8'2008

Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

Ежемесячный журнал

Содержание

Редакционный совет:

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

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Бабин И. А., Митрофанов А. М. Сравнительный анализ применимости датчиков модуля и компонента магнитного поля для регистрации движущегося источника *3*

Митрофанов А. М., Федюковский Ю. И. Амплитудная антенная решетка в задаче магнитолокации *10*

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Тарасов С. А. Коротковолновые фотодетекторы на основе полупроводниковых нитридов *17*

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Першин А. В. Аналитическая модель агентной поисковой системы *21*

Малов А. В. Контакт-центры на базе IP-телефонии *26*

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Перегудов А. Н., Попкова Е. С., Шевелько М. М. Анализ характеристик поверхностных акустических волн в деформированных пьезодиэлектрических кристаллах произвольной симметрии *33*

Степанов Б. Г. Широкополосный преобразователь волноводного типа 39

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ

Пуликов Д. Г., Сергеев Т. В. Система биоуправления функциональным состоянием человека с обеспечением биологической обратной связи *51*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Шестаков А. Л., Сидоров А. И., Шефер Л. А., Гичкина Е. В. Система менеджмента качества вуза, аудит образовательной деятельности *57*

* * *

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
СПбГЭТУ "ЛЭТИ"
тел.: 346-28-57

Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ" 8'2008

Ежемесячный журнал

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Исаев В. А., Чадин А. Н., Крюков И. Э., Шадрин А. Д. Автоматизация управления документами и процессами в системе качества вуза на базе программно-методического комплекса RIM-QM *65*

Степанов И. В. Организация информационной поддержки в системе качества образовательного учреждения *69*

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Пумпор С. Б. К вопросу о современном положении языков кольских саами *75*

Елькина Е. Е. Новое понимание НТР в концепции "устойчивого неравновесия": принципы социально-синергетического анализа *83*

Ленькова И. А. PR-тексты в структуре теории речевых актов *91*

Уважаемые авторы!

При подготовке материалов к изданию пользуйтесь требованиями, предъявляемыми к оригиналам работ, публикуемых в Издательстве СПбГЭТУ "ЛЭТИ".

С требованиями вы можете ознакомиться в Издательстве СПбГЭТУ "ЛЭТИ", а также на сайте www.eltech.ru/information/publishers/index.htm файл Требования НТЛ.doc

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

Подписка производится в любом почтовом отделении России

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, Н. В. Рощина, И. Г. Скачек
Комп. верстка:
Е. Н. Паздниковой, М. В. Егоровой, Л. П. Смолянчук

Подписано в печать 07.11.08 г.
Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура "Times New Roman".
Печ. л. 12,0.
Тираж 300 экз. Заказ 95.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

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

УДК 6213.3.013

И. А. Бабин, А. М. Митрофанов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ДАТЧИКОВ МОДУЛЯ И КОМПОНЕНТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ИСТОЧНИКА

Обосновано преимущество компонентного датчика магнитного поля над модульным в задаче регистрации движущегося объекта-источника. При анализе исследованы амплитуда и форма сигнала, идентичность датчиков, линейность и шум датчика, изменение его углового положения.

Магнитное поле, магнитометр, модуль, компоненты, геомагнитные пульсации, линейность

Одним из важных практических применений систем пассивной магнитолокации является обнаружение движущегося объекта, – источника постоянного магнитного поля. Будем полагать, что объект-источник перемещается по прямолинейной траектории со скоростью v на расстоянии x_0 от точки измерения, причем высота подъема источника удовлетворяет условию $z_0 << x_0$. Линейные размеры источника таковы, что применимо его описание диполем с произвольной ориентацией вектора магнитного момента с компонентами M_x, M_y и M_z (рис. 1).

В точке измерения (начале координат) располагается датчик магнитного поля: однокомпонентный магнитометр или измеритель модуля магнитного поля, реализованный на базе трехкомпонентного магнитометра. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки. Например, в [1] имеются рекомендации по измерению модуля при отсутствии априорной информации о параметрах перемещения объекта и ориентации вектора его магнитного момента, а в [2] – рекомендации по выбору ориентации компонентного магнитометра при наличии указанной априорной информации.

Цель настоящей статьи – обоснование выбора типа датчика (компонентного или модульного) применительно к описанной задаче обнаружения движущегося объекта-источника. При этом необходимо внести важное уточнение. Основным источником внешних помех для систем пассивной магнитолокации являются геомагнитные пульсации, ха-

рактеризующиеся высокой пространственной однородностью. Их уровень может быть настолько велик, что при использовании одиночного магнитометра как компонентного, так и модульного типа отношение сигнал/помеха оказывается недостаточным для обнаружения объекта-источника. Для подавления таких помех используется разностное включение двух идентичных магнитометров. При этом один из магнитометров используется для регистрации измеряемого магнитного поля на фоне внешней помехи, а другой является «датчиком помехи», поскольку размещается значительно дальше от объекта – в области, где поле объекта практически отсутствует [2]. Таким образом, при выборе типа датчика предполагается наличие датчика помехи.

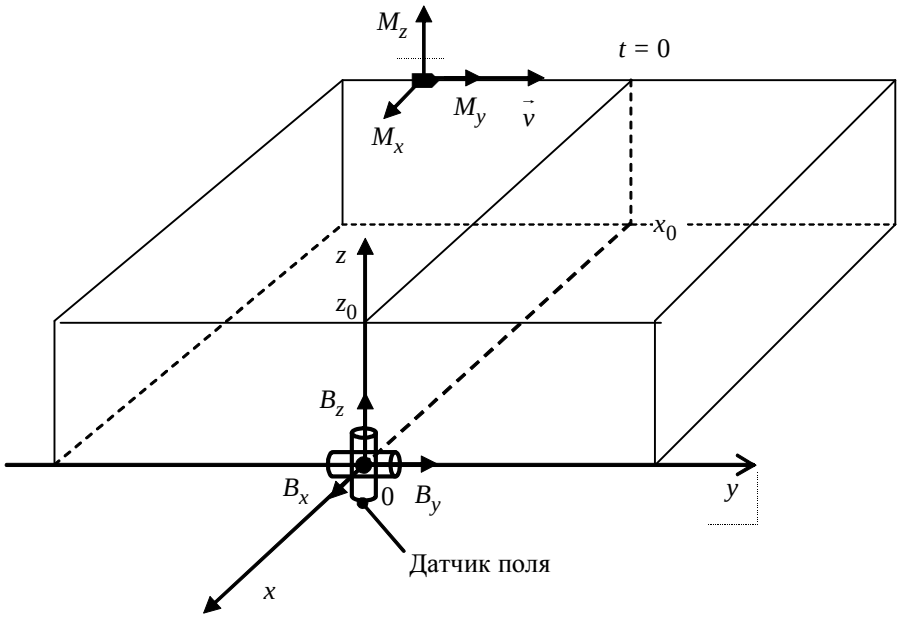


Рис. 1

Сравнительный анализ компонентного и модульного магнитометров проведем с учетом следующих факторов, влияющих на уровень сигнала, интенсивность внешних помех и внутреннего шума при обнаружении сигнала объекта:

– амплитуды сигнала и его формы;

– идентичности двух разностно включенных магнитометров;

– линейности магнитометра;

– изменения углового положения магнитометра в магнитном поле Земли (МПЗ);

– собственного шума магнитометра.

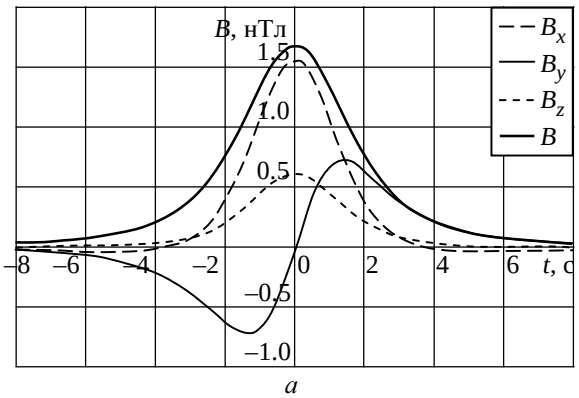
Амплитуда и форма сигнала при измерении компонентным и модульным магнитометрами определяются из решения прямой задачи магнитостатики для дипольного источника [3] соответственно по формулам:

$$\begin{Bmatrix} B_x(t) \\ B_y(t) \\ B_z(t) \end{Bmatrix} = \frac{\mu_0}{4\pi R^5(t)} \left[3\left(x_0 M_x + vtM_y + z_0 M_z \right) \begin{Bmatrix} x_0 \\ vt \\ z_0 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{Bmatrix} R^2(t) \right], \qquad (1)$$

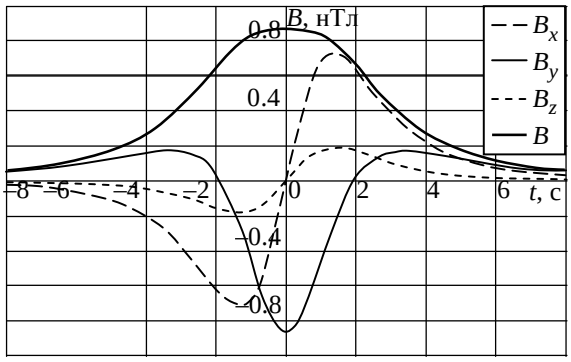
$$B = \frac{M}{4\pi R(t)^3}\sqrt{1+3a(t)^2}, \qquad (2)$$

где $B_x(t)$, $B_y(t)$ и $B_z(t)$ – компоненты; $B(t)$ – модуль вектора индукции магнитного поля; $R(t) = \sqrt{x_0^2 + v^2t^2 + z_0^2}$ – текущее расстояние от объекта до точки измерения; $a(t)$ – косинус угла между векторами магнитного момента $\vec{M}$ и радиуса-вектора положения источника $\vec{R}(t)$.

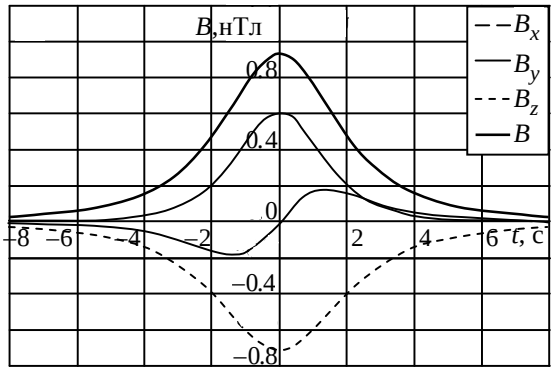
Для сравнительного анализа компонентного и модульного магнитометров проведем выбор одного из трех возможных измеряемых компонентов вектора индукции по критериям максимума амплитуды (предполагается амплитудное пороговое обнаружение) и максимума центральной частоты спектра сигнала (помеха – геомагнитные пульсации – имеет спектр, спадающий с ростом частоты). По результатам статистического моделирования перемещения объекта со случайной ориентацией вектора магнитного момента выбор между компонентами сделан в пользу измерения компонента $B_x(t)$.



а

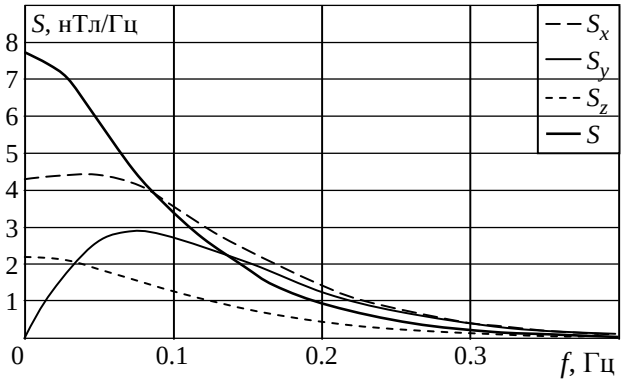


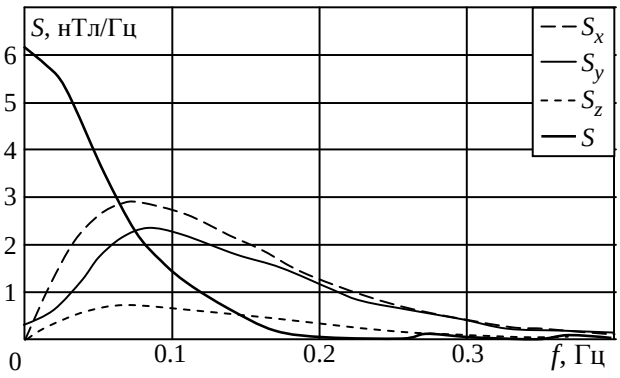
б



в

Рис. 2





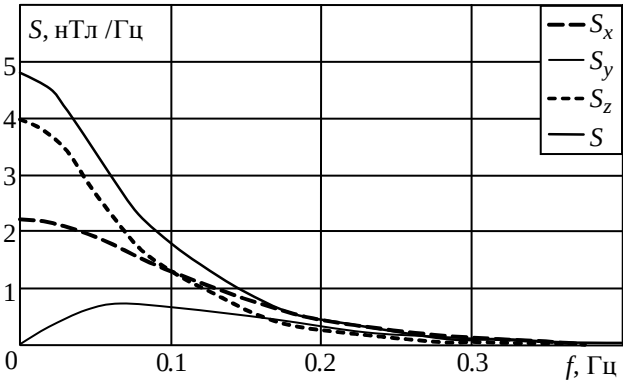


Рис. 3

Для иллюстрации сделанного выбора на рис. 2 приведены графики функций $B_x(t)$, $B_y(t)$ и $B_z(t)$, рассчитанные по формуле (1), для трех ортогональных ориентаций вектора магнитного момента: рис. 2, *а* – M_x, рис. 2, *б* – M_y, рис. 2, *в* – M_z. При моделировании использовались следующие исходные данные: $M = 0.6$ А·м^2, $x_0 = 4$ м, $z_0 = 1$ м, $v = 1.5$ м/с. За меру сигнала при дальнейшем его сравнении с уровнем помех и шумов примем величину $M/\left(4\pi x_0^3\right)$. На рис. 3 приведены соответствующие спектры $S_x(f)$, $S_y(f)$ и $S_z(f)$. На каждом из рисунков приведен также график функции $B(t)$, рассчитанный по формуле (2) (рис. 2), и соответствующий спектр $S(f)$ (рис. 3).

Сравнение уровня и формы сигнала при измерении модуля и компонента B_x вектора индукции на основании рис. 2, 3 приводит к следующим выводам:

– амплитуда сигнала модульного магнитометра в среднем в 1,5 раза выше, чем компонентного. В соответствии с (2) в зависимости от ориентации вектора магнитного момента значение модуля поля может изменяться не более чем в 2 раза. В то же время при измерении компонента B_x теоретически можно получить тождественно нулевой сигнал, например при условии $M = M_z$ и $z = 0$;

– форма сигнала при измерении компонентным магнитометром обеспечивает несколько более высокочастотный спектр сигнала; это позволяет уменьшить влияние геомагнитных пульсаций, спектр которых пропорционален величине $1/f$.

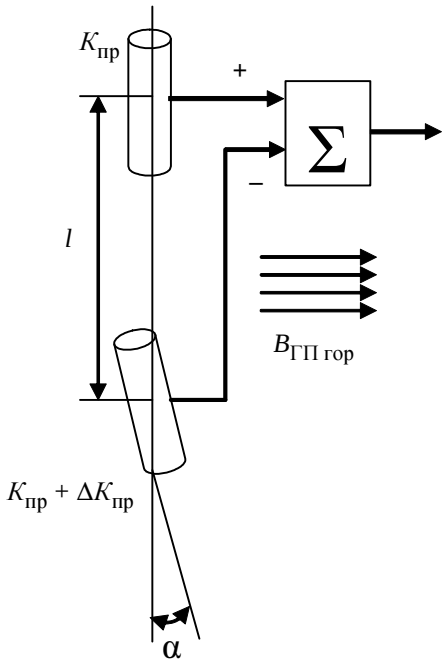


Рис. 4

Идентичность двух разностно включенных магнитометров определяет степень воздействия пространственно однородных помеховых полей (геомагнитных пульсаций) на результат измерения. Для компонентных магнитометров идентичность характеризуется двумя параметрами: *разбалансом* $\delta = \Delta K_{пр}/K_{пр}$ – относительным различием коэффициентов преобразования, а также ошибкой в их взаимной ориентации – углом α между магнитными осями магнитометров (рис. 4).

При изготовлении магнитометров сравнительно легко реализуется значение разбаланса не хуже $\delta = 0.01$, что позволяет оценить уровень помех при средней амплитуде геомагнитных пульсаций порядка 1.0 нТл [4] как не превосходящий 0.01 нТл, т. е. неопасный.

В зависимости от конкретной практической задачи расстояние l между сигнальным датчиком и датчиком помехи может составлять от единиц до десятков метров. При этом по оперативным соображениям может использоваться независимая установка датчиков (не на общей конструкции, «на глаз»). В таких условиях достаточно трудно обеспечить требуемую точность взаимной ориентации двух магнитометров, что может привести к появлению помех на выходе сумматора.

Требования по ошибке ориентации магнитометров зависят от углового положения магнитометров относительно горизонтальной составляющей геомагнитных пульсаций ($B_{\text{ГП гор}}$ на рис. 4). Поскольку оно является случайным, следует рассчитывать на худший случай – магнитная ось магнитометра перпендикулярна горизонтальной составляющей пульсаций. Для обеспечения уровня помех не более 0.1 нТл в этом случае ошибка ориентации не должна превышать $\alpha_{\max} = 5^{\circ}$.

Для разностного включения двух модульных магнитометров вывод об относительно слабом влиянии разбаланса на уровень помех на выходе сумматора остается верным, а для одиночного модульного магнитометра понятие ориентации вообще не имеет смысла. Таким образом, ошибки ориентации приводят к появлению помех только при использовании компонентных магнитометров. Отметим, что анализ был проведен для случая воздействия только одного помехового поля.

Линейность (нелинейность) магнитометра проявляется при одновременном действии двух полей – сигнального и помехового или двух помеховых. Рассмотрим выходное напряжение ΔU двух идентичных ($\delta = 0$, $\alpha = 0$) встречновключенных модульных магнитометров при одновременном действии сигнального $B_{\text{с}}$ и однородного помехового $B_{\text{пом}}$ полей:

$$\Delta U = \sqrt{\left(B_{\text{с}x}^{(1)} + \xi_x B_{\text{пом}}\right)^2 + \left(B_{\text{с}y}^{(1)} + \xi_y B_{\text{пом}}\right)^2 + \left(B_{\text{с}z}^{(1)} + \xi_z B_{\text{пом}}\right)^2} -$$

$$-\sqrt{\left(B_{\text{с}x}^{(2)} + \xi_x B_{\text{пом}}\right)^2 + \left(B_{\text{с}y}^{(2)} + \xi_y B_{\text{пом}}\right)^2 + \left(B_{\text{с}z}^{(2)} + \xi_z B_{\text{пом}}\right)^2}, \qquad (3)$$

где ξ_x, ξ_y, ξ_z – проекции единичного вектора индукции помехового поля на оси декартовой системы координат; (1) и (2) – индексы точек измерения модуля поля. Из (3) очевидно, что в отсутствие сигнального поля ($B_{\text{с}} = 0$) происходит полное подавление однородной помехи ($\Delta U = 0$); при этом нелинейность операций по вычислению модуля не сказывается. При наличии сигнального поля помеха проходит на выход разностного магнитометра, поскольку уровень сигнала различен в точках расположения магнитометров (при использовании датчика помехи можно считать $B_{\text{с}}^{(2)} \approx 0$).

