменение». В контексте системного подхода «инновация» определяется как *целенаправленное изменение в функционировании системы*, причем в широком смысле это могут быть качественные и (или) количественные изменения в различных сферах и элементах системы. Понятие «инновация» использовалось в исследованиях культурологов в XIX в. и означало введение элементов одной культуры в другую. Первое наиболее полное описание инновационных процессов было представлено в начале XX в. экономистом Й. Шумпетером, который анализировал «новые комбинации» изменений в развитии экономических систем (1911). Несколько позже, в 1930-е гг., Й. Шумпетер и Г. Менш ввели в научный оборот и сам термин «инновация», который сочли воплощением научного открытия в новой технологии или продукте [3].

Действительно, достаточно сложно разграничить понятие инновации и новации (нововведения). В некоторых философских словарях нововведение рассматривается как комплексный, завершённый процесс создания, распространения и использования новшества, ориентированный на удовлетворение потребностей и интересов людей новыми средствами, что ведет к определенным качественным изменениям состояний системы (или области, где реализуется новшество или новация) и способствует возрастанию ее эффективности, повышению стабильности и ее жизнеспособности [4]. При этом под инновационным процессом понимается процесс создания, распространения и использования новшества, преобразования новых видов и способов человеческой жизнедеятельности [5]. Очевидным является тот факт, что значение двух понятий (инновация и новация) совпадают, если рассматривать их с точки зрения инновационного процесса.

Существует множество определений этого понятия. Наиболее популярные следующие:

1. Под инновациями понимаются явления культуры, которых не было на предшествующих стадиях ее развития, но которые появились на данной стадии и получили в ней признание, закрепившись в знаковой форме, в деятельности посредством изменения способов, механизмов, результатов, содержания самой этой деятельности [6].

2. Инновации – вновь созданные (внедренные) и (или) качественно улучшенные конкурентоспособные технологии, продукция или услуги, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера, которые в значительной степени улучшают структуру и качество производства и (или) социальной сферы¹.

¹ Закон «Об инновационной деятельности Украины». <http://dom.nayti.crimea.ua/legislation/?cat=3&id=10>.

Официальными российскими терминами в области инновационной деятельности являются термины, используемые в «Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998–2000 годы», одобренной постановлением Правительства РФ от 24 июля 1998 г. № 832. В частности, в этом документе дается следующее определение инновации: «Инновация (нововведение) – конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности». Подразделение инноваций на конкретные группы по определенным признакам называют классификацией инноваций. В практике управления инновациями используют различные классификаторы инноваций, но единого по-прежнему нет. В зависимости от технологических параметров инновации подразделяются на продуктовые и процессные. Продуктовые инновации включают применение новых материалов, новых полуфабрикатов и комплектующих; получение принципиально новых продуктов. Процессные инновации означают новые методы организации производства (новые технологии). По типу новизны для рынка инновации делятся на новые для отрасли в мире; новые для отрасли в стране; новые для данного предприятия (группы предприятий).

По стимулу появления (источнику) можно выделить инновации, вызванные развитием науки и техники; инновации, вызванные потребностями производства; инновации, вызванные потребностями рынка. По месту в системе (на предприятии, в фирме): инновации на входе предприятия (сырье, оборудование, информация и др.); инновации на выходе предприятия (изделия, услуги, технологии, информация и др.); инновации системной структуры предприятия (управленческой, производственной). В зависимости от глубины вносимых изменений: радикальные (базисные) инновации, которые реализуют крупные изобретения и формируют новые направления в развитии техники; улучшающие инновации, которые реализуют мелкие изобретения и преобладают на фазах распространения и стабильного развития научно-технического цикла; модификационные (частные) инновации, направленные на частичное улучшение устаревших поколений техники и технологии.

Приведенная выше классификация говорит о том, что процессы нововведений многообразны и различны по своему характеру. Поэтому существует множество классификаторов инноваций, предлагаемых отечественными и зарубежными авторами. Среди них такие известные зарубежные специалисты в области экономики и менеджмента как Й. Шумпетер, И. Ансофф и П. Друкер. В отечественной литературе по инновациям можно выделить классификации, предложенные А. Н. Цветковым, П. Н. Завлиным и А. В. Васильевым, В. В. Горшковым и Е. А. Кретовой, Э. А. Уткиным, Г. И. Морозовой и Н. И. Морозовой, А. И. Пригожиным и др. В Научно-исследовательском институте системных исследований (РНИИСИ) разработана расширенная классификация инноваций с учетом сфер деятельности предприятия: технологические инновации; производственные; экономические; торговые; социальные; инновации в области управления².

