Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

Ежемесячный журнал

3'2012

Содержание

Редакционный совет:

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

* * *

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

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Барченко В. Т., Крупович Н. В, Удовиченко С. Ю. Влияние потока кластеров металла на условие горения магнетронного разряда *3*

Бессонов В. Б., Баранов И. М., Потрахов Е. Н., Жамова К. К., Грязнов А. Ю. Программа для моделирования спектров излучения рентгеновских трубок *8*

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Падерно П. И., Смирнов А. В. Оценка безошибочности выполнения алгоритма дискретной деятельности при различных видах ошибок *13*

Клионский Д. М. Анализ и обработка измерительной информации на основе мультимасштабных и спектральных методов высокого разрешения *18*

Хо Нгок Зуй, Советов Б. Я., Молдовян Н. А. Общая схема цифровой мультиподписи *23*

Абдулкадер Бассам Ахмед, Лячек Ю. Т. Выявление видов деталей при автоматическом формировании параметрических моделей электронных описаний чертежей *27*

Миронов С. Э., Сафьянников Н. М., Фролкин А. К. Структурно-топологическая оптимизация регулярных макроблоков СБИС путем топологического совмещения их разреженных зон *32*

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Второв В. Б., Карев А. В. Об одном подходе к синтезу робастных систем в частотной области *40*

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Белов М. П. Подход к моделированию электромеханических комплексов *45*

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Шевелько М. М., Перегудов А. Н., Поженская А. А., Лутовинов А. И. Разделение мод колебаний при отражении и преломлении упругих волн в ультразвуковых сенсорах движения *53*

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ

Семченков А. А., Калиниченко А. Н. Моделирование работы метода электроимпедансной диагностики рака молочной железы *60*

Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ" 3'2012

Ежемесячный журнал

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Николаева М. В. Теоретическая модель исследования международного межфирменного сотрудничества *65*

Кадиев И. Г. Методика моделирования инвестиционно-инновационной деятельности в хозяйственном комплексе в условиях стохастической динамики внешних и внутренних факторов *72*

Лопатин Н. А. Теория рефлексивных игр и финансовые рынки *76*

Степанов С. А., Азарьева В. В., Ященко В. В. Методические подходы к мониторингу систем качества в технических вузах *82*

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Кудрявцева М. Е. Аудитория СМИ как субъект коммуникационной свободы (гуманитарный подход) *88*

Горячев А. А. К вопросу о манипулятивности рекламной коммуникации *95*

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

Золотинкина Л. И. Музейный комплекс СПбГЭТУ «ЛЭТИ» *102*

Сведения об авторах *110*

Правила представления рукописей авторами *114*

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, А. И. Рыбца, М. В. Егоровой, А. А. Веселова

Подписано в печать 13.03.12.
Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура "Times New Roman".
Печ. л. 14,5.
Тираж 300 экз. (1-й завод 1–120 экз.)
Заказ 13.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

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

УДК 621.38, 621.793, 533.9

В. Т. Барченко, Н. В. Крупович, С. Ю. Удовиченко

ВЛИЯНИЕ ПОТОКА КЛАСТЕРОВ МЕТАЛЛА НА УСЛОВИЕ ГОРЕНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА

Найдены условия самоподдержания магнетронного разряда при высоком давлении газа, учитывающие протекание потоков заряженных кластеров металла в разрядном промежутке. Определено значение давления буферного газа, при котором из магнетрона отбирается максимальный ток отрицательно заряженных кластеров металла, равный разрядному току ионов газа.

Магнетронный разряд, кластеры, поток кластеров, нанотехнологии

Магнетронный разряд широко используется для изготовления тонких пленок, в том числе для микроэлектроники, а также для получения новых материалов. В результате бомбардировки катода положительными ионами разряда наряду с эмиссией вторичных электронов образуются быстрые атомы металла. С ростом давления буферного газа увеличивается время жизни магнетронной плазмы. Большое время жизни атомов металла приводит к объединению их в кластеры, и в ряде случаев распыленный катодный материал удобнее использовать в виде нанокластеров, чем в виде отдельных атомов [1]. Производство тонких пленок является важным применением кластерных пучков. Наноструктуры, образующиеся при напылении кластеров на материал, обладают специфическими свойствами, имеющими принципиальное значение для современной нанотехнологии [2], [3].

Особое место занимают источники пучков кластерных ионов, в которых можно управлять энергией заряженных кластеров.

Процессы нуклеации требуют высокой плотности атомов металла, что выполняется при не очень малых токах разряда. Для повышения эффективности нуклеации необходимо максимально поднять давление буферного газа. Характерное давление газа в современных магнетронных установках – источниках нанокластеров имеет значение порядка 10^{-1} Торр.

В результате процессов, протекающих в магнетронной плазме с участием атомов металла, образуются потоки как нейтральных, так и заряженных кластеров. Цель настоящей статьи заключается в исследовании процессов переноса заряженных частиц в многокомпонентной плазме со сложным зарядовым составом и уточнении условий горения тлеющего разряда с осцилляцией электронов в магнитном поле, найденных в работе [4].

Процессы переноса в кластерной плазме. Исследуем кластерный режим магнетронного разряда в вакуумной камере, описанной в [1]. Для упрощения физической модели вместо диода с катодом в виде диска и арочным магнитным полем рассмотрим диод с анодом в плоскости $x = 0$, катодом в плоскости $x = d$ и однородным магнитным полем, направленным строго вдоль этих плоскостей [4]. Условия таковы, что электроны в аргоновой плазме замагничены, а ионы нет.

Образование и рост металлических кластеров начинаются с образования свободных атомов металла и прилипания их друг к другу. Плотность кластеров на больших расстояниях от катода дается формулой [1]

$$N_{\mathrm{cl}} = \frac{K n_g N^2 \lambda}{2u},$$

где K – константа скорости трехчастичного процесса образования двухатомной молекулы металла; n_g – плотность атомов буферного газа; $N \approx j(1/\tau_{\mathrm{cl}} + 1/\tau_{\mathrm{cat}}) / \lambda$ – плотность свободных атомов вблизи катода (j – поток атомов металла с катода; τ_{cl} – характерное время прилипания атома к кластеру; τ_{cat} – характерное время движения атома к катоду); $\lambda = 1 / N_g \sigma^*$ – длина свободного пробега (σ^* – транспортное сечение столкновения атома металла с атомом буферного газа); u – скорость потока аргона.

Кластеры движутся в потоке слабоионизованного буферного газа и заряжаются в результате прилипания электронов и ионов аргона. Константы скорости прилипания электронов k_{e} и ионов k_{i} к поверхности нейтрального кластера даются следующими выражениями:

$$k_{\mathrm{e}} = \sqrt{\frac{8T_{\mathrm{e}}}{\pi m_{\mathrm{e}}}}\pi r_0^2; \quad k_{\mathrm{i}} = \sqrt{\frac{8T_{\mathrm{i}}}{\pi m_{\mathrm{i}}}}\pi r_0^2,$$

где T_{e}, m_{e} и T_{i}, m_{i} – температура, масса электронов и ионов аргона соответственно; $r_0 = r_{\mathrm{w}} n^{1/3}$ – радиус кластера (r_{w} – радиус Вигнера–Зейтца макроскопического металла; $n = 0.31(k_0 / K n_g)^{3/4}$ – размер кластера (число атомов в кластере), где $k_0 = (8T/\pi m)^{1/2} \pi r_{\mathrm{w}}^2$ – константа скорости прилипания атома к поверхности кластера, T и m – температура и масса атома металла).

Характерные времена прилипания электрона τ_{e} и иона τ_{i} к нейтральному кластеру определяются следующими выражениями:

$$\tau_{\mathrm{e}} = \frac{1}{k_{\mathrm{e}} n_{\mathrm{e}}}; \quad \tau_{\mathrm{i}} = \frac{1}{k_{\mathrm{i}} n_{\mathrm{i}}}, \tag{1}$$

где n_{e} и n_{i} – плотность медленных электронов и ионов в аргоновой плазме.

Одномерные уравнения непрерывности для электронов, ионов газа, кластерных ионов и нейтральных кластеров с учетом (1) принимают вид

$$\frac{d}{dx}(n_{\mathrm{e}} \nu_{\mathrm{e}}) = -\nu_{\mathrm{i}} n_f + k_{\mathrm{e}} n_{\mathrm{e}}^2; \tag{2}$$

$$\frac{d}{dx}(n_{\mathrm{i}} \nu_{\mathrm{i}}) = \nu_{\mathrm{i}} n_f - k_{\mathrm{i}} n_{\mathrm{i}}^2; \tag{3}$$

$$\frac{d}{dx}(N_+V_+) = k_\mathrm{i} n_\mathrm{i} N_0 - k_\mathrm{e}\left(1+\frac{e^2}{r_0 T_\mathrm{e}}\right) n_\mathrm{e} N_+ ; \tag{4}$$

$$\frac{d}{dx}(N_-V_-) = -k_\mathrm{e} n_\mathrm{e} N_0 + k_\mathrm{i}\left(1+\frac{e^2}{r_0 T_\mathrm{i}}\right) n_\mathrm{i} N_- ; \tag{5}$$

$$\frac{d}{dx}(N_0 u) = k_\mathrm{e} n_\mathrm{e} N_0 + k_\mathrm{i} n_\mathrm{i} N_0 - k_\mathrm{i}\left(1+\frac{e^2}{r_0 T_\mathrm{i}}\right) n_\mathrm{i} N_- - k_\mathrm{e}\left(1+\frac{e^2}{r_0 T_\mathrm{e}}\right) n_\mathrm{e} N_+ . \tag{6}$$

Здесь ν_i – частота ионизации электронами атомов газа; n_f – плотность быстрых электронов, эмитируемых с катода; N_0 – плотность нейтральных кластеров, движущихся со скоростью буферного газа u; N_- , V_- и N_+ , V_+ – плотность и направленная скорость отрицательных и положительных кластерных ионов соответственно; $e^2/(r_0 T_\mathrm{e})$и $e^2/(r_0 T_\mathrm{i})$ – факторы, учитывающие кулоновское взаимодействие сталкивающихся частиц. В приведенной системе уравнений знаки выбраны в соответствии с положительным направлением оси координат x от анода к катоду. Для простоты в уравнениях (4) и (5) ограничимся только однократно заряженными кластерными ионами.

Магнетронная плазма из-за амбиполярного движения заряженных частиц имеет небольшой положительный потенциал относительно камеры, и в квазинейтральном режиме выполняется условие $n_\mathrm{e} + N_- \approx n_\mathrm{i} + N_+$. Экспериментальное исследование магнетронной плазмы с титановым катодом было проведено в [5], где мощность разряда 30 Вт, давление аргона $5.3 \cdot 10^{-3}$ Торр, что соответствует плотности атомов аргона $n_g = 1.7 \cdot 10^{14}$ см$^{-3}$, при температуре 300 К. В этих условиях температура и плотность электронов, соответственно, $T_\mathrm{e} = 2$ эВ и $n_\mathrm{e} = 3 \cdot 10^9$ см$^{-3}$; поток ионов на стенки $j_\mathrm{i} = 2 \cdot 10^{17}$ см$^{-2}$/с, что соответствует плотности ионов $n_\mathrm{i} = 9 \cdot 10^{11}$ см$^{-3}$ при бомовской скорости на границе квазинейтральной плазмы (скорости ионного звука) $v_\mathrm{b} \approx (T_\mathrm{e}/m_\mathrm{i})^{1/2} = 2.2 \cdot 10^5$ см/с; $T_\mathrm{i} = 300$ К; средний размер кластера $n = 2 \cdot 10^4$, $r_0 = 4.5$ нм, $k_\mathrm{e} = 6 \cdot 10^{-5}$ см^3/с, $k_\mathrm{i} = 4.5 \cdot 10^{-8}$ см^3/с.

Такая магнетронная плазма ($n_\mathrm{i} >> n_\mathrm{e}$) не может быть униполярной, в этом случае она должна иметь высокий потенциал. Измеренный перепад потенциала между стенкой и плазмой составляет всего 0.7 эВ. Следовательно, можно предположить, что избыток отрицательного заряда взят на себя кластерами. Заряженные кластеры ускоряются амбиполярным электрическим полем и электрическим полем, обусловленным протеканием тока через плазму. Это обстоятельство приводит к изменению условий горения магнетронного разряда.

Найдем условие, при котором плотность отрицательно заряженных кластеров максимальна ($N_- \approx n_\mathrm{i} >> N_+$) и ток этих кластеров сравнивается с разрядным током ионов аргона на катод. Такая оптимизация позволяет получить максимальный ток из плазменного источника кластерных ионов, в котором можно управлять энергией заряженных кластеров.

Если пренебречь потоками кластеров в левых частях уравнений (4)–(6), то для отношения равновесных плотностей положительно и отрицательно заряженных кластеров имеем:

$$\frac{N_+}{N_-} = \frac{1+e^2/(r_0 T_\mathrm{i})}{1+e^2/(r_0 T_\mathrm{e})}\left(\frac{k_\mathrm{i} n_\mathrm{i}}{k_\mathrm{e} n_\mathrm{e}}\right)^2 \approx 0.8. \tag{7}$$

С ростом давления газа и мощности разряда в соответствии с соотношением (7) отношение равновесных плотностей положительно и отрицательно заряженных кластеров уменьшается. Так, в работе [6], при мощности разряда 110 Вт (220 В; 0.5 А) и плотности газа n_g = = $4 \cdot 10^{15}$ см$^{-3}$ (давлении $7.5 \cdot 10^{-2}$ Торр) достигается поток ионов на катод $j_i = 1.3 \cdot 10^{17}$ см^2/с, чему соответствует плотность ионов аргона в квазинейтральной плазме $n_i = 6 \cdot 10^{11}$ см$^{-3}$.

Плотность электронов ($n_e << n_i$) определим из (2), положив поток электронов равным нулю:

$$n_e \approx (\sigma_{tr} n_g \gamma j_i / k_e)^{1/2} = 2.6 \cdot 10^{10}\ \text{см}^{-3}, \tag{8}$$

где $\sigma_{tr} = 2\sigma_i$ – транспортное сечение ($\sigma_i = 2 \cdot 10^{-16}$ см^2 – сечение ионизации быстрым электроном атома аргона); $\gamma = 0.2$ – коэффициент электронной эмиссии с титанового катода. В этом случае отношение $N_+ / N_- \approx 3.2 \cdot 10^{-3}$, т. е. ток отрицательно заряженных кластеров на анод максимален и равен разрядному току ионов аргона на катод. Следовательно, оптимальным условием для извлечения потока кластеров из магнетронного источника является давление газа $p \approx 10^{-2} \ldots 10^{-1}$ Торр.

Условия самоподдержания разряда. Условия горения тлеющего разряда с осцилляцией электронов в магнитном поле получены в работе [4] в результате интегрирования уравнения, аналогичного (3). В процессе создания кластеров часть ионов газа гибнет, что и учитывает нелинейный член в (3). Для того чтобы найти изменения в условиях горения разряда, необходимо определить стационарную плотность ионов аргона.

Направленную скорость этих ионов можно представить в виде суммы амбиполярной скорости и токовой скорости, обусловленной внешним электрическим полем E_0 при протекании тока:

$$v_i = -D_i \frac{dn_i}{n_i dx} - b_i E_0,$$

где $d(n_i b_i E_0)/dx = 0$; b_i и $D_i = 2T_i/(m_i \nu_{i0})$ – коэффициенты подвижности и диффузии незамагниченных ионов (ν_{i0} – эффективная частота упругих столкновений с атомами газа).

Плотность ионов n_i удовлетворяет уравнению одномерной диффузии:

$$D_i \frac{d^2 n_i}{dx^2} = -\nu_i n_f + k_i n_i^2, \tag{9}$$

которое следует из (3) и (8). Протекание тока через квазинейтральную плазму связанно с электрическим полем, создаваемым внешними источниками, и не приводит к изменению плотности частиц в плазме, поскольку дивергенция от этого тока равна нулю.

Уравнение (9) можно приближенно решить тем же способом, как и в работе [7] при наличии нелинейного рекомбинационного члена αn_i^2, где $\alpha \approx 10^{-8}$ см^3/с – коэффициент рекомбинации иона с электроном. Отметим, что $\alpha < k_i$, поэтому рекомбинационные процессы в плазме начинают играть заметную роль при больших давлениях газа, чем процессы образования кластеров.

Нелинейный член в (9) представим в виде $k_i\, n_0\, n_i$, где n_0 – постоянная величина, определяемая из уравнения

$$-\nu_i n_f + k_i n_0^2 = 0\,.$$

Полагая $\nu_i n_f$ = const, получим из (9) выражение для плотности ионов

$$n_i(x) = \frac{j_{ic}}{v_b}\frac{\mathrm{ch}\,(x/\lambda_i)}{\mathrm{ch}\,(d/\lambda_i)} + \left(\frac{\nu_i n_f}{k_i}\right)^{1/2}\left(1-\frac{\mathrm{ch}\,(x/\lambda_i)}{\mathrm{ch}\,(d/\lambda_i)}\right), \qquad (10)$$

где j_{ic} – поток ионов на катод; $v_b = (T_e/m_i)^{1/2}$ – бомовская скорость, с которой ионы покидают плазму; $\lambda_i = D_i^{1/2} / (k_i\nu_i n_f)^{1/4}$ – характерная диффузионная длина. Плотность ионов (10) удовлетворяет граничному условию на катоде $n_i(d) = j_{ic} / v_b$ и на аноде $(dn_i / dx)_{x=0} = 0$ в предположении $E_0(0) \approx 0$. Из уравнения (3) следует выражение для потока ионов на катод:

$$j_{ic} = \int_0^d [\nu_i n_f(x) - k_i n_0 n_i(x)]dx\,, \qquad (11)$$

где $n_f(x) = n_{f0}\,\mathrm{sh}\,(x/\lambda_f)$ – распределение плотности эмитированных с катода быстрых электронов, найденное в работе [4] ($n_{f0} = \gamma j_{ic}\lambda_f / D_f\,\mathrm{ch}\,(d/\lambda_f)$, где γ – коэффициент электронной эмиссии с катода; $D_f = eU\nu_{f0} /(3m_e\omega^2)$ и $\lambda_f = (D_f\,\tau_f)^{1/2}$ – коэффициент диффузии и диффузионная длина быстрых частиц; ν_{f0}, ω и $\tau_f = eU /(\nu_i W)$ – частота столкновений с атомами газа, ларморовская частота и время релаксации быстрого электрона соответственно; U – катодное падение потенциала; W – энергия электрона, необходимая для ионизации атома газа); $n_0 = [\nu_i\, n_{f0}\,\mathrm{sh}\,(d/\lambda_f) / 2k_i]^{1/2}$.

В результате интегрирования (11) имеем условие самоподдержания разряда

$$1 = u\left(1-\frac{1}{\mathrm{ch}\,(d/\lambda_f)} + \frac{d^3}{12\lambda_f\lambda_i^2}\,\mathrm{th}\,(d/\lambda_f)\right) - \frac{k_i n_0 d}{v_b}\,, \qquad (12)$$

в котором введены безразмерные параметры: $u = e\gamma U / W$; $d / \lambda_f = 2.61b / u$ ($b = B / B_0$, где B – индукция магнитного поля; $B_0 = 1.5(m_e W\nu_{f0} / \nu_i)^{1/2} / \gamma ed$).

Уравнение (12) получено при условии заполнения квазинейтральной плазмой всего промежутка от прикатодного ионного слоя до анода, когда $d / \lambda_i < 1$. Анализ показывает, что последнее слагаемое в скобках всегда вносит малый вклад, а слагаемое за скобками может достигать значения, сравнимого с единицей. Это значит, что минимальное напряжение горения разряда возрастает. Так, для разряда мощностью 110 Вт при плотности газа $n_g = 4 \cdot 10^{15}$ см$^{-3}$, расстоянии между электродами d = 10 см, $n_0 \approx 6.8 \cdot 10^{11}$ см$^{-3}$ (при замене в (8) n_e, k_e на n_0, k_i), $v_b = 2.2 \cdot 10^5$ см/с получим $k_i n_0 d / v_b \approx 2$.

Следовательно, при W = 30 эВ и $d / \lambda_f > 1$ минимальное напряжение горения разряда достигает 450 В.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы. С ростом давления буферного газа в магнетронном разряде в результате прилипания распыленных с катода ионов металла друг к другу образуется многокомпонентная плазма со сложным зарядовым составом, включающая нейтральные и заряженные кластеры. Найдено минимальное зна-

чение давления буферного газа, при котором отбираемый из магнетрона ток отрицательно заряженных кластеров металла сравнивается с разрядным током ионов газа. В таком источнике кластерных ионов можно управлять энергией заряженных кластеров.

В результате прилипания ионов газа к кластерам металла и образования кластерных ионов в плотном буферном газе магнетронного разряда происходит уменьшение плотности ионов газа и, соответственно, уменьшение разрядного тока ионов на катод, что приводит к изменению условий горения разряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каштанов П. В., Смирнов Б. М., Хипплер Р. Магнетронная плазма и нанотехнология // УФН. 2007. Т. 177, № 5. С. 473–510.
2. Gleiter H. Materials with ultrafine microstructures: retrospectives and perspectives // Nanostruct. Mater. 1992. Vol. 1. P. 1; 1995. Vol. 6. P. 3.
3. Jena P., Khanna S. N. Physics of cluster assembled materials // Mater. Sci. Eng. 1996. Vol. A 217–218. P. 218.
4. Никулин С. П. Условия существования положительно заряженной структуры в тлеющем разряде с осцилляцией электронов в магнитном поле // ЖТФ. 1998. Т. 68, вып. 7. С. 56–63.
5. Characterisation of a magnetron plasma for deposition of titanium nitride films / R. Hippler, S. Wrehde, V. Stranak et al. // Contrib. Plasma Phys. 2004. Vol. 45. P. 348.
6. Deposition of titanium/titanium oxide clusters produced by magnetron sputtering Thin Solid Films / I. Shyjumon, M. Gopinadhan, C. A. Helm et al. // Thin Solid Films. 2006. Vol. 500. P. 41.
7. Хворостовский С. Н. О балансе заряженных частиц в плазме газового разряда с полым катодом // ЖТФ. 1980. Т. 50, вып. 9. С. 1876.

V. T. Barchenko, N. V. Krupovich, S. Yu. Udovichenko

INFLUENCE OF THE FLOW METAL CLUSTERS ON THE CONDITION BURNING OF THE MAGNETRON DISCHARGE

Conditions for self-maintenance of the magnetron discharge at a high pressure gas, taking into account the flow of charged metal clusters in the discharge gap are found. Values of the buffer gas pressure at which the maximum current of negatively charged metal clusters, equal discharge current gas ions, from the magnetron can be receive.

Magnetron discharge, clusters, flow clusters, nanotechnology

УДК 621.386.2

В. Б. Бессонов, И. М. Баранов, Е. Н. Потрахов, К. К. Жамова, А. Ю. Грязнов

ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБОК

Описана программа для моделирования спектров излучения рентгеновских трубок. Рассмотрены особенности генерации рентгеновского излучения в трубках с различными типами анодов. Приведен алгоритм работы программы и сравнительный анализ моделированных спектров с реальными, полученными экспериментальным путем.

Рентгеновские трубки, типы анодов, спектр излучения, компьютерная программа, моделирование спектров

Рентгеновская аппаратура занимает одно из ведущих мест в ряду средств, применяемых для изучения строения вещества, неразрушающего контроля качества изделий, исследования быстропротекающих процессов и других задач. Функциональные возможности и технический уровень рентгеновской аппаратуры в значительной степени определяются параметрами

используемых в ней источников излучения, важнейшей характеристикой которых является спектр излучения. При этом данные по спектрам излучения рентгеновских трубок зачастую отсутствуют и заменяются качественными оценками по слою половинного ослабления мощности дозы в стандартном материале, по «эффективной» и средней энергии [1].

Решение данной задачи возможно путем моделирования спектра излучения трубки, для чего авторами разработана компьютерная программа, позволяющая рассчитать спектр излучения в зависимости от конструктивных и технических параметров рентгеновской трубки.

В основе программы лежит методика [2], позволяющая моделировать спектральное распределение излучения трубки. В общем случае спектр излучения является суммой двух составляющих:

1) тормозной $N_т(E)$ [фот / (с · ср · кэВ)], вычисляемой по формуле Крамерса

$$N_т(E) = k i_а Z \left(\frac{E_0}{E} - 1 \right), \tag{1}$$

где $k = 8.8 \cdot 10^8$ – константа; $i_а$ – анодный ток трубки; Z – атомный номер материала мишени рентгеновской трубки, мА; E_0 – энергия ускоренных электронов (E_0 [кэВ] = U [кВ]);

2) характеристической I_{x_q} [фот / (с · ср)], определяемой выражением

$$I_{x_q}(E) = k_1 i_а \frac{\gamma \omega_q p G}{Z} \left(\frac{E_0}{E_q} - 1 \right),$$

где $k_1 = 5 \cdot 10^{14}$ – константа; $i_а$ – анодный ток трубки; Z – атомный номер материала мишени рентгеновской трубки; E_0 – энергия ускоренных электронов; E_q – энергия ионизации q-уровня; $G = 1 - (7Z - 80) / (14Z - 80)$; ω_q – выход флуоресценции q-уровня; p – доля флуоресценции данной характеристической линии; $\gamma = 3.8 \cdot 10^{-2}$ для К-серии характеристического излучения и $\gamma = 0.11$ – для L-серии.

Сложение спектров тормозного и характеристического излучений дает идеализированный спектр излучения рентгеновской трубки в зависимости от таких параметров, как ток, напряжение и материал мишени трубки. Чтобы определить истинный вид спектра излучения трубки, необходимо учесть те изменения, которые претерпит пучок первичного рентгеновского излучения при взаимодействии с мишенью и выходным окном трубки. Механизм генерации рентгеновского излучения в трубке с прострельным анодом показан на рис. 1, где обозначены: x_1 – средняя глубина проникновения электронов в мишень; x_2 – толщина слоя ослабления излучения мишенью; x_3 – толщина слоя ослабления излучения выпускным окном.

В общем случае ослабление потока рентгеновского излучения слоем вещества описывается выражением

$$I(E) = I_0(E) \mathrm{e}^{-\mu(E) d}, \tag{2}$$

где $I_0(E)$ – спектр излучения до ослабления в слое; $\mu(E)$ – линейный коэффициент ослабления потока квантов с энергией E; d – толщина ослабляющего слоя.

Возможности указанной методики достаточно широки: в частности, рассчитав спектр излучения рентгеновской трубки, т. е. зная количество фотонов в потоке излучения

$$N = \int_0^{E_0} I_т(E) dE + \sum_q I_{x_q},$$

можно вычислить суммарную энергию всех фотонов или экспозиционную дозу [3]:

$$D = \int_0^{E_0} \left(I_{\text{т}}(E) E \right) dE + \sum_q I_{\text{x}_q} E_q .$$

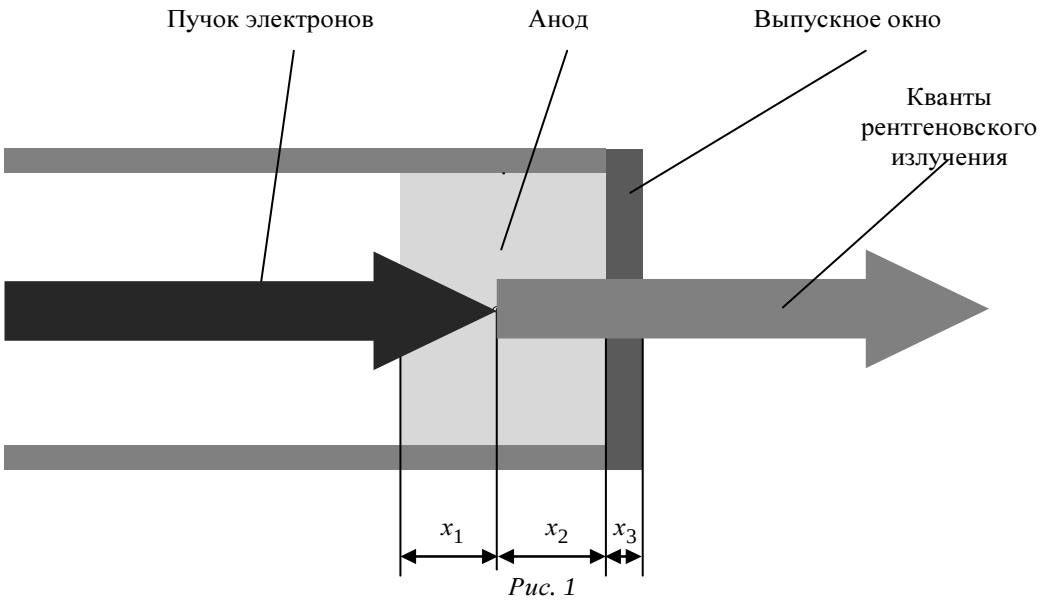


Рис. 1

Рис. 2

Программа, реализующая данную методику, разработана в среде Microsoft Visual Studio 2008 Express, имеющей широкие возможности по работе с графической информацией, а также мощный математический аппарат [4]. При создании программы были учтены следующие требования:

– минимизация погрешностей при расчете реального спектра излучения рентгеновских трубок;

– возможность выбора типа анода рентгеновской трубки (массивного или прострельного);

– широкий перечень материалов, используемых в конструкциях рентгеновских трубок и фильтрах;

– возможность сохранения полученных спектров излучения в основных графических форматах (BMP, JPEG, GIF);

– возможность вывода спектра на печать.

Упрощенный алгоритм работы программы представлен на рис. 2.

Как видно из формулы (1), спектр излучения трубки зависит от таких параметров, как анодный ток, ускоряющее напряжение, материал анода, выбор значений которых осуществляется пользователем. Кроме этого, существенный вклад в энергетическую характеристику дает функция ослабления (2), учитывающая ослабление в мишени, выпускном окне и фильтрах. Глубина проникновения электронов в мишень [мкм] описывается следующим выражением:

$$x_1 = \frac{0.0276AE^{1.67}}{\rho Z^{0.889}},$$

где A – атомная масса материала мишени; E – энергия электронов; ρ – плотность материала мишени.

Толщина слоя, в котором происходит ослабление излучения, в различных типах анода определяется его конструктивными особенностями. Так, для прострельного типа анода толщина ослабляющего слоя вычисляется следующим образом:

$$x_2 = X - x_1,$$

где X – толщина анода; x_1 – глубина проникновения электронов в анод.

Для массивного типа анода выражение, определяющее толщину ослабляющего слоя, будет иметь вид

$$x_2 = x_1 \frac{\cos\alpha}{\cos\beta},$$

где x_1 – глубина проникновения электронов в мишень; α – угол между пучком электронов и нормалью к поверхности мишени; β – угол между нормалью и направлением отбора пучка рентгеновского излучения.

В программе заложена функция выбора типа анода, а также проверки входных данных на наличие ошибок (к примеру, длина пробега электронов в мишени не может быть больше ее толщины).

После ввода данных пользователем, программа начинает их обработку и расчет спектров. Вывод полученных результатов осуществляется непосредственно в рабочем окне программы (рис. 3).

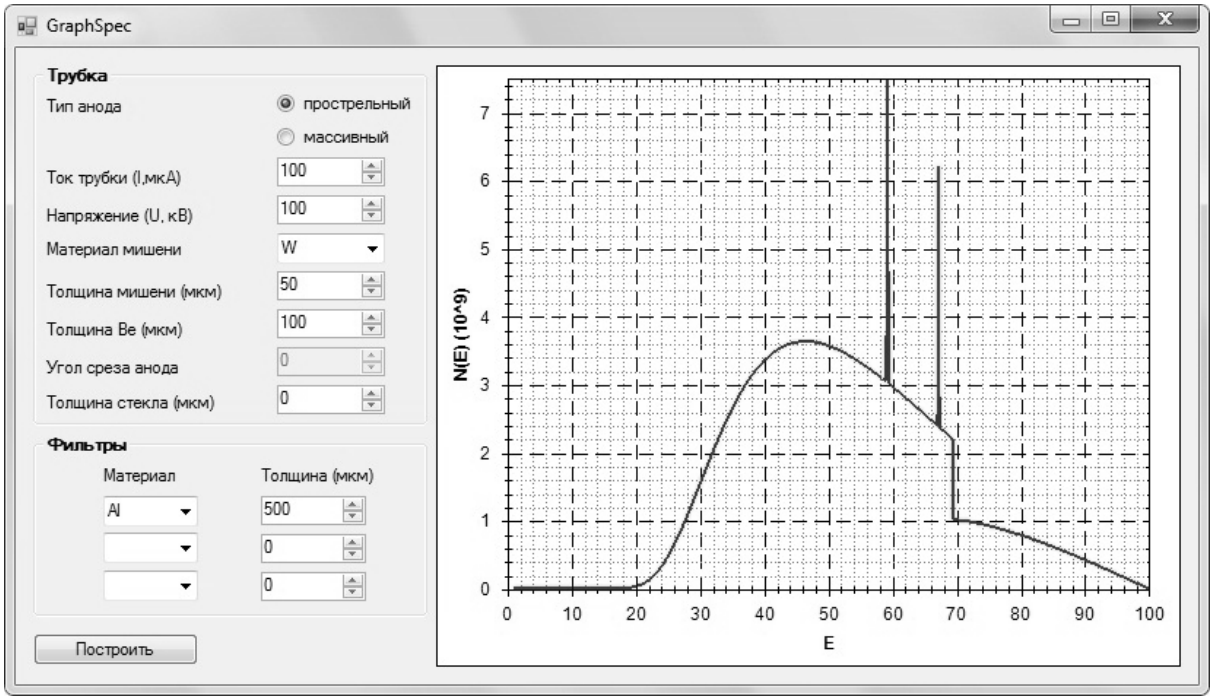


Рис. 3

На рис. 4 представлен реальный спектр излучения трубки с родиевым анодом при напряжении 45 кВ и спектр, рассчитанный с использованием компьютерного моделирования. Здесь реальный спектр показан сплошной линией, а спектр, полученный с помощью программы, – штриховой линией.

Отчетливо видны как тормозная составляющая спектра, так и характеристические линии K_α и K_β родия. Некоторое «уширение» характеристических линий на реальном спектре обусловлено тем, что полупроводниковый детектор, который его зарегистрировал, обладает энергетическим разрешением порядка 200…250 эВ, в программе же ширина характеристических линий определяется естественным «уширением».

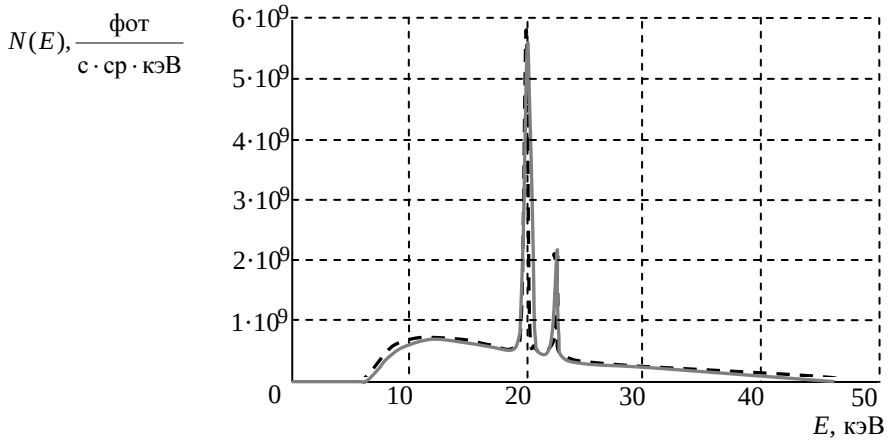


Рис. 4

Полученные путем моделирования спектры хорошо согласуются с экспериментальными, что позволяет говорить о высокой точности расчетов с помощью данной программы.

Разработанная программа успешно прошла тестирование на предприятии ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» при разработке и производстве портативного рентгенодиагностического комплекса для стоматологии и челюстно-лицевой хирургии «ПАРДУС-Стома» [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спектры излучения рентгеновских установок: С 71 Справочник / В. Н. Васильев, Л. А. Лебедев, В. П. Сидорин, Р. В. Ставицкий. М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Лукьянченко Е. М., Грязнов А. Ю. Моделирование спектра первичного рентгеновского излучения в энергодисперсионном рентгеноспектральном анализе // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2003. № 1. С. 10–14.
3. Грязнов А. Ю., Потрахов Н. Н. Метод расчета поглощенной дозы // Мед. техника. 2006. № 4. С. 23–27.
4. Пауэрс Л., Снелл М. Microsoft Visual Studio 2008. В подлиннике. СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
5. Грязнов А. Ю., Потрахов Е. Н., Потрахов Н. Н. Портативный рентгенодиагностический комплекс «ПАРДУС-Стома» // Материалы НТК «Актуальные вопросы челюстно-лицевой хирургии и стоматологии». СПб., 2009. С. 28–29.

V. B. Bessonov, I. M. Baranov, E. N. Potrakhov,
K. K. Zhamova, A. Y. Gryaznov

PROGRAM FOR MODELING THE EMISSION SPECTRA OF X-RAY TUBES

The article described a program to simulate the emission spectra of X-ray tubes. The features of X-ray emission in tubes with different types of anodes are considered. The algorithm of the program and comparative analysis of simulated spectra with the actual obtained experimentally are given.

X-ray tubes, the types of anodes, radiation spectrum, computer software, simulation of spectra

УДК 519.81

П. И. Падерно, А. В. Смирнов

ОЦЕНКА БЕЗОШИБОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АЛГОРИТМА ДИСКРЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОШИБОК

Рассмотрен подход, позволяющий проводить оценку дискретных алгоритмов деятельности (последовательного выполнения рабочих операций), в которых возможны ошибки различных типов.

Обобщенный структурный метод, рабочие операции, различные типы ошибок

В настоящее время для оценки безошибочности выполнения дискретной деятельности чаще всего используется обобщенный структурный метод (ОСМ) или его развитие – функционально-структурная теория [1]. Недостатком данного подхода является предположение (по умолчанию) о том, что в выполняемом алгоритме существуют ошибки только одного типа, что зачастую не соответствует реальной действительности. В предлагаемой статье рассмотрена рабочая операция (типовая функциональная единица (ТФЕ), при выполнении которой могут возникать различные ошибки). Исследована возможность сведения последовательности выполняемых рабочих операций такого типа к обобщенной рабочей операции, и получены аналитические выражения для оценки вероятностей ошибок для агрегированной типовой функциональной структуры.

Операция (типовая функциональная единица). Пусть имеется некоторая рабочая операция, при выполнении которой возможно совершение k типов ошибок: $A_1, ..., A_k$ (рис. 1).

В результате выполнения этой рабочей операции возможны следующие события:

A_0 – событие, которое заключается в отсутствии ошибок;

A_1 – событие, которое заключается в совершении ошибки первого типа;

A_i – событие, которое заключается в совершении ошибки i-го типа (i = 2, …, k).

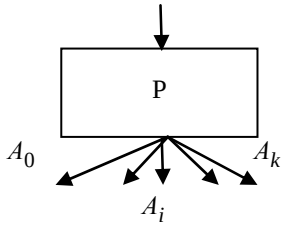


Рис. 1

Вектор соответствующих вероятностей при этом имеет вид $\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_k$, причем выполняется соотношение $\sum_{i=0}^{k} \beta_i = 1$. Среднее время выполнения операции $T_р$, дисперсия времени выполнения операции $D_р$.

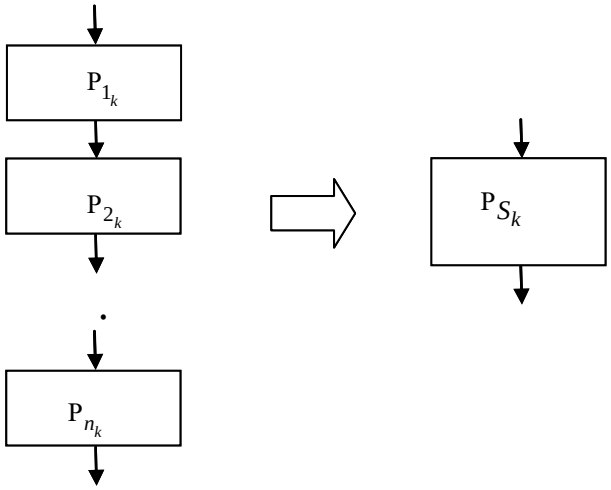


Рис. 2

Последовательность рабочих операций (типовая функциональная структура). Рассмотрим случай, когда n различных рабочих операций выполняются последовательно (рис. 2). Предположим, что все рассматриваемые рабочие операции выполняются независимо и описываются следующими векторами характеристик: $\beta_{j_0}, \beta_{j_1}, \ldots, \beta_{j_k}, T_j, D_j, j = 1, 2, \ldots, n$. В соответствии с основными положениями ОСМ [1] такая последовательность выполняемых операций может быть агрегирована к единой укрупненной рабочей операции S (рис. 2).