На рис. 5 представлены сигналы при измерении модуля поля с использованием датчика помехи при движении источника с магнитным моментом $M = M_y$. Помеха представляет собой однородное синусоидальное поле на частотах $F_{\text{пом}} = 0.05$, 0.1, 0.2 Гц.

На всех рисунках кривые при отношении сигнал/помеха равном 100 соответствуют форме сигнала на рис. 2, *б*. В отсутствие источника (объект находится вдали от траверса) воздействие помехового поля полностью подавляется. При проходе объекта в зоне обнаружения при реальных значениях отношения сигнал/помеха (С/П = 3; 1; 0.3) происходит нелинейное взаимодействие сигнала и помехи при вычислении модуля поля. Амплитуда сигнала уменьшается, и изменяется его форма, причем эти изменения определяются частотой помехи.

При измерении компоненты вектора индукции нелинейное взаимодействие сигнала и помехи отсутствует. При использовании двух разностно включенных компонентных магнитометров действие однородного помехового поля полностью подавляется независимо от наличия сигнала или других помех (шумов).

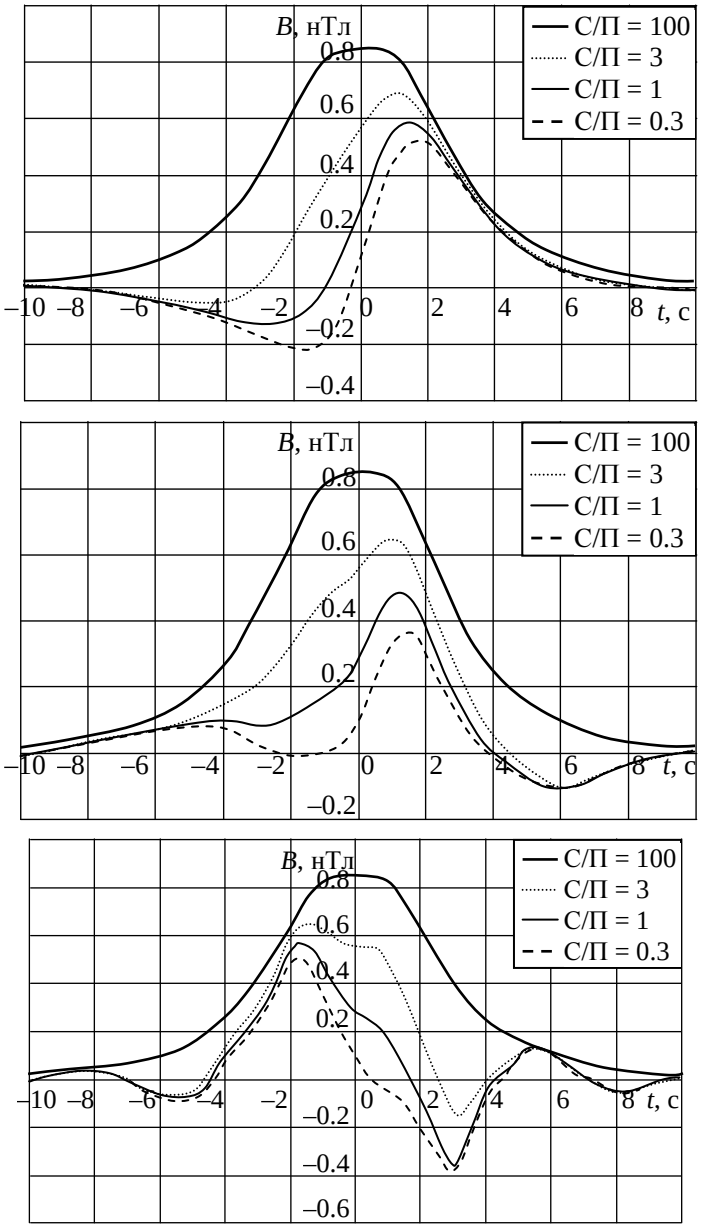


Рис. 5

Специфическим источником помех является *изменение углового положения (качание) магнитометра в МПЗ* [2]. Наличие таких помех особенно характерно для размещения магнитометра на подвижном объекте. При стационарном размещении магнитометра, например на поверхности почвы вблизи деревьев, возможны микроколебания почвы вследствие раскачивания дерева под действием ветровых нагрузок, вызывающие изменение углового положения магнитометра. Частотный диапазон таких микроколебаний почвы составляет десятые доли герца. В результате на выходе магнитометра индуцируется помеховое напряжение, попадающее в полосу полезного сигнала.

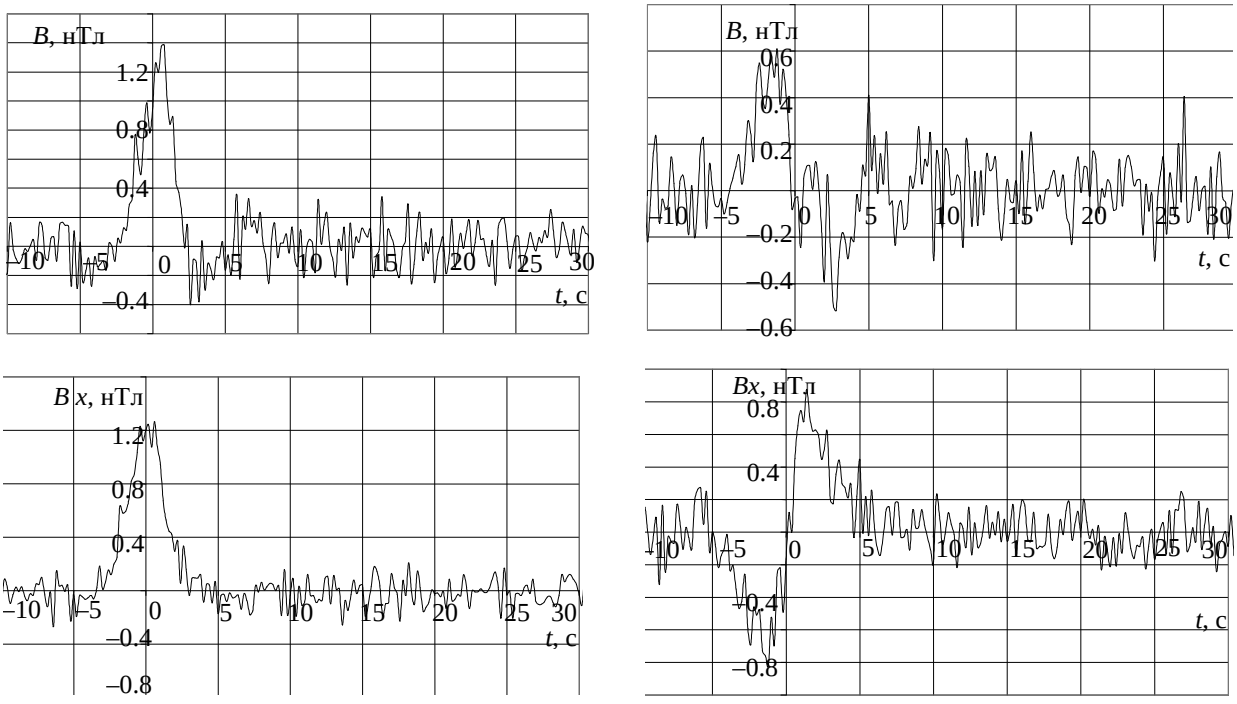
Для ограничения амплитуды помехи, вызванной угловым перемещением магнитометра в МПЗ, например, уровнем 0.1 нТл, необходимо, чтобы амплитуда качания магнитометра в частотном диапазоне десятых долей герца не превышала 10^{-5} рад (примерно 2″). Оценка реальной амплитуды угловых перемещений магнитометра требует проведения натурного эксперимента. Данный вид помехи проявляется в основном при измерении ком-

поненты вектора индукции магнитного поля. При измерении модуля помеха проявляется только в присутствии второго поля – сигнального или помехового – за счет нелинейного взаимодействия двух полей при вычислении модуля.

Собственный шум компонентного магнитометра представляет собой аддитивный по отношению к полезному сигналу нормальный случайный процесс с нулевым средним $m_{\text{ш}} = 0$ и среднеквадратическим отклонением σ. При использовании датчика помехи результат измерения является случайной величиной со средним значением, пропорциональным амплитуде сигнала $B_{\text{с}}$, и среднеквадратическим отклонением $\sigma_{\text{ш}} = \sigma\sqrt{2}$.

Результаты моделирования воздействия внутреннего шума при измерении модуля поля с использованием датчика помехи показывают, что без внешнего воздействия выходное напряжение, определяемое только внутренним шумом, является нормальной случайной величиной с параметрами (0; 0.94σ). При появлении и увеличении однородного внешнего воздействия (помехи) нулевое среднее значение выходного напряжения сохраняется, а среднеквадратическое отклонение возрастает до $\sigma_{\text{ш}} \approx 1.4\sigma$ из-за нелинейного взаимодействия помехи и шума.

При регистрации неоднородного сигнального поля на фоне внутреннего шума наблюдается некоторая потеря уровня сигнала за счет нелинейного взаимодействия сигнала и шума аналогично действию помехи (рис. 5).



а *б*

Рис. 6

Авторами было проведено моделирование одновременного действия сигнального и помехового полей, а также внутреннего шума при измерении модуля и компоненты магнитного поля. Пример записи выходного сигнала магнитометрической системы приведен на рис. 6 для следующих условий:

– параметры сигнала: $M = 0.6$ А·м^2, $x_0 = 4$ м, $z_0 = 1$ м, $v = 1.5$ м/с; на рис. 6, *а* ориентация вектора магнитного момента $M = M_x$, на рис. 6, *б* – $M = M_y$;

– параметры помехи: однородная синусоидальная, отношение С/П = 0.3, $F_{\text{пом}}$ = 0.2 Гц;

– параметры шума: нормальный шум, отношение С/Ш = 10;

– ориентация компонентного магнитометра: B_x.

Статистическая обработка результатов моделирования показывает преимущества компонентного магнитометра перед модульным, обусловленные его линейностью и более высокочастотным спектром сигнала. Преимущество компонентного магнитометра особенно очевидно при рациональном выборе измеряемого компонента поля, основанном на априорной информации об ориентации вектора магнитного момента источника (рис. 6, *б*). Для реализации преимуществ компонентного магнитометра должны быть обеспечены сформулированные ранее требования по точности взаимной ориентации магнитометров и стабильности углового положения магнитометра в МПЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мосалев В. Системы дистанционного наблюдения за полем боя на базе разведовательно-сигнализационных приборов // Зарубежное военное обозрение 2000. № 2.

2. Ларин А. И., Звежинский С. С. Периметровые маскируемые магнитометрические средства обнаружения // Специальная техника. 2001. № 5.

3. Смайт В. Электростатика и электродинамика. М.: Изд-во иностр. лит., 1954.

4. Яновский Б. М. Земной магнетизм: Учеб. пособие. 4-е изд. / Под ред. В. В. Металловой. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1978.

I. A. Babin, A. M. Mitrofanov

COMPARATIVE ANALYZE OF MODULE AND COMPONENT MAGNETIC FIELD SENSORS EXPEDIENCY FOR MOVING SOURCE REGISTRATION

Advantage of component magnetic field sensor over module sensor in the task of registration moving object-source is based. Signal amplitude and form, sensors identity, lineation and the noise of sensor, its angle position alteration are investigated.

Magnetic field, magnetometer, module, components, geomagnetic pulsation, lineation

УДК 6213.3.013

А. М. Митрофанов, Ю. И. Федюковский

АМПЛИТУДНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА В ЗАДАЧЕ МАГНИТОЛОКАЦИИ

Обоснован способ размещения магнитометров, обеспечивающий селекцию движущегося объекта-источника постоянного магнитного поля. Использована аналогия с фазированной антенной решеткой при селекции источника радиоволны.

Магнитное поле, магнитометр, антенная решетка, компоненты, геомагнитные пульсации

Одна из типовых задач магнитолокации заключается в обнаружении движущегося объекта, являющегося источником постоянного магнитного поля. Будем полагать, что объект-источник перемещается по прямолинейной траектории и описывается диполем с ориентацией вектора магнитного момента в направлении оси y (рис. 1). Измерительная система в виде одного или нескольких магнитометров располагается в области $x > x_0$ (заштрихованная область на рис. 1). Высота подъема магнитного момента объекта над поверхностью существенно меньше расстояния x_0.

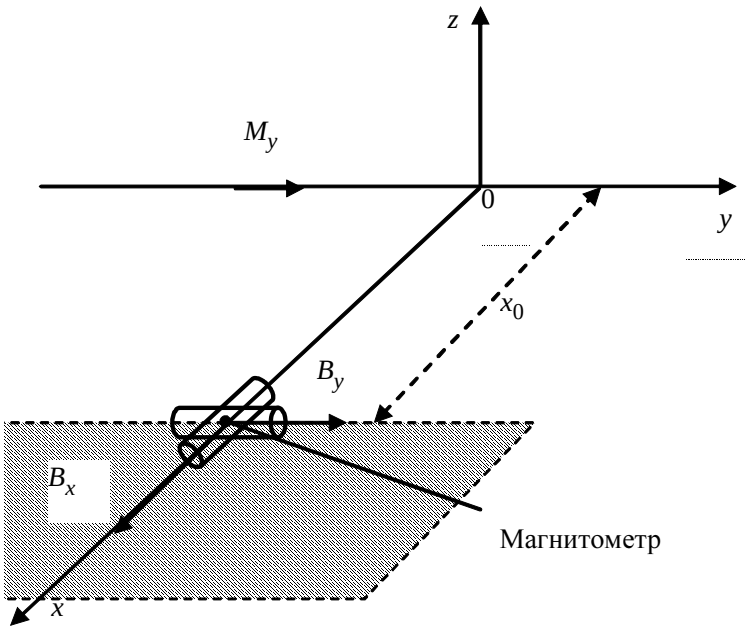


Рис. 1

Обнаружение сигнала объекта происходит на фоне собственного шума измерительной системы, а также при действии внешних помех.

Задача настоящей статьи – разработка способа расположения магнитометров, обеспечивающего улучшение характеристик обнаружения сигнала. Базой для сравнения является одиночный магнитометр с *x*- или *y*-ориентацией, находящийся в точке с координатами (x_0, 0).

При движении объекта компоненты вектора индукции определяются из решения прямой задачи магнитостатики для дипольного источника [1]:

$$\begin{Bmatrix} B_x \\ B_y \end{Bmatrix} = \frac{\mu_0 M_y}{4\pi (x_0^2 + y^2)^{5/2}} \left[3y \begin{Bmatrix} x_0 \\ y \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \end{Bmatrix} (x_0^2 + y^2) \right]. \qquad (1)$$

Для упрощения дальнейших расчетов введем нормированные координаты объекта: $X = x/x_0 = 1$ и $Y = y/x_0$, а также примем $\mu_0 M_y \big/ 4\pi x_0^3 = 1$ (в реальных задачах эта величина составляет единицы нанотесла). Тогда выражение (1) примет вид

$$\begin{cases} B_x = \dfrac{3Y}{(1+Y^2)^{5/2}}, \\ B_y = \dfrac{2Y^2 - 1}{(1+Y^2)^{5/2}}. \end{cases} \qquad (2)$$

Зависимости амплитуд компонент поля от координаты движущегося объекта приведены на рис. 2 (B_x – сплошная и B_y – штриховая линии).

Способ расположения системы магнитометров выберем с использованием метода аналогии. При радиопеленгации движущегося высокочастотного источника электромагнитного излучения применяется узкая диаграмма направленности (ДН), обеспечивающая увеличе-

ние уровня полезного сигнала и пространственную селекцию сигнального и помеховых источников. Для формирования ДН используется фазированная антенная решетка – система ненаправленных антенн, выходные сигналы которых суммируются с некоторым сдвигом по фазе. При регистрации квазистатического магнитного поля в рассматриваемой задаче фазовые методы оказываются неприменимыми и пространственная селекция может быть обеспечена только амплитудными методами. По аналогии с выравниванием фаз сигналов в отдельных антеннах при селекции высокочастотного источника в рассматриваемой задаче необходимо обеспечить одновременное достижение максимумов сигналов отдельных магнитометров и дальнейшее их суммирование. Для этого магнитометры должны быть определенным образом размещены и сориентированы в пространстве. На рис. 3 показан ряд магнитометров, смещенных из точки траверса и развернутых на угол $\alpha \in [-\pi/2; \pi/2]$ (отсчитывается от отрицательного направления оси y в сторону оси x).

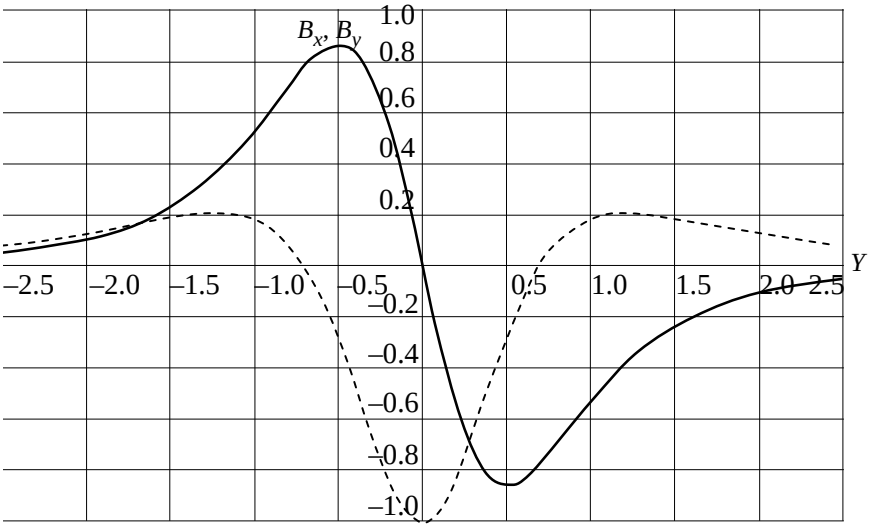


Рис. 2

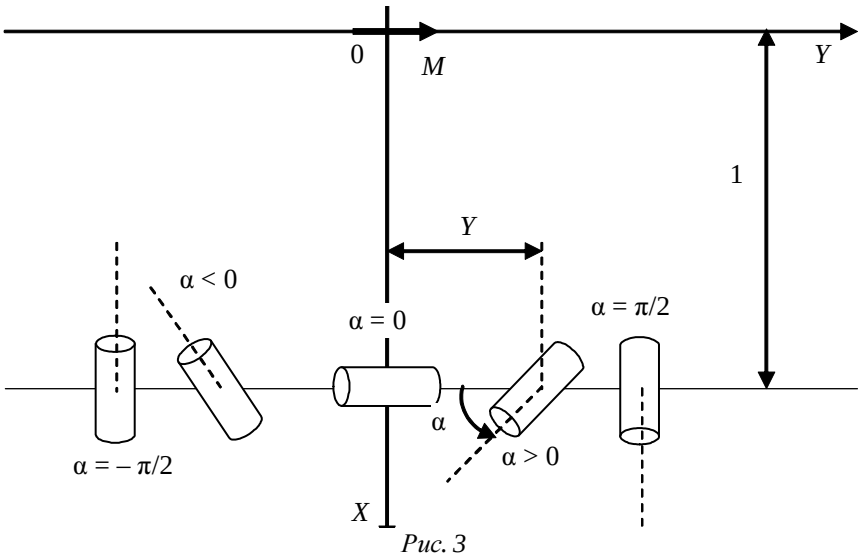


Рис. 3

При положении магнитометра в точке с координатой $Y = 0$ максимум амплитуды сигнала обеспечивается при ориентации магнитометра $\alpha = 0$. Определим оптимальное значение угла α для магнитометра, смещенного из точки траверса.