Что касается инноваций в науке, то этот вопрос не исследовался, само понятие «инновация» для данной сферы человеческой деятельности является новым и требует разъяснения. Тем не менее, термин инновация широко применяется в различных областях как тех-

² Портал дистанционного консультирования малого предпринимательства. <http://www.dist-cons.ru/modules/innova/section1.html>.

нического, так и гуманитарного знания. Существуют попытки определения этого понятия в рамках системы знания под названием «инноватика». В этой области специализируются экономисты, социологи, инженеры, психологи, юристы и др. Внутри инноватики также имеются более или менее самостоятельные направления: это формирование новшеств, сопротивление нововведениям, распространение новшеств, адаптация к ним человека и др.

Сегодня понятие инновации тесно связывают с экономической средой, широкий подход к пониманию инноваций пока распространения не получил. В современных исследованиях, что выражено в большинстве определений инновации, изучение феномена инновации редко выходит за рамки технико-экономического контекста. Актуальность данных вопросов заключается в том, что современная наука – это наука, прежде всего, инновационная, качественно иная – наука, которая пережила смену поколений, поэтому большое внимание сегодня уделяется именно инновациям в науке. По мнению В. Г. Горохова, использование нового знания для последующего конструирования инноваций становится решающим фактором международной конкуренции.

Некоторые исследователи также полагают, что важной составляющей интеграционных подходов к исследованию инноваций должен стать методический инструментарий синергетики. Объясняется это тем, что объективная природа инноваций во многих отношениях является синергетичной. Прежде всего, речь идет о современных инновациях – не элементарных феноменах, а *сверхсложных* и преимущественно самоорганизующихся системах с разветвленной структурой внутренних и внешних взаимодействий не столько традиционных элементов, образующих определенную целостность, сколько согласующихся процессов, детерминирующих динамику системы. Так, по И. Пригожину, синергетика нацелена не на существующее, а на возникающее [2].

Внимание научного сообщества к этой проблеме велико, поэтому необходим философский анализ этого феномена, и прежде всего в научной реальности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новации и традиции в науке. СПб., 2004.
2. Котенко В. П. Основные концепции традиций и новаций в науке // Новации и традиции в науке / Под ред. В. П. Котенко. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. С. 28–35.
3. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982. С. 169.
4. Шульгина И. В. Инновации: от идеи до ее воплощения // Науковедение. 2002. № 1.
5. Кучко Е. Е. Инновационный процесс // Новейший философский словарь. Минск, 1999.
6. Абушенко В. Л. Инновация // Новейший философский словарь. Минск, 1999.
7. Водачек Л., Водачкова О. Стратегия управления инновациями на предприятия. М.: Экономика, 1989. С. 169.
8. Инновационный менеджмент: учебник для вузов / Под ред. С. Д. Ильенковой. М.: ЮНИТИ, 1997. 327 с.
9. Чулок А. И. Инновационные технологии в менеджменте: тезисы науч.-метод. конф. «Новое в преподавании экономических дисциплин». М.: Изд-во УРАО, 1998. С. 27–28.
10. Аньшин В. М. Инновационная стратегия фирмы: учеб. пособие. М.: РЭА им. Плеханова, 1995. С. 46.

S. N. Pocheboot

CONCEPTS OF NOVATIONS AND INNOVATIONS IN SCIENCE

Concepts of an innovation and innovation in science, the most known concepts of innovations in a science and their classification are considered. Approaches to concept of innovation in science are presented.

Novation, innovation, classification, science



УДК 94 (470.323).084.5

В. М. Кузьмина

РЕШЕНИЕ АГИТАЦИОННО-ПРОПАГАНДИСТСКИХ ЗАДАЧ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СРЕДСТВАМИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА В 1960–1980-Е ГОДЫ (НА ПРИМЕРЕ ТВОРЧЕСТВА ХУДОЖНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ)

Раскрываются особенности творчества художников провинциальной России в 1960–1980-е гг., чья деятельность была направлена на решение основных задач индустриальной модернизации страны, а именно: осуществление дальнейшей агитации и пропаганды индустриальных достижений, поддержание трудового энтузиазма народа.