Первый индекс обозначает номер рабочей операции, а второй индекс k указывает на количество возможных различных отказов в данной рабочей операции. Рассмотрим способы вычисления соответствующих вероятностей для укрупненной рабочей операции P_{S_k}. Для этого введем в рассмотрение многочлен

$$\Phi_S(x_0, x_1, \ldots, x_k) = \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{i=0}^{k} \beta_{i_j} x_i \right),$$

который в соответствии с [1] является производящей функцией, т. е. коэффициент перед слагаемым $x_0^{i_0} x_1^{i_1} \ldots x_k^{i_k} \left(\sum_{j=1}^{k} i_j = n \right)$ является вероятностью того, что в результате выполнения всего комплекса из n рабочих операций i_0 операций было выполнено без ошибок, ошибка типа A_1 была допущена i_1 раз, ошибка типа A_2 – i_2 раз и т. д., т. е. ошибка типа A_m была допущена i_m раз.

Частные случаи.

Случай 1. Пусть все ошибки ранжированы по важности $A_1 \prec A_2 \prec \ldots \prec A_k$. При дальнейших рассуждениях будем полагать, что наличие ошибки с большим номером как бы поглощает все совершенные ошибки с меньшими номерами. Это обусловлено тем, что контроль, диагностика и последующий ремонт ошибки с номером A_m автоматически распознают и устраняют все ошибки с меньшими номерами A_1, A_2, …, A_{m-1} вне зависимости от их количества.

Запишем функцию $\Phi_S(x_0, x_1, \ldots, x_k)$ в виде

$$\Phi_S(x_0, x_1, \ldots, x_k) = \sum_{j=0}^{k} \Phi_j(x_0, x_1, \ldots, x_k),$$

где $\Phi_j\left(x_0, x_1, \ldots, x_k\right) = \sum\limits_{i_j=1}^{n} B\left(i_0, i_1, ..., i_j\right) x_0^{i_0}, x_1^{i_1}, ..., x_j^{i_j}$, $a\ B\left(i_0, i_1, ..., i_j\right)$ – вероятность того, что i_0 раз не было ни одной ошибки; ошибка 1-го типа произошла i_1 раз; ошибка j-го типа произошла i_j раз, а ошибки с большим, чем j, номером не произошли, причем $\sum\limits_{l=0}^{j} j_l = n$.

Таким образом, суммирование проводится по всем возможным комбинациям, в которых наибольшим номером переменной является номер *j*. Полагая $x_0 = x_1 = \ldots = x_k = 1$, получаем, что значения отдельных компонент $\Phi_j\left(1, 1, \ldots, 1\right) = \sum\limits_{j_i \neq 0} B_{i_j}$ есть не что иное, как вероятность того, что ошибка типа A_j имела наибольший номер в данном конкретном алгоритме.

Эти вероятности могут быть подсчитаны по следующим формулам:

$$\Phi_0 = \prod_{j=1}^{n} \beta_{j_0}, \quad \Phi_1 = \prod_{j=1}^{n} \left(\beta_{j_0} + \beta_{j_1}\right) - \prod_{j=1}^{n} \beta_{j_0},$$

$$\Phi_i = \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{m=0}^{i} \beta_{j_m} \right) - \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{m=0}^{i-1} \beta_{j_m} \right) = \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{m=0}^{i} \beta_{j_m} \right) - \sum_{m=0}^{i-1} \Phi_m,$$

$$\Phi_k = \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{m=0}^{k} \beta_{j_m} \right) - \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{m=0}^{k-1} \beta_{j_m} \right) = 1 - \prod_{j=1}^{n} \left(\sum_{m=0}^{k-1} \beta_{j_m} \right) = 1 - \sum_{m=0}^{k-1} \Phi_m.$$

Полученные вероятности могут быть интерпретированы как вероятности соответствующих ошибок для укрупненной структуры *S*, т. е.

$$\beta_{S_0} = \Phi_0, \beta_{S_1} = \Phi_1, \beta_{S_2} = \Phi_2, ..., \beta_{S_k} = \Phi_k.$$

Случай 2. На практике, ввиду достаточно малых вероятностей событий $A_1, A_2, \ldots, A_k$, чаще всего считают, что в последовательности рабочих операций (рис. 2) не происходит более одной ошибки. В этом случае необходимо скорректировать получаемые вероятности следующим образом:

$$\beta_{S_0} = \frac{\prod\limits_{j=1}^{n} \beta_{j_0}}{\prod\limits_{j=1}^{n} \beta_{j_0} + \prod\limits_{j=1}^{n} \beta_{j_0} \sum\limits_{j=1}^{n} \sum\limits_{i=1}^{k} \frac{\beta_{j_i}}{\beta_{j_0}}}.$$

После сокращения $\prod\limits_{j=1}^{n} \beta_{j_0}$ получим следующие формулы:

$$\beta_{S_0} = \frac{1}{1 + \sum\limits_{j=1}^{n} \sum\limits_{i=1}^{k} \frac{\beta_{j_i}}{\beta_{j_0}}},$$

$$\beta_{S_l} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{\beta_{j_l}}{\beta_{j_0}}}{1 + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} \frac{\beta_{j_i}}{\beta_{j_0}}},$$

где $l = 1, 2, ..., k$.

Рассмотрим результаты работы алгоритма в обоих случаях.

I вариант. Исходные данные: $\beta_{j_0} = 0,999$ $(\beta_{j_1} = \beta_{j_2} = \ldots = \beta_{j_{10}} = 0,0001)$, $n = 20$.

Исходные и результирующие данные представлены в табл. 1 и 2. Графики зависимостей изменения результирующих вероятностей приведены на рис. 3.

Таблица 1

Тип ошибки i	Заданная вероятность β_{j_i}
0	0,999
1	0,0001
2	0,0001
3	0,0001
4	0,0001
5	0,0001
6	0,0001
7	0,0001
8	0,0001
9	0,0001
10	0,0001

Таблица 2

Тип ошибки i	Результирующая вероятность i-го типа ошибки β_{S_i}	
	Случай 1	Случай 2
0	0,980189	0,98
1	0,001964	0,001963
2	0,001968	0,001963
3	0,001972	0,001963
4	0,001975	0,001963
5	0,001979	0,001963
6	0,001983	0,001963
7	0,001987	0,001963
8	0,001991	0,001963
9	0,001994	0,001963
10	0,001998	0,001963

Следует заметить, что вероятность выполнения всего комплекса операций в первом случае слегка завышена. Этот факт объясняется исключением из рассмотрения вероятностей кратных ошибок и неучетом возможности нескольких параллельных ошибок различного типа.

II вариант. Исходные и результирующие данные сведены в табл. 3 и 4. Графики зависимостей изменения результирующих вероятностей приведены на рис. 4.

Таблица 3

Тип ошибки i	Заданная вероятность β_{j_i}
0	0,99
1	0,0001
2	0,0002
3	0,0004
4	0,0006
5	0,0008
6	0,0009
7	0,001
8	0,0015
9	0,002
10	0,0025

Таблица 4

Тип ошибки i	Результирующая вероятность i-го типа ошибки β_{S_i}	
	Случай 1	Случай 2
0	0,817907	0,832
1	0,001654	0,001681
2	0,003317	0,003361
3	0,006673	0,006723
4	0,01	0,01
5	0,014	0,013
6	0,016	0,015
7	0,018	0,017
8	0,027	0,025
9	0,037	0,034
10	0,049	0,042

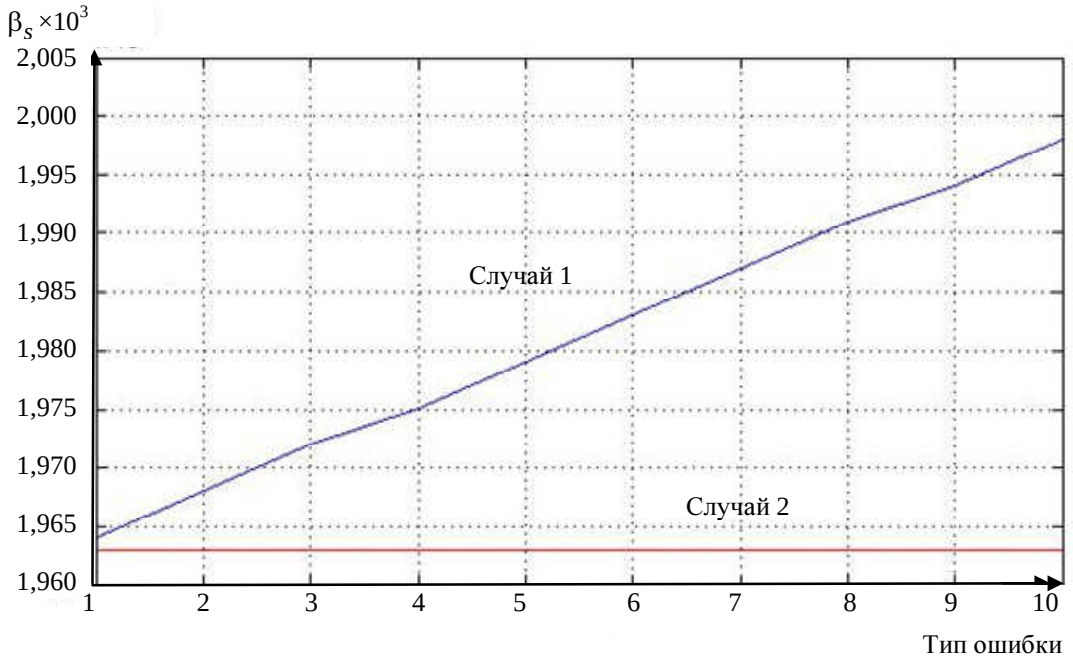


Рис. 3

Для получения исходных данных по значениям вероятностей безошибочной работы и вероятностей различных типов ошибок необходимо проведение отдельных исследований по каждому виду деятельности [2].

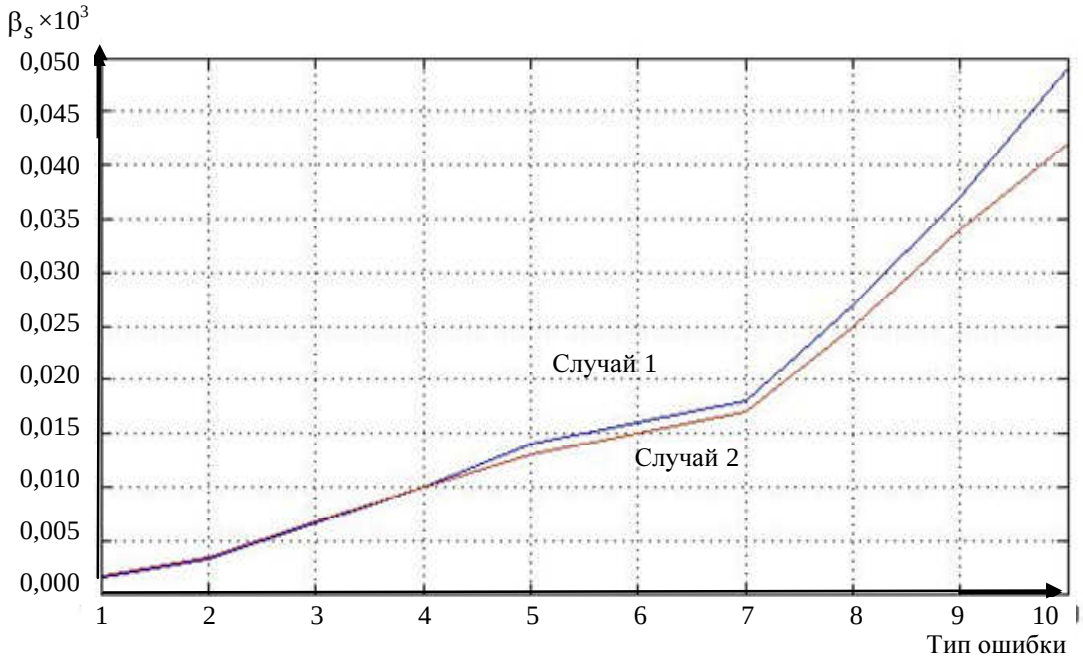


Рис. 4

Таким образом:

1. Предложенный подход позволяет, используя типовые функциональные единицы, введенные в обобщенном структурном методе и его развитии – функционально-

структурной теории описания и оценки дискретных алгоритмов деятельности, оценивать такие алгоритмы деятельности, в которых возможны ошибки различных типов.

2. Для конкретных типовых функциональных структур необходимо отработать методику вывода результирующих зависимостей для случаев возможных различных ошибок.

3. Учет различных типов ошибок необходим ввиду неодинаковости их последствий для функционирования системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационно-управляющие человеко-машинные системы. Исследование, проектирование, испытания: Справ. / под общ. ред. И. Губинского, В. Г. Евграфова. М.: Машиностроение, 1993.

2. Падерно П. И., Попечителев Е. П. Надежность и эргономика биотехнических систем / под общ. ред. проф. Е. П. Попечителева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2007.

P. I. Paderno, A. V. Smirnov

ESTIMATION OF CORRECTNESS OF THE ALGORITHM OF DISCRETE ACTIVITIES IN DIFFERENT TYPES OF ERRORS

The approach enables to evaluate discrete algorithms of activities (sequential execution of working operations), which may contain different types of errors.

Generalized structural method, work operations, different types of errors

УДК 621.391, 519.254

Д. М. Клионский

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИМАСШТАБНЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ[1]

Предметом исследований является измерительная информация, представленная в виде одномерных измерительных сигналов, поступающих от различных сложных динамических объектов при испытании и функционировании. Предлагается комплексный подход к обработке таких сигналов, включающий предварительную обработку, классификацию и структурный анализ. Отличительной особенностью подхода является возможность выбора эффективных методов обработки процессов в соответствии с проведенной классификацией. Описываемые методы являются адаптивными, поскольку учитывают индивидуальные особенности сигналов.

Измерительный сигнал, предварительная обработка, классификация, структурный анализ, декомпозиция на эмпирические моды, гармоническое вейвлет-преобразование, частотно-временной анализ, меры сложности, фрактальные признаки

Актуальность задачи анализа и обработки измерительной информации. В настоящее время продолжается интенсивное развитие направления обработки и анализа измерительной информации, используемой в различных областях науки и техники. В данной статье измерительная информация представляет собой одномерные сигналы, полное и наиболее точное название которых можно сформулировать как *многокомпонентные измерительные сигналы*. Они отражают текущее или более раннее состояние различных сложных динамических объектов (СДО), информация от которых идет по различным каналам связи. СДО имеют

[1] Работа поддержана в рамках контракта 13.G25.31.0054.

нестационарное поведение и обладают сложной структурой, что находит отражение в сложности обрабатываемых сигналов. Кроме того, сигналам, характеризующим функционирование таких объектов, часто свойственна большая размерность в силу необходимости вести регистрацию многих параметров одновременно. Свойства объектов и, как следствие, свойства сигналов изменяются во времени. В качестве примера СДО можно привести летательные аппараты, спутники и пр. Задача анализа состояния СДО актуальна в таких областях, как геофизика, биомедицина, оборонно-промышленный комплекс, ракетно-космическая промышленность (создание и испытание новых СДО), радиоэлектронный комплекс и др.

В силу сложности объектов и необходимости контроля большого числа параметров, характеризующих объект в целом или какую-либо из его систем, анализ работы СДО (в том числе мониторинг состояния объектов) чаще всего осуществляется на основе поступающих с него сигналов, которые регистрируются установленными на нем автономными датчиками. Соответственно вся дальнейшая работа проводится именно с поступившими сигналами в режиме послесеансовой обработки, т. е. когда данные доставляются в пункт обработки только по окончании модельного эксперимента или работы реального СДО.

Особенно актуальны методы обработки, ориентированные на сигналы, которые содержат много компонент различной природы – многокомпонентные измерительные сигналы (МИС), получаемые на основе *телеметрических* измерений. МИС представляют собой аддитивный набор компонент (составляющих), каждая из которых, как правило, характеризует тот или иной специфический процесс. При этом данные процессы непосредственно влияют на работу самого объекта и характеризуют состояние его систем и агрегатов.

В статье основной акцент будет сделан на МИС, отражающих функционирование систем или объектов, используемых в ракетно-космической технике при испытании новых СДО, а также при анализе функционирования действующих СДО. В силу данного обстоятельства дальнейшее изложение будет вестись применительно к этому типу сигналов. С точки зрения скорости изменения во времени и, как следствие, эффективной ширины Фурье-спектра, различают 2 основных типа МИС: медленно меняющиеся многокомпонентные измерительные сигналы (ММИС) и быстро меняющиеся многокомпонентные измерительные сигналы (БМИС). В качестве ММИС и БМИС обычно рассматриваются показатели некоторого физического процесса, события или явления, поведение которых подлежит измерению или контролю. Примерами ММИС являются температурные зависимости, параметры давления, скорости и ускорения. Гораздо более многочисленная группа БМИС может быть представлена *вибрационными процессами* и *переходными процессами*.

При анализе и обработке вышеописанных сигналов необходимо решать актуальные задачи, связанные с многомерным характером протекающих процессов (на объектах или в окружающей их среде), их нестационарной природой, зачастую колоссальным объемом исследуемых выборок и наличием большого числа различных возмущающих факторов. К числу последних относятся шумы и помехи, одиночные и групповые выбросы и пр. Данные негативные факторы, а также высокие требования к точности и достоверности результатов обработки обусловили развитие математических средств обработки таких процессов на основе использования современных достижений в целом ряде научных областей. К их числу относятся вычислительная математика, математическая статистика, тео-

рия оптимизации, анализ временных рядов, методы искусственного интеллекта [1], цифровая обработка сигналов (частотно-временной анализ, теория вейвлетов, адаптивные разложения на основе апостериорных базисов) [1]–[5] и др.

Эффективная обработка МИС требует специального комплексного подхода, позволяющего последовательно выполнить ряд операций обработки и анализа, включая классификацию, предварительную обработку (очистку от шума, выделение тренда, отбраковку аномальных значений, заполнение разрывов) и структурный анализ (мультимасштабный, спектральный и частотно-временной анализ). Данная цепочка операций необходима для достоверного и высокоточного анализа ММИС и БМИС с целью извлечения практически важной информации.

Основной проблемой в области работы с МИС является отсутствие *комплексных подходов* к обработке и анализу, а также соответствующих эффективных решений для конкретных задач, основанных на адаптивных методах. Обработка и анализ осуществляются, как правило, с использованием классических широкоизвестных методов (преобразование Фурье, метод главных компонент и пр.), которые в силу своей природы не способны учитывать индивидуальные (локальные) особенности конкретных сигналов. Кроме того, не всегда принимается во внимание наличие ошибок в МИС (аномальных измерений и пр.), их неравнодискретность и зачастую колоссальный объем (до нескольких миллионов отсчетов). Наконец, в некоторых случаях требуется совместная обработка большого количества сигналов от одного и того же СДО для получения информации о его состоянии в целом, что также может быть затруднено посредством классических методов.

Точный, достоверный и оперативный анализ МИС, полученных от СДО, необходим для технического диагностирования состояния объекта, выявления аномальных режимов его работы, идентификации конкретного СДО и прогнозирования изменения его состояния.

Особенности предлагаемого подхода к анализу многокомпонентных измерительных сигналов. Предлагаемый в данной статье комплексный подход является эффективным и полезным на практике. Подход имеет следующие отличительные признаки:

1. Предусмотрена процедура обобщенной классификации БМИС с помощью специальных информативных признаков (меры сложности, фрактальные признаки, частотно-временные образы сигналов), что позволяет в дальнейшем выбирать эффективные методы обработки таких сигналов и в конечном итоге получать достоверные результаты. По результатам классификации для каждого процесса формируется набор отличительных признаков, который может быть использован в дальнейшем анализе.

2. Подход ориентирован на обработку следующих типов сигналов: стационарных (например, установившихся вибраций), нестационарных (например, переходных и виброударных процессов), а также комбинированных процессов (имеющих в своем составе и те и другие процессы) сигналов в силу возможности оптимального выбора методов обработки после проведенной классификации.

3. Для исследования внутренней структуры сигналов используются специальные *адаптивные* методы анализа, которые весьма точно учитывают свойства и особенности конкретных сигналов (являющихся экземплярами ранее сформированных классов):

• декомпозиция на эмпирические моды (ДЭМ) [6]. Мультимасштабный метод, позволяющий сформировать конечный набор компонент (апостериорный базис) путем их

извлечения из исходного сигнала. При этом компоненты имеют сложную структуру и разный временной масштаб;

• спектральный анализ [4], [5] на основе вейвлет-преобразования [2], [3] и процедуры нечеткой кластеризации. Дает возможность получать спектральные оценки для стационарных МИС. Подразумеваются оценки, имеющие высокое разрешение и обладающие хорошими свойствами: низкой дисперсией, отсутствием частотного смещения;

• гармоническое вейвлет-преобразование. Является эффективным, поскольку базисные вейвлеты имеют высокую степень корреляции с широким классом БМИС, вследствие чего открывается ряд возможностей по предварительной обработке (очистке от шума), автоматическому обнаружению в сигналах определенных типов процессов и нахождению их границ;

• частотно-временной анализ [3]. Его основные преимущества заключаются в возможности анализировать сигналы на частотно-временной плоскости с сохранением информации о времени, частоте и амплитуде, что необходимо для выявления скрытых модуляций (визуально и путем распознавания частотно-временного образа), идентификации областей концентрации энергии и извлечения информации о начале и окончании различных процессов.

4. Подход является *робастным* (устойчивым к нарушению исходных предположений применительно к отсутствию ошибок в сигналах), что необходимо для успешной работы в условиях наличия аномальных измерений.

Основные решаемые задачи. Основной целью проведенной работы являлась разработка комплексного подхода и программных средств, предназначенных для анализа МИС, включающих классификацию, предварительную обработку и адаптивный анализ внутренней структуры сигналов на основе мультимасштабных и спектральных методов высокого разрешения. В соответствии с указанной целью можно сформулировать следующие ключевые задачи, которые необходимо решить в рамках обработки измерительных сигналов:

1. Выполнить обзор основных методов обработки ММИС и БМИС и сформулировать их основные недостатки.

2. Разработать подход к обобщенной классификации МИС на основе специальных информативных признаков: мер сложности, фрактальных признаков, частотно-временных образов сигналов.

3. Разработать адаптивные мультимасштабные методы обработки МИС на основе ДЭМ и гармонического вейвлет-преобразования с целью точного и достоверного анализа структуры сигналов данного типа.

4. Разработать адаптивные методы спектрального анализа МИС на основе вейвлет-преобразования, обеспечивающие высокое частотное разрешение и обладающие хорошими свойствами (низкая дисперсия, отсутствие смещения по частоте).

5. Разработать и ввести в эксплуатацию программное обеспечение, реализующее комплексный подход к анализу МИС и включающее классификацию, предварительную обработку и адаптивный анализ на основе мультимасштабных и спектральных методов высокого разрешения.

6. Провести экспериментальное исследование разработанного комплексного подхода на реальных МИС и привести оценку эффективности его применения.

При решении поставленных задач необходимо использовать аппарат математического моделирования, численных методов, математической статистики, теории цифровой об-

работки сигналов (включая теорию вейвлетов, частотно-временного анализа, спектрального анализа), теории создания программных средств.

Основные результаты работы. По итогам проведенной работы были получены следующие основные результаты, которое можно успешно применять на практике:

1. Разработан метод обобщенной классификации МИС на основе специальных информативных признаков: фрактальные меры, меры сложности, частотно-временные образы сигналов.

2. Разработаны адаптивные мультимасштабные методы обработки МИС на основе ДЭМ и гармонического вейвлет-преобразования. Введена мера эффективности применения гармонического вейвлет-преобразования и предложен метод очистки МИС от шума с использованием специальной пороговой процедуры.

3. Разработаны адаптивные методы спектрального анализа МИС на основе вейвлет-преобразования, обеспечивающие высокое частотное разрешение и обладающие хорошими свойствами (низкая дисперсия, отсутствие смещения по частоте).

4. Разработано и введено в эксплуатацию программное обеспечение, реализующее комплексный подход к анализу МИС и включающее классификацию, предварительную обработку и адаптивный анализ на основе мультимасштабных и спектральных методов высокого разрешения.

5. Проведено экспериментальное исследование разработанного комплексного подхода на реальных МИС и приведена оценка эффективности его применения.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование описанных методов путем их модификации на случай многомерной обработки (когда одновременно рассматривается множество сигналов от нескольких датчиков).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

2. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab. 3-е изд. М.: ДМК, 2008.

3. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005.

4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2007.

5. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / пер. с англ.; под ред. И. С. Рыжака. М.: Мир, 1990.

6. Клионский Д. М., Орешко Н. И., Геппенер В. В. Декомпозиция на эмпирические моды и ее использование при анализе дробного броуновского движения // Цифровая обработка сигналов. 2008. № 3. С. 37–45.

D. M. Klionsky

COMPLEX APPROACH TO THE TASKS OF PROCESSING AND ANALYZING MULTICOMPONENT MEASUREMENT SIGNALS ON THE BASIS OF MULTISCALE METHODS AND SPECTRAL METHODS WITH HIGH RESOLUTION

The present paper is concerned with the issues of processing telemetry and trajectory measurements obtained as a result of complex systems functioning. We illustrate the concept "complex systems" with the help of complex dynamic objects. The methods of processing that are introduced in the following are based on the most advanced and updated techniques in the areas of time-frequency analysis, wavelet theory, and other adaptive approaches. Special attention is drawn to the problem of signal preprocessing, which is crucial in practice.

Measurement signal, preprocessing, classification, structural analysis, empirical mode decomposition, harmonic wavelet transform, time-frequency analysis, complexity measures, fractal features

УДК 681.3

Хо Нгок Зуй, Б. Я. Советов, Н. А. Молдовян

ОБЩАЯ СХЕМА ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИПОДПИСИ

Предложена общая схема цифровой мультиподписи, объединяющая свойства протоколов коллективной и композиционной подписей. Схема основана на трудности задачи дискретного логарифмирования и отличается использованием векторных открытых ключей, представляющих собой упорядоченные наборы открытых ключей, принадлежащих одному и тому же пользователю. Конкретный вариант протокола общей мультиподписи разработан по аналогии с построением схемы электронной цифровой подписи (ЭЦП) Шнорра. Для обеспечения целостности мультиподписи значение хеш-функции вычисляется от набора подписываемых документов, к которому присоединяется композиционный коллективный открытый ключ. Показана корректность работы предложенного протокола.

Электронная цифровая подпись, цифровая мультиподпись, открытый ключ, коллективная подпись, стандарты электронной цифровой подписи

Цифровые мультиподписи (подписи, принадлежащие нескольким лицам) можно разделить на следующие 2 типа: коллективную и композиционную подписи. Мультиподпись, называемая *коллективной*, относится к случаю, когда все пользователи подписывают единственный документ. Протоколы коллективной ЭЦП предложены в работах [1]–[3]. Мультиподпись, называемая *композиционной*, относится к случаю, когда различные пользователи подписывают различные документы. В общем случае в схеме мультиподписи предполагается, что пользователи могут подписывать один или несколько документов. Протоколы композиционной ЭЦП описаны в работе [4]. Однако в данных протоколах требуется использовать специальное проверочное соотношение, поэтому предложенный подход к построению композиционной ЭЦП не может быть перенесен на известные схемы ЭЦП с целью расширения функциональности последних, как это может быть сделано в случае коллективной ЭЦП.

В настоящей статье рассматривается вопрос разработки общей схемы мультиподписи и протокола на ее основе, причем для обеспечения сравнительно малого размера мультиподписи (320 бит) процедуры формирования и проверки подлинности мультиподписи строятся по аналогии со схемой ЭЦП Шнорра [5].

В предлагаемой схеме мультиподписи рассматриваются m пользователей ($m \geq 2$), которым надо подписать n упорядоченных документов, представленных в виде набора $M = (M_1, M_2, ..., M_n)$, где $n \geq 1$. Схема характеризуется следующим:

1. Каждый i-й пользователь подписывает от одного до n документов из множества M.

2. В случае подписания единственного документа композиционная подпись реализует свойства коллективной подписи.

3. Отношение между подписывающими и документами представляется в виде следующей матрицы:

$$V = \begin{pmatrix} V_{11}V_{12}V_{13}.....V_{1j}.....V_{1n} \\ V_{21}V_{22}V_{23}.....V_{2j}.....V_{2n} \\ ..... \\ V_{i1}V_{i2}V_{i3}.....V_{ij}.....V_{in} \\ ..... \\ V_{m1}V_{m2}V_{m3}.....V_{mj}.....V_{mn} \end{pmatrix},$$

где $V_{ij} = 1$, если i-й пользователь подписывает документ M_j, в противном случае $V_{ij} = 0$.

4. Каждый i-й пользователь владеет открытыми ключами $y_{i1}, y_{i2}, \ldots, y_{in}$, которые вычисляются по формуле $y_{ij} = \alpha^{x_{ij}} \bmod p$, где $\{x_{ij}: j = 1, 2, \ldots, n\}$ – набор личных секретных ключей i-го пользователя ($i = 1, 2, \ldots, m$).

5. Процедуры генерации и проверки подлинности цифровой подписи реализованы по аналогии со схемой ЭЦП Шнорра [5], в которой 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).

В схеме ЭЦП Шнорра в*ычисление подписи* к сообщению M включает следующие шаги:

1. Генерируется случайное число k ($1 < k < q$).

2. Вычисляется значение $R = \alpha^k \bmod p$.

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

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

Процедура проверки подлинности ЭЦП осуществляется следующим образом:

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

2. К сообщению M присоединяется число R' и вычисляется значение хеш-функции $E' = F_H(M \| R')$.

3. Сравниваются 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 хешированием подписываемого сообщения к нему присоединяется случайное значение R. Подлинность мультиподписи проверяется в соответствии с проверочной процедурой алгоритма Шнорра, за исключением того, что в проверочное уравнение вместо индивидуального открытого ключа подставляется коллективный открытый ключ, формируемый по открытым ключам подписывающих в зависимости от того, какие документы подписывает каждый из них.

Генерация мультиподписи к множеству документов M выполняется следующим образом:

1. Каждый i-й пользователь ($i = 1, 2, \ldots, m$) генерирует n случайных чисел k_{ij} ($j = 1, 2, \ldots, n$), таких, что $1 < k_{ij} < q$, вычисляет значения $r_{ij} = \alpha^{V_{ij}k_{ij}} \bmod p$ и предоставляет их для коллективного использования.

2. Вычисляется произведение $R = \prod_{i=1}^{m} \prod_{j=1}^{n} r_{ij} \bmod p$. Эту операцию может выполнить либо один из пользователей и разослать результат остальным, либо каждый пользователь самостоятельно. Выбор одного из этих вариантов не влияет на достигаемый уровень безопасности мультиЭЦП.

3. К множеству подписываемых сообщений M присоединяется параметр R и коллективный открытый ключ Y, после чего вычисляется значение $E = F_H(M \| R \| Y)$, где $M = M_1 \| M_2 \| \ldots \| M_n$. Это может сделать один из пользователей, разослав затем значение E остальным, либо каждый из пользователей самостоятельно вычисляет значение $E = F_H(M \| R \| Y)$.

4. Каждый i-й пользователь (i = 1, 2, …, m) по своим значениям k_{ij}, по своим секретным ключам x_{ij} и по значению E вычисляет свою долю в коллективной подписи по формуле $S_i = \sum_{j=1}^{n} s_{ij} \bmod q$, где $s_{ij} = (k_{ij} + x_{ij}E)V_{ij} \bmod q$ (j = 1, 2, …, n). Все значения S_i рассылаются каждому пользователю.

5. Вычисляется второй параметр S коллективной цифровой подписи в виде свертки индивидуальных долей S_i по формуле $S = \sum_{i=1}^{m} S_i \bmod q$.

Мультиподписью для множества документов M является пара чисел (S, E). Размер мультиподписи тоже не зависит от числа пользователей, подписавших документ, и равен суммарной длине числа q и значения E. При использовании 160-битовой хеш-функции размер коллективной ЭЦП равен 320 бит.

Подлинность мультиподписи проверяется следующим образом:

1. Вычислить коллективный открытый ключ в виде свертки $Y = \prod_{i=1}^{m} \prod_{j=1}^{n} y_{ij}^{V_{ij}} \bmod p$ индивидуальных открытых ключей пользователей, участвующих в разделении коллективной подписи (S, E) к множеству сообщения M.

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

3. К подписываемому множеству сообщений присоединить параметр P и коллективный открытый ключ, после чего вычислить значение $E_P = F_H(M \| P \| Y)$.

4. Сравнить значения E_P и E. Если $E_P = E$, то мультиподпись, соответствующая заданной совокупности пользователей и заданному множеству документов (при этом матрица отношений V также является заданной, например описывается вербально), признается действительной, в противном случае подпись отвергается.

Доказательство корректности схемы мультиподписи. Покажем, что предложеная схема мультиподписи работает корректно. Подставляя правильно сформированную подпись (S, E) в проверочные соотношения, получим:

$$P = \alpha^S Y^{-E} \bmod p = \alpha^{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} s_{ij}} \alpha^{-\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}V_{ij}E} \bmod p =$$

$$= \alpha^{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} (k_{ij}+x_{ij}E)V_{ij}} \alpha^{-\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}V_{ij}E} \bmod p =$$

$$= \alpha^{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} k_{ij}V_{ij}} \alpha^{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}V_{ij}E} \alpha^{-\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}V_{ij}E} \bmod p = \alpha^{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} k_{ij}V_{ij}} = R.$$

Очевидно, что $E_P = E$, поскольку $P = R$. Последнее означает, что подпись (S, E) удовлетворяет процедуре проверки подлинности мультиподписи.

Анализ стойкости. На шаге 2 процедуры генерации ЭЦП и на шаге 4 процедуры проверки ЭЦП значение хеш-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.

По аналогии с доказательством сводимости стойкости протокола коллективной ЭЦП к стойкости базовой схемы ЭЦП, предложенной в работе [1] 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 [6], то протокол коллективной ЭЦП на его основе также является стойким.

Обсуждение особенностей схемы мультиподписи. Легко показать, что в частном случае, когда подписывается только один документ, предложенная схема мультиподписи работает так же, как схема коллективной ЭЦП. При этом каждый из подписывающих использует только свой первый открытый ключ. В случае подписывания двух и более документов предложенная схема работает иначе, чем схема композиционной подписи. Основное отличие состоит в том, что открытые ключи подписывающих присутствуют в проверочных соотношениях схемы мультиподписи в явном виде, поэтому схему мультиподписи можно реализовать с использованием проверочных соотношений разных видов, например с помощью стандартов ЭЦП России (ГОСТ Р 34.10–94 и ГОСТ Р 34.10–2001), Украины (ГОСТ 34.311–95 и ДСТУ 4145–2002) и Беларуси (СТБ П 34.101.45–2011 и СТБ 1176.2–99). Предварительный анализ возможности использования американских стандартов DSA и ECDSA для реализации предлагаемой общей схемы мультиподписи показал, что оба последних стандарта могут быть использованы только для реализации протоколов индивидуальной подписи и не позволяют реализовать протокол мультиподписи, если не изменять уравнение проверки ЭЦП, рекомендуемое этими стандартами.

Возможность реализации предложенной криптосхемы с использованием процедур генерации и проверки подлинности ЭЦП, специфицируемых рядом стандартов ЭЦП, имеет важное практическое значение, состоящее в естественном расширении функциональности стандартов ЭЦП в соответствии с подходом, апробированным ранее в работах [7]–[9], и в доверии пользователей к криптографическим механизмам, специфицируемым стандартами.

Предложенная общая схема мультиподписи обеспечит более высокую гибкость при практической реализации и использовании по сравнению с ранее известными схемами композиционной ЭЦП. Важным свойством схемы является возможность ее реализации с использованием официальных стандартов ЭЦП, т. е. она может быть положена в основу расширения функциональности стандартов ЭЦП. Интерес представляют дальнейшие исследования общей схемы мультиподписи в плане разработки ее вариантов на основе трудности задачи фактори-

зации и трудности одновременного решения задачи факторизации и дискретного логарифмирования. Также представляет интерес разработка схем слепых мультиподписей, однако детальное рассмотрение этих вопросов составляет предмет самостоятельного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Gamal T. El; A Public Key Cryptosystem and a Signature Scheme Based on Discrete Logarithms // IEEE Transactions on Info. Theory. 1985. Vol. IT-31, No. 4. P. 469-472.
3. Itakura K., Nakamura K., A Public Key Cryptosystem Suitable for Digital Multisignatures // NEC Research and Development. 1983. Vol. 71. P. 1–8.
4. Молдовян А. А., Молдовян Н. А. Новые алгоритмы и протоколы для аутентификации информации в АСУ // Автоматика и телемеханика. 2008. № 7. С. 157–169.
5. Schnorr C. P. Efficient signature generation by smart cards // J. Cryptology. 1991. Vol. 4. P. 161−174.
6. Koblitz N., Menezes A. J. Another Look at "Provable Security" // J. of Cryptology. 2007. Vol. 20. P. 3−38.
7. Молдовян Н. А., Дернова Е. С., Молдовян Д. Н. Расширение функциональности стандартов электронной цифровой подписи России и Беларуси // Вопросы защиты информации. 2011. № 2. С. 8–14.
8. Молдовян Н. А., Дернова Е. С., Молдовян Д. Н. Протоколы слепой и коллективной подписи на основе стандарта ЭЦП ДСТУ 4145-2002 // Вопросы защиты информации. 2011. № 2. С. 14–18.
9. Moldovyan N. A. Blind Signature Protocols from Digital Signature Standards // Int. J. of Network Security. 2011. Vol. 13, No 1. P. 22–30.

Ho Ngoc Duy, B. Ya. Sovetov N. A. Moldovyan

GENERAL MULTI-SIGNATURE SCHEME

It is proposed general multi-signature scheme combining properties of the collective and composite signature protocols. The scheme is based on difficulty of discrete logarithm and is characterized in using the vector public keys representing the ordered sets of the public keys assigned to the same user. It is designed the multi-signature protocol based on the Schnorr's digital signature scheme. To provide integrity of the multi-signature, the hash-function value is computed depending on the set of documents to be signed to which the composite collective public key is concatenated. Correctness of the proposed protocol is proved.

Digital signature, multi-signature, public key, collective signature, signature standards

УДК 681.3

Абдулкадер Бассам Ахмед, Ю. Т. Лячек

ВЫЯВЛЕНИЕ ВИДОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ФОРМИРОВАНИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ОПИСАНИЙ ЧЕРТЕЖЕЙ

Рассмотрены особенности алгоритма выявления видов в электронном описании чертежей и установления количественных связей между ними при автоматическом формировании их параметрических моделей. Алгоритм используется при реализации метода аналитико-синтетической параметризации чертежей.

Алгоритм, чертеж, электронное представление, основные и дополнительные виды, связь между видами

При построении параметрической модели чертежа одной из первых задач, которую должна решать система аналитико-синтетической параметризации конструкторских чертежей [1], является задача определения видов, присутствующих в электронном описании чертежа, и связей этих видов друг с другом. Без установления количественных параметров этих связей невозможно создать параметрическое описание исходного чертежа, а следовательно, осуще-

ствить его перестроение (модификацию) в соответствии с новыми значениями размерных обозначений. Процесс выявления видов достаточно сложен и требует отчетливого понимания особенностей представления в чертежах различных видов.

Под чертежным видом понимается изображение видимых поверхностей, обращенных к наблюдателю видимой частью объекта. При этом на чертеже для уменьшения количества изображений (видов) допускается показывать невидимые части поверхности объекта при помощи штриховых линий. Согласно ГОСТ 2.301–81 [2] в общем случае устанавливается 6 ***основных*** видов объекта в соответствии с шестью основными плоскостями проекций – спереди (главный вид), сверху, слева, справа, снизу и сзади. В конкретном случае основных видов на чертеже может быть меньше, если по ним можно составить полное представление о форме и размерах объекта проектирования. При этом на чертежах не требуется подписывать названия основных видов, если они находятся в непосредственной проекционной связи друг с другом. Однако в случаях, когда между основными видами не обеспечивается проекционная связь, соответствующий вид должен иметь надпись типа “Вид А”, где А – имя вида, обозначаемое прописной буквой русского алфавита, а направление взгляда на объект, соответствующее этому виду, должно быть указано на другом основном виде с помощью стрелки с такой же буквой.

Если какую-нибудь часть объекта невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, то в чертежах используют ***дополнительные*** виды, получаемые на плоскостях, которые не параллельны основным плоскостям проекций. При этом, если расположение дополнительного вида не находится в проекционной связи с соответствующим изображением, то и такой вид, как и несвязанный основной вид, сопровождается представленным ранее типом надписи и стрелкой. При этом имена видов не должны повторяться на одном чертеже. Дополнительный вид допускается изображать повернутым с сохранением соотношений, соответствующих исходному представлению. Однако в этом случае надпись наименования вида должна быть дополнена условным графическим обозначением поворота и при необходимости указывают угол поворота. Если же дополнительный вид находится в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, надпись над дополнительным видом не наносят.

Кроме дополнительных видов на чертежах могут присутствовать ***местные*** виды, на которых изображаются отдельные ограниченные места поверхности объекта. Именование местных видов выполняется аналогично именованию дополнительных видов.

Особой формой видов чертежа являются ***разрезы*** и ***сечения***, которые формируются с помощью различных секущих плоскостей. В случаях, когда секущие плоскости параллельны основным плоскостям проекций, получаемые виды являются фактически либо основными, либо местными. Когда секущие плоскости не параллельны плоскостям проекций, то их относят к дополнительным видам, так как они также характеризуются отсутствием проекционных связей со связанными с ними (порождающими их) видами. При этом изображения разрезов и сечений в соответствии с государственным стандартом сопровождаются надписями вида “А–А” и линиями, показывающими, каким образом плоскости, порождающие разрезы и сечения, проходят через соответствующие виды. На линии, определяющие разрезы и сечения, устанавливаются стрелки, указывающие направления взгляда.