Магнитометр, развернутый на угол α, реагирует на обе компоненты вектора индукции:

$$B_\alpha = B_x \sin\alpha - B_y \cos\alpha,$$

а с учетом (2)

$$B_\alpha = \frac{3Y\sin\alpha + (1-2Y^2)\cos\alpha}{(1+Y^2)^{5/2}}.$$

Решая уравнение $\partial B_\alpha/\partial\alpha = 0$, получим функцию $\alpha_{opt} = f(Y)$ в виде

$$\alpha_{opt} = \operatorname{arctg}\frac{3Y}{1-2Y^2},\ Y \in \left[-1/\sqrt{2}\,;\,1/\sqrt{2}\right].$$

Зависимость оптимальной ориентации магнитометра от его сдвига из точки траверса приведена на рис. 4.

Коэффициент ослабления уровня сигнала на выходе оптимально ориентированного магнитометра по сравнению с магнитометром, расположенным в точке траверса, составляет

$$K(Y) = \sqrt{\frac{1+5Y^2+4Y^4}{(1+Y^2)^5}}$$

и, как видно из рис. 5, при смещении из точки траверса уменьшается незначительно.

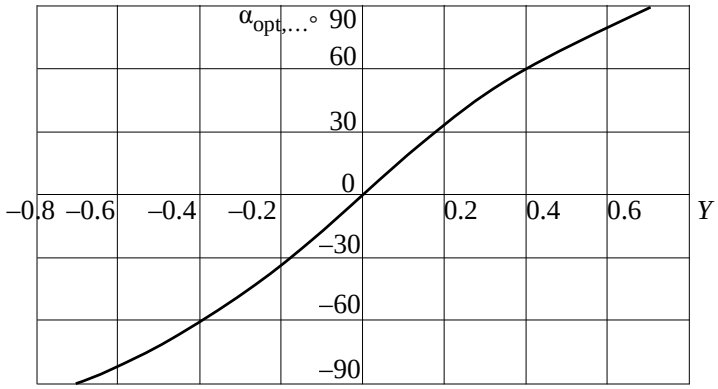


Рис. 4

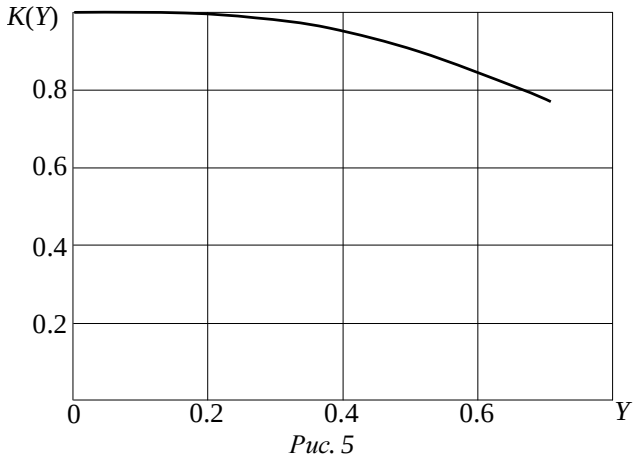


Рис. 5

Для обозначения ряда оптимально ориентированных магнитометров, сигналы которых складываются, введем понятие «амплитудная антенная решетка» (ААР). С ростом числа N магнитометров в решетке возрастает суммарный уровень сигнала, но при этом возрастает и уровень собственного шума пропорционально $\sqrt{N}$. Например, для ААР из трех магнитометров, размещенных в точках $Y = -1/\sqrt{2}; 0; 1/\sqrt{2}$ ($\alpha_{opt} = -90;\ 0;\ 90°$), уровень сигнала возрастает в 2.5 раза, а уровень шума в 1.7 раза по сравнению с одиночным магнитометром (выигрыш по отношению сигнал/шум в 1.5 раза). Для ААР из пяти магнитометров, размещенных в точках $Y = -1/\sqrt{2}; -0.28; 0; 0.28; 1/\sqrt{2}$ (оптимальная ориентация $\alpha_{opt} = -90; -45; 0; 45; 90°$), выигрыш составит 2.0 раза.

Для корректной оценки эффективности ААР необходимо учесть наряду с шумом действие внешних помеховых полей. В рассматриваемой задаче магнитолокации источником помех в частотном диапазоне сигнала (примерно 0.01…0.1 Гц) являются геомагнитные пульсации, уровень которых обратно пропорционален частоте и может превосходить сигнал [2]. Известным способом борьбы с такой помехой, обладающей высокой пространственной однородностью, является встречное включение двух идентичных магнитометров, один из которых существенно более удален от объекта-источника и выполняет функцию «датчика помехи» [3]. Степень подавления помех определяется ошибкой взаимной ориентации магнитометров и неравенством их коэффициентов преобразования (разбалансом). На практике трудно обеспечить ошибку ориентации $\alpha < 5…10°$, что приводит к прохождению помехи на выход с коэффициентом, пропорциональным $\sin\alpha$, т. е. не менее 0.1. В то же время, относительно легко обеспечить разбаланс в пределах 0.01. Таким образом, эффективность подавления однородной помехи определяется в основном ошибкой взаимной ориентации двух встречновключенных магнитометров.

Эксперимент по регистрации сигнала объекта-источника с помощью ААР проведен на математической модели. Условия эксперимента:

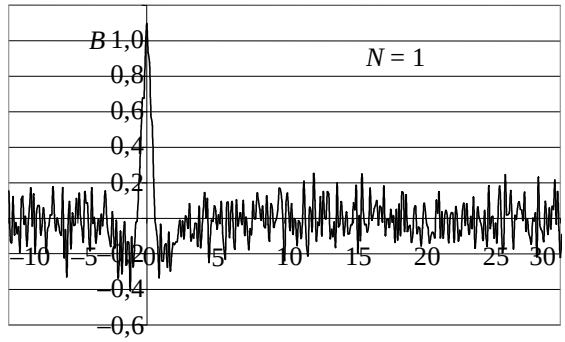
– ориентация вектора магнитного момента источника – M_y, а его модуль определяется условием $\mu_0 M_y / 4\pi = 1$;

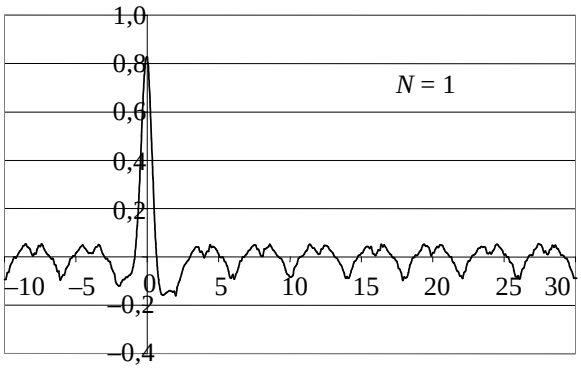
– шум магнитометра – нормально распределенная случайная величина с параметрами $(0; \sigma_ш)$, $\sigma_ш = 0.1$;

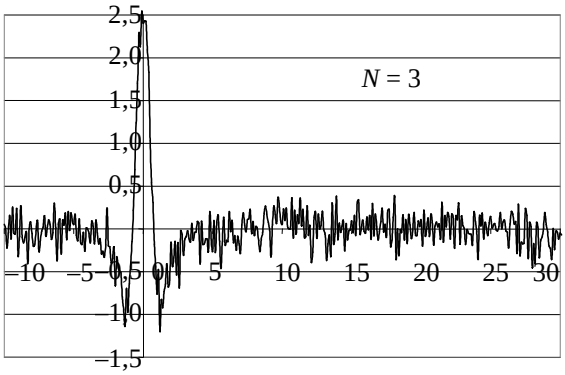
– ошибка ориентации магнитометра – нормально распределенная случайная величина с параметрами $(0; \sigma_\alpha)$, $\sigma_\alpha = 3$ и 6°;

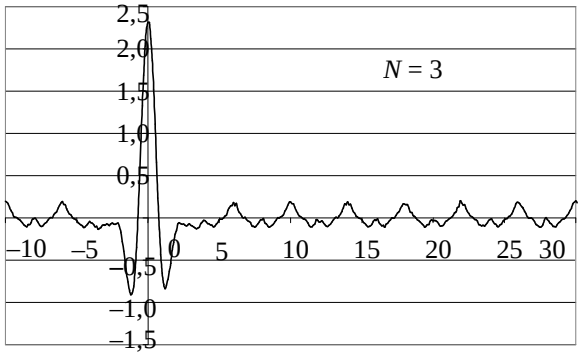
– датчик помехи находится в точке с относительными координатами (2; 0) и ориентирован в отрицательном направлении оси y;

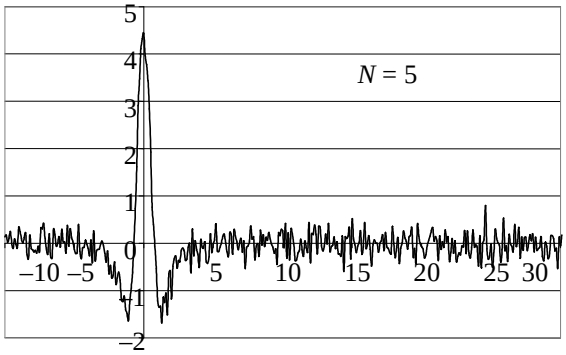
– помеха представляет собой суперпозицию трех однородных синусоидальных полей с амплитудами 2, 1 и 0.5 и соответственно частотами $f_0/2$, f_0 и $2f_0$, где f_0 – медиана спектра сигнала. Помеха дополнительно имеет случайную амплитудную модуляцию с коэффициентом $m = 0.2$.











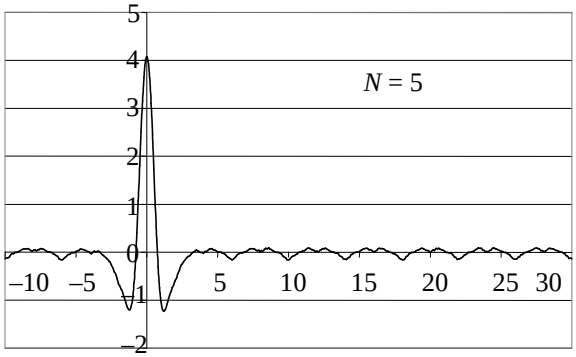


Рис. 6 *Рис. 7*

Результаты математического моделирования представлены в таблице, а также в виде реализаций выходного сигнала ААР на рис. 6 (действие шума) и рис. 7 (действие помехи).

N	С/Ш при $\sigma_ш = 0.1$	С/П*	
		$\sigma_\alpha = 3^o$	$\sigma_\alpha = 6^o$
1	10	5	2.3
3	17	11.5	5.1
5	22	13	5.3

*Приведено минимальное отношение сигнал/помеха, полученное по репрезентативной выборке.

Результаты моделирования подтверждают эффективность использования ААР при действии шумов и помех. Таким образом, применение ААР позволяет улучшить характеристики обнаружения движущегося объекта с известной ориентацией вектора магнитного момента, в частности, автотранспорта.

Целесообразность дальнейшего увеличения числа магнитометров в ААР определяется оперативными возможностями по их размещению с малой ошибкой ориентации ($\sigma_\alpha < 3^o$), а также стоимостными ограничениями при реализации ААР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смайт В. Электростатика и электродинамика. М.: Изд-во иностр. лит., 1954.
2. Яновский Б. М. Земной магнетизм. М., 1972.
3. Ларин А. И., Звежинский С. С. Периметровые маскируемые магнитометрические средства обнаружения // Специальная техника. 2001. № 5.

A. M. Mitrofanov, Y .I. Fedukovskiy

AMPLITUDE GRATING ANTENNA IN THE TASK OF MAGNETIC LOCATION

Method of magnetometers placement for selection of moving constant magnetic field object-source is based. Analogy with phase grating antenna in the task of radio wave source selection is used.

Magnetic field, magnetometer, grating antenna, components, geomagnetic pulsation

УДК 621.315.592

С. А. Тарасов

КОРОТКОВОЛНОВЫЕ ФОТОДЕТЕКТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НИТРИДОВ

Разработаны коротковолновые гетерофотодиоды на основе твердых растворов полупроводниковых нитридов разных составов, с областями чувствительности, лежащими в диапазоне от 0.35 до 0.5 мкм, и минимальной полушириной спектра до 20 нм. Селективность создавалась путем использования эффекта широкозонного окна без использования оптических фильтров.

Полупроводник, нитрид галлия-алюминия, коротковолновый фотодетектор, фотодиод, селективный фотоприемник, эффект широкозонного окна

Одной из важнейших проблем современной оптоэлектроники является создание качественных фотодетекторов для коротковолновой области спектра. Области применения таких фотоприемников достаточно широки и включают в себя биологический и химический мониторинг (датчики озона, загрязняющих веществ, химических и биологических реагентов), определение наличия открытого пламени (противопожарные сигнализации, детекторы запуска ракет), использование в устройствах космической связи и в метрологических системах для измерения параметров коротковолнового излучения, астрономические исследования, и мн. др. При этом для ряда применений требуются селективные коротковолновые фотоприемники, чувствительные к узкому диапазону электромагнитного излучения.

В настоящее время большинство полупроводниковых фотодетекторов изготавливаются на основе кремния [1]. Si обладает высокой чувствительностью в видимом диапазоне спектра, а современная технология выращивания кристаллов позволяет получить достаточно недорогой материал высокого качества. Тем не менее, Si имеет ряд недостатков, главные из которых непрямая структура энергетических зон и весьма высокие обратные темновые токи. Кроме того, максимум чувствительности Si находится при длине волны около 700 нм, что приводит к необходимости фильтрации длинноволнового света. Для этого обычно используются оптические фильтры, у которых есть ряд недостатков. Они имеют большие размеры, что приводит к увеличению габаритов всего прибора. Характеристики некоторых фильтров могут быть нестабильны во времени. Кроме того, не всегда есть возможность подобрать фильтр с необходимыми параметрами.

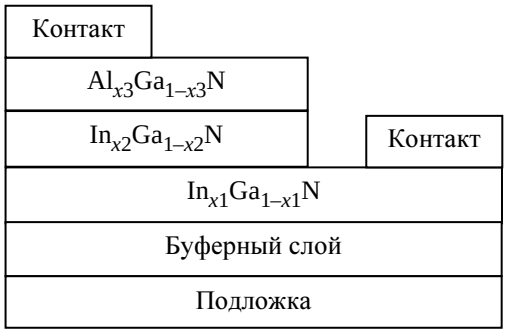


Рис. 1. Структура исследованных образцов

Для создания коротковолновых фотоприемников перспективно использование широкозонных полупроводников $A^{III}B^{V}$ [2], в частности фосфида галлия [3], [4], и твердых растворов на их основе. Принципиально важной особенностью последних является возможность путем изменения их состава, плавно и в широких пределах изменять основные параметры материала, в том числе: параметры решетки, ширину запрещенной зоны, показатель преломления, теплопроводность, диэлектрическую проницаемость и т. п. Также большой шириной запрещенной зоны обладают полупроводниковые нитриды. Важным преимуществом системы In–Ga–Al–N является сохранение прямого характера структуры энергетических зон во всем диапазоне изменения состава твердых растворов. При этом одновременно обеспечиваются большое значение коэффициента поглощения и малая чувствительность к видимому и ИК-излучению.

В настоящей статье представлены несколько типов коротковолновых фотодетекторов на основе полупроводниковых нитридов, степень селективности которых регулировалась без использования оптических фильтров за счет применения эффекта широкозонного окна. Фоточувствительный кристалл является многослойной гетероструктурой (рис. 1), выращенной методом газофазной эпитаксии. В некоторых фотодетекторах вместо центрального слоя нитрида индия-галлия использовалась квантово-размерная структура, содержащая сверхрешетку. Параметры твердых растворов указаны в таблице.

Тип	E_g, эВ			x		
	$In_{x1}Ga_{1-x1}N$	$In_{x2}Ga_{1-x2}N$	$Al_{x3}Ga_{1-x3}N$	$In_{x1}Ga_{1-x1}N$	$In_{x2}Ga_{1-x2}N$	$Al_{x3}Ga_{1-x3}N$
1	2.56	3.39	3.62	0.46	0.11	0.25
2	2.59	2.91	3.59	0.44	0.26	0.22
3	–	–	3.46	–	–	0.1
4	3.21	–	3.58	0.12	–	0.21

При облучении фотодетектора широкозонная часть структуры играет роль «окна», через которое производится освещение. Такое «окно» прозрачно для света, поглощаемого в узкозонной части *p–n*-перехода. Спектральная характеристика фоточувствительности при этом в идеале близка к П-образной и ограничена с длинноволновой стороны шириной запрещенной зоны узкозонного, а с коротковолновой – широкозонного материала. За счет изменения состава твердого раствора, производилось регулирование спектральной характеристики в заданных пределах [1].

Графики зависимости фототока от энергии представлены на рис. 2. Как видно из спектральной характеристики, в структуре типа *1* зависимость чувствительности имеет два максимума при энергиях 3.1 и 3.4 эВ, определяемых, соответственно, сигналами от верхнего и второго гетеропереходов. Длинноволновая граница (при 2.6 эВ) определяется составом узкозонного твердого раствора первого слоя, а коротковолновая (при 3.7 эВ) – широкозонного верхнего. В коротковолновой части наблюдается излом, обусловленный эффектом широкозонного окна, возникающим при прохождении света через верхний ши-

рокозонный слой. Пока энергия падающих фотонов больше ширины запрещенной зоны широкозонного окна (2.6 эВ), весь свет должен поглотиться вблизи поверхности слоя. Но из-за малого показателя поглощения верхнего слоя, часть излучения проходит в глубь образца и дает сигнал при энергиях больших 3.7 эВ.