Индустриальная модернизация, творчество художников Центрального Черноземья, агитация и пропаганда достижений индустриального развития страны

Развитие советской экономики в течение 1950-х гг. отличалось динамизмом, что, в свою очередь, обеспечивалось высокими темпами роста капитальных вложений и опережающим темпом ввода основных фондов. Тем самым были заложены основы для очередного этапа индустриальной модернизации в СССР. На Западе и в СССР разворачивается второй этап третьей научно-технической революции, получивший название «технологическая революция». Меняется технологическая основа производства в связи с широким внедрением компьютеров, с созданием гибких и ресурсосберегающих технологий, с превращением науки в непосредственную производительную силу.

Период завершающего этапа индустриальной модернизации однозначно охарактеризовать трудно – это время противоречий, «оттепель» ушла в прошлое, но интеллигенция всегда была мощной движущей силой во всех сферах социально-общественной жизни, поэтому можно назвать следующие задачи, стоящие перед художниками в 1960–1980-е гг.:

- 1) в лучших традициях, накопленных в предшествующие годы, объединять народ для решения основополагающих социально-экономических проблем;
- 2) продолжать пропагандировать значимость трудового и творческого энтузиазма населения;
- 3) не противопоставлять городской и сельский уклады жизни, а показывать всеми средствами необходимость их совместного существования;

4) показывать значимость научных достижений для решения насущных промышленных задач.

Решение этих задач можно проследить в деятельности художников Центрального Черноземья, которая сопоставима с деятельностью поэтов и писателей. Члены тамбовской, воронежской, курской организаций художников держали крепкую связь с тружениками города и села, выезжали работать в творческие командировки на промышленные предприятия, новостройки, в колхозы и совхозы областей. Весной каждого года в городах Центрального Черноземья художники устраивали Недели изобразительного искусства (аналогично Неделям поэзии), а также персональные выставки.

Так, в Тамбове художественная жизнь в этот период носила оживленный и стабильный характер, был востребован творческий потенциал людей. Существовал клуб творческих работников, где периодически проводились встречи художников, писателей, артистов с населением в целях просвещения о современных направлениях их работы Тамбовские художники принимали активное участие во всероссийских, всесоюзных и зарубежных выставках.

А. П. Краснов создал новые тематические картины, продолжающие рассказ о жизни русской деревни конца 1920-х – начала 1930-х гг. в эпоху коллективизации: «Портрет А. П. Алексеева – свинаря колхоза “Коминтерн”») (1960, ТОКГ); «На страже» (1967, ТОКГ); «Хлеб нашли» (1977, ТОКГ) и «Первая весна» (1980, ТОКГ) [1, с. 15, 37]. Художник открывает перед зрителем противоречивые события первых десятилетий XX в., свидетелем которых он был в детские годы. А. П. Краснов принимал участие в 31 областной, 7 зональных, 14 республиканских, 7 всесоюзных художественных выставках. Произведения художника экспонировались на зарубежных выставках в Венгрии, Польше, Германии.

Ведущее место в творчестве Е. В. Рябинского принадлежит произведениям о современном колхозном селе – «Районный автобус» (1964); «Сельские будни» (1969); «Фольклорная группа Черняновского хора» (1972). Художник подолгу живет и работает в деревне, хорошо знает ее быт. Многие его работы посвящены сельской молодежи. Образ человека неотделим у художника от окружающего мира природы [2, с. 34].

А. А. Харитонов свободно работает в разных жанрах: портрет, пейзаж, натюрморт, тематические картины. Сельская тема интересно раскрывается А. А. Харитоновым в большом живописном полотне «Новый дом» (1984). Художник поэтически светло ведет образный рассказ о рождении новой сельской семьи, живописцу удалось создать в работе атмосферу наполненного теплом летнего утра.

И. Ф. Лимантова приняла участие в зональной выставке 1984 г. «Край черноземный» с жанровой работой «Хлеб привезли». Впоследствии картина неоднократно экспонировалась, в том числе и на зарубежных выставках. Художница создает необычайно цельное и гармоничное произведение как в тональном, так и в пластически-образном решении.