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. В таких случаях проекционные связи между видами претерпевают искажения для части сечения, определяемые углом разворота. При этом изменяется и размер охватывающего прямоугольника для такого основного вида.

Еще одной разновидностью видов, представляемых на чертежах, являются ***выносные элементы***. Выносной элемент представляет собой увеличенное дополнительное изображение какой-либо части объекта, для которой требуется графическое или другое пояснение в отношении формы, размеров и иных данных. При использовании выносного элемента соответствующее место на исходном виде, разрезе или сечении отмечается окружностью или овалом, и этот элемент сопровождается выноской с прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывается его обозначение и масштаб, в котором оно выполнено.

Выявлять виды в САПР можно различным образом.

Автоматическое определение видов чертежа должно обеспечить определение основных, среди которых в обязательном порядке присутствует главный вид и набор дополнительных видов. В процесс определения видов человек не вмешивается. Он может только запустить алгоритм и получить результаты его работы.

Предлагаемый алгоритм автоматического определения видов чертежей основывается на следующих основных положениях:

– взаимное расположение всех основные видов чертежа строго определяется стандартом, а дополнительные, местные виды и выноски сопровождаются соответствующими именами;

– область на поле чертежа, занимаемая каждым видом, определяется положением только связанных друг с другом основных графических примитивов (отрезки, полилинии, дуги и окружности), которые в совокупности составляют графическое изображение вида. При этом не должны учитываться вспомогательные примитивы, относящиеся к виду – осевые линии, линии штриховки сечений и разрезов, размерные и технологические обозначения;

– каждый дополнительный, местный вид и выносной элемент сопровождается именем. Для них характерно отсутствие проекционных связей с основными видами, но эта связь все же может быть выявлена через их имена;

– между каждым видом на чертеже имеются свободные зоны, в которых могут располагаться вспомогательные примитивы и дополнительные надписи.

Таким образом, каждый вид характеризуется отдельной изолированной от других видов областью рисования, которую можно, в частности, определить собственным минимально охватываемым прямоугольником (МОП), который, как правило, не должен пересекаться с МОП другого вида. Таким образом, первая задача по разделению чертежа на виды заключается в определении группы примитивов, непосредственно связанных между собой. Один из способов выделения групп связанных примитивов заключается в последовательном просмотре всех основных примитивов, определяющих форму объекта, представленного на чертеже, выявлении для каждого из них МОП примитива и объединении касающихся и пересекающихся МОП графических примитивов в МОП вида. Это один из наиболее эффективных и достаточно простых способов разделения чертежа на виды с точки зрения объема вычислений. В итоге работы начальных этапов подобного алгоритма могут быть выделены МОП групп связанных примитивов (МОП всех имеющихся видов) и текстовые строки, соответствующие именам неосновных видов чертежа.

На последующих этапах необходимо выделить в чертеже основные и все остальные типы видов, идентифицировать их по именам, установить количественную связь между ними. После этого для всех выявленных видов следует определиться со взаимным соответствием элементов базовой сети по координатам X и Y, относящихся к каждому виду. Под базовой сетью чертежа понимаются нерегулярные ортогональные сети по координатам X и Y, образованные всеми характерными точками основных графических примитивов изображения и линиями симметрии, вместе с угловой сетью, определяемой наклоном этих примитивов и линий.

Алгоритм определения видов конструкторских чертежей (рис. 1) может быть условно разделен на 4 этапа. На первом подготовительном этапе в блоке 1 осуществляется чтение файла описания чертежа, анализ графических элементов, входящих в чертеж, и разделение их на отдельные группы, исходя из их типов (основные – отрезки, дуги, окружности, полилинии; вспомогательные – оси симметрии и заголовки видов; ассоциативные – размерные и технологические обозначения, штриховка и т. д.). Одновременно с анализом геометрических параметров графических элементов в блоке 2 осуществляется создание базовых сетей (прямоугольных по осям X и Y и угловой), определение МОП основных примитивов чертежа (блок 3) и выявление имен и типов всех неосновных видов и точек их привязки (блок 4).

На втором этапе выявляются МОП всех видов чертежа путем склеивания МОП основных примитивов чертежа (блок 5). Далее эти виды разбиваются на основные и неосновные (блок 6). Основные виды выявляются на основе анализа наличия между ними проекционной связи и достаточно точного равенства высоты и ширины их МОП между собой. Неосновные виды явной проекционной связью не обладают, но зато они могут быть легко связаны с их именами и типами, выявленными на этапе 1. Также на этом этапе определяется количество основных видов чертежа. Заканчивается этап идентификацией основных видов чертежа (блок 7). Идентификация базируется на анализе предварительно отсортированных по координатам X и Y центров масс МОП основных блоков, т. е. их взаимного расположения и их общего количества, которое не должно превышать шести. Следует отметить, что идентификация основных видов может быть несколько осложнена двумя обстоятельствами. Первое связано с тем, что при неправильном склеивании МОП основных примитивов возможно объединение в один МОП двух МОП, один из которых относится к дополнительному виду, а другой – к основному. Этого можно избежать, если подклеивание осуществлять к МОП вида только при наличии непосредственной связи текущего примитива МОП с примитивом, ранее уже включенным в рассматриваемый МОП вида. Второе усложнение связано с использованием ломаного сечения или с дополнительным видом, который изображается довернутым. В таких случаях габариты этого вида могут не соответствовать другим проекционным видам. Такая ситуация должна отслеживаться по наличию обозначения ломаного сечения или при дополнении имени вида условным графическим обозначением поворота .

При идентификации видов прежде всего выявляется положение главного вида.

Если основной вид один, то он и является главным.

При наличии двух основных видов, расположенных вертикально или горизонтально, а также при наличии трех горизонтально расположенных видов (равенства координат Y соответствующих им МОП) главным из них признается тот, с которым связано большее число размерных обозначений и линий симметрии.

При наличии трех основных видов и равенстве координат *X* центров масс их МОП (вертикальное расположение видов) считается, что к главному виду относится средний.

В случае четырех МОП, расположенных только горизонтально (координаты *Y* центров масс у всех МОП одинаковые), к главному виду относится второй слева.

При наличии трех и большего числа МОП (4, 5 или 6), часть которых расположена горизонтально, а часть вертикально, к главному виду относится тот МОП, центр масс которого расположен на пересечении горизонтальной и вертикальной линий, связывающих центры масс МОП по горизонтали и вертикали. Для примера на рис. 2 представлен эскиз многовидового чертежа, а на рис. 3 изображены МОП, соответствующие максимальному числу возможных основных видов чертежа согласно стандарту. На этих эскизах главный вид обозначен цифрой 1, виды сверху, слева, справа, снизу и сзади – соответственно цифрами 2, 3, 4, 5 и 6. На основе этих эскизов легко представить как определяется главный вид для различных комбинаций МОП, имеющихся в чертеже.

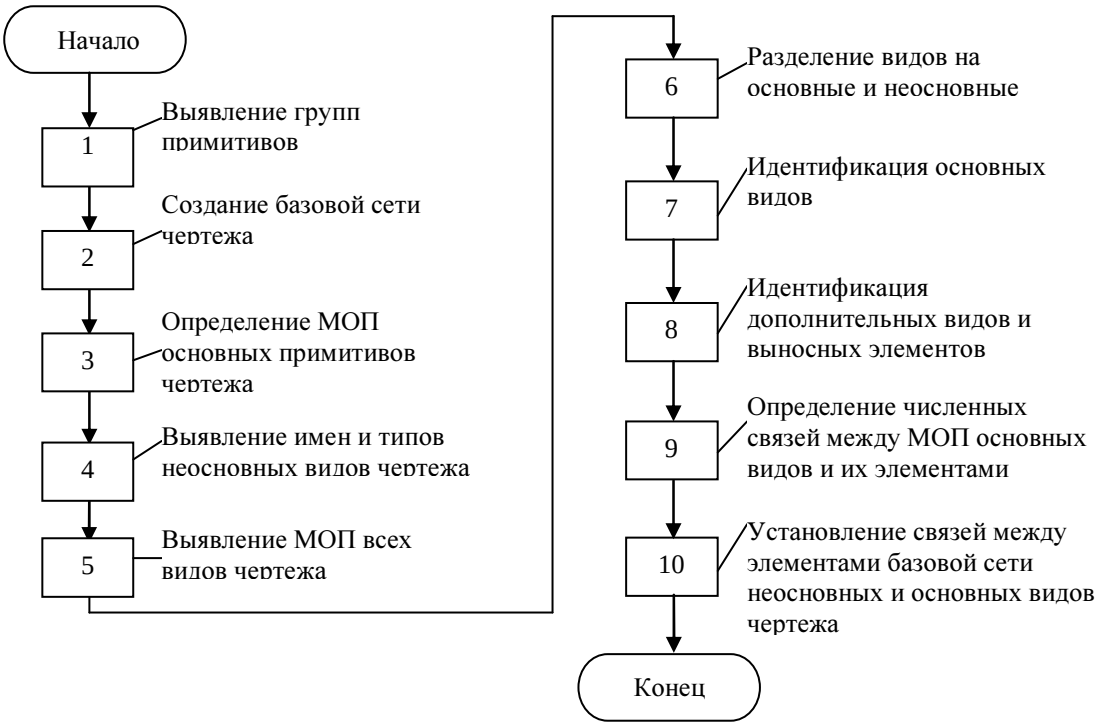


Рис. 1

Определив положение главного вида, легко определить имена остальных основных видов чертежа, исходя из требований ЕСКД.

После идентификации основных видов осуществляется идентификация дополнительных видов и выносных элементов (блок 8) в соответствии с ЕСКД на основе сопровождающих их имен, стрелок и выносок.

На третьем этапе (блок 9) определяются численные связи между всеми МОП основных видов по расстояниям между ними. Также устанавливается полное взаимное соответствие между элементами базовых сетей, относящихся к разным основным видам – для видов слева и справа по сети *X* устанавливается двухсторонняя связь с сетью *Y* для видов снизу и сверху. Кроме того, такая же взаимообразная связь устанавливается для части сети *X*, относящейся к виду сзади, с одной стороны, и видам снизу, главного и сверху по этой же координате *X* – с другой.

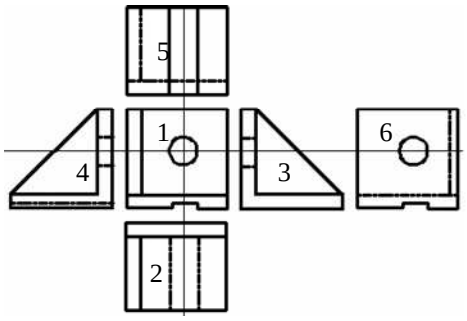


Рис. 2

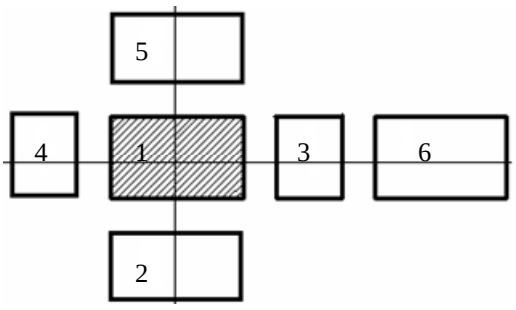


Рис. 3

На последнем этапе (блок 10) алгоритма устанавливается взаимное соответствие между элементами базовой сети по координате *X*, по координате *Y* и по углу, которые относятся к соответствующим неосновным видам, и элементами базовой сети, относящимися к основным видам.

Взаимное отношение по сетям для всех указанных видов устанавливается для того, чтобы в процессе создания параметрической модели чертежа можно было бы переносить без дополнительных вычислений значения выявляемых связей в соответствующих сетях по координатам *X* и *Y* с одного вида на другой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аль-Шайх Хасан, Лячек Ю. Т. Параметризация конструкторских чертежей // Информационно-управляющие системы. 2010. № 1(44). С. 18–24.

2. ГОСТ 2.305–68. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения. М.: Стандартинформ, 2007.

Abdulqader Bassam Ahmed, Y. T. Lyachek

IDENTIFICATION OF SPECIES DURING AUTOMATIC FORMATION OF PARAMETRIC MODELS OF ELECTRONIC DESCRIPTIONS OF THE DRAWINGS

Features species identification algorithm and the establishment of quantitative relationships between them in an electronic description of the drawings when creating their parametric models is discussed. This algorithm is used to implement the method of analytical-synthetic parameterization drawings.

The algorithm, a drawing, electronic submission, major and minor species, the relationship between the species

УДК 621.3.049.77.001.2

С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников, А. К. Фролкин

СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛЯРНЫХ МАКРОБЛОКОВ СБИС ПУТЕМ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО СОВМЕЩЕНИЯ ИХ РАЗРЕЖЕННЫХ ЗОН

На примерах устройства для извлечения квадратного корня и умножителя рассматриваются вопросы структурной оптимизации топологии макроблоков БИС.

Макроблоки СБИС, устройство извлечения квадратного корня, матричный умножитель, структурно-топологическая оптимизация

Макроблоки СБИС. В основе технологии проектирования современной элементной базы лежит модульный принцип разработки СБИС, в соответствии с которым современные

интегральные схемы собираются из больших фрагментов, называемых макроблоками. Макроблоки СБИС по составу входящих в них ячеек и характеру связей между ними можно разделить на регулярные и нерегулярные.

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

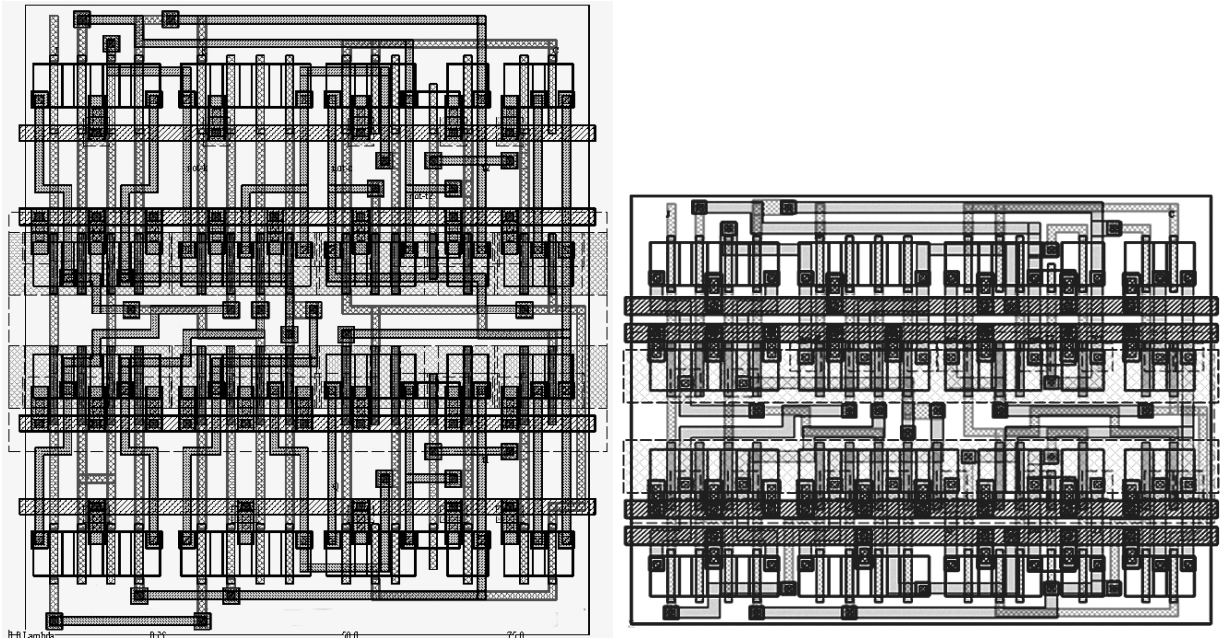
Таким образом, оптимизация топологии макроблоков предполагает действия, направленные на оптимизацию топологии ячеек библиотек и на оптимизацию собираемых из ячеек структурно-топологических планов макроблоков.

Регулярные макроблоки, оптимизации проектирования которых посвящена статья, собираются из заказных специализированных ячеек с топологией, оптимизированной под конкретную схему, в соответствии с топологическим планом, более или менее однозначно определяемым спецификой реализуемой схемы, например реализуемым аппаратным образом алгоритмом. При их разработке применяется изощренное топологическое проектирование, позволяющее даже при незначительном уменьшении размеров матрицируемых ячеек существенно снизить аппаратные затраты за счет большого их количества.

В отличие от регулярных макроблоков структура макроблоков нерегулярных определяется не алгоритмом работы реализуемого устройства, а способом проектирования, состоящим в объединении ячеек в ряды, называемые пеналами, и проведении связей между ними. Оптимизация нерегулярных макроблоков осуществляется путем итерационного применения программ трассировки и размещения элементов библиотеки стандартных фрагментов, у которых с целью придания им свойства универсальности дискретизированы габариты и положение выводов. Однако, несмотря на стандартизацию ячеек библиотеки, при проектировании их топологии (как и при проектировании топологии заказных специализированных ячеек) осуществляется ее оптимизация.

Оптимизация топологии ячеек макроблоков СБИС. Одним из основных требований, предъявляемых к микроэлектронным проектам, является высокая плотность упаковки схем на кристалле. Наибольшую плотность упаковки обеспечивают топологические конфигурации на основе сборок транзисторов сложной формы с различной пространственной ориентацией, располагающихся в несколько рядов, и т. п. топологических решений, продолжающих “идеологию ручного” стиля проектирования и позволяющих добиться наиболее близких к нему по параметрам топологий. Однако в современных условиях еще одной тенденцией развития микроэлектроники является сокращение цикла проектирования путем автоматизации и его этапов, и всего цикла в целом. Поэтому принципам топологической организации ячеек, предполагающим сложную форму и взаимное расположение основных элементов (транзисторов), предпочитают топологические конфигурации, в которых затворы транзисторов ориентированы строго определенным образом, а сборки транзисторов разного типа с объединенными соседними истоковыми/стоковыми областями располагаются параллельно друг другу в две линии. Это топологическое решение, получившее название “схем на диффузионных линейках”, стало одной из основных топологических концепций в современной микроэлектронике благодаря очень высокой плотности упаковки и регулярности топологии, позволяющей автоматизировать даже такой “неформальный” этап проектирования, как разработка оптимальной (для диффузионных линеек) топологии схемы.

Существующие средства САПР позволяют оптимизировать топологию в соответствии с целым набором оптимизационных критериев и композиционных ограничений, таких, как “разрывы” диффузионных областей, использование металлических шин, их число и протяженность. Однако средства, ориентированные на разработку стандартных библиотечных элементов, не подходят для оптимизации заказных специализированных ячеек, строящихся подобно приведенным на рис. 1 топологиям на нескольких рядах диффузионных линеек.



а *б*

Рис. 1

При проектировании таких ячеек, выполняющемся, как правило, вручную, сначала следует сформировать своеобразную «решетку» из полос диффузионных областей и пересекающих их поликремниевых шин межсоединений и затворов. При этом нужно постараться обеспечить возможно меньшее число “разрывов” диффузионных областей и изгибов шин поликремния (рис. 1, *а*).

После этого с целью минимизации числа уровней внутренней разводки (рис. 1, *б*) необходимо итерационно применять принципы размещения и трассировки, используемые при разработке нерегулярных макроблоков. Основной задачей данного этапа является поиск свободных от межсоединений зон над диффузионными областями и в разрывах диффузионных областей, в которые можно переместить шины и контакты из трассировочных каналов между рядами транзисторов. Причем при отсутствии свободных зон они могут «создаваться»: для межсоединений – путем их перетрассировки, а для диффузионных областей – изменением порядка включения транзисторов или даже (в случае необходимости) искусственной организацией разрывов, как это показано на рис. 2.

Примечательно, что описанные принципы оптимизации топологии ячеек применимы и к технологии оптимизации макроблоков СБИС с поправкой на более высокий – структурно-топологический – уровень проектирования.

Оптимизация топологии макроблоков СБИС. Высокая плотность упаковки схем на кристалле применительно к разработке топологии макроблоков может быть достигнута в результате структурно-топологической модификации исходного топологического плана путем поиска и совмещения «разреженных» зон топологии.

Следует отметить, что достигаемым при этом результатом может быть и изменение формы макроблока, и изменение его размеров. В качестве иллюстрации к изложенному рассмотрим процесс структурно-топологического преобразования двух вычислительных устройств – матричного извлекателя квадратного корня (ИКК) [1], [2] и конвейерного матричного умножителя (КМУ) с поразрядной конвейеризацией [3], [4].

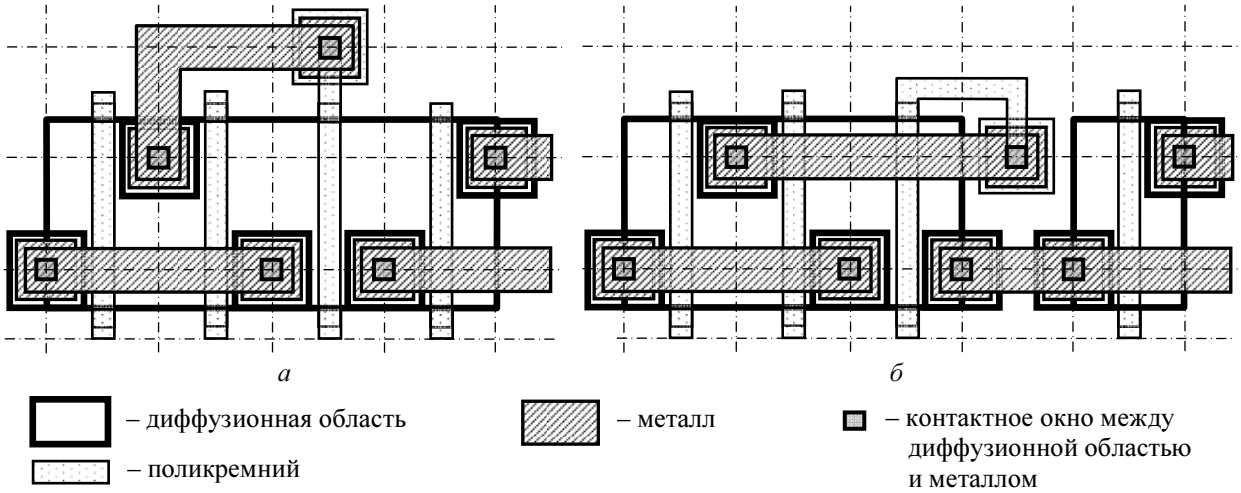


Рис. 2

Оптимизация топологии матричного извлекателя квадратного корня в первую очередь служит примером изменения формы макроблока, в результате которого существенно упрощается его включение в топологию СБИС и, как следствие этого, повышается плотность упаковки всего кристалла. На рис. 3 представлен процесс преобразования исходного треугольного топологического плана ИКК, построенного в соответствии с методом пространственной реализации алгоритма, в прямоугольную матрицу (рис. 3, *а–г*) и примеры топологии ИКК для разрядностей операнда 5 (рис. 3, *д*) и 6 (рис. 3, *е*). Сначала от треугольной матрицы отделяется верхний угол (по линии А-Б на рис. 3, *а*), потом он разворачивается на 180^0 (рис. 3, *б*) и присоединяется к нижней части матрицы, дополняя ее до прямоугольника (рис. 3, *в*). Однако помимо косвенного влияния на плотность упаковки СБИС, связанного с упрощением размещения макроблока в поле кристалла и трассировки его выводов, можно добиться и прямого уменьшения площади матрицы. Это становится возможным вследствие того, что ячейки на гипотенузе матрицы, изображенные на рис. 3, *а–г* контурами без заливки, могут быть редуцированы и при компоновке прямоугольной матрицы попарно объединены, как показано на рис. 3, *е*.

Таким образом, структурно-топологическое преобразование макроблоков СБИС предполагает поиск в топологическом плане областей двух типов:

– полностью свободных от каких бы то ни было элементов для перенесения в них других частей макроблока оптимизируемого макроблока;

– частично свободных или разреженных зон, элементы которых могут быть объединены с элементами, переносимыми из других разреженных зон, так, что габариты полученных в результате объединенных ячеек не будут превышать габаритов соседних немодифицированных ячеек и не вызовут раздвижки (по крайней мере чрезмерной) строк и столбцов реализуемой схемы.

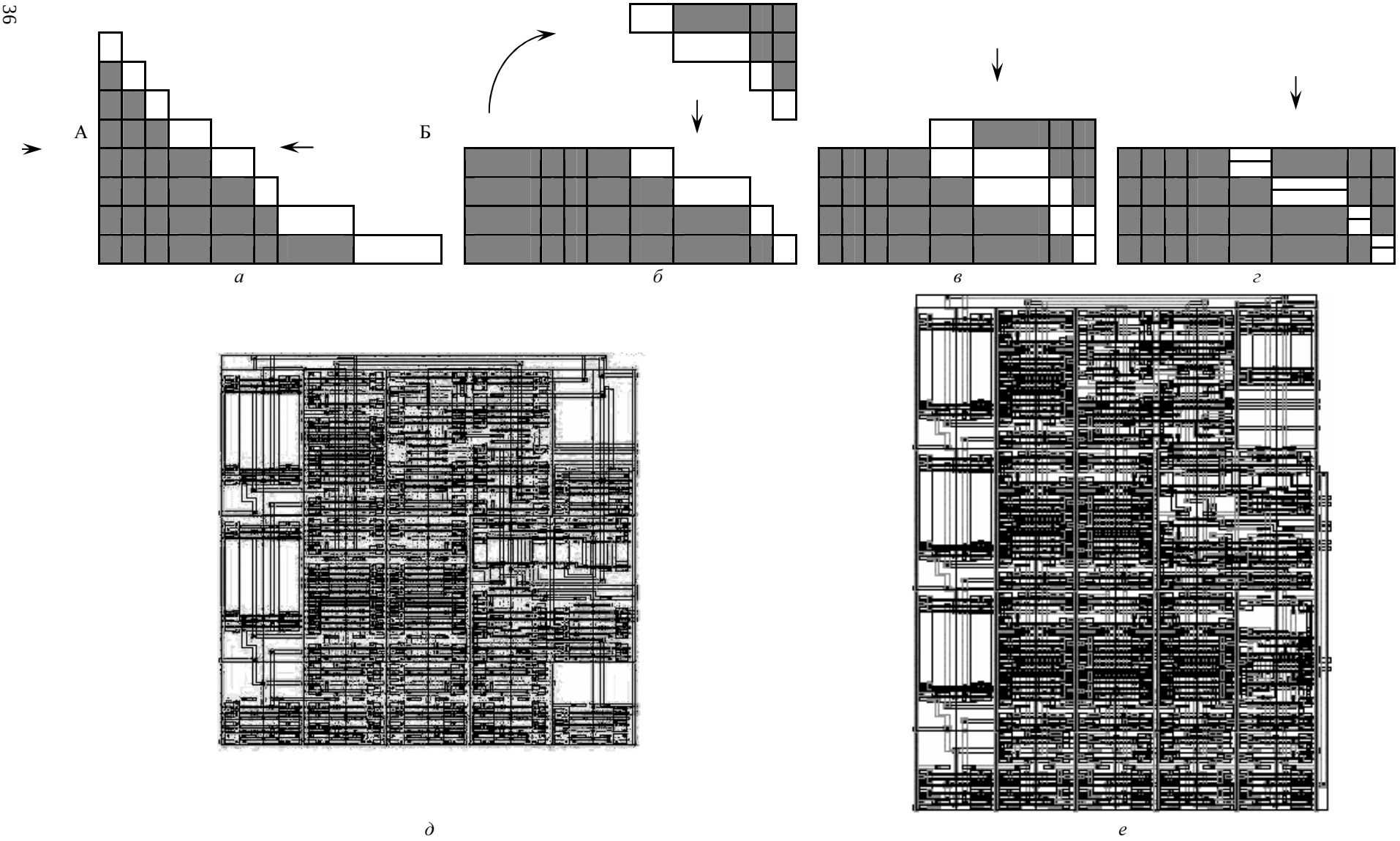


Рис. 3

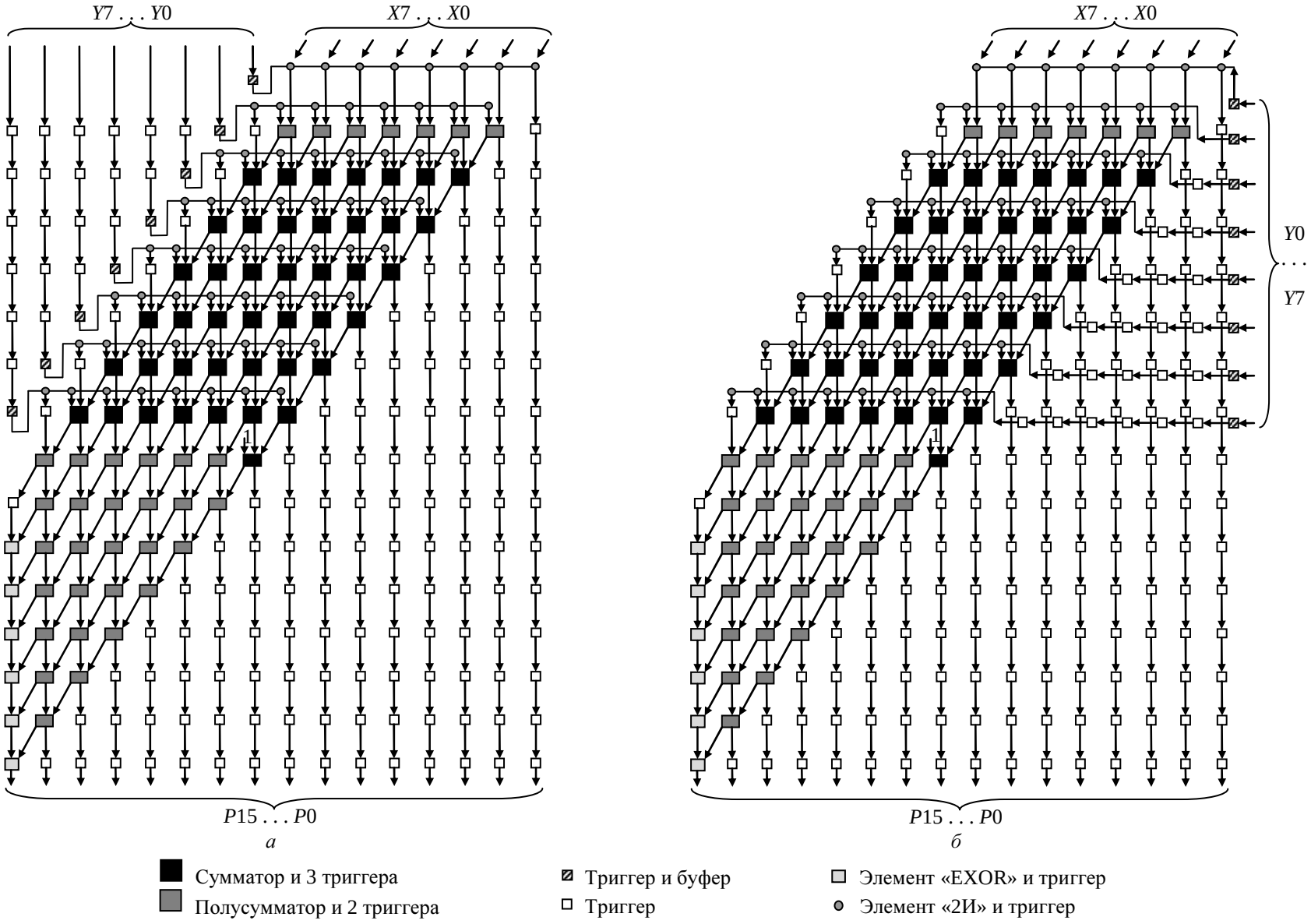

Y7 . . . Y0
X7 . . . X0
1
P15 . . . P0
а
X7 . . . X0
Y0
. . .
Y7
1
P15 . . . P0
б
Сумматор и 3 триггера
Полусумматор и 2 триггера
Триггер и буфер
Триггер
Элемент «EXOR» и триггер
Элемент «2И» и триггер

Рис. 5

Естественно, при перекомпоновке макроблоков необходимо предусмотреть подведение к ячейкам как внешних, так и внутренних связей, возможно организуя их принципиально иначе (в другом топологическом слое, с другой стороны, с использованием более мощных выходных каскадов), чем в исходном устройстве.

Еще одним примером структурно-топологического преобразования макроблоков СБИС может служить перекомпоновка разработанного фирмой AT&T Bell Laboratories конвейерного матричного умножителя с поразрядной конвейеризацией [3], [4].

В результате преобразования исходной прямоугольной матрицы КМУ Bell Laboratories можно уменьшить площадь макроблока примерно на одну шестую, получив топологию, подобную приведенной на рис. 4 для умножителя разрядностью 8 × 8.

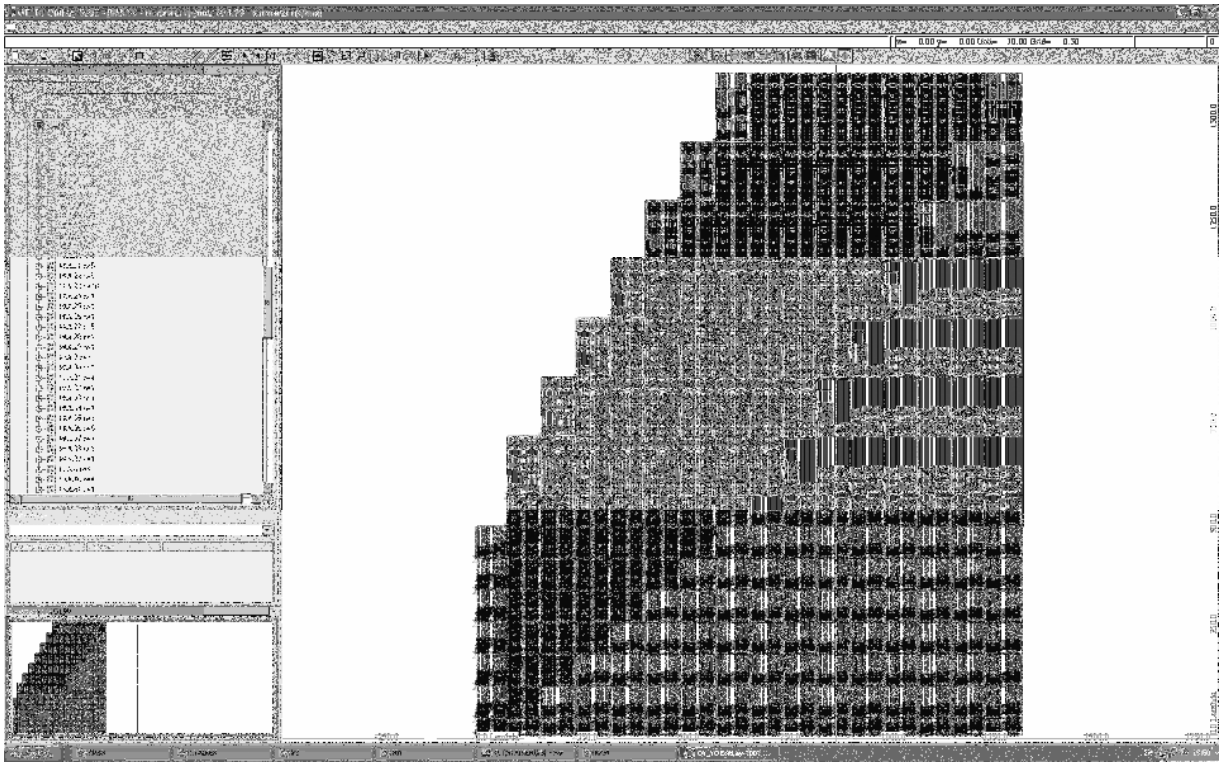


Рис. 4

Суть осуществленного структурно-топологического преобразования отражена на исходной (фирмы AT&T Bell Laboratories) и предложенной авторами структурно-топологических схемах КМУ, приведенных на рис. 5, *а* и *б* соответственно.

Топологическое совмещение конвейерных триггеров (в том числе и с буферными каскадами) на входах множителя с выходными конвейерными триггерами (рис. 5, *б*) не приводит к раздвижке строк или столбцов матрицы. Как видно из рис. 4, в области, занимаемой объединенными ячейками, еще остается много свободного места (светлые участки топологического чертежа на рис. 4).

Таким образом, рассмотренные примеры наглядно демонстрируют не только теоретическую возможность, но и практическую целесообразность действий по структурно-топологической оптимизации регулярных макроблоков СБИС путем топологического совмещения их разреженных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Одишо С. Я., Шумилов Л. А. Сопоставительный анализ матричных вычислительных устройств для извлечения квадратного корня / ЛЭТИ. Л., 1991. Деп. в ВИНИТИ 28.10.91, № 4071-В91.

2. Одишо С. Я., Шумилов Л. А. Редуцированное матричное вычислительное устройство для извлечения квадратного корня / ЛЭТИ. Л., 1991. Деп. в ВИНИТИ 28.10.91, № 4072-В91.

3. Glenn L. Cash, Mehdi Hatamain, Adrianus Ligtenberg. Pipeline Arithmetic Adder and Multiplier. American Telephone and Telegraph Company, AT&T Bell Laboratories. Patent Number: 4,887,233. Date: 12, 1989.

4. Hatamian M., Gash G.L. A 70 MHz 8-bit*8-bit parallel pipelined multiplier in 2.5 micron CMOS // IEEE J. Solid-State Circuits. 1986. Vol. SC-21, № 4. P. 505–513.

S. E. Mironov, N. M. Safiannikov, F. K. Frolkin

STRUCTURAL AND TOPOLOGICAL OPTIMIZATION REGULAR VLSI MACRO-BLOCK BY COMBINING THEIR TOPOLOGICAL SPARSE AREAS

The questions of structural optimization of VLSI macro-blocks topology are considered in examples the device for extraction of square roots and multiplier

VLSI macroblocks, device for extraction of square roots, multiplier, structural and topological optimization

УДК 618.513.3

В. Б. Второв, А. В. Карев

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К СИНТЕЗУ РОБАСТНЫХ СИСТЕМ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

Рассматривается задача синтеза электромеханической следящей системы, обладающей свойством слабой чувствительности ее динамических характеристик к вариациям параметров механической части.

Робастность, модальное управление, параметрическая неопределенность

В статье на примере следящего привода самолетной антенны рассматривается формализованный подход к синтезу модального регулятора, обеспечивающего слабую чувствительность динамических характеристик системы к параметрической неопределенности объекта управления.

Специфические требования к бортовой аппаратуре – минимальные габариты и вес. Это приводит к тому, что конструкции антенн и приводов создаются максимально облегченными и, следовательно, недостаточно жесткими, что создает благоприятные условия для возникновения электромеханических колебаний. Резонансные частоты современных конструкций антенн соизмеримы с требуемыми рабочими частотами следящих систем. В связи с этим возникает задача демпфирования упругих колебаний средствами управления, прежде всего линейного. К таким средствам относят, например, модальное управление.

Однако высокая эффективность этого метода управления легко может быть сведена на нет тем существенным обстоятельством, что фактически математическое описание электромеханической системы (ЭМС) как объекта управления часто отличается от модели, принятой при синтезе управления. В первую очередь это касается неточности информации о параметрах ЭМС вследствие трудности их определения и возможности изменения в процессе эксплуатации системы или при замене вышедших из строя элементов механической части новыми. В данной работе такими параметрами являются жесткость механической передачи и момент инерции антенны. Важно, чтобы параметрическая неопределенность объекта управления не вызывала существенного изменения показателей качества системы – ее точности и динамических характеристик. Другими словами, система должна быть робастной, т. е. при огра-

ниченных вариациях параметров объекта управления должна не только сохранять асимптотическую устойчивость (робастная устойчивость), но и удерживать в определенных пределах значения своих показателей качества (робастное качество).

На рис. 1 представлены результаты выполненного с помощью пакета MATLAB компьютерного моделирования системы с модальным управлением по полному вектору состояния в номинальном режиме (кривая *1*), при увеличении и при уменьшении коэффициента жесткости механической передачи в два раза (кривые *2* и *3* соответственно), при увеличении и при уменьшении момента инерции исполнительной массы в два раза (кривые *4* и *5* соответственно).