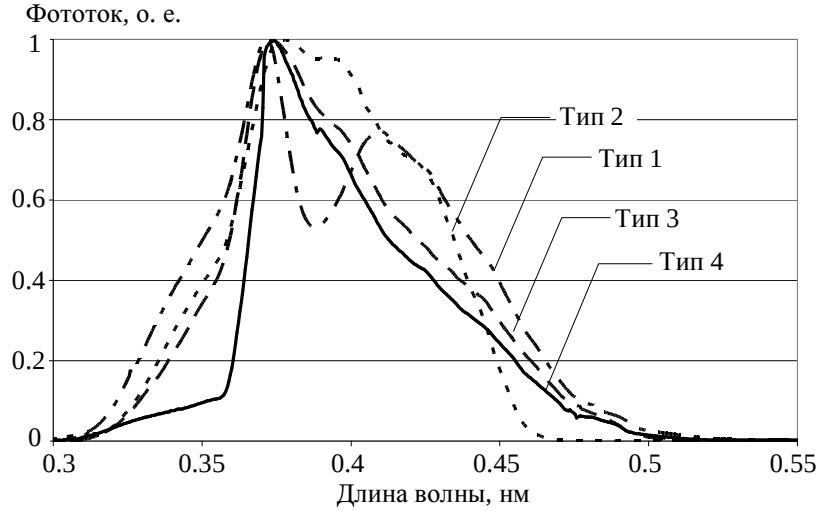


Рис. 2. Спектральные характеристики коротковолновых фотодетекторов на основе полупроводниковых нитридов

Как только энергия падающего на фотоприемник излучения становится равной или меньше ширины запрещенной зоны широкозонной области, почти все фотоны начинают достигать гетерограницы в активной области, где возникает генерация носителей заряда. После чего в этом слое происходит пространственное разделение носителей внутренним полем перехода и возникает фототок. С уменьшением энергии все большее число фотонов проходит через широкозонное окно и достигает активного слоя, участвуя в образовании фототока. На рис. 2 этому процессу соответствует участок энергий от 2.6 эВ (ширина запрещенной зоны узкозонного материала) до достижения максимума. Из-за того, что показатель поглощения второго слоя при энергии 3.3 эВ мал, излучение доходит до второго гетероперехода. При энергии фотонов большей 3.2 эВ, но меньшей чем 3.7 эВ начинает работать второй гетеропереход.

Сузить диапазон чувствительности позволяет изменение состава твердых растворов, входящих в гетероструктуру, в частности, в образцах второго типа был использован более широкозонный первый слой, что позволило установить энергию отсечки при 2.7 эВ. При этом удалось избавиться от провала в графике и форма характеристики приблизилась к П-образной (рис. 2). Однако наблюдается хвост при больших энергиях, что обусловлено недостаточной толщиной слоя широкозонного окна (второго слоя структуры). Увеличение этой толщины позволило еще более сузить ширину спектра (рис. 2, тип *3*), нелинейность возрастания графика объясняется прохождением фотонов через квантово-размерную структуру.

Регулируя составы и толщину слоев в гетероструктуре, удалось достичь дальнейшего увеличения селективности (рис. 2, тип *4*). Для этого образца, имеющего только два слоя, коротковолновая граница соответствует ширине запрещенной зоны первого слоя, которая составляет 3.5 эВ. И так как показатель поглощения данного соединения сравнительно большой, то только незначительная часть излучения сможет пройти в глубь образца. Длинноволновая граница, так же как и в образцах типа *1* ограничена шириной запрещенной зоны узкозонного материала (2.8 эВ). Для фотодиода типа *4* полуширина спектра составила ~20 нм.

Таким образом, в работе создан ряд коротковолновых фотодетекторов на основе полупроводниковых нитридов (твердые растворы InGaN и AlGaN), обладающих высокой чувствительностью в спектральном диапазоне 0.3…0.55 мкм. При этом было показано, что путем изменения состава твердых растворов можно регулировать степень селективности структуры и достичь минимальной полуширины спектра до 20 мкм. За счет применения эффекта широкозонного окна селективность была достигнута без использования оптических фильтров. При этом использование разного состава твердого раствора AlGaN в верхнем слое гетероструктуры позволило изменять величину коротковолновой отсечки в диапазоне от 0.3 до 0.35 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов С. А. Селективные фотодиоды для коротковолновой области спектра // Тез. докл. Науч. молодежной школы по твердотельным датчикам. – С.-Петербург, 23–25 ноября 1998. – СПб., 1998. – С. 6.

2. Тарасов С. А. Селективные фотоприемники на основе твердых растворов $A^{III}B^{V}$ // Тез. докл. Всерос. молодежной науч. конф. по физике полупроводников и полупроводниковой опто- и наноэлектронике. – С.-Петербург, 30 ноября–3 декабря, 1999. – СПб., 1999. – С. 136.

3. Селективные и широкополосные УФ-фотоприемники на основе фосфида галлия / А. Н. Пихтин, С. А. Тарасов, Т. А. Орлова, Б. Клот // Физ., хим. и биол. сенсоры: Тез. докл: Междунар. конф. – С.-Петербург, 29–31 мая 2000. – СПб., 2000. – С. 39–41.

4. Pikhtin A. N., Tarasov S. A., Kloth. B. Ag-GaP Schottky Photodiodes for UV-Sensors // IEEE Transaction on Electronic Devices.– 2003.– Vol. 50, № 1. – P. 215–218.

S. A. Tarasov

SHORTWAVE INGAN PHOTODETECTORS

Shortwave InGaN geterophotodiodes was developed, with the spectral region of sensibility at 350 … 500 nm and minimal halfwidth near 20 nm. No optical philters were used. The selectivity was achieved by using broadband window effect.

Semiconductor, InGaN, shortwave photodetector, photodiode, selective photodiode, broadband window effect

УДК 681.324

А. В. Першин

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АГЕНТНОЙ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ

Описывается аналитическая модель агентной поисковой системы. Результаты моделирования сравниваются с имитационной моделью, в результате чего делается вывод о возможности определения количества агентов при параллельном поиске.

Мобильные агенты, распределенные системы поиска, моделирование агентных систем

Из практики построения моделей [1] можно сделать вывод, что построение имитационных моделей и проведение модельных экспериментов чрезвычайно трудоемки, поэтому для предварительной оценки параметров моделируемой системы целесообразно использовать аналитическую модель на основе теории массового обслуживания.

Наиболее важным результатом моделирования является оптимальный коэффициент параллелизма, определяющий количество агентов, необходимых для обработки запроса пользователя в зависимости от текущей нагрузки в системе.

Представленная на рис. 1 модель сети не соответствует ни одной типичной системе массового обслуживания (СМО), имеющей готовое аналитическое решение, ввиду следующего: 1) специфического алгоритма обработки запросов с повторами; 2) особого поведения при обслуживании запроса одновременно на нескольких серверах; 3) разбиения запросов на пакеты. Аналитические модели, учитывающие эти факторы, описываются дискретными марковскими цепями [2]. Построение марковской цепи для такой системы проблематично ввиду большого количества моделируемых объектов, что приводит к огромному числу состояний такой системы.

Аналитическую модель, которая будет использоваться для определения оптимальной степени параллелизма, можно построить в виде сети СМО с неограниченными очередями, моделирующими работу серверов. Как показало имитационное моделирование [2], определяющим параметром прохождения пакета через канал данных является задержка, а не пропускная способность, поэтому для моделирования коммуникационных каналов можно использовать только узлы задержки.

Таким образом, модель сети (рис. 1) может быть представлена в виде диаграммы, состоящей из узлов СМО, соединенных через узлы задержки (рис. 2).

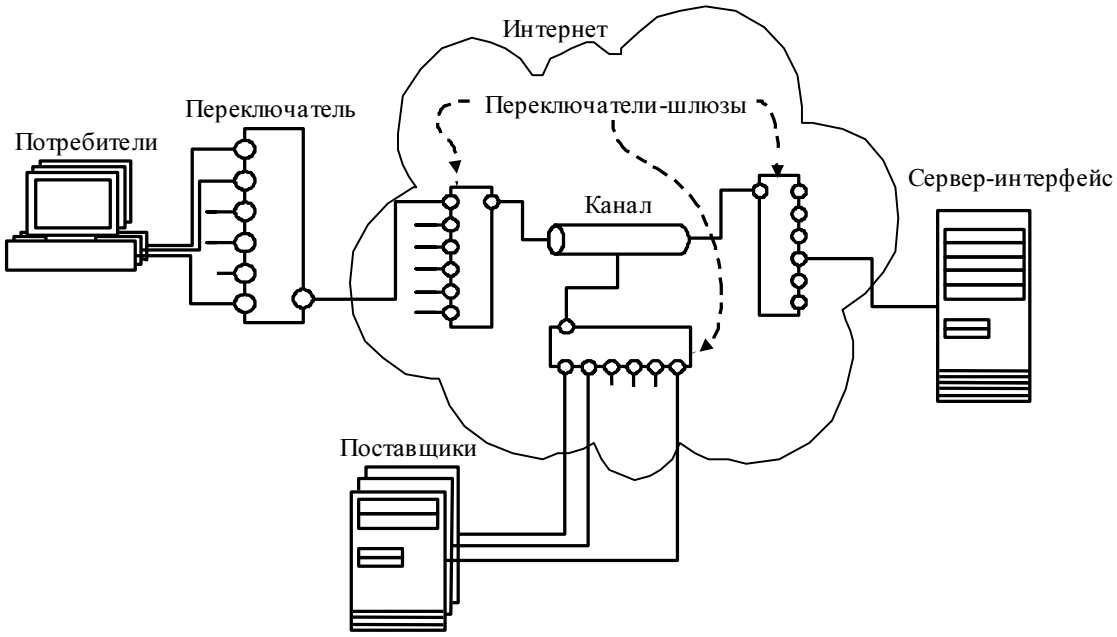


Рис. 1

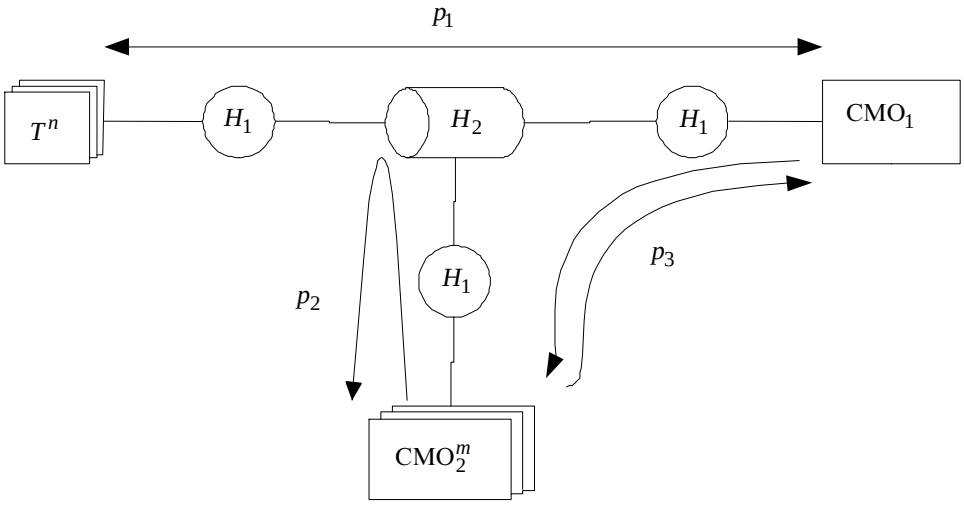


Рис. 2

На рис. 2 использованы следующие обозначения: $СМО_1$ – центральный сервер; $СМО_2^m$ – серверы поставщиков, в количестве *m*; T^n – терминалы потребителей, в количестве *n*; p_1 – маршрут запроса и ответа от потребителя к серверу-интерфейсу; p_2 – маршрут агента от сервера-интерфейса к серверу поставщика; p_3 – маршрут агента с сервера поставщика на другой сервер поставщика.

Время для каждого из маршрутов будет определяться следующим образом:

$$t_{p_1} = 2\tau_1 + \tau_2,\ t_{p_2} = 2\tau_1 + \tau_2,\ t_{p_3} = 2\tau_1 + \tau_2,$$

где τ_1 – задержка переключателя H_1; τ_2 – задержка канала данных H_2.

Длина маршрута агента – количество поставщиков, которых агент обходит при выполнении поиска, – определяется как отношение $L = \frac{k_c}{k}$, где k – количество агентов на запрос потребителя, k_c – среднее количество поставщиков, которых все агенты обходят при поиске.

Агенты при поиске обходят только часть поставщиков, остальные поставщики отбрасываются при анализе запроса.

Интенсивность запросов на входе $СМО_1$:

$$\lambda_1 = \lambda n + \lambda nk = \lambda n(k+1),$$

где λ – средняя интенсивность запросов терминала потребителя.

Интенсивность запросов на входе $СМО_2^i$:

$$\lambda_2 = \lambda n \frac{k_c}{m}.$$

Время обслуживания запроса $t_{об}$ СМО с очередью и терпеливыми заявками определяется временем ожидания $t_{ож}$ в очереди и собственно временем обслуживания в канале обслуживания $t_к$. Для СМО с неограниченной очередью для определения средней длины очереди в установившемся режиме можно использовать формулу Литтла: $l = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$, где μ – интенсивность обслуживания; тогда время обслуживания будет определяться следующим образом:

$$t_{об} = t_{ож} + t_к = \frac{l}{\mu} + \frac{1}{\mu} = \frac{l+1}{\mu} = \frac{\frac{\lambda}{\mu-\lambda}+1}{\mu} = \frac{\frac{\lambda}{\mu-\lambda}+\frac{\mu-\lambda}{\mu-\lambda}}{\mu} = \frac{\lambda+\mu-\lambda}{(\mu-\lambda)\mu} = \frac{\mu}{(\mu-\lambda)\mu} = \frac{1}{\mu-\lambda}. \quad (1)$$

Время обслуживания для $СМО_1$:

$$t_{СМО_1}(n,k) = \frac{1}{\mu_1 - \lambda_1} = \frac{1}{\mu_1 - \lambda n(k+1)},$$

где μ_1 – интенсивность обслуживания $СМО_1$.

Для области допустимых значений $\mu_1 > \lambda_1 \Rightarrow \mu_1 > \lambda n(k+1)$.

Время обслуживания для $СМО_2$:

$$t_{СМО_2^i}(n,k) = \frac{1}{\mu_2 - \lambda_2} = \frac{1}{\mu_2 - \lambda n \frac{k_c}{m}},$$

где μ_2 – интенсивность обслуживания $СМО_2^i$.

Для области допустимых значений $\mu_2 > \lambda_2 \Rightarrow \mu_2 > \lambda n \frac{k_c}{m}$.

Время обработки запроса с учетом задержек:

$$t_{зап}(n,k) = 2t_{p_1} + t_{СМО_1}(n,k) + 2t_{p_2} + t_{СМО_2^i}(n,k) + t_{p_3}(L-1). \quad (2)$$

Для сравнения с результатами имитационного моделирования был проведен расчет времени обработки запроса $t_{\text{зап}}$ при различных значениях n и k.

В расчетах использовались следующие значения параметров:

1. Среднее количество поставщиков в обходе $k_{\text{с}} = 32$.

2. Количество серверов поставщиков $m = 100$.

3. Интенсивность обслуживания запросов центральным сервером $\mu_1 = 10 \frac{\text{зап.}}{\text{ед. вр.}}$.

4. Интенсивность обслуживания запросов сервером поставщиков $\mu_2 = 3 \frac{\text{зап.}}{\text{ед. вр.}}$.

5. Интенсивность запросов с терминала поставщика $\lambda = \frac{1}{60} = 0.0167 \frac{\text{зап.}}{\text{ед. вр.}}$.

6. Задержка канала данных 0.030 ед. вр.

7. Задержка переключателя 0.0015 ед. вр.

Время прохождения маршрутов, ед. вр.: $t_{p1} = 0.0345$, $t_{p_2} = 0.0330$, $t_{p_3} = 0.0330$.

Расчетное время поиска по формуле (1) представлено в табл. 1. Символ «–» означает, что параметры k и λ не соответствуют области допустимых значений.

Таблица 1

k	n					
	1	16	25	50	75	100
1	12,04	12,35	12,54	13,11	13,73	14,43
2	6,17	6,34	6,44	6,75	7,1	7,52
4	3,24	3,34	3,41	3,64	3,98	4,81
5	2,65	2,75	2,81	3,05	3,57	–
6	2,26	2,35	2,42	2,71	3,93	–
7	1,98	2,08	2,15	2,53	–	–
8	1,77	1,87	1,95	2,5	–	–
10	1,48	1,59	1,69	3,78	–	–
16	1,04	1,22	1,55	–	–	–
20	0,9	1,16	2,31	–	–	–
22	0,84	1,17	5,46	–	–	–
23	0,82	1,18	–	–	–	–
24	0,8	1,2	–	–	–	–
32	0,68	2,14	–	–	–	–

Расчетное время поиска представлено в виде семейства кривых для различных нагрузок на систему (рис. 3).

На данном семействе кривых видны характерные минимумы различных нагрузочных кривых, в которых достигается оптимальная степень параллелизма, т. е. такое k, для которого $t_{\text{зап}}(n,k) \to \min$ (см. (1)). На семействе кривых это соответствует точкам [количество потребителей (нагрузка); степень параллелизма]: [1; 32], [16; 20], [25; 16], [50; 8], [75; 5], [100; 4]. Если эти точки сравнить с минимумами кривых (рис. 4), полученных при имитационном моделировании [2], то можно увидеть, что различия между соответствующими точками на рис. 3 и 4 не превышают 25 %, хотя значения времен поиска существенно отличаются, так как имитационная модель учитывает большее количество факторов.