Характерное явление середины 1970-х – начала 1980-х гг. – создание портретов тружеников села, служащих и рабочих города. Например, Е. В. Рябинский пишет серию портретов на данную тему: «Депутат райсовета доярка Н. Загуменова» (1973, ТОКГ); «Председатель сельсовета В. Рак» (1975, ТОКГ); Е. В. Соловьев также пишет серию портретов: «Аппаратчица С. Николаева» (1972); «Портрет эксперта-криминалиста Г. Лунина» (1977). В «Портрете строителя» (1979, ТОКГ), написанном В. М. Семеновым, заметна уверенная

манера, фактурное наложение мазков. Показан характер портретируемого за счет выразительного спокойного взгляда. Е. В. Соловьев написал ряд композиционных портретов, изображающих как конкретных людей – тружеников села, рабочих, служащих Тамбовского химического комбината – «Парторг цеха Е. П. Тимашев» (1980); «Технолог А. Н. Смирнов» (1981), так и создающих собирательные образы [3, с. 12–15]. Людям тамбовского села посвящает свои работы художник О. А. Гуцин (род. 1945). Это серия офортов «Девушки совхоза “Россия”» (1978); «Народные умельцы Тамбовщины» (1982–1984).

1960-е гг. для Союза орловских художников связаны с притоком новых квалифицированных художников из Москвы, Ленинграда, Харькова, приехавших для преподавания на художественно-графическом факультете пединститута [4, с. 8]. Уровень орловских художников стал достаточно высоким, и они достойно представили свои работы на Первой зональной выставке «Край Черноземный» в 1964 г. в Воронеже среди художников Брянской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Тульской областей. Такие выставки также проходили в 1967, 1969, 1974, 1980, 1984 гг. Их особенностью было то, что тема напряженных трудовых будней доминировала почти во всех представленных произведениях. Гигантские стройки, экономический прогресс в промышленности и успехи в сельском хозяйстве, энтузиазм советских граждан поражали художников. Главным героем экспозиций стал человек труда с его стремлением к преобразованию окружающей действительности.

У орловских художников родилась идея охватить в своих работах весь масштаб промышленных строек нашей страны, но по одиночке сделать это художникам было не под силу, и они стали выезжать творческими группами на крупнейшие предприятия Поволжья, Сибири, Урала, Крайнего Севера и т. д. Особым вниманием живописцев пользовались крупнейшие в России и Европе Орловский сталепрокатный завод, Курский горно-обогатительный комбинат, Липецкий металлургический завод и др. Выездные группы художников работали в Брянске, Воронеже, Курске, например, на Михайловском руднике КМА (группа художников под руководством А. И. Курнакова, засл. художника РСФСР). Литейщики и стеклодувы, асфальтоукладчики и машинисты, кузнецы и строители, нефтяники и сварщики строят промышленное будущее страны – то здесь, то там льется расплавленная сталь и дымят локомотивы, стрекочут ткацкие станки и грохочут вагонетки в шахтах.

Эпоха наложила отпечаток на произведения художников: изображения приобретают фотографическую точность, рабочие из самостоятельных персонажей превращаются в винтики производства. Этим отличаются, например, работы орловского художника В. В. Анисимова, его триптих «Курская магнитная аномалия» (1974), где он объединил людей, разных по характеру, совместной созидательной деятельностью, т. е. в них еще сохраняется внутренняя коллективность, дух общности. Художнику удалось создать образ строителей Курской Магнитки, примечательный своей типичностью, и достичь впечатления слаженности трудового ритма гигантской металлургической базы [5, с. 4].

Жанровые композиции И. Г. Степанова «Весенние хлопоты», «Среди полей»; графические работы Н. А. Бородина, например, «Болгарский строитель Велко Тодоров»; Г. Д. Калмахеидзе «На земле железной»; Л. М. Бугая «Работницы Михайловского горно-обогатительного комбината» изображали заботы тружеников города и деревни.

Серия портретов тружеников индустрии А. И. Курнакова позволяет увидеть восторженное отношение художника к людям труда, поэтому не случайно данная серия названа «Строители коммунизма». В нее вошли «Портрет В. С. Помогаева» из триптиха «Железо-

бетонщики» (1971); «Машинист Г. М. Бабакин и директор горно-обогатительной фабрики М. В. Косик» (1974); «Портрет Героя Социалистического Труда В. Я. Прибыльнова» (1973); «Портрет Героя Социалистического Труда Ф. С. Кимайкина» (1973). Поэтической лирикой и восторженным отношением к людям труда насыщены пейзажи «МГОК строится», «Утро на руднике», «Ночные огни» В. А. Дудченко.