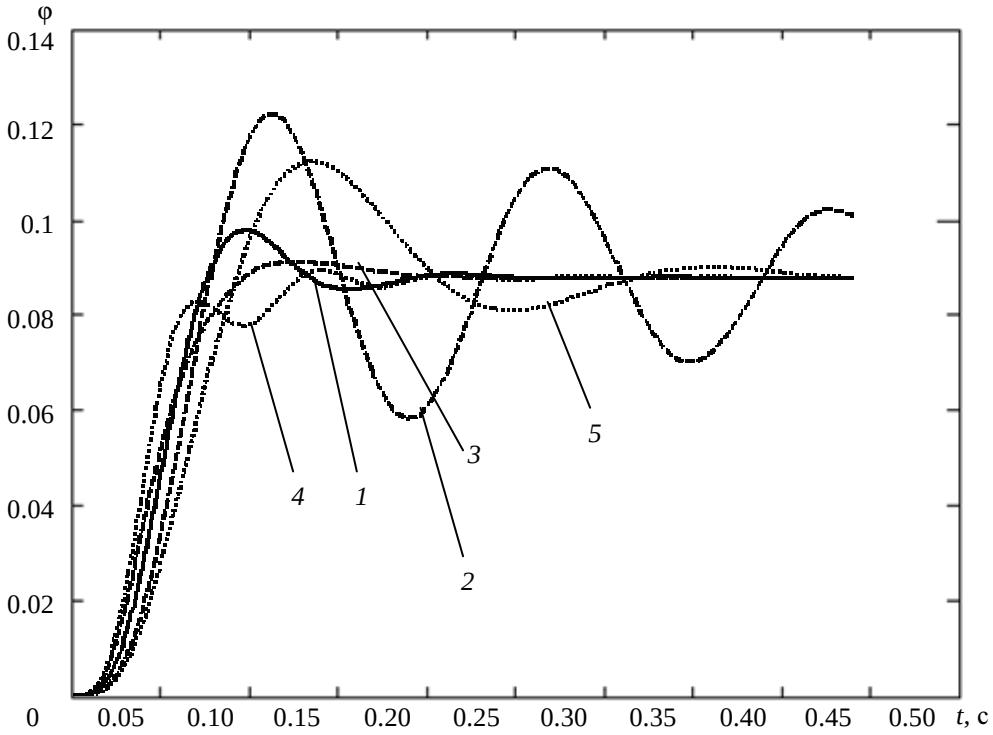


Рис. 1

Приведенные переходные характеристики системы (для углового положения исполнительной оси) показывают высокую эффективность модального управления как средства демпфирования упругих колебаний, но одновременно демонстрируют высокую чувствительность показателей качества динамики к вариациям параметров объекта управления.

Из большого числа методов синтеза робастных систем в настоящее время наиболее распространен подход, основанный на H_∞-теории [см. лит.]. На рис. 2 показана структура следящего привода антенны с двухмассовой моделью механической части. Модальное управление, реализованное в контуре регулирования скорости тремя обратными связями (по угловым скоростям двигателя и механизма и по моменту сил упругости), дополнено регулятором (также в контуре скорости), синтезированным средствами Robust Control Toolbox системы MATLAB. В контуре положения применено пропорциональное регулирование.

Как показало компьютерное моделирование, отдельно взятый контур скорости с модальным и робастным регуляторами обладает в силу особенностей синтеза H_∞-управления сильно сдвинутой вниз логарифмической амплитудной частотной характеристикой (ЛАХ) и, вследствие этого, низким быстродействием. Попытка повысить быстродействие увеличением контурного коэффициента усиления приводит к потере контуром скорости свойства робастности в отношении вариаций указанных выше двух параметров объекта управ-

ления, что проявляется в сильном разбросе переходных характеристик (рис. 3, где кривая *1* – переходная характеристика при номинальных значениях параметров системы; кривые *2* и *3* – при изменении аналогично рис. 1 коэффициента жесткости механической передачи; кривые *4* и *5* – при изменении момента инерции исполнительной массы).

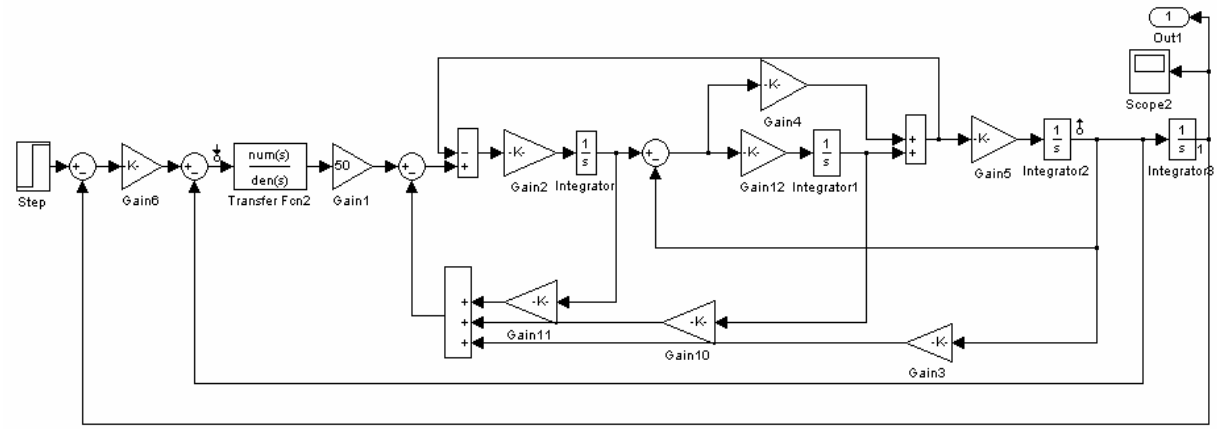


Рис. 2

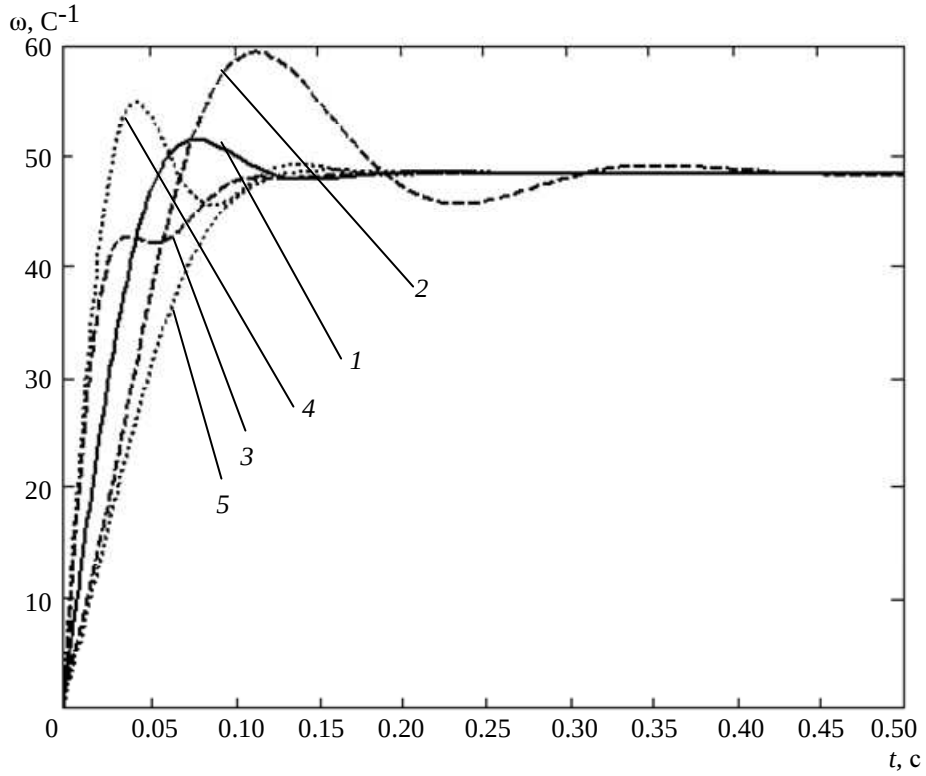


Рис. 3

Чтобы обеспечить робастность всей следящей системы, был применен следующий подход: не добиваться робастности контура скорости, а максимально разнести частоту среза контура положения и динамику контура скорости, что достигается назначением весовых матриц, регламентирующих границы низко- и среднечастотного участков ЛАХ разомкнутого контура скорости. Тогда вариации параметров объекта управления будут сказываться только на виде высокочастотной части ЛАХ следящей системы.

Как показало компьютерное моделирование, отклонения переходных характеристик системы при вариациях параметров от переходной характеристики при номинальных значениях параметров не превышают 2 %.

Хотя описанный метод оказывается вполне эффективным, все же он недостаточно формализован и поэтому непрактичен. Поэтому в данной статье предлагается другой (впрочем, идейно близкий) метод построения робастной системы, использующий в основном алгебраический подход. Он обеспечивает как желаемые (заданные) динамические характеристики следящей системы, так и робастность этой системы в отношении ее динамических свойств. Характерной чертой предлагаемого подхода является двухконтурная структура системы (рис. 4, где ω и φ – угловая скорость и положение исполнительной оси, $\varphi_з$ – задающее воздействие).

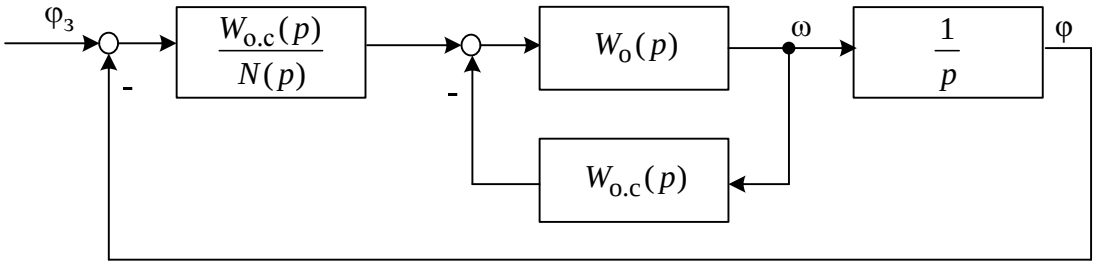


Рис. 4

Во внутреннем контуре (скорости) выбором значения коэффициента передачи пропорционального звена в прямой связи и надлежащего полинома в числителе передаточной функции динамического звена в обратной связи (коэффициентами этого полинома служат рассчитанные заранее параметры модального регулятора в контуре скорости) обеспечивается эффект инвариантности свойств контура к значениям параметров охваченной части:

$$W_{\text{к.с}}(p) = \frac{W_{\text{о}}(p)}{1 + W_{\text{о}}(p) W_{\text{о.с}}(p)} \approx \frac{1}{W_{\text{о.с}}(p)},$$

где $W_{\text{к.с}}(p)$ – передаточная функция контура скорости; $W_{\text{о}}(p)$ – передаточная функция охваченной части; $W_{\text{о.с}}(p)$ – передаточная функция обратной связи.

Следует заметить, что эффект инвариантности будет обеспечен только в том случае, если модальный регулятор будет представлен динамической обратной связью по скорости, а не набором обратных связей по переменным состояния контура скорости. В противном случае передаточная функция обратной связи $W_{\text{о.с}}(p)$ также будет зависеть от параметров охваченной части.

Передаточная функция последовательного корректирующего звена во внешнем контуре (положения) выбирается так, чтобы ее числитель компенсировал инерционность внутреннего контура, а знаменатель определяется исходя из требуемых динамических свойств следящей системы:

$$W_{\text{к.п. раз}}(p) = \frac{W_{\text{о.с}}(p)}{N(p)} \frac{1}{W_{\text{о.с}}(p)} \frac{1}{p} = \frac{1}{pN(p)}$$

$$W_{\text{к.п}}(p) = \frac{1}{pN(p) + 1},$$

где $W_{\text{к.п}}(p)$ – передаточная функция контура положения; $W_{\text{к.п. раз}}(p)$ – передаточная функция разомкнутого контура положения; $N(p) = n_0 p^m + n_1 p^{m-1} + \ldots + n_m$ – назначаемый разработчиком системы управления полином.

Компьютерное моделирование, результаты которого представлены на рис. 5 (*а* – при уменьшении коэффициента жесткости механической передачи в два раза, *б* – при увеличении коэффициента жесткости механической передачи в два раза, *в* – при уменьшении момента инерции исполнительной массы в два раза, *г* – при увеличении момента инерции исполнительной массы в два раза), подтвердило эффективность предложенного подхода: отклонения переходных характеристик системы при вариациях параметров от переходной характеристики при номинальных значениях параметров не превышают 1,5 %.

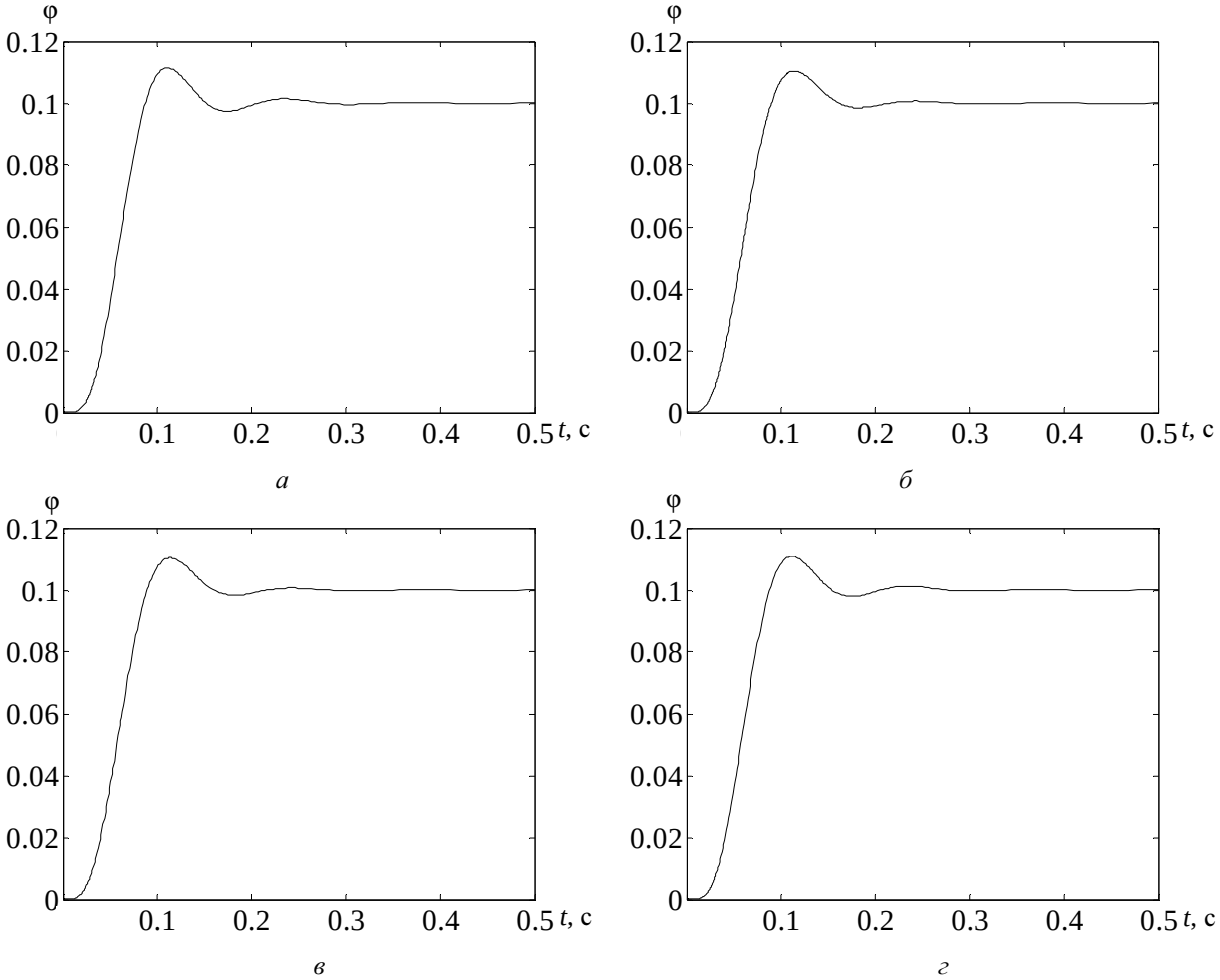


Рис. 5

Таким образом, предложенный в данной статье подход к обеспечению робастности систем автоматического управления являются достаточно эффективными. Существенным достоинством метода является его хорошая формализованность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Safonov M. G., Limebeer D. J. N., Chiang R. Y. Simplifying the H_∞ Theory via Loop Shifting, Matrix Pencil and Descriptor Concepts / Int. J. Contr. 1989. Vol. 50. № 6. P. 2467–2488.

V. B. Vtorov, A. V. Karev

ON AN APPROACH TO ROBUST SYSTEM DESIGN IN FREQUENCY DOMAIN

A problem of electromechanical follow-up system design providing slight sensitivity of system dynamics to the plant's parametrical perturbations or uncertainty is considered.

Robustness, modal control, parametric uncertainty

УДК 621.3(075.8)

М. П. Белов

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Рассматривается один из подходов к моделированию электромеханических комплексов, позволяющий анализировать процессы их функционирования, получать оценки выходных параметров различных предлагаемых вариантов технических решений и сравнивать их между собой.

Электромеханический комплекс, блочно-модульное моделирование, визуализация, математический пакет MATLAB

Электромеханический комплекс (ЭМК) содержит технически и экономически обоснованную номенклатуру изделий, созданных на единой конструктивной, элементной и технологической базе, с использованием блочно-модульного принципа построения на основе базовых модулей, взаимосвязанных между собой по функциональному назначению, техническим данным, и обеспечивает решение всех функциональных задач, соответствующих назначению комплекса.

Блочно-модульный принцип построения ЭМК основан на стандартных внутренних и внешних связях, рациональной структуре его функциональных устройств и конструктивных формах и предусматривает их агрегатирование в комплексах измерительной, вычислительной, аналитической и других видов техники для построения систем информации, контроля, регулирования и управления.

Применение блочно-модульного принципа построения изделий делает средства автоматизации более универсальными, позволяет использовать при их создании рациональный минимум конструктивных элементов (сокращается количество наименований деталей). Вместе с тем возможность простой и легкой замены отдельных узлов позволяет модернизировать эти средства автоматизации в процессе эксплуатации, повышает их ремонтопригодность и расширяет круг решаемых ими задач (путем различных сочетаний функциональных звеньев и введением специализированных деталей) [1].

Программное обеспечение, используемое при создании новых и модернизации действующих ЭМК, весьма разнообразно и охватывает широкий круг решаемых задач. Эти средства используются на стадиях проектирования, наладки и эксплуатации оборудования (рис. 1).

Программные средства проектирования автоматизированных электроприводов включают в себя компьютерные средства для расчета режимов работы приводов и механизмов, выбора силовых модулей (питающих, приводных, тормозных, фильтрующих, защитных и др.) и модулей управления (процессорных, интерфейсных, информационных, технологических и др.), образующих конфигурацию комплектного электропривода или комбинацию комплектных электроприводов, адаптированных к объекту. Такие средства инжиниринга разрабатываются производителями и формализованы до стадии получения спецификации на заказ электрооборудования.

К иным инжиниринговым средствам относятся средства автоматизации проектирования электротехнического оборудования, находящегося в составе машин и комплексов.

Особое место в проектировании ЭМК занимают компьютерное исследование и обоснование принимаемых решений в части взаимного согласования оборудования в составе комплекса.

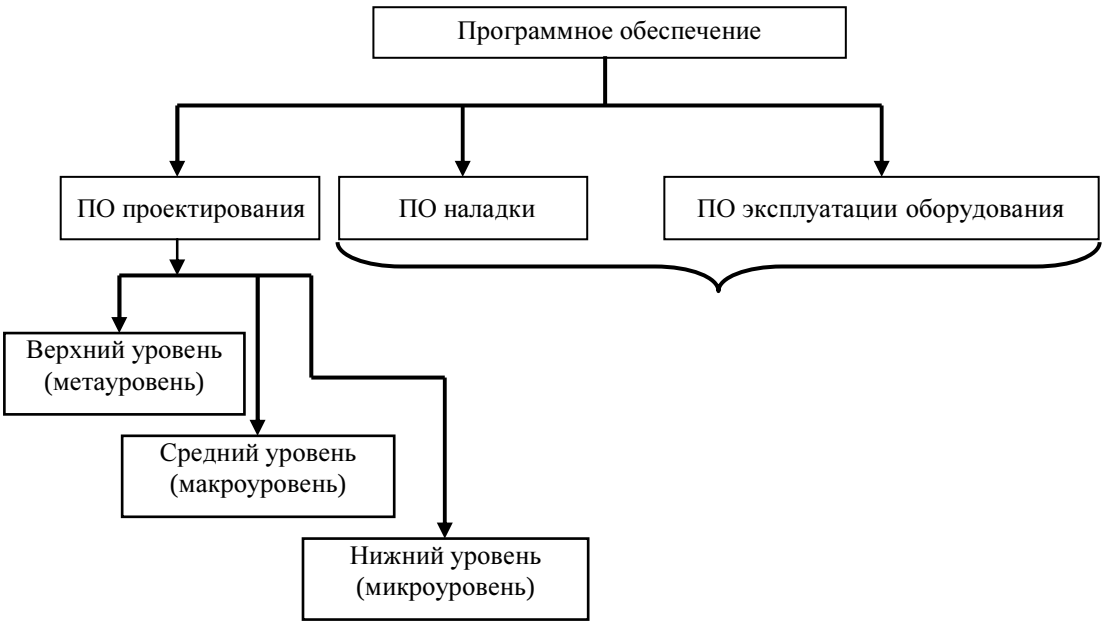


Рис. 1

Эффективность проектирования и проведения пуско-наладочных работ повышается, если при исследовании ЭМК применяется визуализация динамических процессов в нем.

Независимо от разбиения конкретной автоматизированной СУ на подсистемы при проектировании каждой из них выполняется внешнее и внутреннее проектирование (макро- и микропроектирование). На стадии макропроектирования разрабатывается обобщенная модель процесса функционирования, позволяющая разработчику получить ответы на вопросы об эффективности различных алгоритмов управления объектом при его взаимодействии с внешней средой.

Для работы на этапе макропроектирования разрабатываемая программная система должна иметь библиотеку модулей, отражающих конфигурацию и свойства типовых элементов ЭМК и эмулятор программируемого контроллера, функциональным назначением которого является непосредственно реализация алгоритма управления.

Использование универсальных алгоритмических языков часто неудобно для разработки программного обеспечения машинных экспериментов и обеспечения общения че-

ловека с ПК. Стремление максимально упростить общение с ПК обусловило работы по созданию специальных языков имитационного моделирования (ЯИМ), в которых предусматриваются способы организации данных, обеспечивающие простое и эффективное моделирование, удобные средства формализации и воспроизведения динамических свойств моделируемой системы и возможность имитации стохастических систем, т. е. процедуры генерирования и анализа случайных величин и временных рядов.

Поэтому преимущества блочно-модульного построения ЭМК можно перенести и на процесс моделирования.

На первом этапе исследования СУ ЭМК необходимо сформулировать цель управления, установить требования, предъявляемые к динамическим характеристикам СУ ЭМК, необходимо определить требования к ее параметрам. Требования к параметрам необходимо при этом связать с качеством функционирования ЭМК.

При описании множества моделей учитываются требования к свободным движениям собственно СУ ЭМК, свойствам каналов передач систем со связями со средой и вынужденных движений СУ при воздействии на них внешних возмущающих воздействий, а также к дополнительным движениям, вызванным вариациями характеристик элементов и неполной определенностью моделей.

Таким образом, задачами анализа систем управления являются:

– установление устойчивости, инвариантности и робастности;

– вычисление показателей качества (точности и качества процессов управления и обработки информации);

– исследование влияния квантования информации по времени и уровню на ошибку выходной координаты (в случае цифровой СУ);

– вывод об удовлетворительном (или неудовлетворительном) поведении системы.

В связи с тем, что СУ ЭМК решают производственные задачи в различных отраслях промышленности, исследование сложных и эффективных законов управления является актуальной задачей.

Разумеется, проблемы анализа СУ ЭМК ни в коей мере не исчерпываются рассмотренными здесь задачами.

Проведение анализа задачи моделирования системы включает: а) выбор критериев оценки эффективности процесса функционирования системы; б) определение эндогенных и экзогенных переменных модели; в) выбор возможных методов идентификации; г) выполнение предварительного анализа содержания этапа алгоритмизации модели системы и ее машинной реализации; д) выполнение предварительного анализа содержания этапа получения и интерпретации результатов компьютерного моделирования [2].

Для моделирования, имитации и анализа динамических систем применяется интерактивный инструмент Math Works MATLAB Simulink. Он позволяет при помощи графических блок-диаграмм моделировать динамические системы, исследовать их работоспособность. Simulink полностью интегрирован с MATLAB, обеспечивая немедленный доступ к широкому спектру инструментов анализа и проектирования. Simulink также интегрируется с приложением MATLAB Stateflow для моделирования поведения, управляемого событиями.

Эти преимущества делают Simulink наиболее популярным инструментом для проектирования систем управления и коммуникации, цифровой обработки и других приложений.

Для решения поставленных задач применяют математический пакет MATLAB, дописав недостающие функции (программные единицы) [2].

Для того чтобы написать модуль, расширяющий набор функций MATLAB, нужно создать обычную динамическую библиотеку (DLL) для Microsoft Windows со специальным набором функций (интерфейсом) с помощью системы программирования Borland C++ Builder версия 6.0, которая является одной из систем программирования для разработок, ориентированных на концепцию визуально-событийного программирования.

В документации по системе MATLAB для подобных расширений употребляется термин MEX-файл (Matlab EXtension). Специально назначать MEX в качестве расширения имени файла необязательно, MATLAB может работать и со стандартным расширением подобных динамических библиотек – DLL.

Папка \matlab\extern на диске, на котором установлена система, содержит все необходимые файлы-заголовки для программ на C (каталог \matlab\extern\include), а также несколько примеров модулей (\matlab\extern\examples), реализующих некоторые расширения системы, которые приведены целиком в виде исходных текстов программ на C.

Кроме того, имеется папка \matlab\extern\src, в которой приведен исходный текст некоторых вспомогательных функций, весьма облегчающий отладку модулей расширения MATLAB.

В модулях-расширениях MATLAB (MEX-файлах) для обмена параметрами всех типов с вычислительной средой MATLAB используется одна структура – mxArray (Matlab Extension Array).

Программный интерфейс создаваемой динамической библиотеки достаточно прост: в нем должна быть экспортирована единственная функция с двумя параметрами – входным массивом структур mxArray и выходным массивом структур mxArray.

Прототип интерфейсной функции объявлен в заголовочном файле \matlab\extern\include\mex.h.

Порядок создания dll-файла в Borland C++ Builder версия 6.0, вызываемого из MATLAB:

1. File->New

Откроется диалог "New" вкладка "Projects":

а) выбираем тип создаваемого проекта: Win32 Dynamic-Link Library

б) заполняем Project Name: {prog1}

Location: {указываем путь к нужной директории}

2. File->New

Откроется диалог "New" вкладка "Files":

а) выбираем тип создаваемого файла: C++ source file

б) заполняем File Name: {prog1}

3. Скопировать в директорию проекта файл matlab.lib (прилагается)

4. Добавить скопированный файл к проекту:

Project->Add ToProject->Files-> matlab.lib

5. Работа с C++-ым файлом, входящим в проект:

обязательно включить следующие хедеры:

```
#include <windows>
#include <mex.h>
#include <matrix.h>
    ……
```

(Далее идет текст нужной программы (функции).)

6. Добавить к проекту файл {prog1.def}:

а) File->New: откроется диалог "New" вкладка "Files":

б) выбираем тип создаваемого файла: text files

с) заполняем File Name: {prog1.def}

7. Открыть {prog1.def} и заполнить его:

```
LIBRARY   "{prog1}"
EXPORTS
mexFunction
```

8. Tool->Options->Вкладка "Directories" включить путь:

C:\MATLAB\extern\include

9. Project->Settings: Output file name: {prog1.dll}

10. F7 (Build) -> создастся файл {prog1.dll}

11. Открываем MATLAB

12. File->Set Path: указываем путь к созданному dll-файлу

13. С командной строчки MATLAB:

>>{prog1} а выполнится нужный С++-ный код.

Если для исследования ЭМК применяется подсистема моделирования динамических процессов Math Works MATLAB Simulink, то для создания нужного блока целесообразно применять технологию S-функций (Simulink-функции). С помощью языков программирования (C, C++, Ada или Fortran) пользователь может создавать описание сколь угодно сложных блоков (блоков, обеспечивающих взаимодействие системы Simulink с аппаратными средствами; блоков на основе математических уравнений; блоков, реализующих анимационные возможности) и включить их в Simulink-модель, при этом они ничем не отличаются от стандартных библиотечных блоков системы Simulink. Создаваемые блоки могут реализовывать непрерывные, дискретные или гибридные (дискретно-непрерывные) модели. S-функции, созданные на языках C, C++, Ada или Fortran, компилируются в исполняемые файлы с расширением *.dll.

В качестве примера рассмотрим компьютерное исследование системы управления ножницами с катящимся резом.

При визуализации лист металла представлен в виде параллепипеда с соответствующими размерами (класс Metal), ножницы представляются как сектор круга (класса CecNoj), рулон листового металла – в виде круга (класса CkrugMet), по мере резания металла диаметр круга уменьшается.

Далее приведен один из возможных вариантов текста программы реализующей визуализацию процесса заправки полосы металла на ножницы и мерную резку металла.

```
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop
```

```
#include "Metal_05_.h"
#include <math.h>
#include <conio.h>
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
int x = 40, y = 50; // начальное положение базовой точки
int dx=4,dy=4,clw=1; // шаг сетки
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner): TForm(Owner)
{
}
void __fastcall TForm1::Metal(int x, int y) {
  TColor pc,bc;
  pc = Canvas->Pen->Color;
  bc = Canvas->Brush->Color;
  dx+=1; clw+=1;
  Canvas->Pen->Color = clBlack;
  Canvas->Brush->Color = clWhite;
  Canvas->Rectangle(x,y-2*dy,x+8*dx,y-4*dy);
  Canvas->Ellipse(10,35,50,80);
  Canvas->Ellipse(40,35,80,80);
  Canvas->Ellipse(70,35,110,80);
  Canvas->Pen->Color = clBlack;
  Canvas->MoveTo(x+dx,y-4*dy);
  Canvas->LineTo(x+8*dx,y-6*dy);
  Canvas->MoveTo(x+8*dx,y-4*dy);
  Canvas->LineTo(x+14*dx,y-6*dy);
  Canvas->MoveTo(x+8*dx,y-2.1*dy);
  Canvas->LineTo(x+14*dx,y-4.1*dy);
  Canvas->MoveTo(x+8*dx,y-6*dy);
  Canvas->LineTo(x+14*dx,y-6*dy);
  Canvas->MoveTo(x+14*dx,y-4*dy);
  Canvas->LineTo(x+14*dx,y-6*dy);
  Canvas->LineTo(x+44*dx,y-16*dy);
  Canvas->Pen->Color = pc;
  Canvas->Brush->Color = bc; }
void __fastcall TForm1::Timer1Timer(TObject *Sender) {
    x=30;
    if (clw > 20) { Canvas->Pen->Color = clBlack;
    Canvas->Ellipse(210,20,400,48);
        x= 30; dx=4; clw=0; y=50; }
     Canvas->Brush->Color = Form1->Color;
```

```
    Canvas->FillRect(Rect(1,1,ClientWidth,ClientHeight));
    Metal(x,y); }
void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender) {
    Timer1->Interval = 250;
    Timer1->Enabled = true; }
```

Дополнив рассмотренную программу возможностью управления координатами и графиком перемещения, ограничителями движения полотна и другими элементами, на экране дисплея при исследовании динамики отображаются на рис. 2 следующие динамические картинки, полученные при исследовании динамики процесса резания металла: *а* –

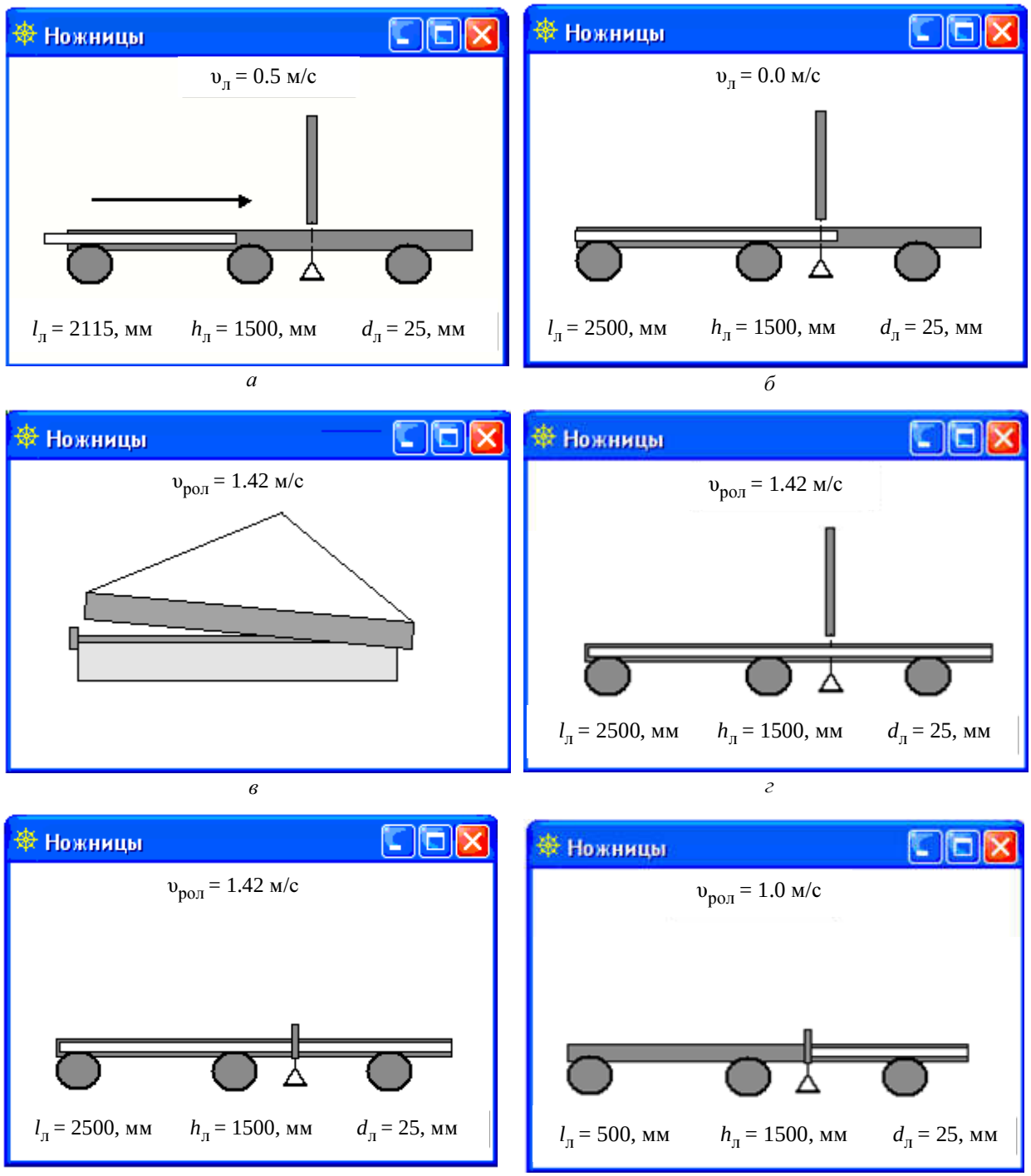


Рис. 2

поступление листа на рольганг перед ножницами; *б* – остановка листа для выравнивания у борта рольганга, выравнивание листа, установка листа для реза переднего конца; *в* – окончание реза переднего конца; *г* – установка листа на мерный рез при перемещении по рольгангам; *д* – окончание реза листа с включением рольгангов качающегося и за ножницами; *е* – включение рольганга перед ножницами для транспортирования второй части листа для реза заднего конца, остановка второй части листа для отрезания заднего конца, окончание процесса; $v_л$ – скорость листа; $v_{рол}$ – скорость рольганга.

Таким образом, используя предложенную методику, можно 1 – проводить компьютерные исследования технологических комплексов; 2 – отрабатывать различные режимы их работы в реальном времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. Учебник для вузов. 3-е изд. М.: Изд. центр «Академия». 2007. 576 с.

2. Белов М. П. Компьютерные технологии в задачах синтеза и исследования автоматизированных электромеханических комплексов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. 230 с.

M. P. Belov

THE APPROACH TO MODELING OF ELECTROMECHANICAL COMPLEXES

One of approaches of modeling of the electromechanical complexes is considered, allowing to analyze processes of their functioning, to receive estimations of output parameters of various offered variants of technical decisions and to compare them among themselves.

Electromechanical complex, block-modular modeling, visualization, mathematical packet MATLAB

УДК 534.27

М. М. Шевелько, А. Н. Перегудов,
А. А. Поженская, А. И. Лутовинов

РАЗДЕЛЕНИЕ МОД КОЛЕБАНИЙ ПРИ ОТРАЖЕНИИ И ПРЕЛОМЛЕНИИ УПРУГИХ ВОЛН В УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СЕНСОРАХ ДВИЖЕНИЯ

Проанализирована возможность разделения мод колебаний с использованием закономерностей отражения и преломления в условиях вращения звукопровода. Показаны способы применения этого явления в датчиках движения. Рассмотрены примеры конструкций твердотельных чувствительных элементов датчиков вращения с использованием ОАВ. Получены выражения для определения принципиальных параметров конструкций.

Датчики вращения, объемные акустические волны, поляризация волн

Исследование возможности построения твердотельных сенсоров движения на базе распространяющихся в среде ультразвуковых волн потребовало нахождения способов выделения информативных мод колебаний. Создание таких сенсоров возможно благодаря специфическому движению частиц в среде в условиях вращения. Анализ этого явления приведен в работе [1] и лежит в основе работы твердотельных датчиков. Сущность описанного явления заключается в том, что при распространении поперечной волны во вращающейся среде направление колебаний частиц среды непрерывно меняется. При этом линейный характер движения частиц сохраняется, но меняется направление вектора поляризации упругой волны. В случаях, когда вращение среды происходит вокруг оси, совпадающей с направлением распространения волны, вектор поляризации сдвиговой волны изменяет свое направление на величину $\alpha = \tau\,\Omega$, где Ω – скорость вращения, τ – время распространения ультразвуковых колебаний [1]. Это может быть представлено как появление новой волны с ортогональным вектором поляризации, амплитуда которой $\xi_c = \xi_0 \sin(\Omega\tau)$, где ξ_0 – амплитуда основной волны. Таким образом, измеряя амплитуду возникшей новой волны, можно определить скорость вращения среды.

Описанное авторами явление [1] было предложено для построения чувствительного элемента в датчике вращения [2]. В этом устройстве (рис. 1) источник И и приемник П колебаний сдвиговых акустических волн расположены соосно на звукопроводе, но углы их

поляризации отличаются на 90°. Другими словами возбуждаемая волна исходной поляризации не может приниматься приемником. Однако в случае вращения звукопровода возникают колебания, ортогональные первоначальным, и приемный преобразователь фиксирует их появление. Испытания опытного образца такого устройства наглядно показали возможность применения этого явления для построения ультразвуковых гироскопов.

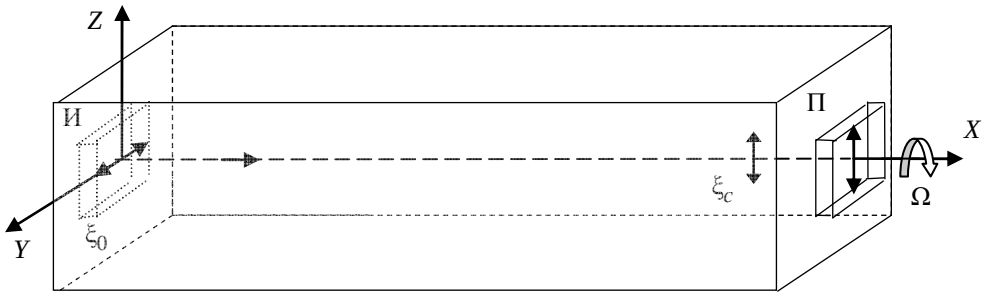


Рис. 1

В настоящей статье рассматриваются другие способы разделения мод колебаний для определения скорости вращательного движения. Первый из них основан на законах отражения объемных акустических волн от свободной границы, а другой – преломления на границе двух сред.

Известно, что при падении поперечной волны на поверхность, параллельную ее вектору поляризации, как при отражении, так и при преломлении возникает лишь поперечная волна той же поляризации. Если же эта параллельность нарушается, то возможно появление других волн, в том числе с продольной поляризацией. Таким способом осуществляется разделение мод колебаний, которое может быть положено в основу построения ультразвуковых сенсоров движения. В обоих рассматриваемых случаях в звукопровод излучается поперечная волна с вектором поляризации, параллельным границе раздела сред. При вращении направление поляризации меняется и исходная параллельность нарушается. При этом как при отражении, так и при преломлении происходит трансформация возникшей ортогональной моды в волну продольной поляризации. Таким образом, разделение исходной и информационной мод колебаний осуществляется:

– пространственно: продольная и поперечная волны, отраженные/преломленные на границе сред, в твердом звукопроводе распространяются в разных направлениях (пространственно разделены);

– поляризационно: приемный преобразователь является приемником продольной волны.

В таком случае о скорости вращения можно судить по амплитуде продольной волны: в одном случае отраженной, а в другом – преломленной.

Первый способ разделения мод колебаний – с использованием трансформации ОАВ при отражении – схематически показан на рис. 2.