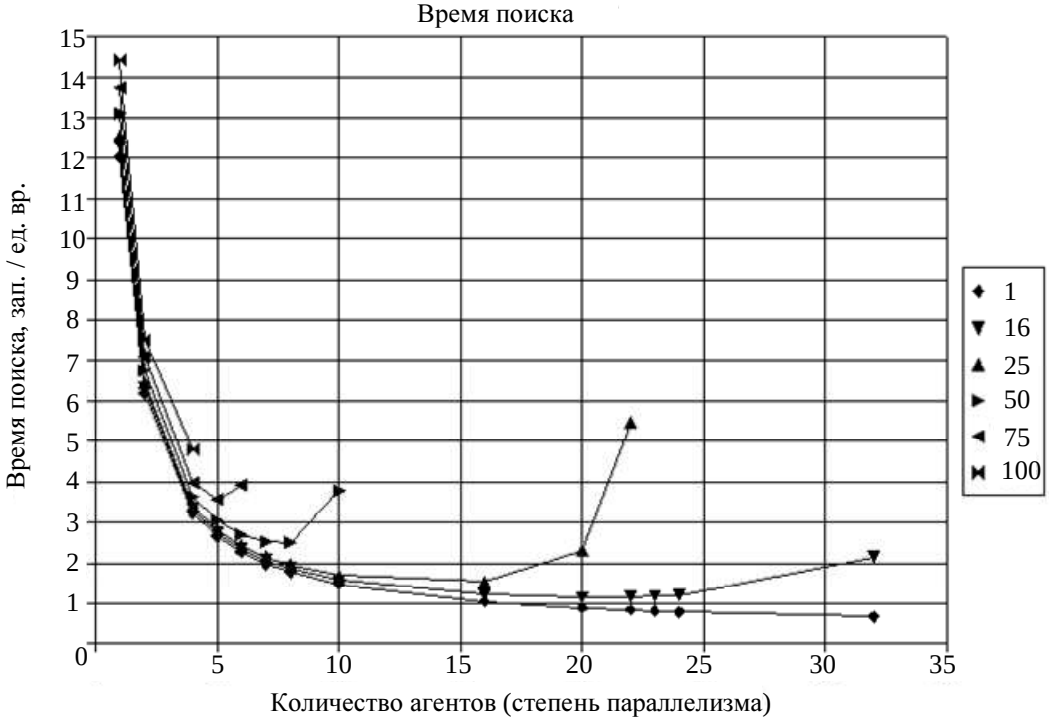


Рис. 3

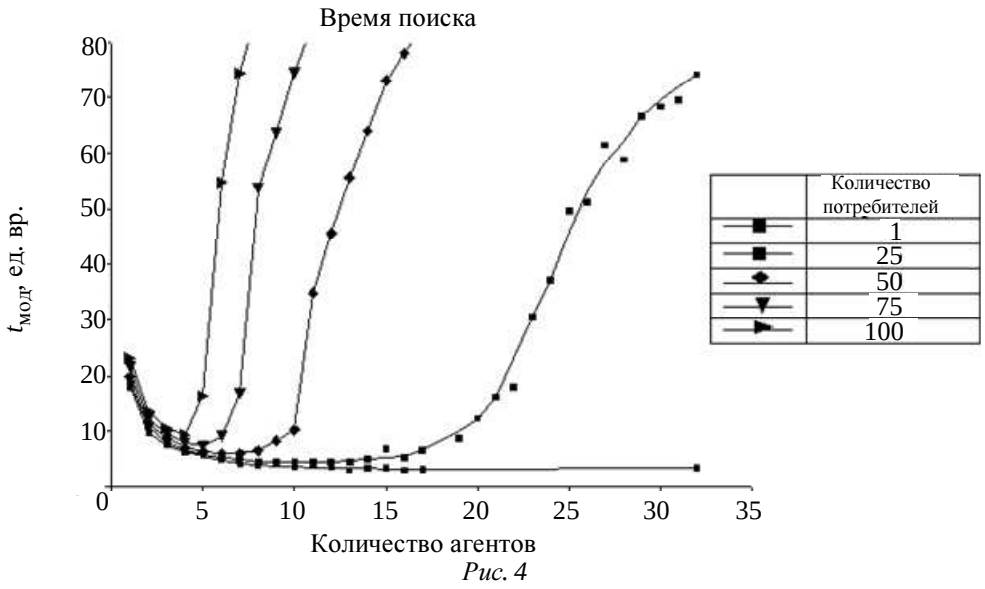


Рис. 4

Различия между результатами, полученными с помощью имитационной и аналитической моделей, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Тип модели		*n*				
		1	25	50	75	100
Аналитическая	k_{opt}	32	16	8	5	4
	$t_{зап}$	0.68	1.55	2.5	3.98	4.81
Имитационная	k_{opt}	32	7.14	6	5	4
	$t_{зап}$	3.47	5.70	6.75	7.95	9.35

Несмотря на различные значения времен поиска, аналитическая модель позволяет приближенно определить значение оптимальной степени параллелизма, при которой поиск выполняется за минимальное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першин А. В. Модель агентной системы для поиска в сети // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. Вып. 7. С. 19–24.
2. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей. М., 1969.

A. V. Pershin

MODEL OF AGENT SEARCHING SYSTEMS

Model of agent searching system, network environment of the model, a searching algorithm and a server statechart are described. Components model is based on AnyLogic system libraries. Simulation process was carried out in AnyLogic system. Following characteristics were discovered: searching time, server loading, supplier server loading. These characteristics are depended on number of agents in system and uses activity. Optimal number of agents for parallel searching was got.

Mobile agents, distribution searching systems, modeling of agent systems

УДК 004.77

А. В. Малов

КОНТАКТ-ЦЕНТРЫ НА БАЗЕ IP-ТЕЛЕФОНИИ

Описываются различные технологические платформы для организации контакт-центров. Рассматривается структура и организация актуальных на сегодняшний день контакт-центров на базе Internet Protocol (IP)-телефонии.

Контакт-центры, IP-телефония, протокол SIP

В настоящее время развитие информационных технологий идет очень динамично, в частности, активно развиваются компьютерные сети, которые все чаще применяются пользователями для телефонных разговоров. В последнее время наблюдается повышенный интерес к технологиям IP-телефонии, использование которой позволяет в значительной мере снизить стоимость телефонной связи. По прогнозам производителей оборудования IP-телефонии, популярность Session Initiation Protocol (SIP)-телефонии будет расти, причем темпы этого роста превысят темпы роста IP-телефонии в целом, поэтому сами производители возлагают на SIP большие надежды. По этой причине за выпуск оборудования, использующего протокол SIP, активно взялись многие компании, работающие в области коммуникаций.

Вначале рассмотрим технологические платформы, используемые для организации контакт-центра. В настоящее время для этой цели существуют 3 базовые платформы. Это решения, основанные:

- на традиционной телефонии;
- на базе плат компьютерной телефонии;
- на базе IP-телефонии.

Сначала попробуем разобраться, что такое IP-телефония и компьютерная телефония, какая между ними разница и в чем их отличие от традиционной телефонии.

Самое популярное решение в России – это *традиционная телефония*, основанная на технологии коммутации каналов, требующая для каждого телефонного разговора выделенного физического соединения. Следовательно, один канал представляет собой одно физическое соединение, по которому непрерывным потоком передается речь в режиме реального времени без задержек и искажений. Надо отметить, что решения на основе тради-

ционной телефонии не гарантируют полной интеграции с такими средствами общения, как совместная работа в Web, текстовый диалог-чат, электронная почта и видео, а это те сервисы, которые необходимы современным заказчикам. В результате соответствие контакт-центра их требованиям достигается сложными и дорогостоящими путями.

Решения на базе плат *компьютерной телефонии* изначально создавались для расширения возможностей уже существующих инсталлированных телефонных станций, поэтому контакт-центры, построенные в такой идеологии, обычно наследуют все ограничения, свойственные традиционной телефонии. Существуют и «чистые» решения, предназначенные специально для контакт-центров, не использующие телефонные станции и построенные только на базе плат компьютерной телефонии. Однако они ориентированы на создание небольших контакт-центров с четко сформулированными требованиями по функциональности и с агентским телефоном в виде компьютерной программы. Расширение функциональных возможностей такого решения без привлечения разработчиков (или сторонних «программистов») обычно затруднительно или невозможно.

IP-телефония – это технология использования выделенных цифровых каналов в качестве линий передачи телефонного трафика. При разговоре все голосовые сигналы (слова, которые произносятся) преобразуются в сжатые пакеты данных, которые потом посылаются через цифровые каналы другой стороне. Достигнув адресата, они декодируются в голосовые сигналы оригинала. Использование IP-технологий позволяет легко связать телефонный вызов с информацией о нем. При этой связи успешно решается задача обработки вызовов из разных сред и обеспечивается необходимое качество обслуживания.

Технологии пакетной коммутации позволяют отказаться от сложного коммутационного ядра, так как функции коммутации разговорных каналов возложены на сеть благодаря возможностям универсального транспортного протокола IP. В системах нового поколения эти функции сводятся к управлению медиапотоками, т. е. к созданию/разрушению медиапотоков между определенными узлами компьютерной сети.

Все функциональные возможности реализуются компьютерными серверами приложений, работающими с управляющей информацией и медиапотоками и взаимодействующими в процессе обслуживания вызова с информационными и технологическими базами данных. Каждый из таких серверов отвечает за свой набор услуг (например, сервер Automatic Call Distribution (ACD), сервер Interactive Voice Response (IVR) и т. п).

Таким образом, решаются вопросы:

• внедрения новых функций (дополнительных серверов и приложений);

• создания распределенных систем (разные офисы связываются одной компьютерной сетью нужной пропускной способности);

• масштабирования (при необходимости создаются дополнительные серверы, работающие в режиме разделения нагрузки);

• надежности (внедряются стандартные программные и аппаратные методы обеспечения бесперебойности функционирования компьютерных систем).

Теперь рассмотрим более подробно организацию контакт-центра на базе IP-телефонии. Для начала введем некоторые понятия. Система распределения вызовов – это коммутационная система со специальными функциями (организация очередей, маршрути-

зация вызовов). Центр обслуживания вызовов – это учреждение, оснащенное оборудованием и специализированными программными средствами и укомплектованное техническим и управленческим персоналом для обслуживания интенсивного потока вызовов операторами (телефонистками, агентами). Типичный центр обслуживания вызовов (ЦОВ) оборудуется упомянутой ранее системой распределения вызовов (СРВ), подключаемой к автоматической телефонной станции (АТС) телефонной сети общего пользования или к учрежденческой АТС корпоративной сети. Функция СРВ – прием вызовов определенного класса и предоставление им соединений с определенными (или с любыми свободными) операторами, т. е. с агентами, которые способны эти вызовы обслужить. При отсутствии свободных операторов вызовы ожидают обслуживания в очереди. Остановимся подробней на самом ядре контакт-центра или центра обработки вызовов, который отвечает за следующие функции: распределение вызовов по агентам, ведение очередей, сервисы IVR и т. п. Обычно такое ядро создается как комплекс взаимосвязанных компонентов, совместно обеспечивающих функциональность центра обработки вызовов.

Данный комплекс подключается к шлюзу IP-телефонии, который обеспечивает конвертацию Integrated Services Digital Network (ISDN)-телефонии в IP-телефонию, при этом, как правило, для организации IP-телефонии используют протоколы SIP и H. 323. В настоящее время наиболее популярным становится именно SIP-протокол. Комплекс обеспечивает следующие функции работы с телефонией:

• прием входящих вызовов;

• совершение исходящих вызовов;

• Hold, Transfer, Conference;

• воспроизведение звуковых файлов (автоответов), распознавание Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) – донабора для организации голосовых меню;

• запись разговора абонента в виде звукового файла.

СРВ должна обеспечивать организацию различных групп агентов ЦОВ с возможностью указания для каждого агента уровня его компетенции для каждой из агентских групп. СРВ обеспечивает организацию механизма очередей на обслуживание с использованием различных алгоритмов приоритетов.

ЦОВ имеет возможность на основании заданного алгоритма обслуживания производить маршрутизацию вызовов на собственные автоинформаторы, голосовые меню, очереди, агентские группы и на самих агентов.

Функциональная схема центра обработки вызовов приведена на рис. 1. Важно отметить, что блоки, изображенные на этом рисунке, являются скорее функциональными, чем физическими, а их размещение по отдельным физическим устройствам может быть самым произвольным.

Учрежденческая АТС (УАТС) – АТС, используемая организацией, – отличается от АТС, используемой оператором связи. Использование УАТС позволяет отказаться от подключения каждого абонентского устройства (телефонного аппарата, модема, факса) организации к телефонной сети общего пользования, что привело бы к выделению каждому абонентскому устройству отдельной линии (обычно оплачиваемой помесячно) и прохождению всех «внутренних» вызовов через АТС оператора связи.

Оборудование УАТС обычно устанавливается в помещении организации и коммутирует вызовы между внутренними абонентскими линиями. Дополнительно, для внешних входящих и исходящих вызовов обычно доступно ограниченное количество соединительных линий к телефонной сети общего пользования (ТфОП). Соединительные линии, как правило, являются аналоговыми или цифровыми (E1 (европейская версия ISDN цифровой линии связи), ISDN-Basic Rate Interface (BRI)), последние, в отличие от аналоговых способны обрабатывать более одного соединения и принимать вызовы на несколько городских номеров. Иногда для обозначения УАТС используется английская аббревиатура Private Business Exchange (PBX).

Важнейшим элементом контакт-центра является шлюз, который обеспечивает взаимодействие между сетью с коммутацией пакетов IP (ТфОП) и телефонной сетью с коммутацией каналов. Шлюз представляет собой программно-аппаратный комплекс, основным функциональным назначением которого является преобразование речевой информации, поступающей со стороны ТфОП, в вид, пригодный для передачи по сетям с маршрутизацией пакетов IP: кодирование и упаковка речевой информации в пакеты Real-Time Protocol (RTP)/User Datagram Protocol (UDP)/IP, а также обратное преобразование. Кроме того, шлюз поддерживает обмен сигнальными сообщениями как с узлами коммутации/терминальным оборудованием ТфОП, так и с устройствами, работающими по стандартам IP-телефонии H.323 и/или SIP [см. лит.].

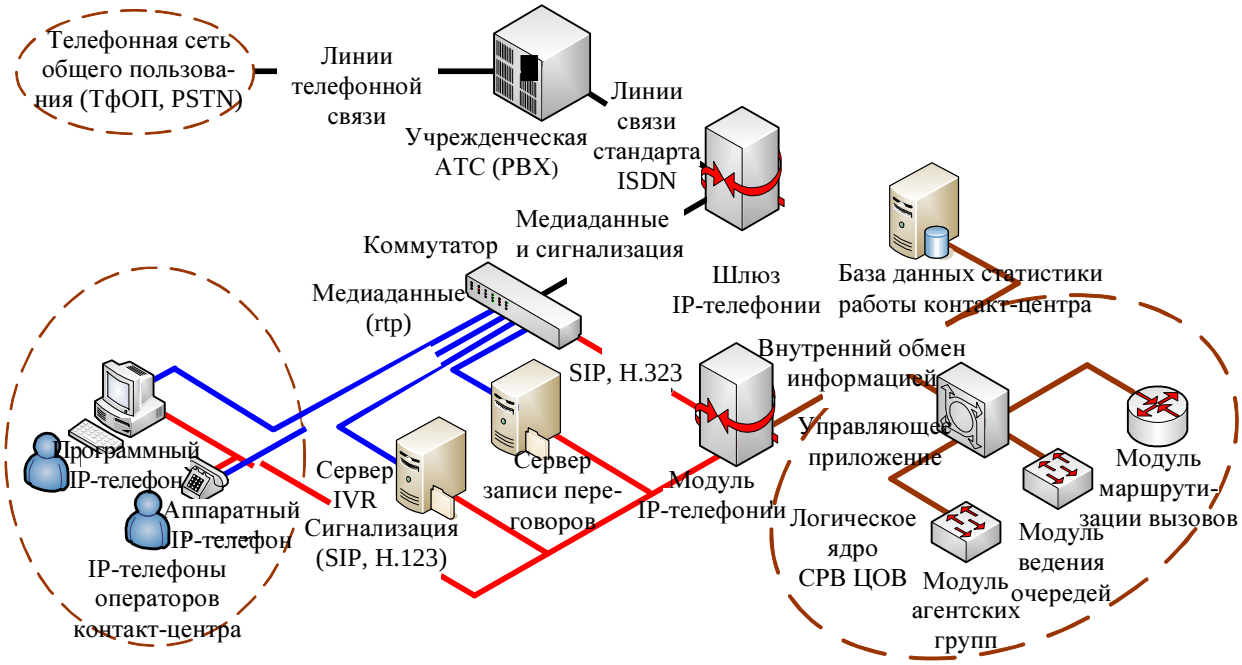


Рис. 1

Следует отметить, что клиенты могут звонить в контакт-центр не только с городского телефона, но и через Интернет с помощью программного IP-телефона на персональном компьютере, либо с помощью аппаратного IP-телефона (что, конечно, на сегодняшний день бывает значительно реже). Данные интернет-вызовы будут приходить в ЦОВ не от шлюза IP-телефонии, а от некоторого прокси-сервера, подключенного к локальной вычислительной сети (ЛВС) контакт-центра и к Интернету. Далее вызов поступит непосредственно на модуль IP-телефонии.

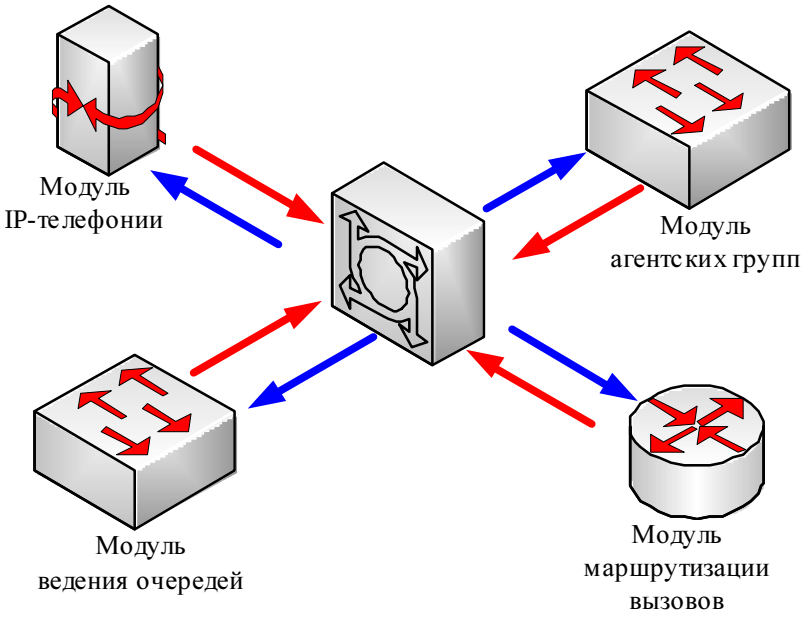


Рис. 2

Схема взаимодействия компонентов ЦОВ приведена на рис. 2. Компоненты СРВ являются независимыми от телефонии модулями (за телефонию отвечает модуль IP-телефонии). Компоненты СРВ описывают внутренние структуры объектов СРВ, хранят исходные данные и текущие состояния, предоставляют интерфейсы для их изменения, производят обращение к другим компонентам через управляющее приложение.