Но с началом перестройки цели и задачи, стоящие перед художниками, стали меняться, так как начался процесс осуществления позднеиндустриальной модернизации советского общества, который теснейшим образом связан с деятельностью творческой интеллигенции, игравшей огромную роль в духовной подготовке перемен. Именно культура стала идеологическим стержнем модернизации общества. Вновь популярным жанром, как то всегда бывало в критические моменты истории, становится плакат. Из привычного для советского времени средства пропаганды плакат превратился в орудие разоблачения социальных пороков и критики экономических трудностей. Почвой для размышлений о начавшихся переменах в общественном сознании станет Областная молодежная выставка 1988 г., прошедшая в залах Тамбовской областной картинной галереи, на которой 47 авторами было представлено более 200 произведений. Перемены были слабы, робки. Они проявились в подходе к отбору произведений для выставки. Это было сделано не выставкомом, а членами молодежного объединения. Демократизм оказался одним из важных принципов выставки – в экспозицию были включены не только работы авторов, получивших специальное образование, но и тех, кто не имел «школы». Гладко все, конечно, не прошло, проверяющие чиновники нашли и к чему придраться, и что убрать из экспозиции. Но цифра 47 говорила о том, что Тамбовская организация Союза художников РСФСР располагала значительным творческим потенциалом. Однако после 1988 г. подобные выставки не проводились.

В среде провинциальных художников начинает развиваться альтернативное искусство. И хотя в московских и ленинградских кругах художников альтернативное искусство возникло раньше, тем не менее, своеобразие провинциальной ситуации проявляется во многом. Это, в том числе, и иные хронологические рамки существования независимой художественной среды – преимущественно она возникает здесь не раньше 1960-х гг. Нет необходимости доказывать, что условия, провоцировавшие возникновение альтернативного творческого поиска, были более полно представлены в культуре столицы. Провинциальный андеграунд был и количественно меньшим явлением. В данном случае речь идет об отдельных, самых значительных очагах неофициальной художественной культуры в провинции. Рождение «модернистски» ориентированного искусства в провинции скорее было следствием необратимого к тому времени процесса распространения «вируса модернизма» дальше: от центра советского государства на его периферию. Общая ситуация недостаточной информированности усугублялась в провинции. Произведения провинциальных художников были присущи многие из тех черт и качеств, которыми характеризуется искусство бывшего андеграунда в целом. И рядом со «слабыми» в художественном отношении работами здесь появлялись по-настоящему интересные вещи. В провинции можно видеть и наличие собственных условий, в разной мере стимулировавших развитие творческого поиска.

Постепенно актуализируется тематика, связанная с религией, – в пейзажи возвращаются стройные силуэты церквей. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. к этому жанру обращаются Б. М. Олшанский и В. В. Сизов. Тема духовности занимает одно из центральных мест

в работах Б. М. Ольшанского, но если другой тамбовский художник В. В. Сизов обращается к современному состоянию духовности общества, то Б. М. Ольшанский тяготеет к корням, к истокам – к древнеславянской истории, теме столь редкой в творчестве не только тамбовских художников. Созвучны живописцу и исторические события России XVII–XVIII вв. Вторая сюжетная линия в произведениях художника связана с таинственной недосказанностью Востока, с его пряными ароматами и коварными улыбками сладкоголосых гурий.

Бытовой жанр находит отклик в картинах А. В. Арбузова. Красной нитью в его творчестве проходит военная тематика, близкая сердцу человека, прошедшего войну. Картина «Мать» (1987) – прообраз героини списан художником со своей матери, потерявшей в войну двух сыновей. Деревенская изба, зритель не видит солдат, но их присутствие художник обозначает через задумчивый взгляд сидящей у окна пожилой женщины, направленный на шинель и стоящие у лавки автоматы. Возможно, заботясь о солдатах, зашедших на постой, она вспоминает о своих сыновьях. Приглушенный колорит характерен и для других произведений живописца.

В 1986 г. Ю. П. Новиков пишет картину «Призывники», косвенно затрагивающую сложную, болезненную для государства ситуацию с нахождением советских войск в Афганистане, поэтому картина вызвала споры при принятии решения о ее показе на выставках. Автор раскрывает происходящее не напрямую, а через сложное психологическое состояние персонажей. Нет пафоса и парадности ситуации, тема размышления, раздумий о судьбе молодых ребят: куда они попадут, как все сложится? Общее состояние задумчивости отражено на лицах призывников в белых рубашках, в глазах седых ветеранов; строг, сосредоточен и как-то немного растерян офицер, сопровождающий новобранцев.