Преобразователь П1 излучает в направлении оси X поперечные колебания ξ_0, направление поляризации которых параллельно отражающей границе. При вращении вокруг оси X появляется ортогональная компонента колебаний ξ_c. В этом случае при отражении от свободной границы возникает волна продольной поляризации ξ_l. Последняя принима-

ется приемным преобразователем П2 (рис. 2, 3). Угол скоса грани Θ должен быть таким, чтобы возникающая при вращении продольная волна падала на приемный преобразовать нормально. Это способствует получению максимальной амплитуды сигнала на приемном преобразователе. Многократные переотражения поперечной волны в звукопроводе могут создавать помехи на приемном преобразователе. Для их гашения создают конструктивные канавки или шероховатости на боковой поверхности звукопровода.

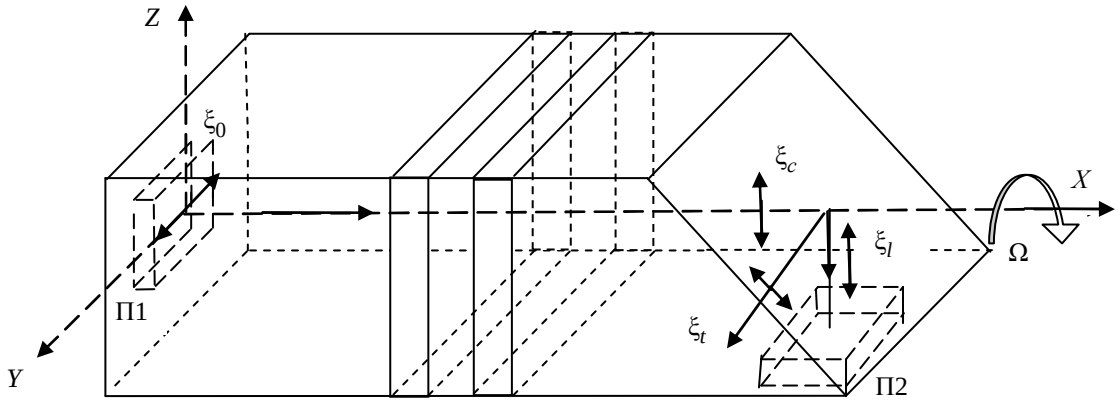


Рис. 2

Величина угла скоса Θ (рис. 3) рассчитывается исходя из условия нормальности падения продольной волны на приемник. Тогда с учетом закона Снеллиуса имеем:

$$\Theta_t + \Theta_l = 90^\circ,$$

$$\Theta_t = 90^\circ - \Theta_l,$$

$$\frac{\sin\Theta_l}{c_l} = \frac{\sin\Theta_t}{c_t},$$

где Θ_t, Θ_l – углы направлений распространения исходной поперечной и отраженной продольной волн соответственно. Отметим, что величины угла отражения продольной волны и угла скоса звукопровода равны между собой (как углы со взаимно-перпендикулярными сторонами), т. е. угол скоса $\Theta = \Theta_l$; c_t, c_l – скорости поперечной и продольной волн соответственно.

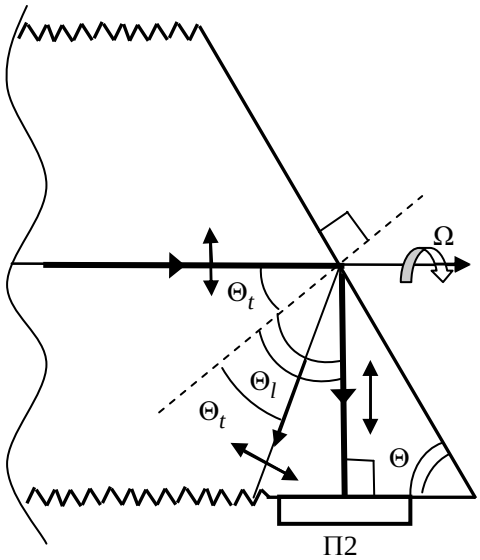


Рис. 3

Последние выражения позволяют получить величину угла скоса:

$$\Theta = \mathrm{arctg}\frac{c_l}{c_t}. \qquad (1)$$

Таким образом, величина угла Θ зависит от выбранного материала, а точнее – от отношения скоростей распространяющихся в нем объемных волн. Если параметры среды известны недостаточно точно, то продольная волна будет падать на приемник не нормально, что приведет к уменьшению уровня сигнала. В качестве материалов звукопровода желательно использовать среды с высокой стабильностью скорости распространения в

них акустических волн. В качестве таких материалов можно, например, использовать специально разработанные для ультразвуковых линий задержки термостабильные стекла.

В качестве примера для одной из марок промышленных стекол (c_t = 2600 м/с, c_l = 4250 м/с, [3]) рассчитанный по формуле (1) угол скоса Θ составляет 58,543° (1,022 рад).

Недостаточное знание акустических свойств материала звукопровода приводит к ошибке в расчете угла Θ. В работе оценивалась требуемая точность определения скоростей продольных и поперечных волн в звукопроводе. Ослабление сигнала, связанное с ненормальностью падения, описывается диаграммой направленности приемного преобразователя [4]:

$$\Phi(\alpha) = \frac{2J1(kr\sin\alpha)}{kr\sin\alpha},$$

где $J1$ – функция Бесселя первого порядка; r – радиус круглого поршневого приемника; $k = \dfrac{\omega}{c_l}$ – волновое число.

Из формулы (1) следует, что погрешность в определении скоростей

$$\Delta\left(\frac{c_l}{c_t}\right) = \frac{\partial(\mathrm{tg}\,\Theta)}{\partial\Theta}\Delta\alpha.$$

Так как погрешность в угле скоса $\Delta\Theta$ приведет к такому же значению отклонения от нормального падения $\Delta\alpha$, то погрешность в определении отношения скоростей

$$\Delta\left(\frac{c_l}{c_t}\right) = \frac{\partial(\mathrm{tg}\,\Theta)}{\partial\Theta}\Delta\Theta = \frac{1}{\cos^2\Theta}\Delta\Theta.$$

Значение $\Delta\alpha$ определялось на уровне 0,9 диаграммы направленности. Для примера были проведены расчеты для частот 5 и 15 МГц в звукопроводе из стекла при радиусе приемника 5 мм и для частот 15, 25 и 50 МГц с приемником радиусом 2,5 мм. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	f, МГц				
	5	10	15	25	50
r, м	$5\cdot10^{-3}$		$2,5\cdot10^{-3}$		
$\Delta\alpha$, ...°	1,432	0,47	0,917	0,564	0,282
$\Delta\left(\frac{c_l}{c_t}\right)\Big/\frac{c_l}{c_t}$, %	5,6	1,8	3,6	2,2	1,1

Видно, что с увеличением частоты уменьшается допустимый угол падения волны на приемник относительно нормали и, следовательно, повышаются требования к точности определения параметров среды. Важно также отметить, что такие точности определения скоростей технически осуществимы.

Чувствительность датчика вращения с учетом коэффициента отражения R_{tl} определяется так:

$$\frac{\xi_l}{\xi_0} = R_{\mathrm{tl}}\sin\left(\frac{\Omega x}{c_t}\right), \qquad (2)$$

где x – расстояние от излучающего преобразователя до отражающей грани; R_{tl} – коэффициент трансформации, зависящий от среды распространения (для звукопровода, выполненного из стекла, он равен 0,839). Видно, что для увеличения чувствительности при заданном размере звукопровода x желательны материалы с малой скоростью распространения поперечной волны.

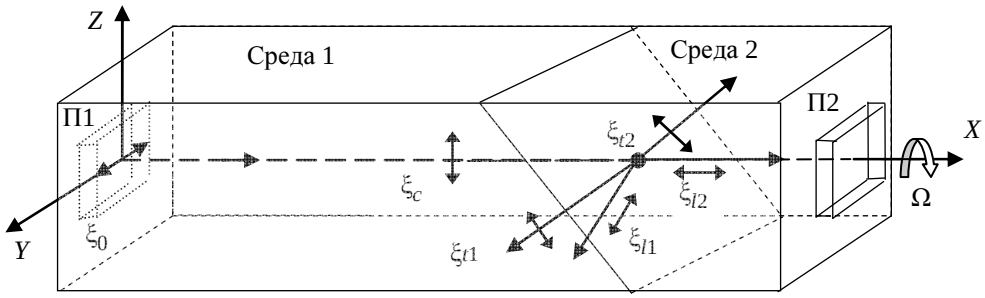


Рис. 4

Второй способ разделения мод колебаний основан на преломлении объемных акустических волн на границе раздела (рис. 4). Преобразователь П1 в среде 1 излучает в направлении оси X поперечные колебания ξ_0, направление поляризации которых параллельно границе раздела сред двух жесткосцепленных изотропных материалов (среды 1 и среды 2). При отражении и преломлении в этом случае возникают лишь поперечные волны такой же поляризации. При вращении звукопровода вокруг оси X излученная поперечная волна ξ_0 приобретает ортогональные компоненты ξ_c, ведущие к появлению продольных смещений на границе раздела сред. Возникшая при этом продольная волна ξ_{l2}, преломленная в среду 2, в предлагаемом способе является информативной. В конструкции (рис. 4) предполагается, что исходная поперечная и преломленная продольная волны распространяются в одном направлении, поэтому приемный преобразователь продольных колебаний П2 расположен соосно с излучающим преобразователем. При соответствующих расчетах возможны конструкции с другим расположением приемника в зависимости от отклонения преломленной продольной волны.

Как видно из рис. 5, для сохранения направления распространения продольной волны требуется, чтобы угол преломления продольной волны был таким же, как угол падения поперечной волны на границу раздела сред. Согласно закону Снеллиуса это соответствует случаю, когда скорость поперечных волн в среде 1 равна скорости продольных волн в среде 2. Условие строгого равенства является идеализированным и на практике может быть достигнуто в определенном приближении.

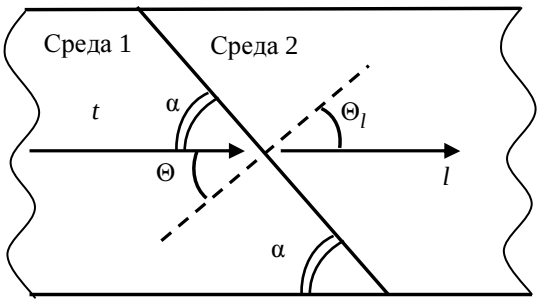


Рис. 5

В силу того, что скорости волн в первой и второй средах одинаковы, при любой ориентации границы раздела сред направление распространения поперечной и продольной волн остается неизменным. Другими словами, при выполнении ограничения, наложенного на акустические свойства обоих материалов, под каким бы углом ни были склеены составляющие конструкции, волны будут распространяться прямолинейно (рис. 4). Исклю-

чением является ситуация, когда поперечная волна падает на границу раздела нормально, и, следовательно, не возникают продольные составляющие колебаний. Выбор угла наклона границы раздела в данном случае связан с получением максимального коэффициента трансформации по смещению.

В табл. 2 приведены примеры сочетаний материалов с близкими значениями скоростей поперечной и продольной волн.

Таблица 2

Скорость, м/с	Вид сочетания							
	1		2		3		4	
	К-8*	ТФ-4*	Медь	Бронза	Сталь	Олово	Железо	Золото
c_l	5985	3800	4720	3720	5920	3320	5910	3240
c_t	3700	2235	3720	2400	3280	1670	3230	1200

* – промышленные оптические стекла.

Коэффициент трансформации T_{tl} поперечной волны в продольную при прохождении из среды 1 в среду 2 находился из системы уравнений для соотношений амплитуд, записанных в матричной форме [5]. На рис. 6 показаны рассчитанные зависимости коэффициента трансформации T_{tl} от величины угла наклона границы раздела сред Θ при сочетании различных материалов.

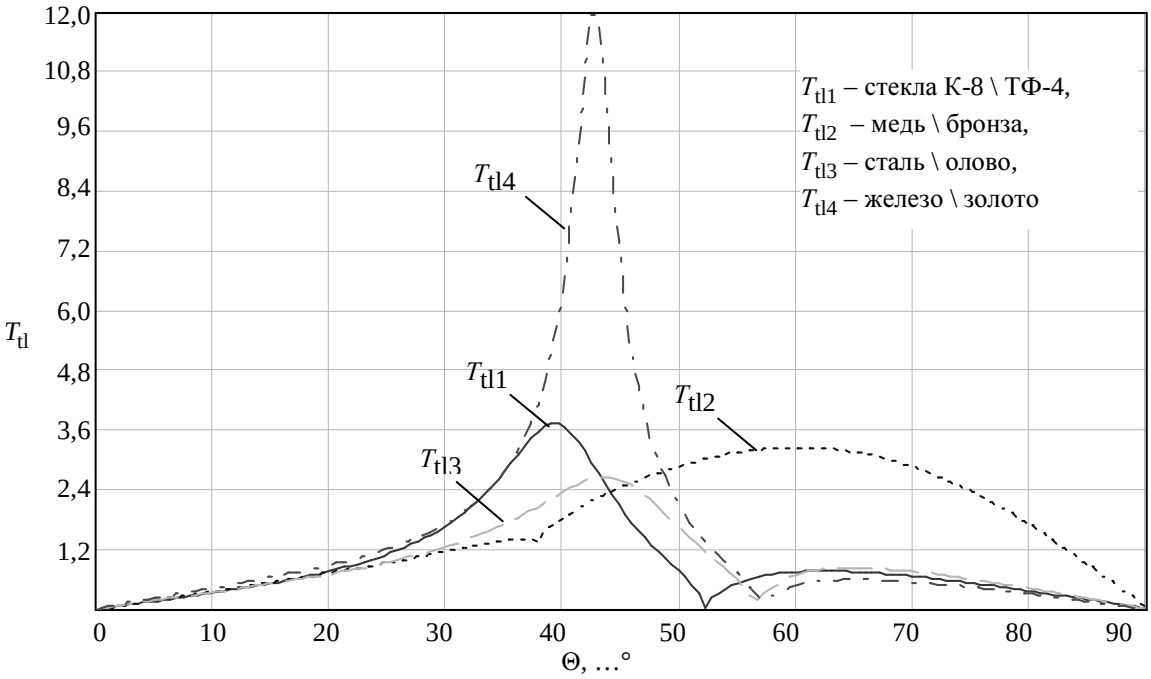


Рис. 6

Величины углов, соответствующих максимумам коэффициента трансформации, и являются оптимальными углами наклона границ раздела. Как видно из графиков, величины этих углов отличаются в разных средах. Для стекол α = 39,216°, медь\бронза α = 60,097°, сталь \ олово α = 43,552°, железо \ золото α = 42,661°. Чувствительность такого датчика определяется по формуле, аналогичной (2), однако если в датчике на отражение коэффициент преобразования поперечной волны в продольную $R_{tl} < 1$, то, как видно из рис. 6, в конструкции на преломление этот коэффициент $T_{tl} >> 1$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gribkova E., Peregudov A., Shevelko M. Theoretical and Experimental Researches of Bulk Acoustic Wave's Availability in Angular Motion Sensors // Proc. of the IEEE Russia. 2011. № 1.

2. Пат. РФ № 2397445, МПК G01C 19/58. / Е. С. Грибкова, Д. П. Лукьянов, А. Н. Перегудов, М. М. Шевелько. Чувствительный элемент гироскопа. Заявл. 18.05.2009; Опубл. 20.08.2010.

3. Ермолов И. Н., Алешин Н. П., Неразрушающий контроль. Кн. 2. Акустические методы неразрушающего контроля. М.: Высш. шк., 1991.

4. Лепендин Л. Ф. Акустика. М.: Высш. шк., 1979.

5. Физическая акустика. Т. 1. Методы и приборы ультразвуковых исследований. Ч. А / под ред. У. Мэзона. М.: Мир, 1966. С. 108.

M. M. Shevelko, A. N. Peregudov, A. A. Pozhenskaya, A. I. Lutovinov

THE SEPARATION OF MODES OF ACOUSTIC VIBRATIONS IN THE REFLECTION AND REFRACTION OF ELASTIC WAVES IN ULTRASOUND MOTION SENSORS

The possibility of separation of vibration modes using the laws of reflection and refraction in conditions of waveguide rotation was analyzed. Application ways of this effect for motion sensors are shown. Examples of solid-state sensitive elements in rotation sensors using BAW are considered. Expressions for the determination of fundamental parameters of structures are obtained.

Rotation sensors, bulk acoustic waves, polarization of waves

УДК 616 – 073.756.8 + 534.231.3

А. А. Семченков, А. Н. Калиниченко

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МЕТОДА ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Описан новый метод электроимпедансной диагностики рака молочной железы. Приведены результаты моделирования электроимпедансного исследования молочной железы с использованием трехмерной резисторной модели.

Электроимпедансная маммография, электроимпедансная томография, диагностика рака молочной железы

Рентгеновская маммография является на сегодняшний день стандартным методом визуализации, который используется для раннего выявления рака молочной железы. К сожалению, эта процедура неудобна или даже болезненна для многих женщин, высокая стоимость системы сдерживает ее широкое применение, а ионизирующее облучение наносит вред тканям молочной железы.

Ранняя диагностика злокачественных новообразований молочной железы существенно повышает эффективность лечения. Одной из основных составляющих ранней диагностики является реализация скриниговых программ. При этом диагностические методы скрининга должны быть безопасны, просты, недороги, высокочувствительны и специфичны.

Свойства электрического импеданса давно используются для разделения здоровой и раковой тканей. Электроимпедансная томография – это неинвазивный метод диагностики, вычисляющий электрические свойства внутри тела по измерениям, сделанным на его поверхности. Обычно токи инжектируются в тело через электроды, расположенные на его поверхности, и измеряются напряжения, образующиеся на электродах. Так как электрические свойства многих раковых опухолей отличаются от окружающей здоровой ткани – это факт, который известен уже семь десятилетий [1], – изображение этих свойств ткани может представлять полезную диагностическую информацию. Суровиц и другие [2] установили явное отличие проводимости и диэлектрических свойств свежесрезанных проточных и дольковых раковых опухолей от соответствующих свойств соседней ткани (in vitro). Эти открытия согласуются с данными, полученными для многих других органов, и могут быть вызваны вы-

соким содержанием воды в опухолях в сравнении со здоровой тканью. Другие исследования вырезанных опухолей показали схожие результаты. Сваруп и другие [3] исследовали диэлектрические свойства фибросаркомы (МСА-1) мыши в диапазоне частот между 10 и 100 кГц и нашли значительные различия между опухолью и окружающей нормальной тканью. Патологии молочной железы, которые могут образовываться подобно карциномам рядом с раковыми опухолями и здоровыми тканями, были исследованы Моримотои др. [4] (in vitro).

Материалы и методы. Точность метода электроимпедансной диагностики определяется конструкцией прибора, схемой сканирования и алгоритмом реконструкции распределения проводимости.

Авторами предложен новый метод электроимпедансного сканирования молочной железы, отличающийся от известных выбором пар токовых электродов и, соответственно, алгоритмом реконструкции проводимости молочной железы. Сканирующая матрица состоит из 256 электродов, расположенных в узлах воображаемой прямоугольной сетки на поверхности молочной железы. В качестве токовых выбираются крайние электроды продольных и поперечных рядов матрицы (рис. 1). При этом на остальных (не токовых) электродах измеряют электрические потенциалы. Место подключения положительного полюса источника тока отмечено кругом с перекрестием внутри, положение отрицательного полюса отмечено пустым кругом. Порядковые номера пар токовых электродов обозначены цифрами в квадратах.

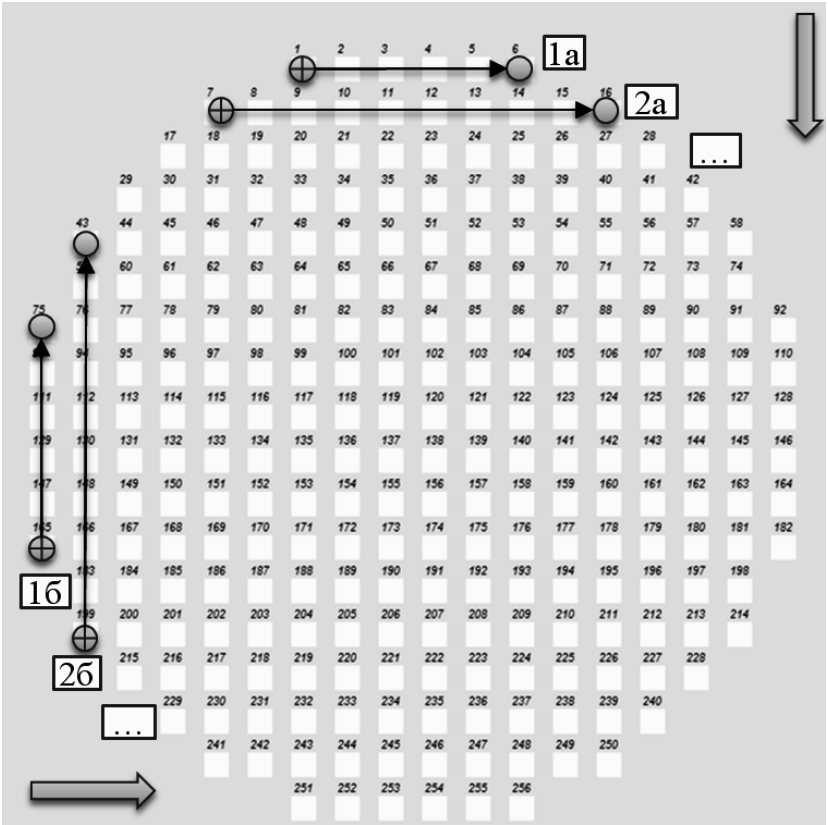


Рис. 1

Для моделирования работы метода была использована компьютерная модель, представляющая собой матрицу из 3700 резисторов в форме цилиндра [5]. Форма цилиндра выбрана исходя из того, что при наложении двухмерного массива жестко закрепленных электродов на поверхность молочной железы последняя приобретает форму, близкую к цилиндрической.

Верхний слой цилиндрической модели, соответствующий слою кожи молочной железы, состоит из резисторов номиналом 1 кОм. Из резисторов верхнего слоя образуется 256 узловых соединений, к каждому из которых с помощью мультиплексора может подключаться положительный полюс источника тока, в то время как в остальных узлах верхнего слоя рассчитываются значения напряжений. Внутренние слои модели (со второго по пятый) состоят из резисторов номиналом 100 Ом. Для имитации наличия опухоли во внутренних слоях изменяются номиналы 12 резисторов, составляющих куб. Источник постоянного тока (сила тока 1 мА) подключается согласно моделируемой схеме наложения электродов.

Расчет описанной модели производился в программе схемотехнического моделирования «Micro-Cap 9», обработка и визуализация полученных данных осуществлялась с помощью специальной программы, написанной на языке «C#» (платформа .Net).

Результаты. На рис. 2–4 представлены карты распределения изменений потенциалов $\Delta\varphi$ на верхнем слое модели при различных положениях полюсов источника тока. Место подключения положительного полюса источника тока обозначено кругом с перекрестием внутри, положение отрицательного полюса отмечено пустым кругом. Расположение резисторов, имитирующих опухоль, указано толстым кольцом. Узел с максимальным значением $\Delta\varphi$ выделен четырехконечной звездой.

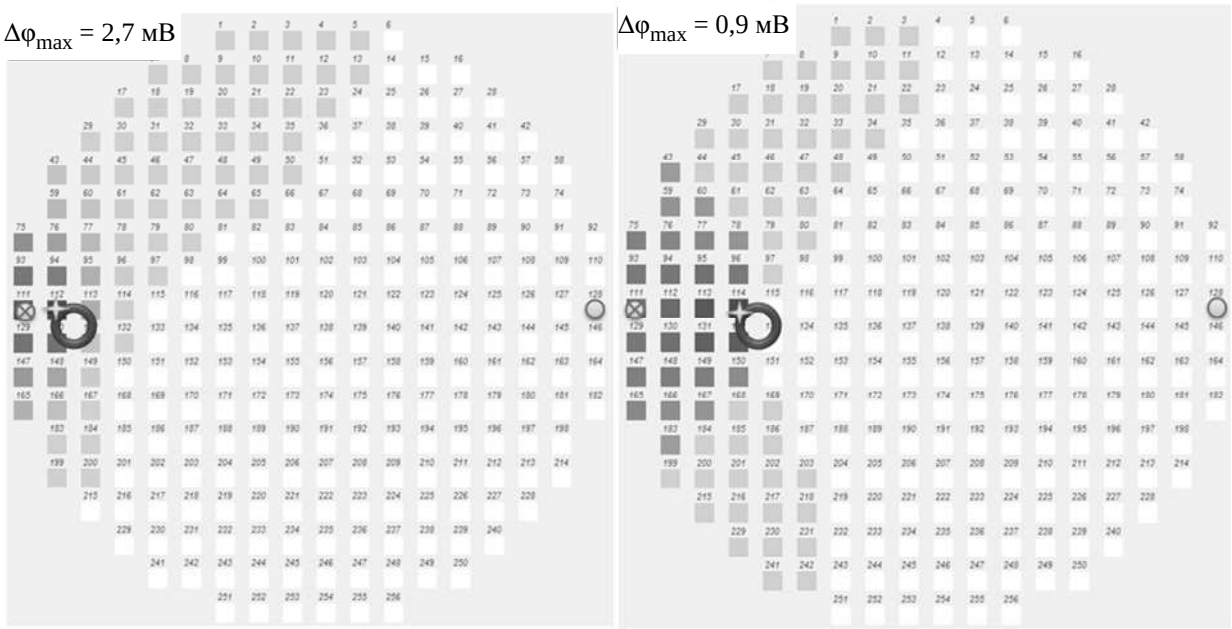


Рис. 2

Для каждого узла резисторной модели $\Delta\varphi = \varphi_{реф} - \varphi_{изм}$(1), где $\varphi_{реф}$ – референтный потенциал, измеренный на модели без включения с большей проводимостью (без имитации патологии), а $\varphi_{изм}$ – потенциал, измеренный на модели с включением большей проводимости (имитация патологии).

На рис. 3 и 4 белыми квадратами обозначены узлы, в которых разница потенциалов $\Delta\varphi$ оказалась незначительной (менее 0,05 мВ). Узлы, в которых $\Delta\varphi$ оказалась более 0,05 мВ, обозначены оттенками серого. Чем темнее цвет квадрата, тем ближе значение $\Delta\varphi$ данного узла к максимальному. Максимальные значения $\Delta\varphi$ указаны в левых верхних углах рисунков.

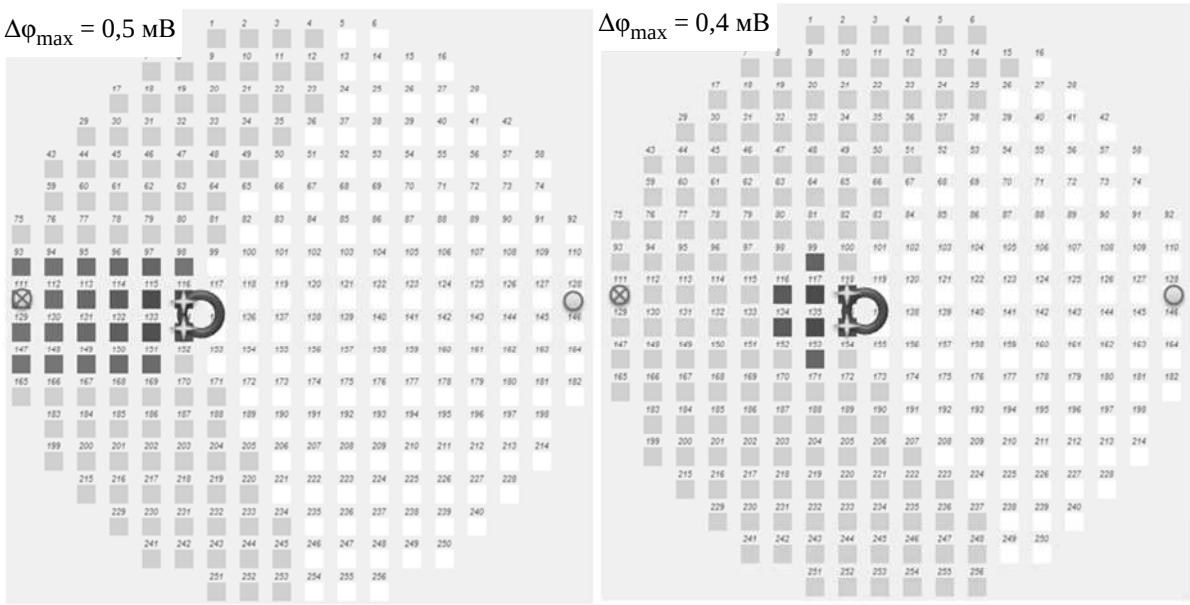


Рис. 3

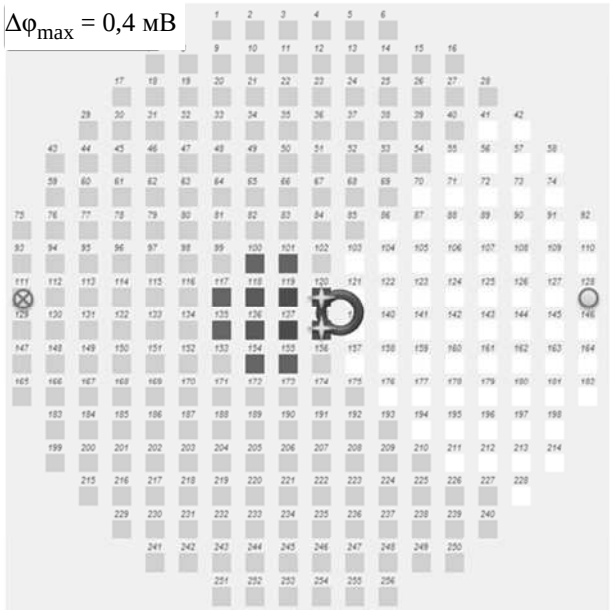


Рис. 4

Отношение проводимостей включения и объекта $\sigma_{отн} = \sigma_{оп} / \sigma_{ткан} = 100$, где $\sigma_{оп}$ – проводимость резисторов имитирующих опухоль, а $\sigma_{ткан}$ – проводимость остальных резисторов внутренних слоев модели, имитирующих здоровые ткани молочной железы. Наибольшее значение $\Delta\varphi$ (2,7 мВ) в представленных экспериментах зафиксировано в случае, когда положительный полюс источника расположен ближе всего к месту повышенной проводимости (имитация опухоли). С удалением токовых электродов от места повышенной проводимости максимальное значение $\Delta\varphi$ для рассмотренных случаев снижается до 0,4 мВ.

Полный цикл сканирования с учетом использования переменного тока предполагает применение 32 положений токовых электродов. При этом сумма измерений напряжения на потенциальных электродах составляет 8 160.

Обсуждение и выводы. Представленные результаты показывают принципиальную возможность применения описанного метода сканирования для выявления и локализации зон повышенной проводимости (опухолей) молочной железы.

После предварительного определения зоны локализации опухоли для более точного определения ее местоположения и размеров предлагается проводить измерения, аналогичные описанным, используя все возможные пары токовых электродов, расположенные вблизи зоны предварительной локализации.

В будущем планируется проведение исследований по сравнению вышеописанного метода сканирования с другими методами аналогичного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fricke H., Morse S. The electric capacity of tumors of the breast // J. Cancer Res. 1926. Vol. 10. P. 340–376.
2. Dielectric properties of breast carcinoma and the surrounding tissues / A. J. Surowiec, S. S. Stuchly, J. R. Barr, A. Swarup // IEEETrans. Biomed. Eng., 1988. Vol. 35, №. 4 (Apr.). P. 257–263.
3. Swarup A., Stuchly S. S., Surowiec A. Dielectric properties of mouse MCA1 fibrosarcoma at different stages of development // Bioelectromagnetics. 1991. Vol. 12, №. 1. P. 108.
4. Measurement of electrical bioimpedance of breast tumors / T. Morimoto, Y. Kinouchi, T. Iritani, et al. // Eur. Surg. Res. 1990. Vol. 22. P. 86–92.
5. Семченков А. А., Калиниченко А. Н. Использование модели на основе резисторной матрицы для исследования распределения электрического потенциала при электроимпедансной маммографии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 11. С. 59–63.

A. A. Semchenkov, A. N. Kalinichenko

MODELLING THE ELECTRO-IMPEDANCE METHOD OF BREAST CANCER DETECTION

The new method of electroimpedance diagnostics of breast cancer was developed. The computer model was used for investigation of the proposed electro-impedance diagnostics method. The presented results show the fundamental possibility of this method use for the breast cancer detection and localization.

Electrical impedance mammography, electrical impedance tomography, breast cancer detection

УДК 334.338.33

М. В. Николаева

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО МЕЖФИРМЕННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Рассматриваются теоретические направления исследования международного межфирменного сотрудничества на основе использования теории трансакционных издержек, ресурсной зависимости и эклектического подхода. Обосновывается практическая значимость данных теорий для выбора оптимальной формы сотрудничества.

Трансакционные издержки, ресурсный подход, эклектическая парадигма

Концептуальной основой теоретической модели исследования международного межфирменного сотрудничества являются теории трансакционных издержек, ресурсной зависимости и эклектическая парадигма.

Автор настоящей статьи выделяет четыре взаимосвязанных теоретических направления, которым уделяется первостепенное внимание в исследованиях по международному межфирменному сотрудничеству [1]:

1) причины международного межфирменного сотрудничества;

2) выбор партнера;

3) организационные формы и управление;

4) результаты деятельности.

В экономической литературе обстоятельно проанализированы основные причины (цели) международного межфирменного сотрудничества. Его различные формы служат достижению, по крайней мере, семи более или менее взаимосвязанных целей. К ним относятся:

– снижение риска;

– экономия на расширении масштабов производства или рационализации производства;

– обмен технологиями;

– устранение или смягчение конкуренции в интересах партнеров;

– преодоление государственных торговых и инвестиционных барьеров;

– содействие первоначальной международной экспансии фирм, не обладающих достаточным опытом;

– использование преимуществ вертикальной квазиинтеграции в объединении дополняющих друг друга вкладов партнеров в «цепочку ценности» [2].

Второе направление исследований по международному межфирменному сотрудничеству имеет дело с выбором партнера. Нахождение оптимального партнера увеличивает вероятность успеха предприятия. При этом установление хороших отношений между партнерами – логически необходимое условие для успешной совместной деятельности. Многие авторы считают, что партнеры должны быть взаимодополняемы по продукции, географическому присутствию и функциональному опыту, квалификации, знаниям, которые они вносят в сотрудничество. В литературе по менеджменту также представлена точка зрения о том, что стратегическое соответствие может оказать важное воздействие на результаты международного межфирменного сотрудничества как независимо от поведенческих и субъективных факторов, так и во взаимодействии с ними.

Изучение характерных различий между организационными формами международного межфирменного сотрудничества может открыть новые пути повышения эффективности организаций. Выбор правильного способа вхождения на конкретный зарубежный рынок представляет собой одно из важнейших решений в области международного менеджмента и маркетинга. Менеджеры могут осознавать, что различные организационные формы учреждаются для достижения разных целей. Однако они не в меньшей степени должны знать и анализировать факторы, лежащие в основе выбора этих организационных форм проникновения. Анализ детерминантов выбора необходим и для управления этими формами ведения бизнеса.

В качестве базиса для определения организационных форм международного межфирменного сотрудничества можно воспользоваться классификацией американского экономиста Р. Катеоры, который выделяет семь основных стратегий выхода на новый зарубежный рынок (по порядку возрастания необходимого объема инвестиций и прибылей) [3]:

1. *Экспорт-импорт* – наиболее простая и распространенная форма при наименьшем финансовом риске. Существующий товар просто отправляется за рубеж. Здесь используется стратегия международного маркетинга.

2. *Лицензирование* – еще один относительно низкорисковый способ международного межфирменного сотрудничества. Представляет собой передачу прав на производство и технологию фирме-резиденту за определенную плату. Преимущества – относительно низкие потребности в инвестициях, обход запретов на импорт и на иностранное владение. Низкий риск, но, соответственно, и относительно низкий доход. Лицензирование включает простые лицензионные и простые перекрестные лицензионные соглашения, лицензионные соглашения альянсного типа.

3. *Создание международного совместного предприятия* (СП). Международное СП – это отдельная юридически и организационно-самостоятельная хозяйственная единица, совладельцами которой являются две или более родительские фирмы, хотя бы одна из которых находится вне страны функционирования СП. СП подлежит совместному контролю

родительских фирм, каждая из которых экономически и юридически независима от остальных. СП означает проникновение в зарубежные рынки, которое вовлекает более чем одного родителя, создавших ее. Создание СП – низкорисковый способ проникновения на зарубежные рынки, распространенный среди международно-ориентированных компаний, желающих выйти за пределы собственной страны либо ищущих новые источники сырья и других ресурсов. Очевидные преимущества СП – снижение политических и экономических рисков в стране базирования, благодаря совмещению знаний, опыта и навыков фирмы резидента с капиталом, технологиями, знаниями и т. д. зарубежной фирмы.

4. *Франчайзинг* – одна из форм лицензионного соглашения. Объединяет опыт, знания, капитал предпринимательскую энергию фирмы-резидента со стандартным пакетом продуктов и услуг, менеджментом и разнообразной поддержкой, предоставляемыми международной компанией. Это очень быстрый способ проникновения на целевые рынки, не требующий больших капитальных вложений.

5. *Создание консорциума* – группа компаний объединяется для использования географических преимуществ одного участника, технологических знаний другого и т. д. Консорциум объединяет ресурсы участников, снижая тем самым индивидуальные риски.

6. *Организация производства и (или) создание дочерней компании* (со 100 %-м участием в капитале) – означает прежде всего международное инвестирование в новое предприятие (МИНП). Оно представляет большой риск, но и самую большую потенциальную прибыль на вложенный капитал. МИНП – это учреждение организацией филиала за рубежом в целях производства продукции филиалом или предоставления им услуг. Новое предприятие – это такое проникновение, которое вовлекает только одного родителя, который создавал и оборудовал его. Очевидные преимущества МИНП – возможность использовать дешевую рабочую силу, избежание импортных пошлин и затрат на транспортировку, доступ к сырью и ресурсам, выход на смежные рынки. Однако компания становится более уязвима при политической нестабильности и, соответственно, подвержена риску правительственных экономических санкций. МИНП представляют большой риск, но и могут принести большую прибыль на вложенный капитал.

7. *Международное приобретение (поглощение) (МП)* – это покупка фирменного наименования и активов одной организации (поглощаемой) другой организацией (поглотителем), находящейся вне страны местонахождения поглощаемой компании. Поглощенная компания подлежит управленческому, экономическому и юридическому контролю со стороны компании-поглотителя. Поглощение – это такое проникновение, которое вовлекает только одного родителя, предприятие и оборудование которого родитель купил у предыдущего владельца. МП требует значительных инвестиций, сопряжено с большим риском, однако обеспечивает большую потенциальную прибыль на вложенный капитал.

С точки зрения автора настоящей статьи вышеуказанные организационные формы вхождения можно классифицировать на рыночные трансакции, иерархии и гибриды. *К рыночным трансакциям* относятся вхождения на рынки через экспортно-импортные операции, регулируемые разовыми контрактами, простой франчайзинг, простые лицензионные и простые перекрестные лицензионные контракты. Здесь речь идет преимущественно о несложных технологиях, которые одновременно защищены сильными патентами и «не

полагаются на инновации типа активный потребитель с их требованиями к существованию связей между маркетингом продукта и его разработкой» [4].

К иерархиям относятся международные инвестиции в новые предприятия в форме создания дочерних компании и филиалов.

К гибридной организационной форме относятся создание СП, комплексный франчайзинг, создание консорциумов и лицензионные соглашения альянсного типа.

Преимущества и недостатки каждой формы международного межфирменного сотрудничества с точки зрения трансакционных издержек зависят от характеристик рассматриваемого актива. Организации часто предпочитают куплю-продажу простых лицензий другим организационным формам, если речь идет о сравнительно простых технологиях. Продажа простых лицензий и сотрудничество часто дополняют друг друга в микроэлектронике, роботостроении, биотехнологии, в сталелитейной промышленности и производстве телекоммуникационного оборудования.

В рамках СП могут быть устранены многие из контрактных ограничений и, соответственно, снижены трансакционные издержки. Специфика высокоспециализированных специфических активов может помешать использованию лицензирования, если ресурсы или некодируемые знания, их оптимальное комбинирование «встроены» в организацию, т. е. не отделимы от нее, они не могут быть обмениваемы на рынке. Сложность раскрытия некодируемых знаний контрагенту и их перемещения при экспортно-импортных операциях или при продаже простых лицензий означает невозможность получения прибыли посредством рыночных трансакций. В то же время эффективная продажа их одной организацией другой организации может быть осуществлена в рамках совместной структуры.

Другое объяснение для выбора форм международного межфирменного сотрудничества происходит из трансакционных издержек перевода определенных активов между фирмами. Считается, что такие *стратегические (нематериальные) ценности,* как марка предприятия, технология, производство или обеспечение качества, могут не дать должного эффекта или распространиться в нежелательном направлении, если они не контролируются через владение акциями. Большинство эмпирических исследований подтверждают соотношение между стратегическими ценностями и возрастающим уровнем собственности. Увеличение НИОКР, а также маркетинговой и рекламной активности американских родительских компаний ведут к большей вероятности формирования не МСП, а МП и МИНП.