Следует отметить, что на рис. 1 показано, что медиапотоки (RTP) идут к IP-телефонам операторов ЦОВ (также к системе IVR и др.) непосредственно от шлюза IP-телефонии, а сигнальная информация поступает на модуль IP-телефонии. Далее модуль IP-телефонии обрабатывает данную информацию, сообщает о ней управляющему приложению и при необходимости передает нужному объекту. При этом в рамках SIP-протокола модуль IP-телефонии обеспечивает роль Back to Back User Agent, так как при необходимости изменяет сигнальную информацию и перенаправляет ее. Как правило, шлюзы IP-телефонии поддерживают минимальный набор функциональности и не могут обеспечить поддержку таких функций, как Hold, с воспроизведением нужного звукового файла, Transfer, Conference. По этой причине ответственность за исполнение указанных функций приходится перекладывать на другие модули. В данном случае модуль IP-телефонии должен пропускать через себя не только сигнальную информацию, но и RTP-трафик для гибкого управления медиапотоками. Также данная организация медиапотоков позволяет модулю IP-телефонии анализировать и вычленять из общего потока специальные RTP-пакеты с DTMF-сигналами, которые содержат информацию о нажатых пользователем клавишах, и передавать ее управляющему приложению. Это необходимо в том случае, если шлюз IP-телефонии не умеет передавать данные о нажатии клавиш с помощью сигнального протокола (SIP). Кроме того модуль IP-телефонии может конвертировать содержимое RTP-пакетов одного аудиокодека в другой, если этого требуют особенности оконечного оборудования пользователей.

Модуль агентских групп предназначен для хранения данных об агентах и группах. Модуль представляет собой «справочник» для других модулей ЦОВ, информация в котором обновляется администратором ЦОВ через управляющее приложение (данные об агентах и группах), управляющим приложением (данные о текущем состоянии агентов и распределении на них вызовов) и автоматически в самом модуле на основании изменений данных администратором ЦОВ и другими модулями (данные о составе групп, статистическая информация об агентах и группах).

Модуль ведения очередей предназначен для организации очередей на обслуживание при отсутствии свободных агентов нужной квалификации, организации механизмов распределения вызовов на свободных агентов на основании приоритетов вызовов, квалификации агентов и статистических данных по агентам и вызовам.

При работе с поставленными в очередь вызовами должен поддерживаться механизм приоритетов. Вызов с более высоким приоритетом должен обслуживаться в первую очередь. При равных приоритетах первым на обслуживание становится вызов с максимальным временем ожидания.

Для модуля агентских групп модуль ведения очередей является активным компонентом – при постановке вызова в очередь производится мониторинг наличия свободных агентов в соответствующих группах через интерфейс получения статистических данных.

Модуль маршрутизации вызовов предназначен для организации обработки поступающих вызовов согласно установленному алгоритму обслуживания. Согласно подходу, при котором все объекты ЦОВ могут быть представлены агентами и группами агентов, а обращение к ним производится через механизм очередей, маршрутизация может осуществляться на очереди.

Маршрутизация осуществляется на основании подготовленного администратором ЦОВ алгоритма маршрутизации, состоящего из набора объектов (очередей) и набора условий перехода между ними. Распределение вызова на очередь осуществляется по нескольким параметрам: по номеру, с которого происходит вызов, номеру, на который происходит вызов, DTMF-донабора, если вызов первоначально был распределен на IVR. Также возможны некоторые другие параметры.

В заключение следует отметить, что контакт-центры стремительно вошли в жизнь современного общества и стали его неотъемлемой частью. В них объединились телекоммуникационные, компьютерные и социальные технологии. При этом они гораздо удобней для пользователей по сравнению, например, с многоканальными номерами и позволяют предоставить им некоторые дополнительные услуги. Безусловно, их число будет постоянно расти по мере экономического развития в целом.

Изучив соответствующие публикации, можно заметить, что в настоящее время, к сожалению, отсутствуют критерии оценки надежности и методики построения надежных контакт-центров. Желательно иметь методики построения контакт-центров, быстро адаптируемых под меняющиеся требования заказчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гольдштейн Б. С., Фрейнкман В. А. Call-центры и компьютерная телефония. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2002.

A. V. Malov

CONTACT-CENTERS ON THE BASIS OF THE SIP-TELEPHONY

Different technological platforms for organization of the contact-centers are observed. Structure and organization of the contact-centers on the basis of the SIP-telephony having actual nowadays are observed.

Contact-centers, IP-telephony, protocol SIP

УДК 681.586.73

А. Н. Перегудов, Е. С. Попкова, М. М. Шевелько

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПЬЕЗОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СИММЕТРИИ

Описывается алгоритм анализа характеристик поверхностных акустических волн в деформированных кристаллах пьезодиэлектриков различных типов симметрии. Приводятся расчетные и экспериментальные результаты анализа влияния деформации на скорость поверхностных акустических волн для кристалла кварца.

Поверхностные акустические волны, деформация, микроакселерометры

Поверхностные акустические волны (ПАВ) используются в различных акустоэлектронных устройствах и датчиках. Эти приборы представляют собой подложку из пьезоэлектрического материала, на одной или нескольких поверхностях которой формируются встречно-штыревые структуры проводящих электродов в виде двух вложенных одна в другую гребенок – встречно-штыревых преобразователей (ВШП). Они предназначены для возбуждения ПАВ и обратного преобразования в электрический сигнал. На поверхности подложки также могут создаваться системы отражателей, состоящих из периодических возмущений параметров поверхности (канавки, напыления пленок и т. д.). Характеристики сигналов зависят от многих факторов, в том числе и от механических напряжений в подложке, что является как мешающим фактором, так и источником информации для датчиков, таких, как акселерометры.

В настоящее время акселерометры на ПАВ представляют собой перспективный класс микроакселерометров, позволяющих реализовать высокую конструктивную интеграцию, обеспечить устойчивость к внешним возмущениям и сократить число необходимых деталей и соединений между ними. Они позволяют работать в широком диапазоне измеряемых ускорений.

Принцип действия акселерометров на ПАВ заключается в формировании сигнала, вырабатываемого в результате деформации подложки под действием сил, создаваемых при ускорении инерционной массы. Область распространения ПАВ между системами ВШП используется в качестве чувствительной области. Любое изменение физических параметров среды влияет на характеристики устройства на ПАВ. Основным фактором, лежащим в основе чувствительных элементов на ПАВ, является зависимость скорости ПАВ от деформации подложки [1]. Изменение фазовой скорости ПАВ может оцениваться либо по значению фазовой задержки, либо по длительности сдвига частоты генератора с линией задержки в цепи обратной связи. В конечном счете, чувствительность микроакселерометра определяется временем задержки сигнала в замедляющей структуре, т. е. расстоянием между преобразователями и скоростью распространения ПАВ.

Оптимизация параметров датчиков на ПАВ определяется степенью влияния деформации подложки на скорость волны и зависимостью этих эффектов от возмущающих факторов. Правильный выбор материала и его кристаллографической ориентации может существенно улучшить характеристики устройства. Важным моментом при анализе материала и ориентации звукопровода является точность, с которой известны его физические константы (упругие, пьезоэлектрические и диэлектрические). От этого зависит расчет значения скорости ПАВ и ее изменений, например влияния ориентации звукопровода и направления распространения волны и допустимых ошибок в этих параметрах [2]. При анализе характеристик ПАВ в упругонапряженных материалах необходимо знание и нелинейных параметров соответствующих материалов, а такие данные имеются далеко не для всех пьезокристаллов, что сужает количество анализируемых материалов. Чаще всего в акустоэлектронике используется монокристаллический кварц. Второй из наиболее распространенных материалов – ниобат лития $LiNbO_3$. Характеристики данных кристаллов достаточно хорошо известны для численного анализа свойств ПАВ.

Описание алгоритма анализа характеристик ПАВ в кристаллах пьезодиэлектриков различных типов симметрии было рассмотрено в [3]. Также была приведена методика расчета скорости ПАВ и основные расчетные соотношения для пьезодиэлектрика на примере кристалла кварца для линейного случая в отсутствие деформации.

При решении нелинейной задачи в рассмотрение вводится:

1) новая система отсчета, связанная с деформированным состоянием твердого тела (в отличие от обычной лагранжевой, связанной с материальным телом, системы, в которой частицы претерпевают смещения положения x_i);

2) термодинамический тензор напряжений t_{ij}, отличающийся от механического тензора напряжений σ_{kj} для линейных уравнений. В нелинейном случае именно t_{ij}, будучи умноженным на дифференциалы соответствующих деформаций, даст дифференциал работы (что несправедливо для чисто механического напряжения).

Механические напряжения связаны с термодинамическими следующим соотношением: $\sigma_{kj} = \frac{1}{I}\frac{\partial x_k}{\partial a_r}\frac{\partial x_j}{\partial a_q}t_{qr}$, где $k, j, r, q = 1, 2, 3$; a – координаты естественного недеформированного состояния; x_i – координаты конечного состояния при распространении звука; I –

функциональный детерминант, характеризующий закон сохранения масс $J_{ij} = \dfrac{\partial x_i}{\partial a_j}$, $\dfrac{\rho_0}{\rho} = I = \det\left|J_{ij}\right|$. Здесь ρ_0 и ρ – плотности в недеформированном и деформированном состояниях соответственно;

3) термодинамические величины D_K и E_L (аналогично с электрическим смещением D_i^0 и напряженностью электрического поля E_i^0), связанные следующими соотношениями: $D_K = I\,\dfrac{\partial a_K}{\partial x_i} D_i^0$, $E_L = \dfrac{\partial x_i}{\partial a_L} E_i^0$.

Пары величин D и E отличаются тем, что одни определены в материальных координатах, а другие – в пространственных. При этом $E^0 = -\text{grad}\,\varphi(x)$, $E = -\text{grad}\,\varphi(a)$.

Учитывая все приведенные особенности описания нелинейного поведения в пьезокристаллических материалах можно получить уравнения, аналогичные уравнениям пьезоэффекта в линейном случае [3]:

$$t_{ij} = \left[C^E_{ijkl} + \frac{1}{2}\left(C^E_{ijklqr}\,U_{qr} - e_{pijkl}\,E_p\right)\right]U_{kl} - \left[e_{nij} + \frac{1}{2}\left(e_{nijqr}\,U_{qr} + f_{npij}\,E_p\right)\right]E_n, \qquad (1)$$

$$D_m = \left[e_{mkl} + \frac{1}{2}\left(e_{mklqr}\,U_{qr} + f_{mpkl}\,E_p\right)\right]U_{kl} + \left[\varepsilon^U_{mn} + \frac{1}{2}\left(f_{mnqr}\,U_{qr} + \varepsilon_{mnp}\,E_p\right)\right]E_n, \qquad (2)$$

где C_{ijklqr} – нелинейные модули упругости 3-го порядка; e_{pijkl} – нелинейные пьезоэлектрические коэффициенты (определяют влияние электрического поля на упругость кристалла или деформации на его пьезоэлектрические свойства); ε_{mnp} – коэффициенты диэлектрической проницаемости 3-го порядка; f_{mpkl} – коэффициенты электрострикции (несимметричный тензор 4-го ранга, определяющий влияние поля на пьезоэлектрические свойства).

Видно, что выражение в квадратных скобках можно рассматривать как эффективные модули упругости C_{ijkl}, эффективные пьезоэлектрические коэффициенты e_{mkl} и эффективную диэлектрическую проницаемость ε_{mn}. Выражения в круглых скобках определяют нелинейные «поправки» к соответствующим линейным коэффициентам, которые зависят от деформации U_{qr} и электрического поля E_p. Для волны малой амплитуды в качестве «возмущающих» линейные модули параметров можно рассматривать только постоянную внешнюю деформацию (а не деформацию в волне) и внешнее электрическое поле (а не поле, сопровождающее распространение волны). Это является одним из путей решения задачи о влиянии деформированного состояния кристалла на параметры упругой волны.

Влияние деформации на скорость ПАВ может быть объяснено несколькими причинами:

– изменением модулей упругости под действием деформации;

– изменением плотности деформированного вещества;

– распространением ПАВ в среде с механическими напряжениями в соответствии с видоизмененными уравнениями движения:

$$\rho \frac{\partial^2 \xi_j}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\sigma_{ik}^0 \frac{\partial \xi_j}{\partial x_k} \right),$$

где σ_{ik}^0 – начальное механическое напряжение среды.

Изложенная в [3] методика расчета скорости ПАВ в пьезокристаллах была использована при составлении программы для расчета на ЭВМ. Расчеты можно проводить для произвольных срезов и направлений распространения для монокристаллов любой сингонии. Программа позволяет проводить расчеты для свободной и деформированной поверхностей. Также с помощью предложенной программы можно оценить диапазон изменения скорости ПАВ для выбранного материала в зависимости от ориентации среза. Возможен расчет без учета влияния пьезоэффекта, что позволяет оценить влияние последнего на скорость ПАВ.

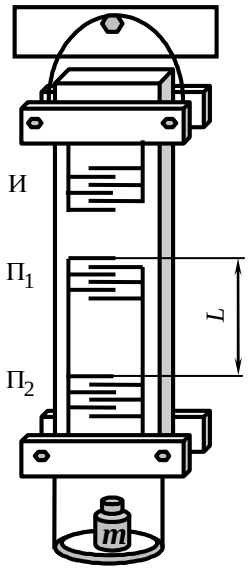


Рис. 1

Основными задачами были расчет зависимости скорости ПАВ от деформации, а также проведение эксперимента с целью исследования влияния деформации на скорость ПАВ и для подтверждения теоретического расчета на примере кристалла кварца.

Влияние напряженного состояния на скорость ПАВ исследовалось с помощью схемы нагружения звукопровода (рис. 1). Пластина с нанесенными на ее поверхность электродными структурами была изготовлена из пьезокварца ST-среза и имела следующие размеры: длина H = 65 мм; ширина l = 20 мм, толщина h = 2 мм.

Пластина одним концом была закреплена, а на другом конце нагружалась с помощью грузов различной массы m в соответствии с рис. 1. В результате рабочая плоскость преобразователей подвергалась деформации растяжения. Электроды были подключены в следующей конфигурации: 2 приемных встречно-штыревых преобразователя $П_1$ и $П_2$ и один излучающий – И.

На излучающий преобразователь подается гармонический сигнал $U_{вх} = U_0 \sin \omega t$; тогда выходной сигнал представляет собой сумму сигналов от двух приемных преобразователей: $U_{вых} = U_1 \sin\left[\omega\left(t - t_1\right)\right] + U_2 \sin\left[\omega\left(t - t_2\right)\right]$. Здесь t_1 и t_2 – времена задержки сигналов для первого и второго приемных преобразователей. Время задержки складывается из времени распространения акустической волны от излучателя до соответствующего приемника и из фазовых задержек при преобразовании электрических сигналов в акустические и обратно. Если амплитуды этих сигналов U_1 и U_2 равны, т. е. $U_1 = U_2 = U$, то форма выходного сигнала описывается формулой

$$U_{вых} = 2U \cos\left\{0.5\left[\omega\left(t_2 - t_1\right)\right]\right\} \sin\left\{\omega t - \left[0.5\omega\left(t_1 + t_2\right)\right]\right\}.$$

Последний представляет собой гармонический сигнал с амплитудой, зависящей от частоты: $2U\cos\left[0.5\omega\left(t_2-t_1\right)\right]$. На частотах, удовлетворяющих условию, когда $\pi f_n\left(t_2-t_1\right)=$ $=\frac{\pi}{2}\left(2n+1\right)$, где n – целое число, амплитуда сигналов будет равна нулю (частоты компенсации). Следовательно, измерив эти частоты, можно определить время прохождения ПАВ между двумя приемными преобразователями: $\tau=\left(t_2-t_1\right)=\left(n+0.5\right)/f_n$. Число n определяется как $n=f_n/\left(f_{n+1}-f_n\right)$, где $f_{n+1}-f_n$ – разность между двумя ближайшими частотами компенсации. При измерении относительного изменения времени $\Delta\tau/\tau$, вызванного какими-либо причинами, нет необходимости определять абсолютное значение времени, а следует только измерить относительное смещение любой из частот компенсации Δf_n, т. е. $\Delta\tau/\tau=-\Delta f_n/f_n$.

Определяя по показаниям частотомера изменение частоты компенсации Δf суммарного сигнала в зависимости от нагрузки, можно судить об изменении времени распространения сигнала. Тогда изменение скорости распространения ПАВ находится по формуле $\Delta v/v=\Delta L/L-\Delta\tau/\tau$. Здесь $\Delta L/L$ – относительное изменение длины акустического пути; $\Delta v/v$ – относительное изменение скорости распространения ПАВ.

Таким образом, в результате эксперимента получена оценка влияния нагрузки (напряжения $\sigma_{11}=\sigma_1$) на изменение скорости распространения ПАВ $\Delta v_{\text{ПАВ}}/v_{\text{ПАВ}}$ в пьезокристалле кварца, что может служить критерием проверки правильности проводимых расчетов. Полученные данные представлены на рис. 2.

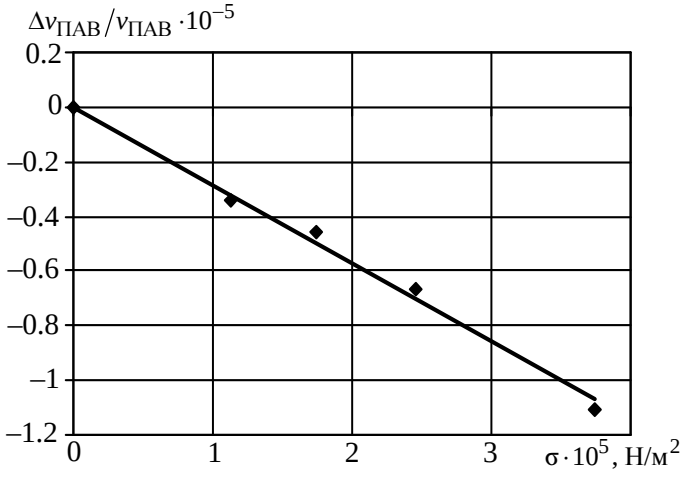


Рис. 2

Используя описанную в [3] программу, модифицированную под расчет скорости ПАВ для деформированного состояния пьезокристалла, было вычислено относительное изменение скорости ПАВ в зависимости от механического напряжения (деформации). Результаты этих расчетов для монокристаллического кварца приведены на рис. 3. Показаны относительные изменения скорости ПАВ вследствие отдельных факторов (изменения модулей плотности (линия *1*) и упругости (линия *2*), и представлен суммарный результат при одновременном воздействии этих факторов (линия *3*).

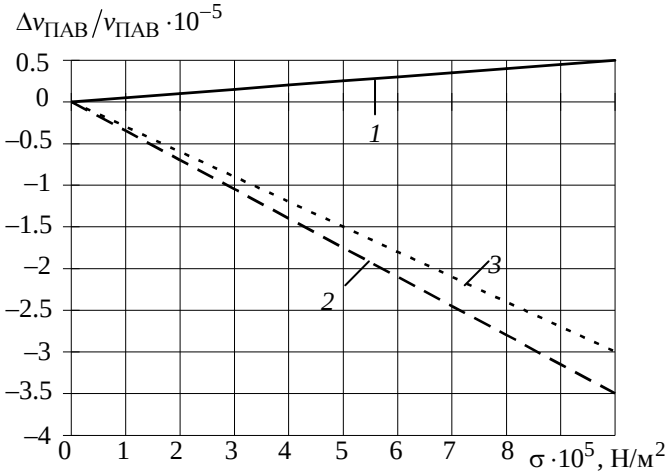


Рис. 3

Как следует из приведенных данных, влияние изменения плотности под воздействием деформации довольно мало, а эффекты, обусловленные изменением модулей упругости, вносят основной вклад в изменение скорости ПАВ. Видно, что результаты расчета качественно соответствуют экспериментальным данным: прослеживается линейный характер изменения скорости от деформации и направление (знак) изменения, а отсутствие четкого соответствия оставляет открытым вопрос об исследовании и измерении нелинейных параметров монокристаллического кварца.