Образы, будничная жизнь и праздники российской деревни нашли яркое и разнообразное отражение в полотнах тамбовских живописцев. Тематические картины от исторических отличает ряд моментов. В Тамбове тематические размышления отображены в творческих поисках ряда живописцев: Б. М. Ольшанского, О. А. Гуцина, Ю. И. Киселева, А. Л. Бубенцова, О. В. Красковой, В. И. Колесникова. Анализ произведений позволяет говорить о том, что в период перестройки провинциальные художники, отойдя от соцреализма и начав работать в новых течениях, не смогли отразить тот общественный накал, ту изменяющуюся Россию, в которой они жили. Они пошли по пути сохранения традиционных тем в творчестве, связанных с изображением природы, деревни, людей.

В целом, задачи, поставленные партией и государством перед художниками в 1960–1980-е гг., были выполнены: интеллигенция, как в центральных городах России, так и в провинции, продолжала активно участвовать в консолидации различных классов с помощью средств изобразительного искусства, где наряду с рассмотрением достижений индустриального общества в работах шел показ сложных психологических перипетий человеческой души, а художники стремились акцентировать внимание простого зрителя, читателя не на форме творчества в рамках соцреализма, а на сложности жизненного восприятия человека в этот период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамбовские художники в собрании Тамбовской областной картинной галереи / Сост. С. А. Чеботарев. Тамбов: Изд-во ТГКГ, 2007.
2. Богословская О. Мир щедрой красочности (О творчестве тамбовского художника Е. Рябинского). М.: Изд-во Тамб. гос. института, 1984.

3. Художники земли Тамбовской: выставка произведений тамбовских художников. Тамбов, 2007.
4. Круглый И. А. 25 лет Орловского отделения Союза художников РСФСР (1939–1964 гг.). Орел: Орл. книжное изд-во, 1965.
5. Рымшина Т. Вступительная статья // Валентин Анисимов. Живопись. Графика. Монументальная живопись. Орел: Изд-во ОрГУ, 2001.

V. M. Kuzmina

SOLUTION OF THE AGITATION AND PROPAGANDA PROBLEMS OF INDUSTRIAL MODERNIZATION BY THE MEANS OF DEPICTIVE SKILL IN 1960–1980 YEARS (BASED ON THE EXAMPLE OF THE CREATION OF THE ARTISTS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION) ANNOTATION.

Reveals the special feature of the creation of the artists of provincial Russia in 1960–1980 years, whose activity was directed toward the solution of the basic problems of the industrial modernization of the country, namely: to achieve further agitation and propaganda of industrial achievements, to support the working enthusiasm of people.

Industrial modernization, the creation of the artists of the central Chernozem Region, agitation and the propaganda of the achievements of the industrial development of the country

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.

Баруздин Сергей Анатольевич

Доцент, профессор кафедры теоретических основ радиотехники СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-64-19. E-mail: bkedr@rambler.ru.

Быков Владимир Владиславович

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 928-87-07. E-mail: saprfkti@mail.ru.

Ваганов Михаил Александрович

Доцент кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-23-90. E-mail: MAVaganov@mail.eltech.ru.

Воронцов Алексей Геннадиевич

Ведущий инженер отдела электропривода в ОАО «Силовые машины».

Тел.: +7(921) 782-21-23. E-mail: ag.voroncov@gmail.com.

Гамарц Андрей Емельянович

Старший научный сотрудник ЗАО «Метео», канд. физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 346-12-80. E-mail: gamarts@mail.ru.

Геращенко Михаил Дмитриевич

Инженер ООО «Лазерный Центр»; заочный аспирант кафедры квантовых электронных приборов СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 748-57-85. E-mail: gmd@newlaser.ru.

Гоголев Геннадий Александрович

Заместитель главного конструктора отдела электропривода в ОАО «Силовые машины»

Тел.: +7(911) 234-24-05. E-mail: Gogolev_GA@els.power-m.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.

Кондратьева Татьяна Александровна

Инженер ЗАО «Научное и технологическое оборудование».

Тел.: +7(961) 802-99-78. E-mail: Kondratyeva_taty@mail.ru.

Корнилов Николай Александрович

Аспирант кафедры физической электроники и технологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 257-71-28. E-mail: Koliak23@yandex.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.