Таким образом, обладание специфическим активом позитивно соотносится прежде всего с вероятностью формирования МП и МИНП, а не с созданием СП. Модифицированная экономистами теория трансакционных издержек прогнозирует позитивную связь между специфичностью активов и склонностью к высококонтролируемым, более интегрированным способам вхождения организаций на зарубежный рынок (МП, МИНП). Однако сила этой взаимосвязи ограничивается модифицирующими факторами. Часто международные стратегические альянсы (МСА) выступают альтернативой МП и МИНП. Выбор между МСА и предприятиями, полностью принадлежащими иностранному инвестору, зависит, например, от потребности в ресурсах. В МСА требование к ресурсам минимизировано по сравнению с МП и МИНП из-за того, что потребности в ресурсах разделены между фирмами-учредителями. Фирма, не имеющая достаточных ресурсов, вынуждена

выходить на рынок через определенные формы МСА и прежде всего СП. Исследования по видам проникновения на зарубежные рынки эмпирически подтвердили вышеуказанное взаимоотношение. Например, фирмы, имеющие недостаточные знания рынка, стремятся снизить стратегический риск с помощью выхода на рынки через лицензионные соглашения или совместные предприятия, нежели чем через МП и МИНП.

Издержки – не единственный критерий, который может дифференцировать альтернативы. Нормативная теория принятия решений предполагает, что выбор формы международного межфирменного сотрудничества (ММС) основывается прежде всего на балансе между рисками и доходами, а также стремлением к контролю и наличием ресурсов. Выбор способа вхождения представляет собой компромисс между этими четырьмя критериями.

Модели, основанные на ресурсной зависимости, в сравнении с моделями теории трансакционных издержек, меньше внимания уделяют вопросу об издержках защиты ресурсов от оппортунизма в разовой трансакции, а большее – о надлежащем применению ресурсов с тем, чтобы максимизировать ренту и потоки наличности [5].

Ресурсный подход рассматривает конкурентное преимущество, основанное на использовании внутренних активов и потенциальных возможностей самой фирмы. Сочетание специфических ресурсов организаций, приносящих доход, и глобальной стратегии с местными факторами определяет стратегию и структуру организации в принимающей стране. Большинство форм ММС являются результатом попыток комбинирования взаимодополняющих (комплементарных) ресурсов. Они образуются тогда, когда две или более фирмы испытывают нехватку комплементарных стратегических ресурсов, в результате чего ни одна из сторон не может в одиночку присвоить имеющиеся выгоды (ренту).

Иначе говоря, выбор формы международного межфирменного сотрудничества зависит от *потребности в ресурсах*. Одним из показателей потребностей в ресурсах является *уровень контроля* над собственностью. Чем большая доля собственности контролируется организацией при проникновении на рынок, тем больше требуется ей ресурсов. Например, в совместном предприятии требование к ресурсам минимизировано по сравнению с МП и МИНП из-за того, что потребности в ресурсах разделены между фирмами-учредителями. Фирма, не имеющая ресурсов и желающая разделить риск, связанный с обладанием таковыми, вынуждена выходить на рынок через определенные формы МСА и прежде всего совместные предприятия. Исследования по видам проникновения на зарубежные рынки эмпирически подтверждают вышеуказанное взаимоотношение. Фирмы, имеющие недостаточные знания рынка, стремятся снизить стратегический риск с помощью соглашений или СП, нежели через МП и МИНП.

Выбор формы международного межфирменного сотрудничества зависит также *от особенностей основной компетенции и ресурсов*. Основные ресурсы или компетенции имеют важное значение для получения долгосрочного конкурентного преимущества. Основные компетенции – это тот тип ресурсов, который фирма будет стараться не разделять или не открывать без необходимости потенциальным конкурентам. Отдавая предпочтение проникновению с помощью МСА, особенно СП, следует иметь в виду, что важнейшим элементом здесь является осознанный риск разделения с партнером ресурсов и возможная потеря в результате этого будущего конкурентного преимущества. Если осознанный риск передачи ресур-

сов второй фирме велик, а первая фирма стремится защитить эти жизненно необходимые ресурсы, то существует необходимость получения нужных ресурсов через МП или МИНП.

Детерминантой выбора организационной формы вхождения является *также величина затрат на обеспечение фирмы необходимыми ресурсами.*

Фирма, использующая приобретение предприятий (единственную и уникальную трансакцию) как формы сотрудничества будет иметь некоторые издержки, связанные с приобретением необходимых ресурсов. Во-первых, фирма несет затраты по поиску соответствующей цели приобретения. Во-вторых, приобретающая фирма имеет затраты, связанные с риском переплаты за необходимую для нее организацию и, следовательно, за ресурсы, которые необходимо приобрести. Стоимость этого риска связана с асимметрией информационного обеспечения из-за худших знаний приобретающей фирмы в сравнении с приобретаемой. Фирма, которая будет приобретена, имеет информационное преимущество из-за лучших знаний о своей отрасли, своих внутренних ресурсах и рынке этих ресурсов. В результате продавец может запросить цену выше стоимости ресурсов или покупатель может переплатить за них.

Выбор формы международного межфирменного сотрудничества связан также *с требованиями к управленческому контролю и затратам на его организацию*. Организационный контроль определен здесь как умелый и эффективный менеджмент взаимоотношения между родительской компанией и предприятием, проникающим на рынок, который позволяет родительской компании лучше удовлетворить свои конечные цели.

Затраты, ассоциируемые с механизмом организационного контроля, необходимы для поддержания требуемого уровня управления взаимоотношениями. Механизмы контроля за несобственностью менее эффективны, чем более прямой механизм контроля за собственностью в филиалах и дочерних компаниях. Механизмы контроля за несобственностью часто считаются более дорогостоящими потому, что большинство различных партнеров имеют больший простор действовать оппортунистически или обманывать исходя из того, что не существует более полного механизма управления, чем контроль над собственностью. Кроме того, механизмы у контроля за несобственностью требуют, чтобы основанные на поведении ценности, такие как доверие и уважение, развивались с течением времени, прежде чем появится результат от эффективного контроля взаимоотношений.

Как форма международного межфирменного сотрудничества, СП для достижения максимума синергизма требует, чтобы родительские компании устанавливали отношения не только с совместными предприятиями, но также и между собой. Эти взаимоотношения увеличивают вероятность того, что один из партнеров будет действовать в оппортунистической манере. Кроме того, все эти взаимоотношения требуют организационных затрат и затрат на управленческий контроль. Эмпирическое исследование по глобальным видам проникновения показало, что полностью иностранные предприятия ассоциировались с более эффективным и умелым механизмом контроля в сравнении с совместным предприятием.

Проведенный анализ свидетельствует об иерархии форм международного межфирменного сотрудничества. МИНП более эффективнее потому, что оно требует меньших издержек по управлению собственностью. Совместное предприятие идет следующим по эффективности, потому что, хотя и требует затрат на управленческий контроль, оно не требует затрат, связанных с издержками из-за дефицита необходимых ресурсов. Приобре-

тение, тем не менее, несет издержки как из-за недостатка необходимых ресурсов, так и высоких затрат на управленческий контроль, и поэтому считается самым неэффективным видом международного межфирменного сотрудничества.

Эклектическая теория представляет несколько иные критерии принятия решений, учитываемых при организации международного межфирменного сотрудничества.

Преимущества от собственности представляют собой специфические для фирмы активы, также опыт и навыки. Активы выражены в размерах фирмы и многонациональном опыте, а опыт и навыки – в способности фирмы разрабатывать дифференцированные продукты. Чтобы предоставить фирме конкурентное преимущество при выборе форм сотрудничества, преимущества от собственности должны быть как уникальными, так и устойчивыми.

Преимущества от местоположения отражают степень привлекательности конкретной страны прежде всего в отношении потенциала рынка и инвестиционного риска. В дополнение к показателям преимущества от местоположения относятся схожесть культур, инфраструктура рынка и наличие более низких производственных издержек.

Преимущества от интернализации, т. е. интеграции деятельности в рамках одной компании, связаны с издержками выбора способа деятельности в рамках иерархии в сравнении с деятельностью вне этих рамок. Эти затраты представляют собой по сути трансакционные издержки.

Результаты исследования показывают практическую значимость теорий трансакционных издержек, ресурсной зависимости и эклектической для выбора оптимальной организационной формы сотрудничества. Однако и здесь указанные теории могут играть лишь опосредованную роль в принятии соответствующих решений. Их действие может модифицироваться силами внешней и внутренней среды. Например, при выборе в пользу создания МСП в наукоемких и растущих отраслях решающую роль может сыграть преимущество в скорости вхождения на рынок в сравнении с МИНП. Влияние фактора времени на принятие данного решения обусловливается прежде всего результатом конкурентной борьбы.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что различные виды международного межфирменного сотрудничества имеют разные результаты. В частности, при сотрудничестве, основанном на потребности в ресурсах, МИНП имеет лучшие результаты в сравнении с МСА (МСП). Последняя же форма предпочтительнее МП. Эти результаты поддерживают исследования, которые попытались оценить взаимоотношение между видом проникновения и результатом вхождения. Существуют достаточно убедительные доказательства, что международные виды сотрудничества предприятий разных форм собственности имеют различные результаты. Теоретическая модель утверждает, что выбор вида проникновения на зарубежные рынки основывается на потребностях фирмы в ресурсах и организационном контроле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаева М. В., Карачёв А. А. Современные тенденции развития международного межфирменного сотрудничества в сфере высоких технологий // Междунар. симпозиум «Нобелевские лауреаты по экономике и Российские экономические школы»: тез. докл. СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2003. С. 90–98.

2. Портер М. Международная конкуренция. М.: Международные отношения, 1993. С. 58.

3. Cateora R. Inernational marketing. R.D.: IRWIN INC, 1993. P. 14–16.

4. Уильясон О. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки. «Отношенческая» контракция. СПб.: Лениздат, 1996. С. 71–77.
5. Николаева М. В. Модели конкурентной стратегии в межфирменном сотрудничестве // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Экономика и менеджмент организации. 2007. Вып. 2. С. 50–54.

M. V. Nicolaeva

THE THEORETICAL MODEL OF INTERNATIONAL INTER-FIRM COOPERATION RESEARCH

The article deals with theoretical lines of international inter-firm cooperation investigations on the basis of transaction cost theory, resource-based dependency and eclectic slant on the question. In the article the practical significance of these theories is substantiated for the optimal form of cooperation to be selected

Transaction costs, resource-based approach, the eclectic paradigm

УДК 338.1

И. Г. Кадиев

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ

Рассматриваются вопросы, связанные с методами моделирования инновационных процессов. Предложена методика моделирования инвестиционно-инновационной деятельности в условиях стохастической неопределенности.

Моделирование инновационного процесса, инвестиционно-инновационная деятельность, сетевые методы, стохастические сети, графическая оценка и пересмотр плана

В числе первых методов моделирования, а значит, и управления различного рода проектами в конце 50-х гг. XX в. были разработаны методы сетевого планирования и управления (в англоязычной литературе методы CPM и PERT) [1], [2], которые позволяли в первую очередь оценивать сроки реализации проектов. Эти подходы можно использовать и для оценки экономической результативности (эффективности), если в сетевой модели проект отражен элементами денежных потоков (поступлениями и выплатами) как событиями.

Однако методы CPM и PERT малоэффективны в инновационных процессах, поскольку предполагают необходимым условием реализуемости соответствующего проекта выполнение каждой из дуг сети. (Под выполнением дуг сети понимается выполнение соответствующих операций проекта, под выполнением узла – наступление события, означающего начало или завершение операции.) Из этого условия следует, что в сетевую модель не могут быть включены операции с обратной связью, поскольку они представляются петлями, существование которых, в свою очередь, означает, что конечный узел операции должен быть выполнен раньше ее начального узла. Иначе говоря, традиционные методики моделирования основаны на предположении, что после принятия решения о начале реализации инновационного проекта руководство в любых, даже неблагоприятных, обстоятельствах должно следовать выбранной стратегии. Вместе с тем уже после начала реализации проекта руководство может изменить первоначальный план, например, расширить или сузить масштаб проекта, изменить входы или выходы проекта, после того как

появится новая информация, наконец, отказаться от дальнейшей реализации проекта или «заморозить» его на определенный срок. Поэтому простые сетевые графики описывают идеализированные, т. е. в практике не реализуемые, проекты. Даже при допущении, что неопределенность инновационного процесса снижена его стохастическим описанием, приходится учитывать, что реализация отражаемого сетевой моделью варианта возможна и при выполнении только некоторого подмножества дуг, и путем повторного выполнения отдельных работ (дуг, составляющих сеть), что недопустимо в системах CPM и PERT.

Для описания ситуаций с обратными связями и множеством различных исходов используют стохастические модели или GERT-сети (GERT – Graphical Evaluation and Review Technique). Узлы (вершины графа) в них интерпретируются как состояния системы, а дуги – как переходы из одного состояния в другое. Переходы тождественны выполнению обобщенных операций (мероприятий проекта), характеризуемых плотностью распределения (или функцией массы) и вероятностью выполнения.

Общий формализм системы GERT позволяет для сети, дуга (i, j) которой характеризуется некоторой случайной величиной y_{ij} и вероятностью выполнения p_{ij}, путем введения *W*-функции, определяемой как

$$W_{ij}(s) = p_{ij} M_{ij}(s), \tag{1}$$

где $M_{ij}(s) = \int e^{sy_{ij}} f(y_{ij}) dy_{ij}$ – условная производящая функция моментов случайной величины y_{ij} с плотностью распределения $f(y_{ij})$, рассчитывать вероятность выполнения отдельных участков сети, а также математическое ожидание и дисперсию случайной величины Y, выступающей аналогом y_{ij}, но характеризующей систему в целом. В инвестиционно-инновационном планировании таковыми величинами могут быть приток и отток денежных средств и стоимость проекта в целом соответственно.

В таблице представлены некоторые наиболее важные для описания инновационных процессов функции распределения и соответствующие им производящие функции моментов, первые (математические ожидания) и вторые моменты.

Стохастическая сеть определяется как сеть, которая может быть выполнена только при выполнении некоторого подмножества дуг. Время выполнения каждой дуги (операции) выбирается

Тип распределения	$M_E(s)$	Математическое ожидание	Второй момент
Биноминальное	$(pe^S + 1 - p)^n$	np	$np(np + 1 - p)$
Дискретное	$\dfrac{p_1 e^{sT_1} + p_2 e^{sT_2} + \ldots}{p_1 + p_2 + \ldots}$	$\dfrac{p_1 T_1 + p_2 T_2 + \ldots}{p_1 + p_2 + \ldots}$	$\dfrac{p_1 T_1^2 + p_2 T_2^2 + \ldots}{p_1 + p_2 + \ldots}$
Экспоненциальное	$\left(1 - \dfrac{s}{a}\right)^{-1}$	$\dfrac{1}{a}$	$\dfrac{2}{a^2}$
Нормальное	$e^{sm + \frac{s^2\sigma^2}{2}}$	m	$m^2 + \sigma^2$
Пуассона	$e^{\lambda(e^s - 1)}$	λ	$\lambda(1 + \lambda)$
Равномерное	$\dfrac{e^{sa} - e^{sb}}{(a - b)s}$	$\dfrac{a + b}{2}$	$\dfrac{a^2 + ab + b^2}{3}$

в соответствии с вероятностным распределением. Другой особенностью стохастических сетей является то, что для выполнения узла не является необходимым выполнение всех дуг, входящих в него. Поэтому в таких моделях допускается существование циклов и петель [3].

Каждый внутренний узел стохастической сети выполняет две функции, одна из которых касается входа в узел, а другая – выхода. Входная функция определяет условие, при котором узел может быть выполнен. Выходная функция определяет совокупность условий, связанных с результатом выполнения узла. Другими словами, с помощью выходной функции указывается, должны ли выполняться все операции, которым данный узел непосредственно предшествует, или только одна из них.

Таким образом, с помощью GERT-сети можно с гораздо большей адекватностью описать ситуацию формирования денежных потоков, чем при применении традиционного детерминированного бухгалтерского расчета чистой текущей стоимости (NPV) или даже его модификации реальными опционами, построенными по биномиальной модели или модели Блэка–Шоулза [4].

Порядок моделирования состоит в следующем.

С помощью преобразования (1) всегда можно определить новую сеть G', структура которой идентична структуре исходной сети G, но вместо двух параметров p_{ij} и y_{ij} у каждой из дуг присутствует только один параметр W_{ij}. Это существенно упрощает расчеты и позволяет получать оценки стоимости проекта в различных его исходах, имея единственное графоаналитическое представление.

Если GERT-сеть состоит из параллельных и последовательных цепей и (или) петель, то она может быть преобразована в эквивалентную сеть, состоящую из одной ветви. На самом деле данный результат обобщается на любую GERT-сеть, поскольку можно комбинировать базисные преобразования.

Пусть $L_{11}, L_{21}, \ldots, L_{n1}$ – n не связанных между собой петель первого порядка для исходной петли порядка n. Поскольку для каждой петли L_{k1} первого порядка эквивалентный коэффициент пропускания T_k равен произведению коэффициентов пропускания ветвей, принадлежащих этой петле, т. е.

$$T_k = \Pi t_{ij},$$

где t_{ij} – вес дуги i, j, т. е. характеристика потока, проходящего по ней (в данном случае значение W-функции), то для петли порядка n эквивалентный коэффициент пропускания составит величину

$$T(L_n) = \Pi T_k = \Pi\Pi t_{ij}, \qquad (2)$$

где произведения организуются по дугам, входящим в соответствующую петлю.

Полученный результат (2) и применяется для моделирования процессов и систем, которые могут быть описаны GERT-сетями. Цель такого моделирования состоит в вычислении математического ожидания и дисперсии общего параметра сети (чаще всего времени выполнения или связанного с ним ресурса), а также вероятности выполнения стока (или стоков) сети, т. е. достижения определенной цели системы или наступления определенной ситуации.

Напомним еще раз, что по своим свойствам и способу построения W-функция любой дуги есть ее коэффициент пропускания. Поэтому методика моделирования инвестиционно-инновационной деятельности с помощью GERT-сетей сводится к следующему.

Анализируемый вариант инновационного процесса в хозяйственном комплексе (вариант реализации отдельного инновационного проекта) представляют в виде стохастической сети с GERT-узлами. Для каждой дуги определяют условную вероятность случайного параметра y_{ij}, характеризующего мощность генерации денежного потока, и производ ящую функцию моментов. Для каждой дуги сети, используя выражение (1), определяют W-функцию и осуществляют преобразование GERT-сети в эквивалентную сеть, содержащую лишь одну ветвь в замкнутом потоковом графе. Последовательность действий:

– замыкают данную сеть дугой A, ведущей из стока в исток, приписывая ей коэффициент пропускания $T_{\text{с}-\text{и}} = W_A$;

– находят в графе все петли L_n с порядком n $(n = 1, ..., N)$, где N – наивысший порядок петли для данной сети;

– составляют топологическое уравнение для полученного замкнутого графа, имеющее вид

$$1 - \sum_{(i,j)\in L_1} T(L_1) + \sum_{(i,j)\in L_2} T(L_2) + ... + (-1)^n \sum_{(i,j)\in L_n} T(L_n) + ... + \\ + (-1)^N \sum_{(i,j)\in L_n} T(L_N) = 0,$$

где $T(L_n) = \prod_{k=1}^{n} \prod_{(i,j)\in L_{k_1}} W_{ij}$ – эквивалентный коэффициент пропускания петли n-го порядка (L_k – k-я петля первого порядка в петле порядка n).

Физически данное топологическое уравнение отражает закон сохранения потока в сети: поток, вытекающий из любого узла, равен сумме потоков, входящих в него.

Далее, используя свойство W-функции для петли первого порядка, решают топологическое уравнение и получают выражение для эквивалентной W-функции исходной стохастической сети:

$$W_E = \frac{1}{W_A}.$$

Для производящей функции $M_E(s) = 1$ при $s = 0$. Тогда, поскольку $W_E(s) = p_E M_E(s)$, то $p_E = W_E(0)$ и

$$M_E(s) = \frac{W_E(s)}{p_E} = \frac{W_E(s)}{W_E(0)}.$$

Далее отметим, что с помощью простейших преобразований параллельных и последовательных дуг эквивалентную функцию $W_E(s)$ можно выразить через W-функции всех или некоторых ветвей исходной сети. Нетрудно вычислить и значение $W_E(0)$. Для этого в выражении для $W_E(s)$, получаемом из топологического уравнения, надо полагать $s = 0$.

На следующем шаге, используя свойства производящей функции, для эквивалентной сети рассчитывают первый и второй моменты:

$$\mu_{1E} = \frac{\partial}{\partial s}\left[M_E(s)\right]_{s=0};$$

$$\mu_{2E} = \frac{\partial^2}{\partial s^2}\left[M_E(s)\right]_{s=0}$$

и определяют математическое ожидание $E(Y)$ и дисперсию $\sigma^2(Y)$ случайной величины (параметра сети) Y, характеризующей проект в целом:

$$E(Y) = \mu_1;$$

$$\sigma^2(Y) = \mu_2 - \mu_1^2.$$

Таким образом, по величинам $E(Y)$ и $\sigma^2(Y)$ можно устанавливать ожидаемые затраты и доходы инвестиционно-инновационного процесса (отдельного инновационного проекта), протекающего (реализуемого) в условиях стохастической неопределенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазур И. И., Шапиро В. Д. Управление проектами: справочное пособие. М.: Высш. шк., 2001.
2. Троцкий М. Управление проектами / пер. с польск. М.: Финансы и статистика, 2006.
3. Мардас А. Н., Мардас О. А. Организационный менеджмент. СПб.: Питер, 2003.
4. Меньшиков И. С. Финансовый анализ ценных бумаг. М.: Финансы и статистика, 1988.

I. G. Kadiev

TECHNIQUE FOR MODELING INVESTMENT AND INNOVATION IN STOCHASTIC DYNAMICS OF INTERNAL AND EXTERNAL FACTORS

Modeling techniques of innovation processes is considered in the article. The technique of modeling of investment and innovation activities of a GERT-network of the conditions of stochastic uncertainty is offered.

Modeling the innovation process, investment and innovation activities, network methods, stochastic networks, graphical evaluation and review technique

УДК 519.83

Н. А. Лопатин

ТЕОРИЯ РЕФЛЕКСИВНЫХ ИГР И ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ

Рассмотрены ограничения существующих статистико-эконометрических методов прогнозирования поведения участников финансовых рынков, основанные на невозможности учёта в рамках создаваемых моделей двух типов рисков, одновременно возникающих на финансовых рынках, – экзогенных рисков состояния и эндогенных поведенческих рисков. В качестве альтернативного инструмента, способного при моделировании учитывать риски, возникающие на финансовых рынках, а также фактор информационной асимметрии, предложен аппарат рефлексивной теории игр.

Теория игр, рефлексия, риск-менеджмент, финансовые рынки

Формальные (математические) модели поведения человека создаются и изучаются уже более полутора веков [1] и находят все большее применение как в теории управления, экономике, психологии, социологии и т. д., так и при решении конкретных прикладных задач.

Наиболее интенсивное развитие наблюдается, начиная с 40-х гг. XX в. – момента появления *теории игр*, который обычно датируют 1944 г. (выход первого издания книги Джона фон Неймана и Оскара Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение» [2]).

Каждый человек в своей жизни обязательно сталкивался с теми или иными играми. Результаты наиболее распространенных стратегических игр (го, покер, шахматы) зависят не только от чистой случайности, как в азартных играх (баккара, рулетка, кости), но и от поведения других игроков, которые в рамках правил игры преследуют свою выгоду. Эти и многие другие типы игр являются предметом исследования теории игр, в рамках которой был разработан специальный математический аппарат для описания и предсказания результатов игры. С помощью теории игр можно, например, описать статистику подбрасывания монет или костей, разработать антитеррористические сценарии или же проанализировать различные военные стратегии.

Под *игрой* в общем случае понимают взаимодействие сторон, интересы которых не совпадают.

Теория игр – раздел прикладной математики, исследующий модели принятия решений в условиях несовпадения интересов сторон (игроков), когда каждая сторона стремится воздействовать на развитие ситуации в собственных интересах [3]. Далее для обозначения субъекта, принимающего решения (игрока), будем использовать термин «агент».

Таким образом, основная задача теории игр заключается в описании взаимодействия нескольких агентов, интересы которых не совпадают, а результаты деятельности (выигрыш, полезность и т. д.) каждого зависят в общем случае от действий всех [4]. Итогом подобного описания является прогноз разумного исхода игры – так называемого *решения игры* (*равновесия*).

Описание *игры* в общем виде заключается в задании следующих параметров:

– *множества агентов;*

– *предпочтений агентов* (зависимостей выигрыша от действий): при этом предполагается, что каждый агент заинтересован в максимизации своего выигрыша;

– *множеств допустимых действий агентов;*

– *информированности агентов* (той информацией, которой они обладают на момент принятия решений о выбираемых действиях);

– *порядка функционирования* (*порядок ходов* – последовательность выбора действий).

Условно говоря, множество агентов определяет, кто участвует в игре. Предпочтения отражают, что хотят агенты, множества допустимых действий – что они могут, информированность – что они знают, а порядок функционирования – когда они выбирают действия.

В экономике с помощью теории игр можно объяснить, как информация превращается в биржевые курсы и цены. Что объединяет теорию игр и финансовую математику? На первый взгляд ответ кажется очевидным: стратегическое поведение людей непосредственно влияет на финансовые операции. Однако это поведение не всегда предсказуемо. В частности, в работе [5] рассмотрен пример с банкротством хеджевого фонда «Long Term Capital Management» (LTCM) в августе 1998 г. Авторы данной работы подчёркивают, что величины, не поддающиеся количественной оценке, нельзя выражать количественно, так как в систему известных рисков могут быть добавлены дополнительные, сложно прогнозируемые риски, что может привести к непредсказуемым последствиям. Ситуация с фондом LTCM наглядно продемонстрировала, что может случиться, когда теоретически рассчитанная и реально существующая величины риска могут кардинально отличаться.

В базовой концепции риск-менеджмента предполагается, что на мировых финансовых рынках постоянно появляется новая информация и ею непрерывно торгуют. Это происходит даже, несмотря на то, что наличие в самой информации эндогенных рисков является общеизвестным фактом. И хотя курсы (информация) являются непредсказуемыми, их флуктуации, тем не менее, можно статистически описать с помощью математических законов теории вероятностей. Именно поэтому риски могут быть в определенной мере измеримы и управляемы [6].

К вопросам о сущности и природе рисков в экономике следует подходить аккуратно, так как на практике принято считать, что чересчур «гладкие» модели ограничивают многообразие рисков, сужая спектр тех рисков, которые подлежат рассмотрению. Это происходит из-за того, что доход моделируется ставками на выпадение определенного случайного числа из последовательности с известным вероятностным распределением (постоянно повторяющееся «подбрасывание монеты»). Но аномалии рынка не являются статистическими курьезами, которыми можно пренебречь. Действительно, на рынке всегда присутствуют такие инвесторы, которые даже после самых неожиданных результатов торгов продолжают следовать намеченной ранее стратегии, не внося в нее какие-либо коррективы. Как правило, в роли таких инвесторов выступают, например, Центробанки стран, крупные пенсионные или хеджевые фонды. С точки зрения стандартных статистических моделей такое поведение как раз и является статистическим курьезом. В то же время оно играет важную роль в рыночных процессах, оказывая существенное влияние на дальнейшие тенденции рынка.

Таким образом, на практике именно мотивы, информация, репутация, предположения, надежды, готовность рисковать, стимулы и другие нестатистические показатели являются настоящими движущими силами рынка.

Тот факт, что игры на бирже не сводятся к статистическим моделям («подбрасывание монеты») и управляются не открытыми, а теневыми действиями игроков, является серьезнейшей проблемой для стандартных оценочных моделей. Проблема состоит в том, что по самой своей сути эти модели лишь воспроизводят изначально заложенную в них концепцию, что с той же вероятностью, с какой подброшенная монета покажет либо «орел», либо «решка», биржевые курсы либо поднимутся, либо упадут.

Следует также отметить, что известный постулат: «Если мы что-то можем измерить, то мы можем этим управлять» – в риск-менеджменте [7] оказывается неверным в силу того, что в финансовом мире становится все меньше и меньше многократно повторяющихся ситуаций, событий, похожих друг на друга процессов и т. п., на основе которых можно было бы вывести статистические закономерности, т. е. с каждым днем все более узкие области финансовой деятельности могут быть описаны статистическими методами.

В случае с фондом LTCM довольно четко видны недостатки оценочного аппарата, который, будучи изначально основан на теории вероятностей, уже потому не способен дать оценку причин краха, что теория вероятностей при помощи своих законов способна моделировать лишь чисто случайные события (распределения, процессы и т. д.) [8].

С развитием экономической науки, с появлением нового направления – финансовой эконометрики удалось достигнуть более точного прогноза на основе исторических значений. В основе такого предсказания лежит анализ переменной, которая находится в зависимости от исторических колебаний предыдущих периодов. Таким образом, прогноз, принимающий в расчет колебания значений, изменяющихся со временем, способен дать на основе тех же статистических данных более точный для конкретной ситуации результат. За создание такого экономет-

рического метода, а также за исследования в области анализа временных рядов Р. Энглу совместно с К. Грэнджером в 2003 г. была присуждена Нобелевская премия по экономике [9].

Однако изложенный подход, хотя и способен дать более точный прогноз в сравнении с концепцией случайного блуждания, тем не менее, не позволяет пролить свет на первопричины, которые обусловливают те или иные формы поведения участников (игроков) финансовых рынков. Дело в том, что в основе этого подхода лежит изучение тех же самых статистических данных (временных рядов). Ситуация еще более усугубляется, если в игре присутствует информационная асимметрия (неравномерное распределение информации между участниками рынка). В этих условиях стохастические модели, в основу которых положен принцип информационной симметрии, принимают во внимание недостаточное количество информации. Соответственно, невозможно влиять на процессы прежде, чем на рынке не начнутся какие-либо изменения. Желая выбрать оптимальное решение, а не только некоторое из возможных значений распределения, почти наверняка возможно сделать правильный выбор, если рассматривать принятые решения, их риски и результаты как единое целое [10].

В дальнейшем из-за присутствующего между историческими данными и будущим парадигмального разрыва можно лишь обозревать происшедшие события, так и не получив достоверной информации о том, что происходит на самом деле и что будет происходить завтра. Поэтому вся накопленная статистическая информация сильно обесценивается, а методы, базирующиеся на использовании этих данных, существенно теряют в точности прогноза.

Ф. Биета и П. Смилянец в рамках своей статьи [5] подчёркивают, что данная проблема никоим образом не является чем-то совершенно новым или неожиданным. Целый ряд авторов указывали на то, что проблема современного риск-менеджмента связана с применением устаревших методов.

На сегодняшний день принцип случайности в риск-менеджменте не может быть проигнорирован ни одной теорией, которая претендует на возможность достоверных предсказаний. А сама информация, полученная на основе статистических методов, является из-за внутренних особенностей рисков лишь их вторичной характеристикой. Основной особенностью рисков в этом смысле являются экстраполирующие прошлые данные статистические измерения: база, основанная только на статистических данных, не может дать новых знаний, а может лишь делать предсказания вероятностного характера, например: «Если за предыдущие десять лет в 90 % случаев наблюдалась стагнация рынков в первой половине марта, то и в дальнейшем в начале марта будет наблюдаться стагнация».

Таким образом, если рассматриваемая ситуация (например, процессы на финансовых рынках) не сводится к эксперименту по измерению случайно распределенных величин, к которому применимы статистические методы, то в рамках стандартных моделей возможно прогнозировать только те риски, которые наблюдаются в рамках заложенных в данные модели ограничений.

Недостаток современного оценочного аппарата наглядно иллюстрирует следующий пример. Очень часто игроки на финансовых рынках, прекрасно зная о переоцененности какой-либо ценной бумаги, продолжают надеяться на дальнейший рост ее курса. Если к тому же решения принимаются по принципу «пока я выигрываю, я в игре» и распределение средств при этом происходит таким образом, что наиболее перспективные (с точки зрения дальнейшего роста курса) ценные бумаги преобладают в портфеле, то поведенческие риски такой ситуации как раз и определяются действиями или предположениями о

поведении других игроков. При этом для описания поведенческих рисков недостаточно определить или оценить только объективные вероятности. Погода абсолютно не реагирует на замеры метеоролога. Однако инвесторы весьма активно реагируют на прогнозы аналитиков, что может привести к очень серьезным последствиям.

Таким образом, если поведение игроков непредсказуемо и чревато новыми типами риска, то в модель риск-менеджмента должны быть внесены поведенческие стандарты (предпочтения), чтобы она могла работать с непредвиденными (статистически не описываемыми) феноменами.

В поисках решения проблемы неопределённости, которая в рамках существующих моделей не может быть преодолена, исследователи в последнее время стали всё чаще обращаться к опыту точных наук, результатами чего стало появление моделей, активно использующих инструментарий, заимствованный из инженерных наук. Насколько успешным будет использование данного класса моделей, покажет практика, но уже сейчас можно говорить об одном из главных недостатков данных моделей применительно к описанию происходящего на финансовых рынках: в отличие от финансовых систем, где преобладают рациональные игроки, все физические системы имеют ярко выраженный стохастический характер.

Проблема снижения неопределённости при принятии решения на финансовых рынках, а также несовершенство существующего инструментария, применяемого для решения данной проблемы, привели, например, к недооценке глубины, продолжительности, а также степени влияния на мировую экономику глобального финансового кризиса. Тем не менее, существует инструмент, использование которого позволяет адекватно оценивать как риски состояния, так и поведенческие риски участников финансовых рынков.

Как только определена ситуация, в которой решения принимаются по определенным правилам, ее можно классифицировать как игру со многими игроками. При этом правилами игры являются гипотезы исследуемой модели. Подобные вопросы изучаются в теории игр. С одной стороны, модели, построенные с помощью этой теории, могут включать в себя стандартные статистические методы, с другой стороны, они позволяют прогнозировать поведение участников рынка как игроков, принимающих решения, следуя определенной выбранной ими стратегии.

Присуждение в 2005 г. Нобелевских премий Р. Ауманну и Т. Шеллингу свидетельствует о том, что теория игр в настоящее время – одно из ключевых направлений формирования новых экономических теорий. В рамках данной теории экономические рынки моделируются как поля игр, на которых осуществляются стратегические действия агентов. Традиционная же финансовая математика по определению не принимает во внимание того, что игроки на финансовых рынках приобретают информацию с учетом своих стратегических целей. Теория игр, вопреки предпосылкам теории общего равновесия, не рассматривает финансовый рынок как анонимное множество – массовые явления здесь, скорее, исключение, чем правило. Субъектами же являются самостоятельные игроки, которые стараются (или пытаются) оптимально использовать предоставленные возможности. Хотя такой подход и ограничивает прогноз на основе опыта (статистики прошлых лет), нужно принимать во внимание, что финансовый рынок вовсе не является самонастраивающейся и саморегулирующейся системой, для успешного существования в которой игрокам нужно лишь следить за его тенденциями. Соответственно, и игроки, которые стремятся быть в нужном месте с нужной стратегией, вряд ли смогут получить свою выгоду в

игре, если будут пытаться добиться более точной оптимизации в рамках применяемой модели, вместо того чтобы понять функционирование рынка как системы игроков. Как только рассмотрение принципиальных взаимосвязей исследуемой ситуации начнет доминировать над задачами по еще большему уточнению фундаментальных значений и оптимизации стандартной модели, в игре появятся различные линии поведения игроков.

Разнообразие факторов и всевозможных стратегий поведения составляют пространство событий, которое вполне измеримо даже при помощи моделей поведения, в основу которых положена теория вероятностей. В свою очередь, теория игр, основываясь на своих моделях, создает с их помощью поведенческие контексты, которые называются стратегическими играми, дальнейший анализ которых является чисто математической задачей. Тем не менее, аппарат классической теории игр не способен адекватно оценить рыночные ситуации, в которых наблюдается асимметрия информации между участниками рынка. Рассмотрим последствия данного явления более подробно.

Одним из фундаментальных свойств бытия человека является то, что наряду с природной («объективной») реальностью существует ее отражение в сознании. При этом между *природной реальностью* и ее образом в сознании существует неизбежный зазор, несовпадение.

Целенаправленное изучение этого феномена традиционно связано с термином «рефлексия», которому «Философский словарь» [11] дает следующее определение: «РЕФЛЕКСИЯ (лат. reflexio – обращение назад). Термин, означающий отражение, а также исследование познавательного акта». Термин «рефлексия» непосредственно введен Дж. Локком. В различных философских системах (у Дж. Локка, Г. Лейбница, Д. Юма, Г. Гегеля и др.) он имел различное содержание. Систематическое описание рефлексии с точки зрения психологии началось в 60-е гг. XX в. (школа В. А. Лефевра).

Асимметрия информации приводит к формированию в сознании менее информированных участников рынка иерархии представлений о действиях других рыночных агентов, что неизбежно приводит к искажению (рефлексии) представлений о текущей рыночной ситуации. В качестве наглядного примера приведём классическую задачу «о двух брокерах» [12].

Предположим, что у двух брокеров, играющих на фондовой бирже, имеются собственные экспертные системы, которые используются для поддержки принятия решений. Случается так, что сетевой администратор нелегально копирует обе экспертные системы и продает каждому брокеру экспертную систему своего оппонента. После этого администратор пытается продать каждому из них следующую информацию: «Ваш оппонент имеет Вашу экспертную систему», потом администратор пытается продать информацию: «Ваш оппонент знает, что Вы имеете его экспертную систему», и т. д. Вопрос заключается в том, как брокерам следует использовать информацию, получаемую от администратора, а также какая информация на какой итерации является существенной?

В данном примере помимо проблемы рефлексии затрагивается также проблема информационного манипулирования рыночными агентами, которая регулярно встречается на финансовых рынках.

Таким образом, для принятия управленческого решения игрокам необходимо учитывать не только стратегии других участников рынка (что являлось бы достаточным условием при классической постановке игры), но также иерархию собственных представлений о действиях (стратегическая рефлексия) и информированности (информационная рефлексия) [13] других игроков.

На сегодняшний день в теории игр не существует универсальной концепции равновесия (исхода игры) – принимая те или иные предположения о принципах принятия агентами решений, можно получать различные решения. Наиболее эффективным инструментом для моделирования поведения участников финансовых рынков, основанного на иерархии своих представлений о параметрах игры в условиях неполной информации, является аппарат теории рефлексивных игр – по мнению автора данной статьи, наиболее перспективного направления для разработки единой теоретико-игровой модели, основанной на рефлексивном управлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автономов В. С. Модель человека в экономической науке. СПб.: Экономическая шк., 1998.
2. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970.
3. Губко М. В., Новиков Д. А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002.
4. Myerson R. B. Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 1991.
5. Биета Ф., Смилянец П. Теория игр и финансовые рынки / Вопр. эконом. 2007. № 10. С. 114–124.
6. Paul W., Basclmagel. Stochastic Processes – From Physics to Finance. Berlin: Heidelberg; New York: Springer, 2001.
7. Рогов М. А. Риск-менеджмент. М.: Финансы и статистика, 2001.
8. Jovanovic D., Le Gall C. Docs God practise a random walk? / The European J. of the History of Economic Thought. 2001. Vol. 8, № 3. P. 332–362; Lowenstcin R. When Genius Failed – The Rise and Fall of Long Term Capital Management. New York: Random House, 2000.
9. Engle R. F., Granger C. W. J. Co-integration and Error-correction: Representation, Estimation and Testing / Econometrica. 1987. Vol. 55, № 2. P. 251–276.
10. Shafer G., Vovk V. Probability and Finance – It's Only a Game. New York: Wiley, 2001.
11. Философский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1983.
12. Щедровицкий Г. П. Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок / Системные исследования. М., 1981. С. 193–227.
13. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Рефлексивные игры. М.: Синтег, 2003.

N. A. Lopatin

THE THEORY OF REFLEXIVE GAMES AND FINANCIAL MARKETS

The article discussed the limitations of existing statistical and econometric methods for forecasting the behavior of financial market participants, based on the impossibility of accounting within the framework of established models of two types of risks, both arising in the financial markets – exogenous risks and endogenous risks. As an alternative tool capable of modeling to take into account the risks arising in the financial markets reflexive game theory proposed.

Game theory, reflection, risk management, financial markets

УДК 658.562

С. А. Степанов, В. В. Азарьева, В. В. Ященко

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ СИСТЕМ КАЧЕСТВА В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Описывается опыт работ в области гарантий качества образования, предложены подходы к мониторингу систем качества образовательных учреждений, представлена структура модели премии в области качества образования.

Образование, система качества, модель зрелости, премия по качеству образования

Получение признания результатов деятельности в области качества образования со стороны ведущих российских и зарубежных организаций является актуальным для учреждений высшего профессионального образования и предоставляет им инструмент для дальнейшего развития и совершенствования деятельности.

В Российской Федерации с 2001 г. на регулярной основе проводится конкурс Министерства образования и науки РФ «Системы качества подготовки выпускников образовательных учреждений профессионального образования», в котором каждый год принимают участие вузы и ссузы РФ. В 2008 г. первый вуз РФ – Ставропольский государственный аграрный университет стал лауреатом премии Европейского фонда по менеджменту качества для сферы образования (EFQM – European Foundation for Quality Management). Образовательные учреждения также идут по пути сертификации систем менеджмента качества на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2008, принимают участие в конкурсе на получение премии Правительства РФ в области качества и в других национальных конкурсах по качеству [1].