Влияние деформации на распространение сигнала иллюстрирует диаграмма (рис. 4).

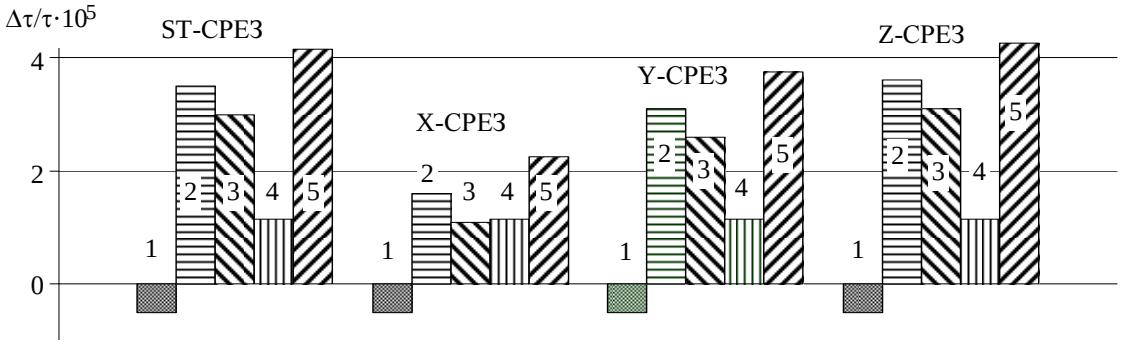


Рис. 4

Здесь представлена сравнительная оценка относительного изменения времени распространения ПАВ для различных срезов кварцевых пластин при воздействии одинакового механического напряжения растяжения (сжатия) $\sigma = 10^6$ Н/м^2 (столбец 5). Столбцы 3 и 4 показывают парциальный вклад в это изменение – скорости ПАВ (3) и расстояния (4). Видно, что оба вклада имеют одинаковый знак, тем самым увеличивая время (например, при растяжении пластины звукопровода возрастает путь, проходимый ПАВ, а скорость уменьшается; тем самым время возрастает как от увеличения пути, так и от уменьшения скорости). Столбцы 1 и 2 показывают парциальный вклад в изменение скорости – изменения плотности (1) и упругости (2). Действия этих факторов имеют противоположные знаки – при растяжении пластины ее плотность уменьшается, увеличивая скорость и уменьшая время распространения ПАВ, а изменение упругих модулей влечет уменьшение скорости и увеличение времени.

Проведенные исследования показывают, что для кристаллов характерна существенная угловая зависимость наблюдаемых эффектов, а также очевидно изменение степени влиянии деформации на характеристики ПАВ при использовании подложек датчиков из других кристаллов. Это указывает на необходимость выбора соответствующего материала и ориентации звукопровода для устройств на ПАВ с целью оптимизации их параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фарнелл Дж. Свойства упругих поверхностных волн// Физическая акустика. Принципы и методы: В 7 т. Т. 6 / Под ред. У. Мезона, Р. Терстона М.: Мир, 1973.

2. Акустические кристаллы: Справ./ Под ред. М. П. Шаскольской. М.: Наука, 1982.

3. Горбацевич В. Ф., Перегудов А. Н., Шевелько М. М. Анализ характеристик поверхностных акустических волн в пьезодиэлектрических кристаллах произвольной симметрии // Изв. СПбГЭТУ«ЛЭТИ». 2004. Вып. 1. С. 60–66.

A. N. Peregudov, E. S. Popkova, M. M. Shevelko

THE ANALYSIS OF SAW CHARACTERISTICS IN PIEZODIELECTRIC CRYSTAL OF RANDOM SYMMETRY UNDER THE STRETCHING STRAIN

The algorithm for SAW characteristics analysis is given for piezodielectric crystal of random symmetry under the stretching strain. The theoretical and experimental results for SAW phase velocity dependence on the stretching strain for quartz crystal are given.

Surface acoustic waves, stretching strain, micro accelerometers

УДК 534.232

Б. Г. Степанов

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВОЛНОВОДНОГО ТИПА

Рассматривается модель гидроакустического преобразователя волноводного типа, способного реализовать полосу пропускания более двух октав. Получено решение задачи синтеза и приводятся результаты расчетов. Дается сравнительная оценка эффективности работы.

Широкополосность, гидроакустический преобразователь, волновод, синтез частотных характеристик

Вопросам построения широкополосных гидроакустических преобразователей посвящено достаточно много работ. Основные пути решения [1], [2] связаны с использованием акустических согласующих структур, корректирующих электрических цепей, многомодовости колебательной системы преобразователя, которая может быть реализована как чисто механическим построением [3], так и с помощью специального фазированного возбуждения отдельных его частей [4]. При построении широкополосных гидроакустических антенн возможно также использование разночастотных преобразователей [5], [6]. Однако управление характеристиками направленности в таких антеннах вызывает определенные трудности. В работах [7], [8] был предложен принцип построения и рассмотрены некоторые результаты решения задачи анализа амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) широкополосного преобразователя волноводного типа в виде соосно расположенных водозаполненных пьезокерамических цилиндров.

В данной статье на базе упрощенной модели волноводного преобразователя рассматриваются основные физические предпосылки его работы и некоторые результаты решения задачи синтеза. На рис. 1 приведена расчетная модель цилиндрического волноводного излучателя радиуса *a*, состоящего из трех областей 1, 2 и 3, заполненных жидкостью с плотностью ρ_0 и скоростью звука c_0. Здесь область 1 ($z > 0.5L$) является областью излучения (фронтальной); область 2 ($-0.5L \le z \le 0.5L$) – областью возбуждения (активной); область 3 ($z < -0.5L$) – областью тыльного излучения. Будем полагать, что полубесконечные области 1 и 3 имеют абсолютно жесткие стенки, радиальная составляющая колебательной скорости на которых $\dot{\xi}_r^{(1),(3)}(z,r)\Big|_{r=a} = 0$. Такие граничные условия в определенной мере оказываются справедли-

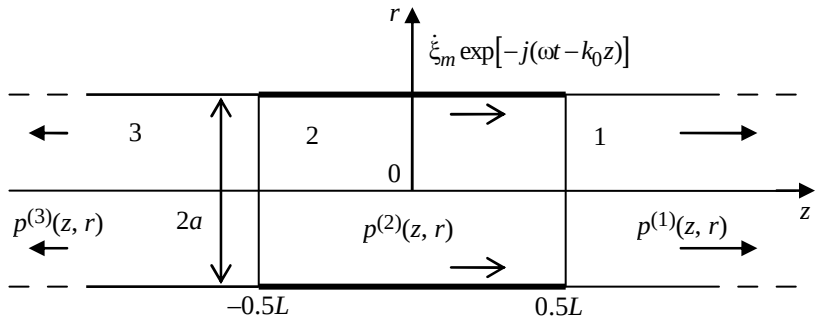


Рис. 1

выми и при отсутствии явных границ областей 1 и 3, но в предположении, что существует набор идентично работающих активных областей 2, расположенных параллельно друг другу и образующих плоскую антенну раскрывами своих водозаполненных цилиндрических отверстий. В области возбуждения 2 длиной *L*, не вдаваясь в подробности реализации, зададим распределение колебательной скорости на внутренней поверхности волновода в виде волны, бегущей в положительном направлении оси *z* с фазовой скоростью c_0:

$$\dot{\xi}_r^{(2)}(z,r)\Big|_{r=a} = \dot{\xi}(z,a)e^{-j\omega t} = \begin{cases} \dot{\xi}_m e^{-j(\omega t - k_0 z)} & \text{при } 0 \le z \le 0.5L, \\ 0 & \text{при } |z| > 0.5L, \end{cases} \qquad (1)$$

где $\dot{\xi}_m$ – амплитуда колебательной скорости; ω – круговая частота; $k_0 = \omega / c_0$. Внешняя поверхность области возбуждения 2 акустически изолирована (например, граничит с газом). Заданное распределение колебательной скорости приведет к тому, что в жидкой среде, заполняющей волновод, будет формироваться преимущественно бегущая волна в направлении оси *z*. При этом элементарный источник на поверхности активной области волновода в виде кольца площадью $dS = 2\pi a\, dz$ по мере его удаления от границы с тыльной областью ($z = -0.5L$) будет испытывать все большую акустическую нагруженность ввиду синфазного сложения звуковых волн, бегущих в направлении оси *z*. Иными словами, в области 2 по мере увеличения координаты *z* будет нарастать звуковое давление, действующее на элементарный источник, для которого жидкая среда становится как бы все более плотной. В итоге все это будет способствовать увеличению полосы пропускания элемен-

тарных источников. Ввиду осевой симметрии задачи волновое уравнение для потенциала колебательной скорости $\varphi(z,r,t)$ в цилиндрической системе координат запишем в виде [9]: $\frac{\partial^2\varphi(z,r,t)}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial\varphi(z,r,t)}{\partial r}+\frac{\partial^2\varphi(z,r,t)}{\partial z^2}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi(z,r,t)}{\partial t^2}$, общее решение которого для рассматриваемой задачи представим в интегральной форме:

$$\varphi(z,r,t)=e^{-j\omega t}\int_{-\infty}^{\infty}A(k_z)J_0(k_r r)e^{jk_z z}dk_z.$$

Здесь $A(k_z)$ – спектральная функция, определяемая обратным преобразованием Фурье; $J_0(k_r r)$ – функция Бесселя нулевого порядка; k_z и k_r – проекции волнового вектора $\vec{k}_0$ на оси z и r; $k_0^2=k_z^2+k_r^2$. Функциональную зависимость $A(k_z)$ найдем в соответствии с граничным условием (1), представив $\dot{\xi}(z,a)e^{-j\omega t}$ в виде интеграла Фурье [10]. С учетом того, что $\dot{\xi}_r(z,r)=-\frac{\partial\varphi(z,r)}{\partial r}$ и $\frac{dJ_0(k_r r)}{dr}=-k_r J_1(k_r r)$, получим:

$$A(k_z)=\frac{1}{2\pi J_1(k_r a)k_r}\int_{\frac{-L}{2}}^{\frac{L}{2}}\dot{\xi}(z,a)e^{-jk_z z}dz=\frac{\dot{\xi}_m\left[\exp\left(j(k_0-k_z)L/2\right)-\exp\left(-j(k_0-k_z)L/2\right)\right]}{j2\pi J_1(k_r a)k_r(k_0-k_z)}. \quad (2)$$

Подставляя коэффициенты (2) в выражение для звукового давления $p(z,r,t)=\rho_0\frac{\partial\varphi(z,r,t)}{\partial t}=-j\omega\rho_0\varphi(z,r)e^{-j\omega t}$, окончательно найдем:

$$p(r,z)=-\frac{\dot{\xi}_m z_0 k_a}{2\pi}\times$$

$$\times\int_{-\infty}^{\infty}\frac{J_0\left((k_r a)\frac{r}{a}\right)\left[\exp\left(jq_a\left(\frac{z}{a}-\frac{L}{2a}\right)+j\frac{k_a L}{2a}\right)-\exp\left(jq_a\left(\frac{z}{a}+\frac{L}{2a}\right)-j\frac{k_a L}{2a}\right)\right]}{J_1(k_r a)\cdot(k_r a)(k_a-q_a)}dq_a, \quad (3)$$

где $z_0=\rho_0 c_0$; $k_a=k_0 a$; $q_a=k_z a$. Выражение (3) является общим для всех трех рассматриваемых областей, и по своей структуре его удобно представить в виде алгебраической суммы двух интегралов, содержащих однозначные аналитические подынтегральные функции. Наличие полюсов этих функций позволяет вычислять интегралы с помощью теории вычетов [11] при условии выполнения леммы Жордана для интегралов типа $\int_{-\infty}^{\infty}f(x)e^{jmx}dx$, где m – действительное число, а $f(x)\big|_{x\to\infty}\to 0$. Последнее условие выполняется для функций Бесселя нулевого и первого порядков. Что касается величин

$m = \frac{z}{a} \pm \frac{L}{2a}$, то в зависимости от рассматриваемых областей и значения координаты z следует выбирать представление $q_a = k_z a = \pm x$. В итоге звуковое давление для трех рассматриваемых областей может быть записано в виде:

– для фронтальной области 1: $p^{(1)}(z,r) = -\frac{p_m k_0 a}{2\pi}\left[I_1 e^{j\frac{k_0 L}{2}} - I_2 e^{-j\frac{k_0 L}{2}} \right]$;

– для области возбуждения 2: $p^{(2)}(z,r) = -\frac{p_m k_0 a}{2\pi}\left[I_3 e^{j\frac{k_0 L}{2}} - I_2 e^{-j\frac{k_0 L}{2}} \right]$;

– для тыльной области 3: $p^{(3)}(z,r) = -\frac{p_m k_0 a}{2\pi}\left[I_3 e^{j\frac{k_0 L}{2}} - I_4 e^{-j\frac{k_0 L}{2}} \right]$,

где $p_m = \dot{\xi}_m z_0$, а интегралы $I_1 - I_4$ определяются выражениями:

$$I_1 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{J_0\left(\gamma \frac{r}{a}\right) e^{jx\left(\frac{z}{a} - \frac{L}{2a}\right)}}{J_1(\gamma)\gamma\left((k_0 a) - x\right)} dx;\ I_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{J_0\left(\gamma \frac{r}{a}\right) e^{jx\left(\frac{z}{a} + \frac{L}{2a}\right)}}{J_1(\gamma)\gamma\left((k_0 a) - x\right)} dx,$$
$$I_3 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{J_0\left(\gamma \frac{r}{a}\right) e^{-jx\left(\frac{z}{a} - \frac{L}{2a}\right)}}{J_1(\gamma)\gamma\left((k_0 a) + x\right)} dx;\ I_4 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{J_0\left(\gamma \frac{r}{a}\right) e^{-jx\left(\frac{z}{a} + \frac{L}{2a}\right)}}{J_1(\gamma)\gamma\left((k_0 a) + x\right)} dx. \quad (4)$$

Здесь $\gamma = k_r a = \sqrt{(k_0 a)^2 - x^2}$. На комплексной плоскости $x = x' + jx''$ подынтегральные функции в (4) имеют полюсы как на вещественной оси $x' = \pm k_0 a$, так и на мнимой оси $x_n'' = \pm\sqrt{\beta_n^2 - (k_0 a)^2}$, где β_n – корни функции Бесселя первого порядка $J_1(\beta_n) = 0$ с номерами $n \geq 1$: $\beta_1 = 3.8318$; $\beta_2 = 7.0155$; … . При этом область изменения волнового размера $k_0 a$ целесообразно выбирать в пределах $0 < k_0 a < \beta_1$. Вычисляя интегралы (4) с использованием теории вычетов и выполняя необходимые преобразования, получим окончательные выражения для звукового давления в областях 1, 2 и 3:

$$p^{(1)}(z,r) = p_m \left[-\frac{L}{a} e^{jk_0 z} + 2(k_0 a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\beta_n \frac{r}{a}\right) F_1(k_0 a) e^{-\gamma_n \frac{z}{a}}}{J_0(\beta_n)\beta_n^2 \gamma_n} \right], \quad (5)$$

$$p^{(2)}(z,r) = p_m \left[\begin{array}{l} -\left(\frac{L}{2a} + \frac{z}{a}\right) e^{jk_0 z} - \frac{\sin k_0 (L/2 - z)}{k_0 a} e^{jk_0 \frac{L}{2}} + j\frac{\left[2(k_0 a)^2 (r/a)^2 - 1\right] e^{jk_0 z}}{4k_0 a} + \\ + 2(k_0 a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\beta_n \frac{r}{a}\right) F_2(k_0 a) e^{-\gamma_n \frac{L}{2a}}}{J_0(\beta_n)\beta_n^2 \gamma_n} \end{array} \right], \quad (6)$$

$$p^{(3)}(z,r) = p_m\left[-\frac{L}{a}\frac{\sin(k_0L)}{k_0L}e^{-jk_0z} + 2(k_0a)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{J_0\left(\beta_n\frac{r}{a}\right)F_3(k_0a)e^{\gamma_n\frac{z}{a}}}{J_0(\beta_n)\beta_n^2\gamma_n}\right], \qquad (7)$$

где $F_1(k_0a) = \left[(k_0a)D_1 - \gamma_nD_3 + j\left((k_0a)D_3 + \gamma_nD_1\right)\right]\Big|_{z=\frac{L}{2}}$; $D_1 = \mathrm{sh}\left(\gamma_n\frac{z}{a}\right)\cos\left(\frac{k_0L}{2}\right)$;

$$F_2(k_0a) = (k_0a)D_1 + \gamma_nD_2 + j\left[(k_0a)D_3 - \gamma_nD_4\right];\ D_2 = \mathrm{sh}\left(\gamma_n\frac{z}{a}\right)\sin\left(\frac{k_0L}{2}\right);$$

$$F_3(k_0a) = \left[(k_0a)D_1 + \gamma_nD_3 + j\left((k_0a)D_3 - \gamma_nD_1\right)\right]\Big|_{z=-\frac{L}{2}};\ D_3 = \mathrm{ch}\left(\gamma_n\frac{z}{a}\right)\sin\left(\frac{k_0L}{2}\right);$$

$$D_4 = \mathrm{ch}\left(\gamma_n\frac{z}{a}\right)\cos\left(\frac{k_0L}{2}\right);\ \gamma_n = \sqrt{\beta_n^2 - (k_0a)^2}.$$

Можно показать, что полученные решения удовлетворяют условию неразрывности на границах областей. Формально последнее слагаемое в выражениях (5)–(7) представляет собой бесконечную сумму вычетов по мнимой оси, что противоречит требованию о конечности числа вычетов в области интегрирования. Однако эта сумма быстро сходится и можно ограничиться сравнительно небольшим числом слагаемых (например, $n = 5 – 10$) без ущерба для заданной точности вычисления звукового поля. Проанализируем кратко полученные формулы:

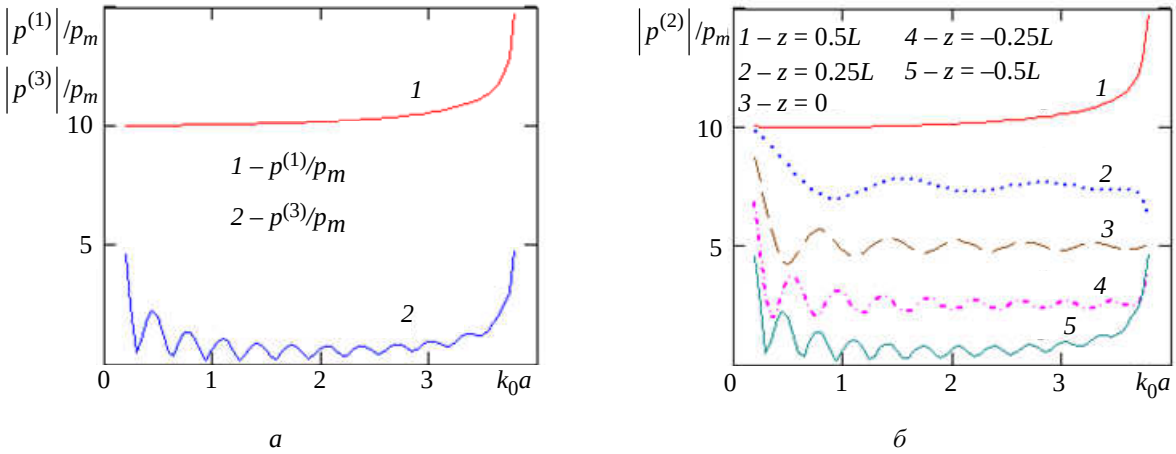
1. Поле во фронтальной области 1, описываемое выражением (5), представляет собой суперпозицию однородной плоской волны, бегущей в положительном направлении оси *z*, и суммы неоднородных волн высших порядков, затухающих как по оси *z*, так и в радиальном направлении. Амплитуда однородной плоской волны превосходит амплитуды неоднородных волн, причем при увеличении относительной длины области возбуждения L/a эта тенденция нарастает.