Крупальник Константин Маркович

Аспирант кафедры физической электроники и технологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 371-45-46. E-mail: k.spektr@gmail.com

Кузьмина Виолетта Михайловна

Доцент кафедры психологии и педагогики Курского института социального образования (филиал Российского государственного социального университета), канд. ист. наук,
канд. психол. наук.

Тел.: +7(951) 088-84-42. E-mail: kuzmina-violetta@yandex.ru.

Кузнецов Владимир Евгеньевич

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: vekuznetsov56@mail.ru.

Лавров Андрей Александрович

Магистр техники и технологии кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 892-54-11. E-mail: @lavrov.vn.

Лозовой Леонид Николаевич

Старший преподаватель кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7(911) 916-67-91.

Лямкин Александр Анатольевич

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7(911) 296-11-65. E-mail: alex-ljamkin@yandex.ru.

Макаров Никита Вячеславович

Студент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, группа 5492.

Тел.: +7(905) 260-92-42. E-mail: nike_m@list.ru.

Мараева Евгения Владимировна

Аспирант кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ.

Тел.: +7(952) 212-50-52. E-mail: jenvmar@mail.ru.

Марченков Роман Юрьевич

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 926-93-23. E-mail: rmic@bk.ru.

Минав Татьяна Александровна

Исследователь в лаборатории электрического привода Лаппеевского технического университета.

Тел.: +3(5840) 837-22-49. E-mail: Tatiana.Minav@lut.fi.

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.

Молдовян Николай Андреевич

Профессор кафедры автоматизированных системах обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-28-27. Email: nmold@mail.ru..

Мошников Вячеслав Алексеевич

Профессор кафедры микроэлектроники, д-р физ.-мат. наук.

Тел.: (812) 234-30-16. E-mail: vamoshnikov@mail.ru.

Нахди Тарек

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 377-61-33. E-mail: nahditarek@mail.ru.

Никитин Александр Владимирович

Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

E-mail: avnike@gmail.com.

Пантюхов Дмитрий Сергеевич

Бакалавр техники и технологии, магистрант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7(921) 340-76-12. E-mail: DSPantuhov@yandex.ru.

Парфенов Вадим Александрович

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

Тел.: (812) 234-08-14. E-mail: vadim_parfenov@mail.ru

Подорова-Аникина Оксана Николаевна

Аспирант кафедры социологии и политологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7(904) 273-26-98. E-mail: your_news@mail.ru.

Полукаров Иван Владимирович

Инженер Санкт-Петербургского метрополитена.

Тел.: +7(904) 647-06-50. E-mail: vanes-ut@yandex.ru.

Почебут Станислав Николаевич

Ассистент кафедры философии СПбГЭТУ.

Тел.: +7(905) 281-98-00. E-mail: sniper2711@yandex.ru.

Пронин Михаил Васильевич

Профессор кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук. Начальник бюро отдела электропривода в ОАО «Силовые машины».

Тел.: +7(921) 305-67-83. E-mail: mpronin1@rambler.ru.

Сафьянников Николай Михайлович

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

Тел.: (812) 234-91-33. E-mail: safyannikov@sysan.sp.ru.

Сухов Дмитрий Константинович

Аспирант Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук.

Тел.: (812) 234-28-27. E-mail: dimonfsb@gmail.com.

Фаррохбахт Фумани Мехди

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7(950) 014-68-99. E-mail: m79f@mail.ru.

Филатов Андрей Юрьевич

Аспирант ЦНИТ СПбГЭТУ, магистр техники и технологий

Тел.: (812) 346-44-90, +7(921) 319-74-13. E-mail: AYFilatov@mail.eltech.ru.

Филатов Денис Михайлович

Ассистент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, аспирант.

Тел.: +7(921) 998-89-09. E-mail: DenF2412@list.ru.

Хо Нгок Зуй

Аспирант кафедры автоматизированных системах обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7(952) 369-67-89. E-mail: aimezthngocduy207@yahoo.com.

Чарнецкий Александр Давидович

Президент ЗАО ТД «ТУРМАЛИН», д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 235-43-23. E-mail: VVAlekseev@mail.eltech.ru.

Чеснокова Джульетта Борисовна

Доцент кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-30-16. E-mail: dbchesnokova@mail.ru.

Якупов Олег Эльдусович

Ассистент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: elckooo@gmail.com.

Яновский Владислав Васильевич

Доцент кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-26-82. E-mail: vvyanovskiy@mail.ru.

Ян Чжан

Аспирант кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: y.zh@mail.ru.

Правила представления рукописей авторами

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

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи (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