Активизация работ в этом направлении за последнее десятилетие во многом связана с функционированием в Российской Федерации сети центров по сопровождению внедрения типовой модели системы качества в образовательных учреждениях на базе вузов и ссузов Федеральных округов РФ. Документы типовой модели системы качества образовательного учреждения [2]–[4], учитывающие как требования стандартов и рекомендаций Европейской ассоциации гарантии качества в высшем образовании (European Network for Quality Assurance in Higher Education – ENQA) [5], так и стандартов серии ИСО–9000 [6]–[8], были рекомендованы Советом по координации управления качеством профессионального образования Рособрнадзора для использования в образовательных учреждениях РФ и на сегодняшний день используются для создания, внедрения, оценки и совершенствования деятельности в области качества в вузах и ссузах не только РФ, но и стран СНГ. На сегодняшний день разработана модель зрелости процессов образовательного учреждения, которая положена в основу методики оценки систем качества образовательных учреждений [9], апробированной в вузах РФ; проведено повышение квалификации более 3000 сотрудников образовательных учреждений по вопросу создания систем качества на основе типовой модели, подготовлено 164 эксперта-аудитора систем качества образовательных учреждений. Таким образом, сформирована группа высококвалифицированных специалистов, способных как создавать системы качества, так и проводить их оценку на соответствие стандартам и рекомендациям ENQA и определять уровень зрелости (или развития) систем качества.

В Российской Федерации ведется работа по сбору «лучших практик» использования типовой модели системы качества в образовательных учреждениях, и на сегодняшний день можно сказать, что в этом направлении получены значительные результаты: издано 2 сборника «лучших практик» [10], [11], проводятся научные конференции и семинары по обмену опытом использования стандартов и рекомендаций ENQA, а также других стандартов и моделей для совершенствования систем управления в образовательных учреждениях.

Таким образом, можно сказать, что на сегодняшний день в РФ создана методическая база по совершенствованию систем управления в соответствии с современными тенденциями в области гарантий качества образования. В образовательных учреждениях РФ накоплен большой опыт использования этих методических документов, а на их основе подготовлены и сертифицированы эксперты-аудиторы систем качества образовательных учреждений.

В связи с этим актуальным является вопрос разработки механизма признания достижений образовательных учреждений РФ в области качества на институциональном уровне на основе требований стандартов и рекомендаций ENQA и разработанной модели зрелости

процессов, а также с привлечением подготовленных экспертов-аудиторов систем качества образовательных учреждений. Таким механизмом может быть проведение конкурса среди образовательных учреждений в области гарантий качества образования с присуждением премии в области качества образования. В качестве экспертов конкурса могут выступать сертифицированные эксперты-аудиторы систем качества образовательных учреждений.

Внедрение такого механизма может быть использовано для проведения мониторинга деятельности образовательных учреждений в области качества и информирования общественности о достижениях образовательных учреждений в этой области на основе регулярно издаваемых сборников лучших практик по созданию систем качества и публикаций достижений образовательных учреждений на бенчмаркинговых сайтах.

На сегодняшний день сотрудниками Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» разработаны проекты нормативных и методических документов по организации и проведению конкурса среди образовательных учреждений в области гарантий качества образования, включая модель премии в области качества образования и процедуру проведения конкурса.

В качестве основы для разработки модели премии в области качества образования и выбора критериальной базы для присуждения премии выбраны подходы, положенные в основу стандартов и рекомендаций ENQA и методики оценки систем качества (СК) образовательных учреждений (ОУ).

Учитывая данные подходы, структуру модели премии в области качества образования целесообразно представить так, как показано на рис. 1.

Оценка СК ОУ начинается с проверки степени соответствия СК ОУ требованиям стандартов и рекомендаций ENQA по следующим разделам данного документа:

1. Политика и процедуры гарантии качества.
2. Утверждение, мониторинг и периодическая оценка программ и квалификаций.
3. Оценка уровня знаний студентов.
4. Гарантия качества и компетентности преподавательского состава.
5. Образовательные ресурсы и система поддержки студентов.
6. Система информирования.
7. Информирование общественности.

На рис. 1 эти разделы объединены. Таким образом, показана их целостность, поскольку данные требования являются базовыми требованиями к системам качества образовательных учреждений. После проверки соответствия СК ОУ требованиям стандартов и рекомендаций ENQA осуществляется переход, показанный в виде стрелки, к проверке уровня зрелости СК ОУ. Уровни зрелости процессов СК, определяющие уровень зрелости СК ОУ, на рис. 1 объединены и расположены по часовой стрелке, что означает порядок, в котором оцениваются процессы СК ОУ на соответствие тому или иному уровню зрелости. Описание уровней зрелости приведено в методике оценки СК ОУ [9].

Работу по проверке соответствия СК ОУ требованиям стандартов и рекомендаций ENQA и проверке уровня зрелости СК ОУ предложено возложить на экспертов-аудиторов СК ОУ (сотрудников ОУ, прошедших повышение квалификации по программе подготовки экспертов-аудиторов). Для осуществления процедуры оценки СК ОУ эксперты будут руководствоваться методикой оценки СК ОУ.

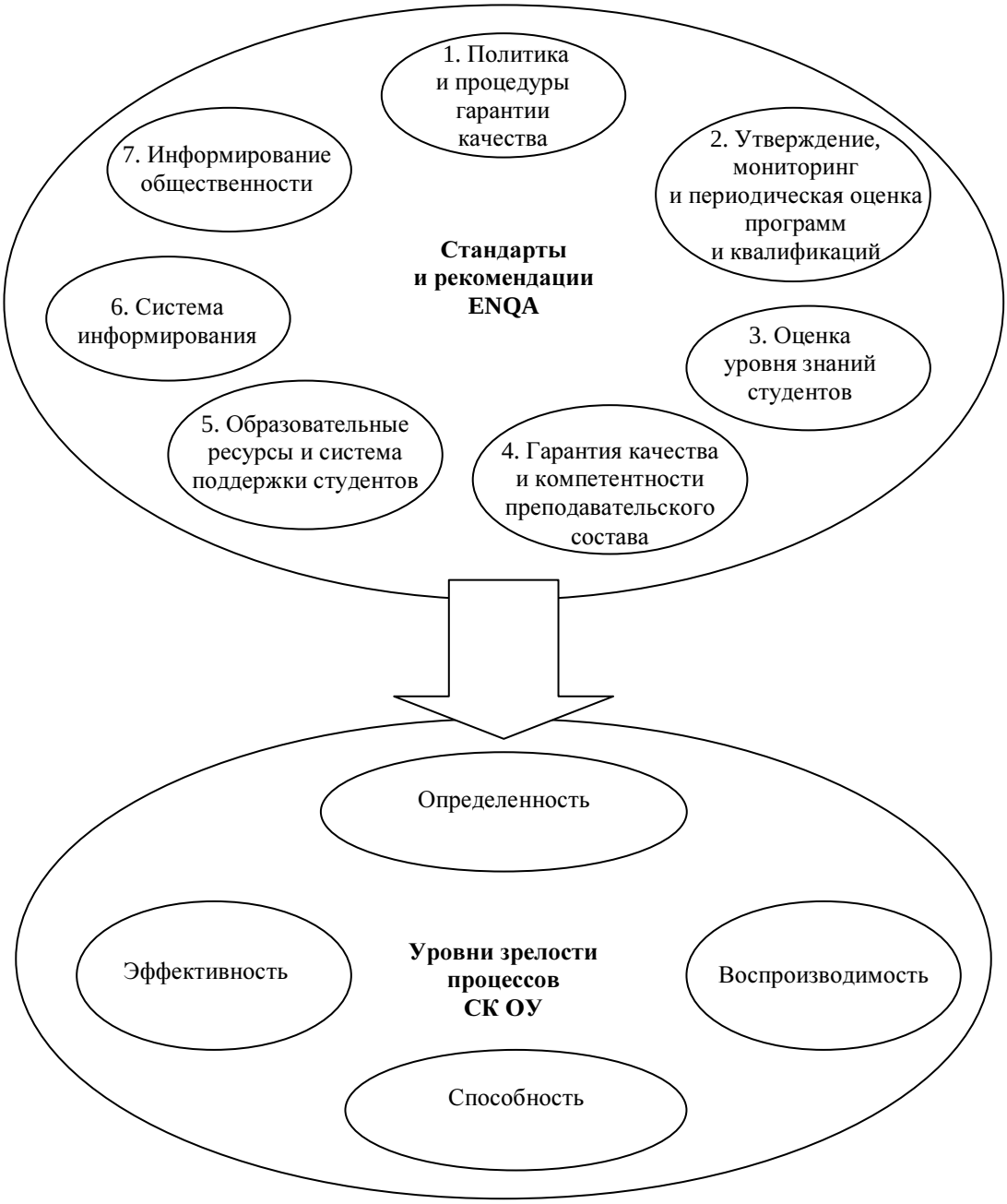


Рис. 1

Согласно методике оценки СК ОУ для определения соответствия образовательного учреждения требованиям стандартов и рекомендаций ENQA и тому или иному уровню зрелости СК ОУ разработаны соответствующие шкалы: «шкала ENQA» и «шкала зрелости СК ОУ», представленные на рис. 2.

По каждой из приведенных шкал существуют пороговые значения баллов, согласно которым ОУ может быть оценено. Таким образом, существует минимальное и максимальное количество баллов. Так, для «шкалы ENQA» количество баллов, в пределах которых СК ОУ в целом удовлетворяет стандартам и рекомендациям ENQA, варьируется от 68 до 132. Набрав определенное количество баллов в данном диапазоне по «шкале ENQA», далее СК ОУ будет оцениваться по «шкале зрелости СК ОУ».

Оценка СК ОУ на соответствие Стандартам и Рекомендациям ENQA		
Шкала ENQA ☞	Баллы по результатам экспертизы на соответствие ENQA	
1.1. Политика и процедуры гарантии качества	< 12	12–24
1.2. Утверждение, мониторинг и периодическая оценка программ и квалификаций	< 12	12–24
1.3. Оценка уровня знаний студентов	< 11	11–21
1.4. Гарантия качества и компетентности преподавательского состава	< 9	9–15
1.5. Образовательные ресурсы и система поддержки студентов	< 6	6–12
1.6. Система информирования	< 12	12–24
1.7. Информирование общественности	< 6	6–12
	СК ОУ в целом не удовлетворяет стандартам и рекомендациям ENQA	СК ОУ в целом удовлетворяет стандартам и рекомендациям ENQA

Оценка развития СК ОУ по шкале зрелости				
Шкала зрелости СК ОУ ☞ Баллы по результатам экспертизы на зрелость СК ОУ для каждого уровня шкалы				
Проверка по чек-листу «Определенность»		Проверка по чек-листу «Воспроизводимость» при наличии СК на уровне зрелости «Определенность»	Проверка по чек-листу «Способность» при наличии СК на уровне зрелости «Воспроизводимость»	Проверка по чек-листу «Эффективность» при наличии СК на уровне зрелости «Способность»
<10 баллов Уровень 0 СК ОУ	10–18 баллов Уровень I СК ОУ	13–21 балл Уровень II СК ОУ	12–18 баллов Уровень III СК ОУ	16–24 балла Уровень IV СК ОУ

ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ

Рис. 2

Выявление дипломантов конкурса «Премия в области качества образования» будет производиться в том случае, когда СК ОУ участников конкурса будет соответствовать уровню зрелости «Определенность» при условии оценки зрелости процессов СК на соответствие данному уровню ста процентов (100 %) основных и пятидесяти процентов (50 %) обеспечивающих процессов СК.

Выявление лауреатов премии будет производиться в том случае, когда СК ОУ участников конкурса будет соответствовать уровню зрелости «Воспроизводимость» при условии оценки зрелости процессов СК на соответствие данному уровню ста процентов (100 %) основных и пятидесяти процентов (50 %) обеспечивающих процессов СК.

При этом разработан алгоритм перевода «шкалы зрелости СК ОУ» в «шкалу премии», по которой будут оцениваться участники конкурса «Премия в области качества образования».

Для документального определения порядка организации и проведения конкурса разработано Положение о проведении конкурса и документированная процедура «Организация и проведение конкурса “Премия в области качества образования”». При разработке этих документов учитывалась документация конкурса на получение премии Правительства РФ в области качества и конкурса Министерства образования и науки РФ «Системы качества подготовки выпускников образовательных учреждений профессионального образования».

Таким образом, предложенный механизм мониторинга деятельности образовательных учреждений в области качества через проведение конкурса и присуждение премии в области качества образования будет способствовать развитию работ по гарантиям качества образования как на внутреннем (непосредственно в образовательных учреждениях), так и на государственном уровне, а также обеспечению конкурентоспособности образовательных учреждений на рынке образовательных услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов С. А. Управление качеством в технических вузах. СПб.: ООО «Технолит», 2008.

2. Типовая модель системы качества образовательного учреждения. Руководство по качеству / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, С. А. Степанов и др. СПб.: ООО «Технолит», 2009.

3. Методические рекомендации по внедрению типовой модели системы качества образовательного учреждения / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, С. А. Степанов и др. СПб.: ПИФcom, 2007.

4. Краткий терминологический словарь в области управления качеством высшего и среднего профессионального образования / В. В. Азарьева, О. А. Горленко, С. А. Степанов и др. СПб.: ПИФcom, 2007.

5. Стандарты и рекомендации для гарантии качества высшего образования в Европейском пространстве. Йошкар-Ола: ООО «Редакция журнала “Аккредитация в образовании”», 2008.

6. ГОСТ Р ИСО 9000–2008. Система менеджмента качества. Требования. М.: Изд-во стандартов, 2008.

7. ГОСТ Р ИСО 9001–2008. Система менеджмента качества. Требования. М.: Изд-во стандартов, 2008.

8. ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. М.: Стандартинформ, 2011.

9. Методика оценки систем качества образовательных учреждений / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, С. А. Степанов и др. СПб.: ООО «Балтияр», 2010.

10. Лучшие практики создания систем качества в образовательных учреждениях РФ /В. В. Азарьева, Е. Н. Геворкян, С. А. Степанов и др. СПб.: ПИФ.com, 2007.

11. Системы качества образовательных учреждений. Лучшие практики/ В. В. Азарьева, В. И. Круглов, С. А. Степанов и др.; под ред. С. А. Степанова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.

S. A. Stepanov, V. V. Azaryeva, V. V. Yaschenko

METHODICAL APPROACHES TO QUALITY SYSTEM MONITORING IN ENGENEERING UNIVERSITIES

The article describes the experience in the area of quality assurance in education. The approaches to university quality system monitoring are proposed. The structure of the model of education quality award is given

Education, quality system, maturity model, education quality award

УДК 123; 124. 5; 316. 77

М. Е. Кудрявцева

АУДИТОРИЯ СМИ КАК СУБЪЕКТ КОММУНИКАЦИОННОЙ СВОБОДЫ (ГУМАНИТАРНЫЙ ПОДХОД)

Рассмотрены социально-психологические аспекты массово-информационного взаимодействия. Уровень коммуникационной свободы аудитории СМИ оценивается с точки зрения роста субъектности ее поведения. Выделяются следующие уровни субъектности поведения: уровень желаний, целеориентированный уровень, ценностно-ориентированный уровень. Высшим уровнем коммуникационной свободы личности, в соответствии с авторской концепцией, является ценностно-ориентированный уровень, предполагающий высшую степень субъектности поведения в медиапространстве.

Свобода, личность, ценность, самоактуализация, субъектность поведения

Одним из активно идущих в настоящее время процессов является, как можно предположить, виртуализация среды социального обитания современного человека. По мере усложнения социальной организации растет потребность в разных формах коммуникации, в связи с этим возникает необходимость поиска новых возможностей для ее обеспечения. Все это ведет к тому, что непосредственные, живые человеческие контакты чем дальше, тем больше имеют тенденцию быть опосредованными техническими достижениями цивилизации. Пространством таких контактов, исключительно широких по своим возможностям, является пространство массовой коммуникации. Специфика массово-информационного взаимодействия может быть исследована в самых разных аспектах, в том числе и социально-психологическом, предполагающем внимание к проблеме свободы личности в медиапространстве (коммуникационная свобода).

Одним из подходов к описанию и классификации аудиторий массово-информационного взаимодействия является подход с точки зрения степени вовлеченности ее членов в процесс коммуникации. Дж. Уэбстером предложены три модели описания медиааудитории. Из них лишь последняя модель, называемая им «аудитория-как-агент», исходит из того, что члены аудитории являются личностями, имеющими свободу выбора в медиапространстве [1, с. 401]. Члены такой аудитории более, чем другие, активны и глубже вовлечены в коммуникационные процессы. По мере того как интерактивное взаимодействие все более определяет харак-

тер современных медиа, более корректным становится говорить не о медиааудитории, а о медиапользователях [1, с. 401]. Все чаще исследователи рассматривают аудиторию не как пассивных потребителей информации, а как людей, настроенных на диалогическое общение в медиапространстве. Диалогичность вообще признается некоторыми исследователями «необходимым атрибутом», «условием жизнеспособности системы массово-коммуникационного обмена информацией в обществе»[1]. Читатели, зрители, слушатели все чаще выступают как полноправные субъекты массово-информационного взаимодействия.

Однако вовлеченность аудитории в процесс массовой коммуникации почти всегда связывается исследователями с ее информационным участием, гражданским участием, вопросы же личностной вовлеченности человека, предполагающие гуманитарный взгляд на проблему, как правило, остаются в стороне. Эти вопросы, как представляется, могут получить должное освещение в том случае, если идея вовлеченности медиасубъекта в процесс коммуникации будет переосмыслена как идея роста осознанной субъектности поведения как главного параметра свободы личности. При этом показателем роста субъектности поведения «читателя» является, по нашему мнению, не только и не столько рост внешней активности во взаимодействии с медиасферой, а обретение новых смыслов, свидетельствующих о самоактуализации личности.

Самоактуализация может рассматриваться как познание человеком самого себя во всем богатстве своих мыслей, чувств, желаний и возможностей. Опасность массовой коммуникации состоит в том, что она в силу самой своей массовости и анонимности может для читателя, зрителя и слушателя минимизировать риски, связанные с творчеством, живым общением и причастностью к событиям, тем самым стать барьером на пути его самоактуализации. Потребление событий, например, какой-то катастрофы по телевизору, без ощущения своей причастности оставляет у человека ощущение своеобразной «непрожеванности», отсюда стремление потреблять еще и еще – с тем же результатом. Анонимное общение в интернете можно как инициировать в любой момент, так и прекратить без ущерба для себя (и почувствовать потребность начать другое, потому что прежнее осталось «непрожеванным»). Эта «минимизация рисков» связана еще и с отмечаемой некоторыми учеными тенденцией к «банализации» СМИ. П. Бурдье в своей работе, посвященной телевизионной коммуникации, пишет следующее: «Это хорошо известное правило: чем больше то или иное СМИ или средство творческого выражения стремится к завоеванию широкой публики… тем больше оно должно стараться “никого не шокировать”, не поднимать других проблем, кроме тех, что не вызывают последствий» [2, с. 62]. Такая «коммуникация», подтверждающая уже известные вещи, устраивающая всех, коммуникация ради коммуникации, как отмечает П. Бурдье, оставляет без изменения ментальные структуры человека, что по сути дела ведет к деградации личности. Предотвратить эту деградацию в условиях банализации СМИ может только выраженная субъектность читателя, зрителя, слушателя (далее «читателя»), позволяющая ему самоактуализироваться на пути формирования подлинного, пережитого, личного отношения к миру, а в некоторых случаях и на пути созидательной деятельности, если речь идет об активном ответном социальном действии.

---

[1] http://evartist.narod.ru/text8/30.htm.

Минимально выраженная субъектность поведения – деятельность, определяемая желанием. Желания (так же, как и интересы и убеждения) характеризуют сознательное отношение человека к своей деятельности. Для «читателя» в массовой коммуникации – это осознание своего желания входить в медиапространство и выходить из него. В основе этого желания лежит, как правило, целый комплекс разнообразных потребностей и мотивов: заполнить свободное время, избавиться от скуки и одиночества, стимулировать мыслительную или эмоциональную деятельность, быть похожим на других и т. п.

Субъектность поведения на уровне желаний минимальна, но все-таки актуализирует самосознание личности как субъекта потребления. Чтобы потреблять медиапродукцию, нужно иметь некоторое представление о собственных интересах и способность выбора из многообразных медиатекстов того, что этим интересам отвечает. Желание потребления в медиасфере может быть разной степени интенсивности, и удовлетворение его в соответствии с этим требует разной степени волевых усилий. Слабо выраженное желание реципиента медиасферы влечет за собой нежелание напрягаться при вхождении в массовую коммуникацию, человек скорее предпочтет включить телевизор и смотреть все подряд, чем читать газету или целенаправленно искать что-либо в интернете. Однако эта максимальная степень расслабленности, свидетельствующая о минимальной степени субъектности в медиапространстве, отнюдь не во всех случаях означает такой же минимальный уровень субъектности в других сферах жизни. Эта малая заинтересованность, невыраженность желаний относительно медиапродукции в современном, насыщенном событиями социуме вполне может свидетельствовать не об отсутствии субъектных проявлений у человека, а наоборот – об интенсивной жизни личности за пределами медиапространства, причем скорее внутренней, чем внешней, связанной с массовой коммуникацией тесными узами. Крайний вариант – уход из массовой коммуникации, человек перестает быть ее субъектом, проблема свободы в медиапространстве перестает быть для него актуальной.

Менее интенсивная внутренняя жизнь скорее заставит человека проявить активность в удовлетворении своих медиапотребностей и получении внешних впечатлений, необходимых ему для наполнения жизни.

Потребительская активность может быть связана не только с восприятием распространяемой в СМИ информации, но и с формальным участием в массовой коммуникации. Человек может писать в газету, звонить в телестудию, принимать участие в телепередачах, однако оставаться при этом лишь потребителем с низко выраженной субъектностью поведения, главным мотивом поведения для которого является мотив заполнения жизни, потребления впечатлений, в иных случаях – выставления себя напоказ (что, по сути, также является потреблением – потреблением собственной персоны).

Ориентация на потребление в медиапространстве свидетельствует о малой коммуникационной свободе личности, в иных случаях может свидетельствовать об отказе личности от самоактуализации и самореализации. Поведение, диктуемое человеку его желаниями, еще нельзя назвать целеориентированным, оно недостаточно рационально и в большей степени подчиняется сложившимся в конкретном социуме стереотипам поведения. Предпочтения субъекта, потребляющего медиапродукцию, в основном диктуются бытующими в его ближнем круге интересами, которые чаще всего представляют собой навязанную теми же средствами массовой информации коллекцию «готовых идей».

Внешнее разнообразие доступной информации и увеличивающееся в настоящее время разнообразие возможных форм поведения в массовой коммуникации создают для человека, не привыкшего критически осмыслять действительность, иллюзию свободы.

Потребительский уровень субъектности в большинстве случаев, как представляется, еще не дает выраженного представления о правах, возможностях и способностях получать желаемое в медиапространстве. Экспансия массовой коммуникации во все сферы жизни, возможность интерактивных форм общения мыслятся как сами собой разумеющиеся показатели коммуникационной свободы. Понятие внутренней свободы как способности личности оставаться независимой вынесено за пределы сознания. Можно предположить, что главной ценностью реципиента – потребителя медиа является развлечение, не требующее напряжения.

Следующая ступень субъектности поведения, связанная с ростом рациональности, – целеориентированное поведение. Человек, вступающий в медиапространство с сознанием определенной цели, становится субъектом полноценной социальной деятельности (потребление тоже, безусловно, является родом деятельности, но недостаток рациональности не позволяет назвать ее социально полноценной). Цель более конкретна и рациональна, предполагает представление о средствах и способах ее достижения. Возможность достижения цели в большей степени, чем возможность удовлетворения желания, связана с волевым компонентом личности. Цель должна соотноситься с результатами деятельности – таково одно из ведущих положений деятельностного подхода. Мотивы деятельности реципиента медиапродукции также могут быть разными, но в основном они представляются связанными с различными видами внешней активности человека – профессиональной, гражданской, семейной. Для целеориентированного «читателя» цель массовой коммуникации состоит в получении (или распространении) конкретной информации, отвечающей его конкретным потребностям. Достижение этой цели может мыслиться в аспекте права как право выбора информации, в аспекте возможности – как владение необходимыми средствами для ее получения (или распространения) и в аспекте способности – как личностного качества, необходимого для ее понимания, интерпретации и оценки.

Реципиент медиасферы как субъект деятельности по сравнению с реципиентом – субъектом потребления обладает независимостью поведения, поскольку способен к критическому мышлению, позволяющему ему выйти из-под власти стереотипов и установить внутренние барьеры, препятствующие бесцельному медиапотреблению единственно ради развлечения. Он способен к выбору необходимых для себя текстов и целенаправленному использованию их в своей деятельности. Однако данный уровень субъектности все еще не позволяет говорить о высших проявлениях коммуникационной свободы.

В современном мире цели конкретной личности все более оказываются ориентированными на социальный успех, который у целеориентированного субъекта вообще, как можно предположить, является одной из главных ценностей. Социальный успех сейчас немыслим без участия в массовой коммуникации. Результат любой человеческой деятельности: производственные достижения, научный труд, даже воспитание детей – лишь тогда приобретает статус значимости, когда тем или иным образом попадает в медиапространство. Приведем в связи с этим характерную цитату П. Бурдье: «По-моему, соглашающиеся участвовать в передаче, не беспокоясь о том, смогут ли они сказать то, что хотят сказать,

признают тем самым, что на самом деле они приходят на студию не для того, чтобы что-то сказать, а совсем по другой причине: показать себя и быть замеченным другими» [2, с. 25].

Безусловно, значимость результата человеческой деятельности определяется в его общении с другими людьми так же, как и сама личность существует преимущественно в общении, однако тенденция однозначно связать эту значимость с вынесенным в медиапространство социальным признанием представляется опасной. Реализация человека, привязанная исключительно к внешнему успеху, может не только оказаться провальной под влиянием изменчивой ситуации, но и, будучи неверно понятой самим субъектом, препятствовать его самоактуализации и самореализации. Вместо них происходят, если можно так выразиться, своеобразные «медиаактуализация» и «медиареализация», при которых личность осознает себя, свои возможности и желания преимущественно в свете массово-информационного взаимодействия. Целеориентированный субъект, будучи независимым в самой медиасфере, имея рациональные внешние цели, остается зависимым от нее, поскольку конечной высшей его целью в той или иной форме является выход в медиапространство, вынесение в него результатов своей деятельности.

Прагматичность, присущая целеориентированному субъекту медиапространства, блокирует его способность к объемному видению мира. Деловитость современной жизни требует, как отмечал К. Ясперс, понятной каждому простоты, делает проявления человеческого поведения едиными во всем мире: «От людей ждут не рассуждений, а знаний, не размышлений о смысле, а умелых действий, не чувств, а объективности, не раскрытия действия таинственных сил, а ясного установления фактов» [3, с. 38].

Целеориентированный субъект медиа – это в большинстве случаев носитель распространяемой СМИ мелкобуржуазной морали, поскольку только согласие с ней делает в современном мире доступными для личности внешние цели, и поэтому для него существует опасность попасть под власть органичных для этой морали готовых идей. Можно предположить, что свобода от социальных стереотипов активного, целеориентированного участника массовой коммуникации требует от него особенной силы критического мышления и внутренней устойчивости – большей, чем для человека, мало общающегося со СМИ. Если этой устойчивости недостаточно, человек незаметно для себя «соскальзывает» в потребление. С другой стороны, по-настоящему критическое мышление предполагает по отношению к получаемой информации интерпретацию и оценку, которые являются ценностными компонентами поведения и потенциально оставляют личности целеориентированного субъекта возможность дальнейшего развития, переосмысления своей роли в медиапространстве и, как следствие, выход на ценностно-ориентированный уровень. В связи с этим идентификация группы целеориентированных субъектов СМИ представляется наиболее сложной, а сама эта группа наименее определенной.

Достижение цели для целеориентированного субъекта медиапространства происходит в рамках заданной ситуации, диктующей человеку определенную роль. Для «читателя» в массовой коммуникации – это роль того, кто воспринимает информацию на низшем уровне субъектности: на уровне желаний – это просто восприятие (потребление); на уровне целей – это восприятие и использование информации в своих целях. Это можно назвать максимальным соответствием роли «читателя», ее правильным исполнением, поскольку

использование полученной информации есть признание ее качественности, разумности, признание ее необходимости в медиапространстве. Такое «правильное» исполнение роли «читателя», однако, не предполагает какого-либо переосмысления, обогащения полученной информации, для этого необходимо выйти за границы системы, преодолеть рамки заданной обстоятельствами роли. Преодоление роли «читателя» состоит в активном утверждении своей ценностной позиции по отношению к информации, определение ее места в структуре своего мироотношения в целом, выход в позицию ее соавтора или оппонента, т. е. в творческую позицию. В массово-информационном взаимодействии это означает ценностное самоопределение человека, происходящее в процессе осознания транслируемых в массовой коммуникации ценностей.

Представляется, что именно ценностно-рациональное поведение свидетельствует о высшем проявлении субъектности. Если с позиций чисто деятельностного (праксеологического) подхода поведение человека оценивается в аспектах соответствия цели и результата, выбора адекватных средств достижения внешней цели, то с позиций субъектно-деятельностного подхода (более уместного, когда речь идет о свободе как ценностной категории) человеческая деятельность, направленная на внешний мир, не может рассматриваться отдельно от порождаемых ею личностных смыслов и ценностей.

Логично было бы предположить, что выход за рамки своей роли однозначно связан со стремлением «читателя» проявить внешнюю активность, войти в массовую коммуникацию на правах ее участника, Однако дело обстоит сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Проявление активности «читателя» необязательно связано с ростом его субъектности, он может продолжать оставаться на уровне потребителя информации, его активность может быть направлена лишь на поиск необходимой для него информации или на то, чтобы формально заявить о себе (в этом случае, как мы уже отмечали, поведение вряд ли выходит даже на уровень целерационального).

С другой стороны, отсутствие внешней активности «читателя» необязательно свидетельствует о его пассивной роли потребителя. Позиция соавтора или оппонента может проявляться во внутренних образованиях личности – смысловых, ценностных, эмоционально-волевых. Вероятно, можно говорить о ценностно-интровертном поведении, противопоставленном ценностно-экстравертному, предполагающему стремление к реальному полноценному диалогу и полилогу в медиапространстве. Для «читателя-интроверта» содержание массовой коммуникации инициирует внутренний полилог личности, в ходе которого массовые ценности медиапространства так или иначе осваиваются личностью, обеспечивая ее самоактуализацию. Эти медиаценности, возникающие в сознании воспринимающего субъекта как неотъемлемая принадлежность различных феноменов массовой коммуникации, могут осваиваться в самом широком диапазоне оценок – от полного принятия и включения в свою систему ценностей до категорического отвержения.

Внешние проявления ценностно-интровертного поведения могут мало чем отличаться от поведения «читателя-потребителя». Выше мы уже отмечали, что слабо выраженная активность в потреблении медиапродукции отнюдь не тождественна слабо выраженной субъектности. Трудно сказать, какими переменами отзывается в личности даже та, казалось бы незначительная информация, случайно попавшая в поле зрения человека «просто так» блуждаю-

щего по медиапространству – листающего газету, переключающего телевизионные каналы, перебирающего интернет-ссылки. Очевидно только то, что ценностно-ориентированный «читатель» «вбирает в себя» массовую коммуникацию, обогащаясь и развиваясь через определение своего отношения к ее содержанию и формам, в то время как «читатель-потребитель» «растворяется» в необозримом медиапространстве, поглощается им, личность его нивелируется, не сопротивляясь навязываемой в массовой коммуникации системе ценностей.

В отличие от целеориентированного субъекта ценностно-ориентированный воспринимает медиатексты, как можно предположить, вне конвенциональной привязанности к ним определенных смыслов. Для него гораздо более актуален круг своих значений и ассоциаций, вызываемых теми или иными феноменами массовой коммуникации, чем значения, закрепленные за ними извне.

Реализация самоактуализирующейся личности может проходить по-разному, она совсем не обязательно должна быть связана с широкой социальной деятельностью, для ценностно-ориентированного интроверта она может выражаться, например, в служении очень узкому кругу людей, своей семье или вообще в уединенном творчестве. Внутренняя свобода ценностно-ориентированной личности означает, в частности, ее независимость от медиапространства, человек вообще может находиться за его пределами, реализуя в полной мере при этом свою социальную функцию (не привязывая ее при этом к понятию социального успеха).

Когда же речь идет о высокой степени субъектности в пространстве массовой коммуникации как показателе именно коммуникационной свободы, реализация личности, как представляется, так или иначе должна выходить на активный диалог с внешним миром, можно сказать, что сама природа массовой коммуникации требует этого от человека. Поэтому высшая степень субъектности для «читателя» в медиа – это позиция ценностно-ориентированного эскстраверта. Ценностно-ориентированный «читатель-экстраверт» (неважно, являющийся таковым по своей психологической природе или преодолевший свою интроверсию) становится участником массовой коммуникации идейно, по убеждению, по непрагматической потребности, и это принципиально отличает его и от «читателя-потребителя», и от целеориентированного «читателя». Если участие в массовой коммуникации медиасубъекта-потребителя осуществляется ради самого участия, если участие целеориентированного медиасубъекта осуществляется ради достижения внешних целей, то участие ценностно-ориентированного субъекта – это участие в интересах какого-либо дела, далеко не всегда связанного с его личными интересами. Безусловно, понять весь сложный комплекс мотивов, определяющих поведение человека, невозможно, признание за собой человеком гражданской позиции может быть не вполне свободным от эгоцентрических элементов, от желания утвердить в глазах окружающих собственную персону. В этом смысле можно, наверное, ориентироваться на такое правило: чем меньше человек («читатель»), вступающий в медиапространство в качестве активного участника, фиксирует внимание на себе самом, тем больше оснований полагать, что его участие подчинено интересам дела.

Завершая наши размышления о различных уровнях субъектности реципиента медиасферы, необходимо сделать еще одно замечание. В реальной массово-коммуникативной практике уровень субъектности «читателя», скорее всего, не может быть постоянным и неизменным. Ценностная модель поведения человека в медиапространстве не исключает на-

личия в его поведении элементов, относящихся к целеориентированной и потребительской модели. Способность в какие-то моменты подняться на высший уровень своих субъектных проявлений в массовой коммуникации вполне может сочетаться с низшими уровнями в другие моменты, в зависимости от множества объективных и субъективных факторов. Даже самая высокоорганизованная в интеллектуальном и духовном отношении личность при всем желании не сможет относиться к массовой коммуникации исключительно как к источнику формирования ценностей и личностных смыслов. Медиапространство все равно по мере необходимости будет выступать для такой личности и средством решения ее прагматических задач, и возможностью расслабиться и отвлечься от серьезных проблем.

И это видится вполне закономерным, поскольку высший уровень осознания и утверждения своей субъектности как проявление коммуникационной свободы личности – дело трудное, требующее интеллектуальных и эмоциональных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брайант Д., Томпсон С. Основы воздействия СМИ: пер. с англ. М.: Вильямс, 2004. 432 с.
2. Бурдье П. О телевидении и журналистике / Пер. с фр. Т. В. Анисимовой и Ю. В. Марковой; отв. ред. и авт. предисл. Н. А. Шматко. М.: Фонд научных исследований «Прагматика культуры», Институт экспериментальной социологии, 2002. 159 с.
3. Ясперс К. Власть массы // Призрак толпы. М.: Алгоритм, 2007.

M. E. Kudryavtseva

AUDIENCE OF MASS COMMUNICATION AS A SUBJECT OF FREEDOM (HUMANITARIAN VIEW)

The social and psychological aspects of mass communication are discussed. The level of communication Freedom of the mass communication audience of is evaluated from the point of view of the subjectness behavior increase. The following levels of the subject behavior are introduced: the level of wishes, the level of purposness and the level of values. According to our conception, the level of values is the highest level of the subjectness behavior and Freedom in the field of mass communication

Freedom, personality, value, selfactualisation, subjectness behavior

УДК 808 : 659.1.012, 659.1.011.1

А. А. Горячев

К ВОПРОСУ О МАНИПУЛЯТИВНОСТИ РЕКЛАМНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Рассматривается вопрос о манипулятивности рекламного дискурса. Описываются подходы исследователей к определению понятия манипуляции, приводятся черты манипуляции как коммуникативного феномена. Обозначается проблема, связанная с признанием рекламного дискурса всецело манипулятивным. Предлагается перейти от оценки рекламного дискурса в целом как манипулятивного/неманипулятивного к измерению манипулятивности рекламного текста, основанному на анализе конкретных внешних признаков манипулятивности, выделяемых в литературе.

Реклама, речевое воздействие, манипуляция

Благодаря разнообразию коммуникативных каналов реклама окружает современного человека повсюду. Влияние рекламного дискурса на современное общество столь велико, что проблема привлекает внимание множества исследователей – прежде всего, лингвистов, психологов, социологов, культурологов, антропологов. Нередко рекламу характеризуют как

«институт интеллектуального насилия» (В. П. Коломиец), «форму психической агрессии» (Л. П. Гримак, О. С. Кордобовский), «культурный симулякр» (В. А. Куклина), а также как «индустрию по производству мифов» (А. Н. Притчин, Б. С. Теременко). Большинство авторов лингвистических и коммуникативных исследований разделяет тезис о манипулятивности рекламного дискурса (см., напр., [1]), хотя есть и те, кто настаивает на существовании «честной» рекламы (так, Ю. К. Пирогова делит стратегии коммуникативного воздействия в рекламе на манипулятивные и неманипулятивные [2]).

Чтобы разобраться, обоснован ли тезис о манипулятивности рекламного дискурса и можно ли считать любую рекламу априори манипулятивной, представляется уместным установить критерии, позволяющие судить о манипулятивности текста.

Однако даже самый краткий обзор дефиниций указывает на отсутствие единого мнения по поводу сущности манипуляции. Сравним наиболее известные определения. Манипуляция понимается как: «скрытое управление человеком против его воли, приносящее инициатору односторонние преимущества» (В. П. Шейнов); «управление и контроль, эксплуатация другого, использование в качестве объектов, вещей» (Э. Шостром); «скрытое принуждение, программирование мыслей и намерений, чувств, установок и поведения» (Г. Шиллер); «побуждение поведения посредством обмана или игрой на предполагаемых слабостях другого» (Дж. Рудинов); «вид психологического воздействия, при котором мастерство манипулятора используется для скрытого внедрения в психику адресата целей, желаний и намерений, отношений или установок, не совпадающих с теми, которые имеются у адресата в данный момент» (Е. Л. Доценко); «воздействие на человека с целью побудить его сделать что-либо (сообщить информацию, совершить поступок, изменить свое поведение) неосознанно или вопреки его собственному желанию, мнению, намерению» (И. А. Стернин); «такое структурирование мира, которое позволяет выигрывать» (У. Рикер); «скрытое применение власти (силы) вразрез с предполагаемой волей другого» (Р. Гудин); «управление изменением духовного мира» (Д. А. Волкогонов); «игра на особенностях человеческой природы и человеческих слабостях, которые обеспечивают “коммуникативную слепоту” реципиента, делают его пассивно-послушным в признании правоты коммуникатора» (М. Р. Битянова) [3, с. 34–35]. По мнению Ю. К. Пироговой, манипулирование представляет собой «вид скрытого коммуникативного воздействия адресанта на адресата (на его знания, представления, отношения, цели) с целью изменить его намерения в нужном для адресанта направлении вопреки интересам адресата» [2, с. 251].

Нетрудно заметить, что одни формулировки подчеркивают противоречие между исходными и внушаемыми желаниями, другие – скрытый характер воздействия, третьи – ставку на слабости реципиента, четвертые – нанесение ущерба и т. д. Таким образом, у данного понятия есть ряд спорных критериев, и говорить о точном определении феномена еще рано, тем более что наличие у лексемы «манипуляция» негативной коннотации позволяет приписывать манипулятивность самому этому термину. Нам представляется, что для термина, претендующего на научность, ярко выраженная оценочная коннотация является недостатком.

Существенным недостатком многих определений является и то, что в них манипуляция определяется через понятия, значение которых не установлено: так, не ясно, каким образом отделять «насильственные» изменения от «ненасильственных», что считать воздействием «против воли» адресата (почему бы не представить себе ситуацию, когда адре-

сат бессознательно хочет быть объектом манипуляции, отвергая такую возможность на сознательном уровне?) и, наконец, что означает «духовный мир» адресата.

В силу вышесказанного весьма продуктивным нам видится подход Е. Л. Доценко, который в книге «Психология манипуляции» вычленил из множества дефиниций упоминаемые различными авторами характеристики манипулятивного воздействия: 1) родовой признак – психологическое воздействие; 2) отношение к объектам манипулирования как к средству достижения собственных целей; 3) стремление получить односторонний выигрыш; 4) скрытый характер воздействия (как самого факта воздействия, так и его направленности); 5) использование (психологической) силы, игра на слабостях (использование психологической уязвимости); 6) побуждение, мотивационное привнесение (формирование «искусственных» потребностей и мотивов для изменения поведения в интересах инициатора манипулятивного воздействия); 7) мастерство и сноровка в осуществлении манипулятивных действий [4, с. 58].

Приведенный выше список, на наш взгляд, содержит наиболее устойчивые семы концепта «манипуляция». Особого внимания, как нам представляется, заслуживает четвертый пункт: скрытый характер воздействия позволяет обеспечить неосознанность объектом манипуляции осуществляемого над ним воздействия, в результате чего у объекта таких действий «создается впечатление, будто он самостоятельно управляет своим поведением» [4, с. 58].

Если манипуляция – это скрытое воздействие на объект, то как можно установить ее наличие либо отсутствие в коммуникации? Возможно, следует ориентироваться на внешние признаки манипуляции? Обратимся к книге С. Г. Кара-Мурзы «Манипуляция сознанием», где автор рассматривает целый ряд признаков манипулятивного воздействия [5]. Приведем список с краткими комментариями: язык (навязывание субъектом воздействия своего языка); эмоции (имеется в виду известная с античных времен риторическая уловка – апелляция к чувствам); сенсационность и срочность (создаваемая в результате нервозность «резко повышает внушаемость людей и снижает способность к критическому восприятию»); повторение (так как оно оказывает сильное воздействие на подсознание); дробление (манипулятор стремится фокусировать внимание реципиента на фрагментах вместо того, чтобы приближать его к целостному видению ситуации); изъятие из контекста (эту уловку можно считать частным случаем дробления); тоталитаризм источника сообщений (отсутствие диалога, «возможно более полное устранение несогласных источников информации и мнений»); тоталитаризм решения (имеются в виду категорические суждения типа «Иного не дано!», «Альтернативы нет!» и т. п.); смешение информации и мнения (грубый прием, законодательно запрещенный к использованию в СМИ некоторых стран); прикрытие авторитетом («когда как довод в поддержку какого-то чисто идеологического или политического утверждения привлекается авторитет и уважение, завоеванные в совершенно иной, не связанной с этим утверждением сфере, то это – типичная манипуляция»); активизация стереотипов («стремление отправителя сообщений стереотипизировать наше поведение… – верный признак манипуляции»); некогерентность высказываний (противоречие между элементами высказывания) [5].

Нетрудно заметить, что многое из перечисленного встречается в рекламе. Е. С. Попова в статье «Структура манипулятивного воздействия в рекламном тексте» утверждает, что любая реклама манипулятивна, поскольку в ней присутствуют следующие признаки манипуляции:

1. Переакцентуация. «В рекламе не может быть полного, целостного представления о рекламируемом товаре/услуге», так как «ракурс восприятия умышленно смещен и акцентируются лишь определенные стороны объекта. <…> В рекламном тексте акцентуализируются положительные стороны товара и при этом вуалируются или замалчиваются отрицательные» [1].

2. Подмена целей. В рекламе неизбежно «создается иллюзия, что приобретение этого товара оказывается выгодным только для адресата (а адресант как будто бы ничего от этого не имеет)» [1]. Таким образом, акцент переносится на выгоду адресата, а интересы адресанта маскируются.

3. Надевание маски. Позиция автора в рекламном тексте равнозначна «маске», которую надевает на себя адресант, желая скрыть свои истинные намерения и добиться своей цели. «Надевая маску», адресант снижает критичность восприятия текста. Е. С. Попова приводит целый ряд позиций-масок, используемых авторами рекламных сообщений. Среди них: позиция информатора (автор излагает материал, констатирует факт существования того или иного товара/услуги); позиция комментатора (информация эмоционально окрашена, что приводит к изменениям в системе оценок адресата); позиция собеседника (автор «устанавливает с помощью горизонтальности отношений атмосферу непринужденного общения с адресатом» и располагает его вниманием, обращаясь к нему лично, беседуя с ним «на равных»); позиция советчика (автор пытается донести до адресата свое мнение относительно покупки того или иного товара, привести доводы в его пользу, указать причины покупки именно этого товара, указать его преимущества и достоинства и т. д.); позиция эмоционального лидера (автор настраивает аудиторию эмоционально, устанавливает благоприятную атмосферу, рассчитывает на приподнятое настроение или на его возникновение от тех сведений, которые он сообщает); позиция наставника (автор выступает в роли учителя, он поучает, настаивает на своем мнении, в какой-то степени угрожает); позиция трибуна (такая позиция подразумевает использование формы лозунга-призыва).

4. Трансформация ситуации (камуфлирование ситуации), которая находит свое отражение в структуре рекламного текста. По мнению Е. С. Поповой, в любом рекламном тексте реальная структура воздействия камуфлируется. Объективная структура воздействия, которая находится за текстом и не имеет текстового воплощения, выглядит следующим образом: *«Я передаю тебе некоторое сообщение с целью воздействовать на тебя так, чтобы ты совершил определенное действие, выгодное мне»*. В самом тексте рекламного объявления она претерпевает манипулятивную трансформацию в соответствии с выбранной «маской». Например, позиция или «маска» информатора может быть расшифрована так: *«Я информирую тебя, что продается такой-то товар (предоставляется такая-то услуга)»*, а «маске» эмоционального лидера соответствует следующая позиция: *«Я веду тебя за собой, передаю тебе свое эмоциональное состояние, вызванное применением рекламируемого товара и т. п.; тебе будет так же хорошо, как и мне»* [1].

5. Игра мотивом. Эта тактика связана с использованием знаний о психологии (в частности, о потребностях) человека, благодаря чему через возбуждение потребностей адресата «достигается контроль над его мыслями, чувствами, поведением и жизненными установками, осуществляется управление отношением потребителя к рекламируемому товару» [1].

Анализ Е. С. Поповой представляется нам вполне убедительным. Соотнеся его результаты с приведенными выше выводами С. Г. Кара-Мурзы и других исследователей, можно без преувеличения утверждать, что в рекламном дискурсе присутствуют существенные признаки манипуляции, а именно: дробление (вместо целостного представления о рекламируемом товаре/услуге демонстрируются отдельные его свойства, наиболее привлекательные для адресата); заведомое искажение представления о ситуации, связанное с подменой реальной (и главной) цели субъекта воздействия на вымышленную (либо второстепенную); использование знаний о человеке для скрытого влияния на него (мы имеем в виду активное использование психологических, культурологических, антропологических знаний при создании рекламы).

Кроме того, в рекламе нередко встречаются манипулятивные приемы, упоминаемые в работах В. П. Шейнова и Г. С. Мельник: искажение, утаивание, частичное освещение вопроса, способ подачи (в несистематизированном виде, порциями, с помехами и др.), психологическая нагрузка (генерализация, подмена понятий, ложная аналогия и др.), упрощение, вдалбливающее повторение, эмоциональное нагнетание, культивирование видимости достоверности источника, употребление слова «мы», создающего ощущение общности, наклеивание «ярлыков», перенос свойств одного объекта на другой и др. [3, с. 40]. Действительно, объект рекламирования в рекламе всегда подается в выгодном свете (в этом заключается искажение и утаивание), а информация об объекте рекламирования подается в рекламе порционно (реклама не претендует на энциклопедичность и не стремится выработать у адресата цельную и непротиворечивую систему знаний о мире). Реклама всегда обобщает и упрощает, поскольку рекламный образ должен быть четким, ясным, запоминающимся и побуждающим к действию (отсюда и наклеивание ярлыков – разве без этого можно обойтись в позиционировании объекта?). Рекламный образ построен на антитезе: на положительном полюсе оценочной шкалы размещается объект рекламирования, который всегда связывается с теми явлениями/идеями/объектами/сферами, которые уже оцениваются реципиентом позитивно, в то время как любые объекты, представляющие собой альтернативу объекту рекламирования (в коммерческой рекламе это – продукция конкурентов, в социальной – нежелательные модели поведения), напротив, связываются с теми явлениями/идеями/объектами/сферами, которые оцениваются реципиентом заведомо негативно. Собственно, именно в переносе положительных качеств с уже известных адресату объектов на объект рекламирования заключается суть любого рекламного сообщения (впрочем, можно ли считать это признаком манипуляции, зависит, на наш взгляд, от того, основан ли этот перенос на разумных критериях или «притянут за уши»). В случаях, когда обладание объектом рекламирования подается как сверхценность или позволяет адресату почувствовать себя счастливым (что нередко можно встретить в рекламных сюжетах), мы, очевидно, имеем дело с таким манипулятивным феноменом, как подмена понятий. Подмена понятий про исходит и тогда, когда границы значений слов целенаправленно смещаются рекламистами, что также не является редкостью. Что же касается эмоционального нагнетания, оно присутствует в рекламе не всегда, однако характерно для большинства рекламных текстов.

Распространенность перечисленных приемов в рекламных текстах позволяет признать, что, с одной стороны, элементы манипуляции присутствуют в любой рекламе в силу ее природы (реклама не может не стремиться к преодолению критического барьера адресата). С другой – реклама все же неоднородна: одни тексты можно признать «относи-

тельно честными», другие же основаны на недобросовестных, «жульнических» приемах. Соответственно, представляется обоснованным говорить о «степени манипулятивности» того или иного отдельно взятого сообщения, вместо того чтобы делить рекламу по признаку наличия/отсутствия манипуляции. Степень манипулятивности конкретного текста, на наш взгляд, целесообразно выявлять, устанавливая наличие/отсутствие в рекламном тексте каждого из указанных выше признаков манипуляции.

В заключение хотелось бы обратиться к теории информационных войн, крайне актуальной в сегодняшнем мире, который все чаще характеризуют как «глобальный» и «постиндустриальный». Эта теория, в настоящий момент активно разрабатываемая (преимущественно, в рамках общественно-политических исследований), была в наибольшей степени формализована в работах С. П. Расторгуева, который описывает информационные войны как «явные и скрытые целенаправленные информационные воздействия информационных систем друг на друга с целью получения определенного выигрыша в материальной сфере» [5, с. 35–37]. При этом информационное воздействие систем друг на друга трактуется как обучение. Таким образом, участники информационной войны являются субъектами и объектами обучающего воздействия (система-субъект обучает систему-объект совершению определенных действий, выгодных системе-субъекту). Человек в концепции С. П. Расторгуева рассматривается как сложная самообучающаяся информационная система.

Достоинство подхода С. П. Расторгуева не только в высокой степени формализации, но и в обоснованной претензии на универсальность: он показывает, что информационные войны могут возникать между государствами, между цивилизациями, между людьми и даже между компьютерными информационными системами.

Можно ли считать рекламную коммуникацию разновидностью информационной войны? В полной мере – вряд ли (война предполагает гораздо более серьезные последствия), однако едва ли можно спорить с тем, что реклама, как и информационная война, подразумевает «явные и скрытые целенаправленные информационные воздействия» и в случае успешного воздействия приводит к «получению определенного выигрыша в материальной сфере». Кроме того, в метафорическом примере, с помощью которого автор иллюстрирует сущность информационной войны, в качестве образца информационной войны приводится воздействие средства массовой коммуникации – и, судя по стилистике, это воздействие носит рекламный характер. Мы имеем в виду авторскую басню о доверчивой черепахе и хитрой лисице, которая с помощью телевизионной рекламы и многократного показа летающих черепах в новостных блоках сумела съесть черепаху, убедив ее, что, сняв с себя панцирь, она обретет радость жизни. Заканчивается басня словами: «Черепаха не знала и уже никогда не узнает, что информационная война – это целенаправленное обучение врага тому, как снимать панцирь с самого себя» [6]. Соответственно, применение теории информационных войн по отношению к рекламной коммуникации небезосновательно, тем более что, опираясь на системную концепцию психики, человека можно также рассматривать как информационную систему. Объектом рекламного речевого воздействия является адресат (человек) как система, а мишенями – психические процессы (точнее, система таких процессов) и когнитивные структуры (в организации которых, опять же, наблюдается определенная системность). Рассматривая функционирование пси-

хических процессов адресата в процессе рекламного воздействия, можно использовать знание о психических процессах как основу для классификации коммуникативных стратегий, присутствующих в рекламных текстах [3, с. 40].

Подводя итоги, отметим, что, на наш взгляд, потенциально возможная разработка методики анализа текстов массовой коммуникации в аспекте манипуляции способна оказаться в прикладном плане более продуктивной, чем утверждение о манипулятивности рекламы в целом, так как это позволяло бы говорить о *степени* манипулятивности рекламы и давать обоснованную оценку отдельных речетворческих произведений в аспекте манипуляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова Е. С. Структура манипулятивного воздействия в рекламном тексте // Изв. Уральского гос. ун-та. 2002. № 24. С. 276–288.

2. Пирогова Ю. К. Информационная безопасность и языковое манипулирование в рекламном дискурсе // Информационная и психологическая безопасность в СМИ: в 2 т. М.: Аспект Пресс, 2002. Т. 1: Телевизионные и рекламные коммуникации. С. 243–262.

3. Горячев А. А. Моделирование речевого воздействия в рекламной коммуникации: дис. … канд. филол. наук. РГПУ им. А. И. Герцена. СПб., 2010. 296 с.

4. Доценко Е. Л. Психология манипуляции. М.: Зерцало, 1996. 320 с.

5. Кара-Мурза С. Г. Манипуляция сознанием. М.: Эксмо-пресс, 2000. 734 с.

6. Расторгуев С. П. Информационная война. М.: Радио и связь, 1998. 416 с.

A. A. Goryachev

ADVERTISING AS A KIND OF MANIPULATIVE DISCOURSE

Topics related to the manipulative potential of advertising are discussed. Manipulation as a communicational phenomenon is described. Different approaches to qualifying the advertising discourse as a manipulative or a non-manipulative one are mentioned. Author's opinion on measuring the degree of manipulation is introduced.

Advertising, speech influence, manipulation

УДК 621.37 – 621.396 (091)

Л. И. Золотинкина

МУЗЕЙНЫЙ КОМПЛЕКС СПбГЭТУ «ЛЭТИ»[1]

Приводится информация о развитии Музейного комплекса СПбГЭТУ и его музеев – Музея истории вуза и Мемориального музея А. С. Попова, включающего мемориальный музей-лабораторию ученого и мемориальный музей-квартиру; показана научно-просветительская и издательская деятельность Музейного комплекса; отмечены наиболее интересные экспонаты музеев.

Мемориальный музей А. С. Попова, мемориальный музей-лаборатория А. С. Попова, мемориальный музей-квартира А. С. Попова, Музейный комплекс СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Электротехнический институт, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, А. С. Попов, Е. А. Попова-Кьяндская

Мемориальный музей А. С. Попова. В музее собраны вещественные и документальные свидетельства жизни и деятельности Александра Степановича Попова, его преемников, учеников и последователей, а также его семьи за столетний период развития электро- и радиотехники в нашей стране и за рубежом (1850–1940). Фонд музея составляет в настоящее время более 18 000 единиц хранения.

Мемориальный музей А. С. Попова включает:

– мемориальный музей-лабораторию изобретателя радио, проф. физики и первого выборного директора Электротехнического института императора Александра III А. С. Попова в старинном учебном корпусе института (арх. А. Н. Векшинский). Музей открыт 27 июня 1948 г. по Постановлению Совета министров СССР № 194 от 3 февраля 1948 г. Экспозиционная площадь – 70 м^2;

– мемориальный музей-квартиру А. С. Попова в жилом доме Электротехнического института, построенном в 1903 г. также по проекту арх. А. Н. Векшинского. Музей открыт 7 мая 1967 г. по решению ученого совета ЛЭТИ в дополнение к мемориальному музею-лаборатории. Экспозиционная площадь – 180 м^2, общая площадь (с фондохранилищем) 300 м^2;

– коллективную любительскую радиостанцию с позывным RK1B (вышла в эфир в год 100-летия изобретения радио 24 апреля 1995 г.).

[1] Продолжение. Начало в предыдущем выпуске.

Штат музея – 7 чел. (директор, заместитель директора, главный хранитель, ученый секретарь, специалист экспозиционно-выставочного отдела (2 чел.), художник-реставратор по дереву). Директор музея – выпускница ЛЭТИ, заслуженный работник культуры РФ, почетный радист России, канд. техн. наук Л. И. Золотинкина (с 1994 г.); заместитель директора – В. А. Назаров (с 1995 г.); главный хранитель музея – выпускник ЛЭТИ, канд. техн. наук Л. С. Румянцев (с 1996 г.). В 1995 г. была введена должность ученого секретаря музея. В этой должности в разные годы работали: известный историк науки и техники В. А. Урвалов (1995–2008); всемирно известный радиолюбитель, выпускник ЛЭТИ, канд. техн. наук Я. С. Лаповок (1995–2005); выпускник ВВМУРЭ им. А. С. Попова, канд. техн. наук М. А. Партала (с 2008 г.). Большую просветительскую и исследовательскую работу проводит специалист экспозиционно-выставочного отдела Е. В. Красникова (с 1995 г.). Выполненные на самом высоком уровне художником-реставратором по дереву Н. Л. Кудояровым реставрационные работы дают возможность посетителям Мемориального музея увидеть в прекрасном состоянии обстановку помещений музея (конец XIX – начало XX вв.).

В наше время трудно представить себе мир без тех колоссальных технических достижений, особенно в области телекоммуникаций, в окружении которых существует человечество. Тем важнее показать начало его движения к информационному обществу, в котором мы сейчас и живем. Надо подчеркнуть, что семья Поповых бережно хранила документы, связанные с жизнью и деятельностью ученого – записные книжки и рабочие тетради, письма, фотографии. Весь архив А. С. Попова вдова ученого Раиса Алексеевна Попова (1860–1932) оставила на хранение младшему сыну Александру (1897–1942). Перед войной часть документов и личных вещей, в том числе и мемориальную мебель, Александр Александрович передал на хранение в Центральный музей связи. Блокаду он не пережил. Младшая дочь А. С. Попова Екатерина Александровна Попова-Кьяндская (1899–1976) с мужем проф. Г. А. Кьяндским и дочерью Екатериной и старшая дочь А. С. Попова Раиса Александровна (1891–1976) с дочерью Марией в годы войны были эвакуированы – первая в Ташкент с сотрудниками ЛЭТИ, а вторая в Москву. В 1944 г. Кьяндские вернулись в Ленинград. При подготовке к 50-летию ЛЭТИ как вуза с полным 5-летним курсом образования (1948) профессорами института был поднят вопрос о создании Мемориального музея А. С. Попова в ЭТИ. Решение этого вопроса нашло свое отражение в указанном выше Постановлении Совета министров.

Первым директором музея стала Е. А. Попова-Кьяндская, заслуженный работник культуры РФ, много сделавшая для защиты приоритета А. С. Попова в изобретении радио. С 1976 по 1994 гг. директором музея была внучка А. С. Попова Е. Г. Кьяндская (1934–1994).

В 1948 г. после открытия Мемориального музея А. С. Попова в ЛЭТИ Центральный музей связи им. А. С. Попова передал в Мемориальный музей вещи семьи Поповых и часть документов. В документальном фонде музея по взаимному согласию дочерей А. С. Попова были собраны документы, связанные со служебной деятельностью ученого, с его международными контактами, и личная переписка А. С. Попова с женой и с коллегами, собрана научно-техническая литература начального периода развития радиотехники. В пополнении фондов принимали участие практически все наследники большой семьи Поповых (у А. С. Попова был брат и пять сестер, родословная семьи его отца С. П. Попова насчитывает более 100 человек). В музее создан депозитарий литературы по радиотехнике, по фор-

мированию первых отечественных научных школ в этой области науки и техники (до 1940-х гг.). В музее сконцентрировано научное наследие, аппаратура, с которой А. С. Попов работал в ЭТИ, собрана информация о деятельности его учеников и последователей.

В экспозиции музея-лаборатории (до 2005 г., рис. 1) на стендах и в витринах показан жизненный путь А. С. Попова, его научная, изобретательская, педагогическая и общественная деятельность, представлены сохранившиеся в институте старинные физические приборы, лабораторное оборудование, экспериментальная аппаратура беспроволочного телеграфа производства кронштадтских мастерских и аппаратура серийных корабельных радиостанций фирмы Э. Дюкрете: аппаратура А. С. Попова (1896) (рис. 2), телефонный приемник депеш. Патенты на него получены в России, Англии, Франции, США, Швейцарии, Испании, Бельгии и ряде других стран. Это первый в мире детекторный приемник, использующий два вида кристаллических диодов (точечные контакты «металл-окисел» и «уголь-металл») (рис. 3), также выставлена золотая медаль Всемирной выставки в Париже (1900) (рис. 4).

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Наш музей – это, прежде всего, научно-технический музей. В нем представлены уникальные экспонаты (более 100 вещественных памятников) и хранятся уникальные архивные материалы (более 1000 раритетов). «Меккой всех радистов» назвал Мемориальный музей А. С. Попова ректор МВТУ им. Н. Э. Баумана академик РАН И. Б. Федоров. Мемориальная и историческая значимость аппаратуры, приборов, связанных с именем как самого А. С. Попова, так и ученых ЛЭТИ, как экспонатов, представляющих непреходящую научную ценность, подтверждена сертификатами Государственного политехнического музея (Москва). В настоящее время идет оформление новой экспозиции мемориального музея-лаборатории. Существенными положениями при разработке тематико-экспозиционного плана являются внедрение интерактивных методов при его построении и использование мультимедийного оборудования.

Семья Поповых-Кьяндских жила в профессорском доме Электротехнического института, после ряда переездов они поселились в кв. 34 (60 м^2) – это была часть квартиры (250 м^2), которую с 1903 по 1906 гг. занимала семья Поповых. После кончины Е. Г. Кьяндской эту квартиру по решению ректората СПбГЭТУ (наследников у нее не было) объединили с кв. 33, в которой в 1967 г. был открыт мемориальный музей-квартира А. С. Попова. Таким образом, квартира А. С. Попова была восстановлена в прежних размерах. По согласованию с КГИОП была проведена реконструкция квартиры в соответствии с ее планировкой на 1903 г. Ректоратом университета были выделены средства на ремонт объединенной квартиры.

Наличие мемориальной квартиры-музея позволяет сохранять память и представление об условиях жизни многих наших замечательных ученых, в деятельности которых всегда находится точка пересечения с деятельностью самого А. С. Попова, его учеников и последователей.

В бытовую коллекцию мемориального музея-квартиры входят обстановка кабинета А. С. Попова, гостиной, столовой и спальни; личные вещи А. С. Попова, его жены и детей. В ходе выполнения научно-фондовых работ в музее были выполнены каталогизация и фотофиксация мемориальных предметов старинной мебели из фонда музея; осуществлен сбор и подготовка информации по общим критериям оценки антикварной мебели конца XIX – начала XX вв. (консультации с отделом русского ДПИ Эрмитажа). В результате проведенных исследований были составлены описи предметов ДПИ, хранящихся как и в Мемориальном музее А. С. Попова, так и в подразделениях университета; составлены информационные карты и выполнена фотофиксация наиболее ценных в музейном аспекте предметов (64 – в Мемориальном музее А. С. Попова и 38 – в других подразделениях СПбГЭТУ).

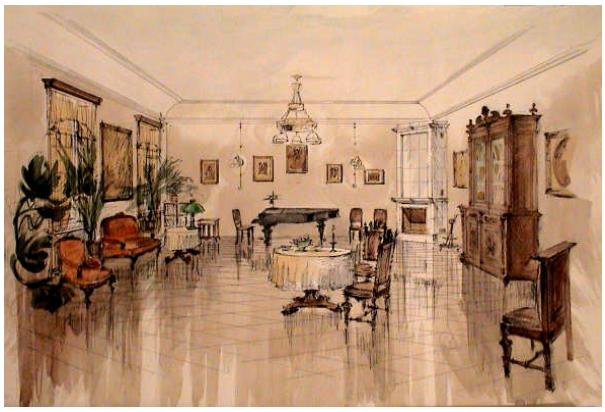


Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

Помощь в создании бытовой обстановки квартиры «оказал» сам Александр Степанович Попов: он был очень увлечен фотографией, в музее хранится около 1000 негативов и большое число фотографий. Жизнь ученого, педагога и изобретателя была насыщена яркими событиями, поездками, встречами: он исколесил всю Россию, неоднократно бывал в Европе и Америке. Все же большая часть снимков посвящена его семье, жене и детям. Члены семьи имели очень разносторонние интересы, что было связано и с их профессиональной деятельностью. Жена ученого Раиса Алексеевна, одна из первых в России женщин, получивших высшее образование, – врач; старшая дочь Раиса, также врач, окончила 1-й медицинский институт; старший сын Степан – историк и композитор, выпускник исторического факультета Петербургского университета и Петербургской консерватории; младшая сестра А. С. Попова Августа Степановна и младший сын Александр – выпускники Академии художеств; младшая дочь Екатерина – историк, окончила метрологические курсы. По фотографиям квартиры, сделанным А. С. Поповым, и имеющейся обстановке художник-дизайнер Н. М. Исправников написал виды анфилады и интерьеров комнат: гостиной (рис. 5), столовой (рис. 6), кабинета (рис. 7) и спальни (рис. 8). В настоящее время сотрудники музея завершают работы по воссозданию интерьеров квартиры.

Научно-просветительская и издательская деятельность Музейного комплекса. Без проведения научно-исследовательской работы трудно представить деятельность музея, особенно научно-технического. Признано, что без знания истории развития своей области науки и техники не может быть хорошего специалиста, в ней он ищет и находит примеры для подражания и источники вдохновения. Мемориальный музей А. С. Попова как музейный объект международного уровня и Музей истории дают возможность на базе своих фондов разрабатывать методическое обеспечение для различных ступеней образовательного процесса как технического, так и гуманитарного направлений. Библиотека Мемориального музея А. С. Попова формируется как депозитарий книг по электро- и радиотехнике с середины XIX в. до 1940 г. Сотрудники музеев университета постоянно осуществляют поиск, изучение и систематизацию информации о деятельности ученых ЭТИ–ЛЭТИ. Эта работа направлена на представление истории электротехники и радиотехники в России и в мире в экспозиции музеев на современном уровне с целью использования в учебном процессе вузов и средних учебных заведений, в других видах просветительской деятельности.

В просветительской работе активную роль выполняет коллективная любительская коротковолновая радиостанция (позывной RK1B), размещенная в помещении музея. Более 6000 QSL-карточек – свидетельств о проведенных сеансах связи – хранятся в фонде по истории радиолюбительского движения, начало которого в нашей стране было положено в ЭТИ: впервые вопрос о необходимости и целесообразности государственной поддержки радиолюбительского движения был поднят в 1921 г. на 8-м электротехническом съезде продолжателей дела А. С. Попова заведующим первой в России кафедры радиотехники проф. И. Г. Фрейманом, а затем получил развитие в Постановлениях Правительства о свободе эфира.

В музеях университета организован учебный процесс по курсу «История науки и техники», с 1998 по 2007 гг. выпускался отдельный сборник статей в рамках «Известий СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. История науки, образования и техники». В настоящее время статьи по истории науки и техники публикуются в соответствующем разделе «Известий СПбГЭТУ “ЛЭТИ”».

Руководитель Музейного комплекса Л. И. Золотинкина – член ICOM (секция научно-технических музеев – CIMUSET) – участвовала в работе международных конференций в России (Москва, 2005), Австрии (Вена, 2007), Финляндии (Котка, 2009), Сербии (Белград, 2009). Мемориальный музей А. С. Попова является ассоциативным членом Союза музеев России. Работа Музейного комплекса СПбГЭТУ была отмечена Почетной грамотой Союза музеев России (2009).

С 1949 г. 16 марта – в день рождения А. С. Попова – проводятся общегородские научные чтения, посвященные достижениям в области радиотехники и электроники, на которых выступают выдающиеся ученые и деятели в этой области, руководители крупных предприятий, рассказывающие о перспективах развития радиоэлектроники. Чтения организуются НТОРЭС им. А. С. Попова и нашим вузом. 100-летний юбилей радио был торжественно отмечен в 1995 г. не только народом России, но, по решению ЮНЕСКО, и всем мировым сообществом. Мемориальный музей А. С. Попова принимал в его организации самое активное участие.

В нашем университете был организован ряд мероприятий на общегосударственном уровне:

– к 50-летию Мемориального музея А. С. Попова (1998) была проведена Всероссийская конференция, собравшая более 100 участников – ученых, преподавателей вузов, сотрудников музеев, членов исторической секции Научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова;

– широко отмечался день 300-летия Российского флота; на очередных общегородских чтениях, проводившихся в день рождения А. С. Попова и собравших более 150 участников, выступали с докладами, посвященными истории и перспективам радиоэлектронного вооружения флота, начальники ведущих НИИ ВМФ;

– в 2005 г. во время проведения Международной конференции «Радио – связь времен», посвященной 110-летию изобретения радио, в учебном корпусе университета у входа в мемориальный музей-лабораторию А. С. Попова была установлена памятная доска «Milestone» (вехи в истории электротехники), учрежденная историческим центром Международного института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), свидетельствующая о приоритете А. С. Попова в изобретении радио (рис. 9). Материалы, необходимые для проведения этой акции, были подготовлены сотрудниками Мемориального музея А. С. Попова;

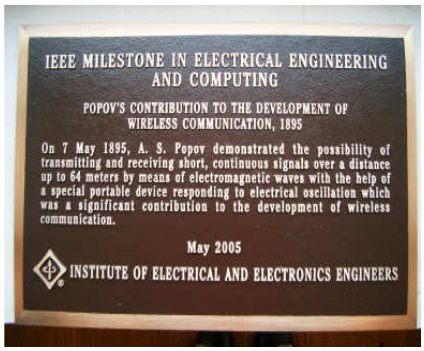


Рис. 9

– к 60-летию Мемориального музея А. С. Попова (2008) и 150-летию со дня рождения изобретателя радио была организована и проведена Всероссийская конференция музеев вузов России «Их имена, их дела – национальное достояние России» (более 200 участников, более 60 докладов, подготовлена передвижная на 17 стендах выставка «А. С Попов (1859–1906)», изданы труды конференции. Конференция включала пленарное и секционные заседания, посвященные деятельности А. С. Попова, становлению научных школ и их основателям, деятельности мемориальных музеев, сохранению творческого наследия выдающихся деятелей науки, образования и техники, участию музеев вузов в учебно-образовательном процессе, научно-исследовательской и просветительской деятельности;

участниками конференции были специалисты в вопросах истории связи и музейные работники из семи регионов России.

В музее-квартире регулярно проводят свои заседания секция истории электроники, связи и информатики Санкт-Петербургского отделения Национального комитета по истории и философии науки и техники РАН (с 1991 г.) и секция истории радиотехники, электроники и связи НТОРЭС им. А. С. Попова, сотрудники Музейного комплекса всегда активно выступают на них с докладами и сообщениями. Тезисы докладов публикуются в трудах конференций.

Используя фотоматериалы фондов Мемориального музея университета, художник-скульптор А. Даур изваяла несколько вариантов бюстов А. С. Попова, которые являются традиционным подарком гостям и дружественным организациям университета.

Все сотрудники Музейного комплекса участвовали в подготовке торжественного заседания, посвященного 150-летию со дня рождения изобретателя радио А. С. Попова, проходившего 16 марта 2009 г. в Смольном. Утром 16 марта музей-квартиру посетили заместитель Председателя Правительства РФ С. Б. Иванов, министр связи и массовых коммуникаций И. О. Щеголев и губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко.

В гостиной мемориального музея-квартиры А. С. Попова регулярно проводятся творческие встречи деятелей науки и культуры, посвященные памятным и юбилейным датам в истории науки и техники, завершаемые традиционно музыкальными программами.

Сотрудники музея завершили работу Е. Г. Кьяндской по изданию библиографического указателя «А. С. Попов», включившего литературу, изданную с 1950 по 1995 гг., содержащую сведения о жизни и деятельности А. С. Попова. С 1995 г. сотрудниками Музейного комплекса (Л. И. Золотинкиной, В. А. Урваловым, Е. В. Красниковой, М. А. Парталой, В. П. Севериновой) опубликовано более 100 статей в различных изданиях.

К 150-летию А. С. Попова проведена большая научно-исследовательская работа по подготовке и выпуску следующих книг: «Летопись жизни и деятельности А. С. Попова», «Сборник документов и материалов по истории зарождения и начального периода развития радиотехники», «А. С. Попов и Э. Дюкрете. Письма и документы. 1889–1905», а также буклета «А. С. Попов», путеводителя «А. С. Попов в Санкт-Петербурге и Кронштадте» (рис. 10). В работе над изданием книги, посвященной переписке А. С. Попова и Э. Дюкрете, большую помощь оказали преподаватели кафедры иностранных яхыков университета О. А. Преображенская, В. В. Данилова, О. М. Журавлева, Е. А. Строй.

Рис. 10

Инициативы СПбГЭТУ по изданию книг, проведению торжественных мероприятий (конференция музеев вузов России, торжественное заседание 16 марта 2009 г. в Смольном и Международная конференция IEEE «EUROCON2009»), а также реставрации памятников А. С. Попову на Каменноостровском пр. и на Литераторских мостках, мемориальных досок, выполненных под руководством Музея городской скульптуры, были поддержаны Правительством Санкт-Петербурга (Постановление «Об основных мероприятиях по подготовке и проведению юбилея (150-летия) изобретателя радио А. С. Попова на 2007–2009 гг.»).

Сотрудники Музейного комплекса принимали самое активное участие в подготовке юбилейных книг, готовя к печати материалы и предоставляя авторам разделов и статей для

этих книг документы и фотографии архивов наших музеев: к 120-летию вуза была выпущена книга «Выдающиеся выпускники и деятели Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета “ЛЭТИ” им. В. И. Ульянова (Ленина), 1886–2006 гг.» (2006); к 125-летию нашего университета – две книги: «Первый электротехнический» и «Магический электротехнический» (2011).

Оценивая опыт работы Музейного комплекса СПбГЭТУ в реализации его просветительской, образовательной и культурной миссий, можно сделать следующие основные выводы:

1. Наш вуз обладает богатейшей историей, что имеет огромное воспитательное значение, поэтому изучение студентами истории «ЛЭТИ» (достижений наших ученых в важнейших областях науки, в индустриализации страны, в развитии военно-промышленного комплекса, в создании и развитии телекоммуникационной сети России, в освоении космического пространства, в создании элементной базы и развитии электроники и пр.) должно быть включено в подготовку не только магистров, но и бакалавров.

2. Актуальной задачей для сотрудников музея и всего коллектива университета является пополнение собрания Музея истории (приборы, аппаратура, документы), так как еще очень много страниц истории вуза, особенно связанных с закрытой тематикой, не представлено в должной мере. Многочисленные международные связи нашего вуза с вузами других стран в их динамике должны найти свое отражение в Музее истории университета.

3. Значение личности проф. А. С. Попова определяет Мемориальный музей А. С. Попова как музейный объект государственного уровня. Экспозиции музея должны давать возможность проводить экскурсии, открытые уроки и лекции с демонстрацией основополагающих физических явлений, с использованием интерактивных средств. Мемориальный музей А. С. Попова должен иметь свой сайт.

4. Для реализации основной миссии Музейного комплекса необходимо активно использовать все современные телекоммуникационные средства, осуществить модернизацию музейных экспозиций с учетом современных музейных технологий и мультимедийных средств.

L. I. Zolotinkina

SPbETU «LETI» MUSEUM COMPLEX

The paper provides information on the development of the SPbETU museum complex which includes the museum of the University history and the A. S. Popov Memorial museum. The A. S. Popov Memorial museum consists of the A. S. Popov memorial museum-laboratory and the A. S. Popov memorial museum-apartment. Besides, the paper describes scientific-educational and publishing activities of the museum and presents the most remarkable museum items.

The A. S. Popov Memorial museum, the A. S. Popov memorial museum-laboratory, the A. S. Popov memorial museum-apartment, SPbETU «LETI» museum complex, the Electrotechnical institute, the St. Petersburg Electrotechnical university, A. S. Popov, E. A. Popova-Kjandskaya

Сведения об авторах

Абдулкадер Бассам Ахмед Махмуд
Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (952) 369-85-68. E-mail: alnawras91@mail.ru.

Азарьева Вера Владимировна
Директор Центра менеджмента качества в образовании СПбГЭТУ, канд. техн. наук.
Тел.: (812) 234-11-64. E-mail: VVAzarieva@mail.eltech.ru.

Барченко Владимир Тимофеевич
Доцент кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.
E-mail: vtbarchenko@yandex.ru.

Баранов Иван Михайлович
Инженер ООО «РДС-Лаб».
Тел.: (812) 234-35-59.

Белов Михаил Петрович
Доцент кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук.
Тел.: (812) 346-12-48. E-mail: milesa58@mail.ru.

Бессонов Виктор Борисович
Аспирант кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.
Тел.: (812) 234-35-59. E-mail: vbbessonov@yandex.ru.

Второв Виктор Борисович
Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.
Тел.: +7 (921) 394-18-98. E-mail: victor_vtorov@mail.ru.

Горячев Алексей Александрович
Старший преподаватель кафедры связей с общественностью СПбГЭТУ, старший преподаватель кафедры теории речевой деятельности и языка массовой коммуникации СПбГУ, канд. филос. наук.
Тел.: +7 (921) 910-83-00. E-mail: aga@list.ru.

Грязнов Артем Юрьевич
Доцент кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ, канд. техн. наук.
Тел: (812) 234-35-59.

Жамова Карина Константиновна
Аспирант кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.
Тел.: (812) 234-35-59. E-mail: KZhamova@gmail.com.

Золотинкина Лариса Игоревна
Директор Мемориального музея А. С. Попова СПбГЭТУ.
Тел.: (812) 234-59-00. E-mail: LIZolotinkina@mail.eltech.ru.

Кадиев Исмаил Гаджиевич

Зам. декана ФЭМ по научной работе, доцент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

Тел.: +7 (906) 253-84-07. E-mail: ismmut@gmail.com.

Калиниченко Александр Николаевич

Профессор кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7 (921) 346-95-14. E-mail:ank-bs@yandex.ru.

Карев Александр Вячеславович

Инженер ОАО «Концерн «НПО “Аврора”», аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (906) 259-29-83. E-mail: alexkareff@yandex.ru

Клионский Дмитрий Михайлович

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 950-13-83. E-mail: klio2003@list.ru.

Котова Елена Евгеньевна

Доцент кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-37-98. E-mail: apu_kotova@mail.ru.

Крупович Николай Викторович

Аспирант кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.

E-mail: knv85@inbox.ru.

Кудрявцева Мария Евгеньевна

Доцент кафедры связей с общественностью СПбГЭТУ, д-р пед. наук, доцент.

Тел.: +7 (921) 305-26-13.

Лопатин Никита Андреевич

Руководитель аналитического отдела ООО ДиЭсЭс Консалтинг, аспирант Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов.

Тел.: +7 (911) 121-35-97.

Лутовинов Андрей Игоревич

Студент гр. 6582 кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 203-69-82. E-mail: Lutovinovspb@gmail.com.

Лячек Юлий Теодосович

Профессор кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент. Почетный работник высшего профессионального образования РФ.

Тел.: +7 (905) 256-30-93. E-mail: ytlyachek@mail.ru.

Миронов Сергей Эльмарович

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-25-03, (812) 234-60-77. E-mail: semironovspb@yandex.ru.

Молдовян Николай Андреевич

Профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

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

Николаева Маргарита Валентиновна

Доцент кафедры экономической теории СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

Тел: +7 (960) 242-50-14. E-mail: olengo@mail.ru.

Падерно Павел Иосифович

Профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук. Лауреат премии Правительства РФ в области образования, заслуженный деятель науки РФ. Вице-президент Межрегиональной эргономической ассоциации России.

Тел.: +7 (921) 090-40-31. E-mail: pipaderno@list.ru.

Перегудов Александр Николаевич

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 346-45-18. E-mail: ANPeregudov@mail.eltech.ru.

Поженская Анна Андреевна

Студентка гр. 6582 кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 611-58-93. E-mail: BlondinkamNet@rambler.ru.

Потрахов Евгений Николаевич

Аспирант кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-35-59. E-mail: evg2214@yandex.ru.

Сафьянников Николай Михайлович

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-91-33. E-mail: safyannikov@sysan.sp.ru.

Семченков Алесь Александрович

Аспирант кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 286-30-73. E-mail: semchenkov_a@mail.ru.

Смирнов Александр Викторович

Выпускник кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (903) 093-59-39. E-mail: AVSmirnov_work@mail.ru.

Советов Борис Яковлевич

Заведующий кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: +7 (812) 234-27-73.

Степанов Сергей Анатольевич

Заведующий кафедрой менеджмента и систем качества СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (812) 346-47-86. E-mail: SAStepanov@mail.eltech.ru.

Удовиченко Сергей Юрьевич

Заместитель директора НИИ прикладных наук Тюменского государственного университета.

E-mail: udosu@mail.ru.

Фролкин Анатолий Кузьмич

Студент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (950) 042-00-40. E-mail: AnFrolkin@gmail.com.

Хо Нгок Зуй

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел. +7 (952) 369-67-89. E-mail: aimezthngocduy207@yahoo.com.

Шевелько Михаил Михайлович

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 346-45-18. E-mail: MMShevelko@mail.eltech.ru.

Ященко Владимир Владимирович

Доцент кафедры менеджмента и систем качества СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 234-28-91. E-mail: berater51@list.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:

● текстовой 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 абзацным 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 фомулой 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 таблице 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