2. Поле в тыльной области 3, описываемое выражением (7), также складывается из однородной плоской волны, бегущей в отрицательном направлении оси *z*, и суммы неоднородных затухающих волн. При этом амплитуда плоской волны в тыльной области в $\left|\sin k_0L / k_0L\right|$ раз меньше амплитуды плоской волны во фронтальной области. Таким образом, принятое распределение колебательной скорости в области возбуждения 2 цилиндрического волновода приводит к излучению преимущественно во фронтальном направлении.

3. Поле в области возбуждения 2, описываемое выражением (6), носит более сложный характер. Первое слагаемое в выражении (6) определяет плоскую волну, зарождающуюся на границе активной и тыльной областей (при $z = –0.5L$ ее амплитуда равна 0) и бегущую в положительном направлении оси *z*. Амплитуда этой волны линейно нарастает по мере увеличения значения *z*, а при $z = 0.5L$ она совпадает с амплитудой плоской волны во фронтальной области (первое слагаемое в выражении (5). Указанный рост амплитуды плоской

волны в области возбуждения 2 и определяет ожидаемый эффект усиления действия поля, а следовательно, и увеличения активной составляющей сопротивления излучения, что в конечном итоге должно привести к увеличению полосы пропускания излучателя. Этот эффект находится в прямой зависимости от волновой длины области возбуждения. Второе слагаемое в выражении (6) определяет суперпозицию двух плоских волн, распространяющихся вдоль и против оси *z*. Это слагаемое дает осцилляции звукового давления. Третье слагаемое в основном определяется неоднородной волной (распределение $\sim (r/a)^2 \le 1$ в радиальном направлении), бегущей в положительном направлении оси *z*, но сдвинутой по фазе на $\pi/2$ относительно первых двух волн. И, наконец, четвертое слагаемое определяет сумму неоднородных затухающих волн высших порядков, аналогично выражениям (5) и (7).

В качестве примера на рис. 2 приведены результаты расчетов, выполненных по формулам (5)–(7), для нормированных АЧХ звукового давления на акустической оси преобразователя волноводного типа (см. расчетную модель на рис. 1) соответственно для областей 1 и 3 (рис. 2, *а*), а также – для различных сечений области возбуждения 2 (рис. 2, *б*). Здесь принято значение параметра $L/a = 10$. Как видно, излучение во фронтальном направлении имеет практически постоянную АЧХ звукового давления в диапазоне нескольких октав. Что касается фазочастотной характеристики (ФЧХ), то она в основном определяется множителем первого слагаемого $\exp(jk_0 z)$, т. е. является линейно нарастающей. Таким образом, реализация заданного распределения колебательной скорости $\dot{\xi}(z,a) = \dot{\xi}_m e^{jk_0 z}$ позволяет формировать АЧХ и ФЧХ подобно идеальному фильтру и излучать без искажения сложные акустические сигналы. С ростом отношения L/a уменьшается уровень излучения осцилляционного характера в тыльном направлении (область 3), что позволяет скомпоновать из рассматриваемых преобразователей безэкранные гидроакустические антенны. При удалении от оси волновода ($r/a \to 1$) характер изгиба кривой *1*, определяющей излучение во фронтальном направлении, в области частот $k_0 a > 3$ меняется на противоположный. Практически параллельной оси частот кривая *1* становится при $r/a \approx 0.65$. Что касается поведения других кривых, то они слабо зависят от изменения значения r/a.



а *б*

Рис. 2

Выражение (6) для звукового давления в области возбуждения 2 позволяет найти текущее значение сопротивления излучения $Z_S(z) = R_S(z) - jX_S(z)$, понимая под этим сопротивление излучения парциального источника в виде кольца радиуса a и единичной длины dz_1: $Z_S(z) = -\dfrac{p^{(2)}(z,a)S_1}{\dot{\xi}(z,a)}$, где $\dot{\xi}(z,a) = \dot{\xi}_m e^{jk_0 z}$; $S_1 = 2\pi a\, dz_1$. Отсюда найдем:

$$Z_S(z) = \frac{p_m S_1}{\dot{\xi}_m}\left[\left(\frac{L}{2a}+\frac{z}{a}\right)+\frac{\sin k_0(L/2-z)}{k_0 a}e^{jk_0\left(\frac{L}{2}-z\right)} - j\frac{2(k_0a)^2-1}{4k_0a} - \right.$$

$$\left. -2k_0a\sum_{n=1}^{\infty}\frac{F_2(k_0a)e^{-\gamma_n\frac{L}{2a}}}{\beta_n^2\gamma_n e^{jk_0z}}\right]. \qquad (8)$$

Подставляя в (8) значение $p_m = \dot{\xi}_m z_0$ и разделяя действительные и мнимые части, запишем выражения для текущих значений активной $R_S(z)$ и реактивной $X_S(z)$ составляющих сопротивления излучения:

$$R_S(z) = z_0 S_1\left\{\left(\frac{L}{2a}+\frac{z}{a}\right)+\frac{\sin\left[2k_0(L/2-z)\right]}{2k_0a}-2k_0a\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\mathrm{Re}\left(F_2(k_0a)e^{-jk_0z}\right)e^{-\gamma_n\frac{L}{2a}}}{\beta_n^2\gamma_n}\right\}; \qquad (9)$$

$$X_S(z) = z_0 S_1\left\{\frac{\sin^2\left[k_0(L/2-z)\right]}{k_0a}-\frac{2(k_0a)^2-1}{4k_0a}-2k_0a\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\mathrm{Im}\left(F_2(k_0a)e^{-jk_0z}\right)e^{-\gamma_n\frac{L}{2a}}}{\beta_n^2\gamma_n}\right\}. \qquad (10)$$

Из выражений (9) и (10) видно, что в области возбуждения 2, по мере увеличения координаты z, активная составляющая сопротивления излучения $R_S(z)$ преимущественным образом нарастает по закону, близкому к линейному, а его реактивная составляющая $X_S(z)$ имеет осциллирующий характер. В качестве примера на рис. 3 приведены ре-

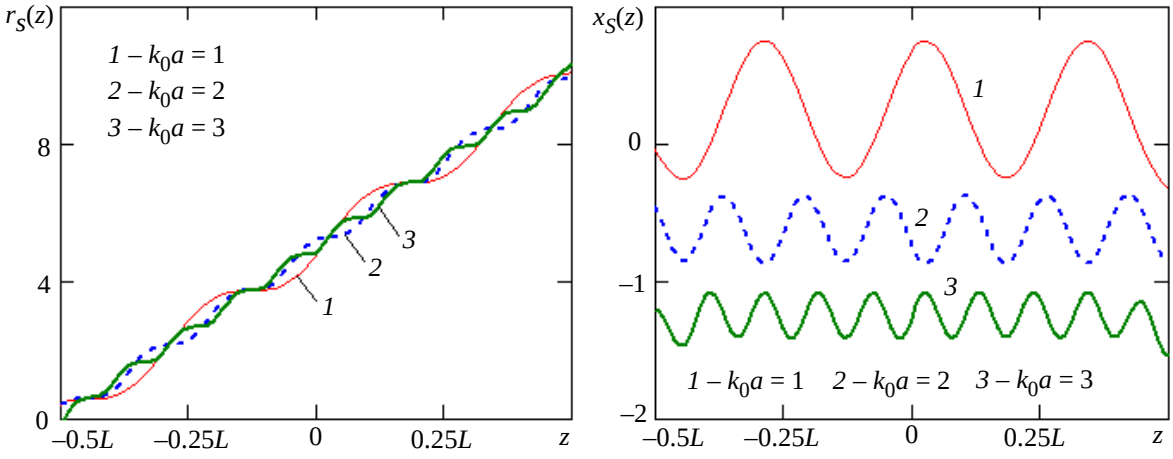


Рис. 3

зультаты расчета распределения вдоль области возбуждения 2 нормированных к величине $z_0 S_1$ активной $r_S(z) = R_S(z)/z_0 S_1$ и реактивной $x_S(z) = X_S(z)/z_0 S_1$ составляющих сопротивления излучения для L/a = 10 и различных значений частот (параметра $k_0 a$). В соответствии с полученными формулами и данными значение $X_S(z)$ слабо влияет на модуль сопротивления излучения $|Z_S(z)|$.

Найденные значения сопротивления излучения $R_S(z)$ и $X_S(z)$ позволяют решить задачу синтеза, т. е. определить закон изменения электрического напряжения $u(z) = U_m(z)e^{j\psi(z)}$, необходимого для возбуждения парциальных кольцевых источников единичной длины dz_1 и обеспечивающего реализацию заданного закона распределения радиальной составляющей колебательной скорости вдоль стенки волновода $\dot{\xi}(z,a) = \dot{\xi}_m e^{jk_0 z}$ в области возбуждения 2. На этом этапе решения задачи конкретизируем тип колебательной системы преобразователя, задавшись приближением отсутствия взаимодействия между парциальными источниками длиной dz_1 и их достаточной нагруженностью. Пусть область возбуждения 2 представляет собой радиально поляризованный пьезокерамический цилиндр, имеющий длину L, толщину боковой стенки $\delta << a$, средний радиус $a_{\text{ср}} \approx a$ и плотность материала $\rho_{\text{к}}$ и совершающий радиальные колебания с заданным амплитудно-фазовым распределением колебательной скорости $\dot{\xi}(z,a) = \dot{\xi}_m e^{jk_0 z}$. Из теории электроакустических преобразователей известна связь между колебательной скоростью излучающей поверхности преобразователя и возбуждающим его электрическим напряжением [9], в соответствии с которой можно записать:

$$u(z)\,N_z = \dot{\xi}(z)\left[Z_{\text{пр}} + Z_S(z)\right], \tag{11}$$

где $Z_{\text{пр}} = r_{\text{м. п}} - j\omega m + \dfrac{1}{j\omega C_M}$, $N_z = \dfrac{2\pi d_{31} dz_1}{S_{11}^E}$, $r_{\text{м. п}} \approx \dfrac{z_0 S_1 (1-\eta)}{\eta}$, $m = 2\pi a \delta \rho_{\text{к}} dz_1$ и $C_M = \dfrac{a S_{11}^E}{2\pi\delta dz_1}$ – соответственно механический импеданс, коэффициент электромеханической трансформации, сопротивление механических потерь, эквивалентные масса и гибкость парциального источника в виде части пьезокерамического цилиндра единичной длины dz_1; d_{31} – пьезомодуль; S_{11}^E – упругая податливость; η – акустомеханический КПД. Введем понятие предельной акустической добротности преобразователя $Q = \dfrac{\omega_{\text{р}} m}{z_0 S_1}$, где $\omega_{\text{р}} = 1/\sqrt{mC_M} = c_{\text{к}}/a$ – резонансная частота пьезокерамического цилиндра, $c_{\text{к}} = 1/\sqrt{\rho_{\text{к}} S_{11}^E}$. Тогда для механического импеданса можно записать:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{z_0 S_1 (1-\eta)}{\eta} - j\omega m\left(1 - \frac{1}{\omega^2 m C_M}\right) = \frac{z_0 S_1}{\eta}\left[1 - \eta - jQ\eta\frac{(k_0 a n_{0\text{к}})^2 - 1}{(k_0 a n_{0\text{к}})}\right], \qquad (12)$$

где $n_{0\text{к}} = c_0 / c_{\text{к}}$ – отношение скоростей звука в жидкости и пьезокерамической стенке волновода. С учетом выражений (11) и (12) окончательно получим:

$$u(z) = U(z)e^{j\psi(z)} = U_m\left[1 - \eta - j\eta Q\frac{(k_0 a)^2 n_{0\text{к}} - 1}{(k_0 a) n_{0\text{к}}} + \eta\left(r_S(z) - jx_S(z)\right)\right]e^{jk_0 z},$$

где $U_m = \dfrac{z_0 S_1 \dot{\xi}_m}{N_z \eta} = \dfrac{\dot{\xi}_m z_0 a S_{11}^E}{d_{31}\eta}$ – нормирующий множитель.

Найденные амплитудное $U(z)$ и фазовое $\psi(z)$ распределения возбуждающего электрического напряжения u (z) вдоль оси z являются частотно-зависимыми. При этом следует ожидать, что распределение амплитуд электрических напряжений $U(z)$ вдоль активной области возбуждения 2 будет иметь характер, подобный распределению активной составляющей сопротивления излучения $R_S(z)$. На рис. 4 приведены результаты расчета зависимости амплитуды возбуждающего электрического напряжения $U(z) = |u(z)|$ от частоты (рис 4, *а*) для различных сечений по z области возбуждения 2, а также распределения $U(z)$ вдоль области возбуждения 2 (рис. 4, *б*) для разных значений волнового параметра $k_0 a$ (частоты). Здесь приняты следующие значения параметров: $L/a = 10$; $Q = 3$; $\eta = 0.8$. Что касается фазовой зависимости $\psi(z)$ возбуждающего электрического напряжения, то она в основном определяется множителем $\exp(jk_0 z)$.

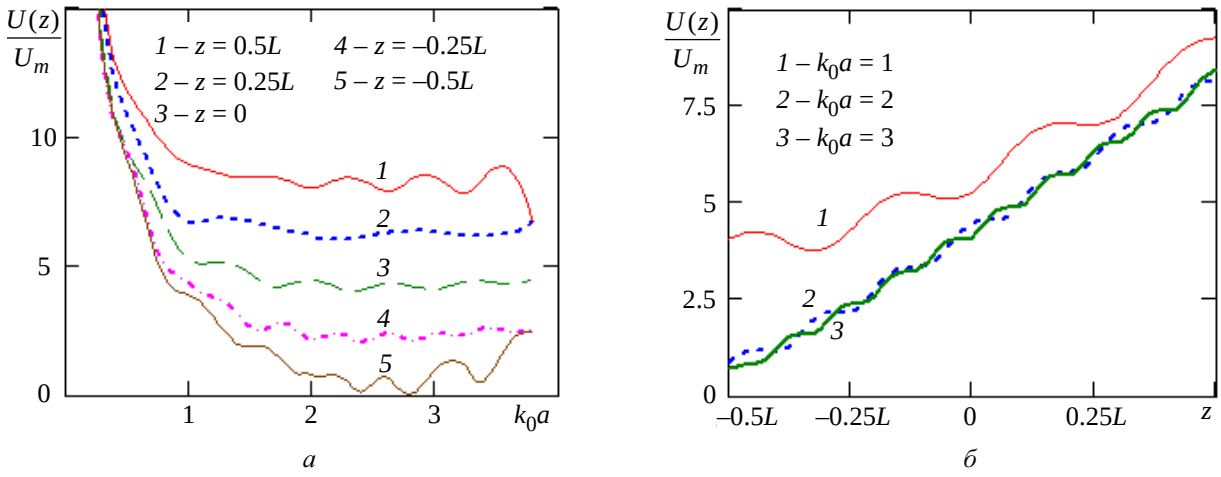


Рис. 4

Полученные формулы позволяют оценить удельные мощности и полные активные составляющие сопротивления излучения рассматриваемой модели волноводного преобразователя $R_{S\text{полн}}$ и обычного цилиндрического преобразователя R_{S0} того же радиуса a и длины L, излучающего своей внешней боковой поверхностью. Величину $R_{S\text{полн}}$ опреде-

лим как сумму активных составляющих сопротивления излучения водозаполненных апертур площадью $S_a = \pi a^2$ на границах области возбуждения 2 при излучении во фронтальном и тыльном направлениях: $R_{S\text{полн}} = R_{S\text{полн}}^{(\text{фр})} + R_{S\text{полн}}^{(\text{т})}$. Тогда, пренебрегая в выражениях (5) и (7) членами, содержащими суммы, которые дают поле быстро затухающих вырожденных волн высших порядков, и используя представления для мощности и интенсивности излучения, соответственно для границ $z = 0.5L$ и $z = -0.5L$ можно записать: $R_{S\text{полн}}^{(\text{фр})} = \dfrac{\left|p^{(1)}\right|^2}{\dot{\xi}_m^2}\dfrac{\pi a^2}{z_0} \approx$ $= z_0 \pi a^2 \left(\dfrac{L}{a}\right)^2$ и $R_{S\text{полн}}^{(\text{т})} = \dfrac{\left|p^{(3)}\right|^2}{\dot{\xi}_m^2}\dfrac{\pi a^2}{z_0} \approx z_0 \pi a^2 \left(\dfrac{L}{a}\right)^2 \dfrac{\sin^2 k_0 L}{\left(k_0 L\right)^2}$. Из приведенных формул видно, что $R_{S\text{полн}}^{(\text{т})} << R_{S\text{полн}}^{(\text{пр})}$. Тогда сравнение $R_{S\text{полн}}^{(\text{пр})}$ со значением $R_{S0} = z_0 2\pi a L$, представляющим собой предельное активное сопротивление обычного цилиндрического преобразователя, дает $\dfrac{R_{S\text{полн}}^{(\text{пр})}}{R_{S0}} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{L}{a}\right)$. При $\dfrac{L}{a} \gg 1$ получаем $R_{S\text{полн}}^{(\text{пр})} \gg R_{S0}$, что и предопределяет существенное расширение полосы пропускания.

Если сравнивать значения удельных мощностей излучения в области резонанса для рассматриваемого волноводного преобразователя $W_{V\text{уд}}^{(1)}$ и обычного цилиндрического преобразователя $W_{0\text{уд}}$ того же радиуса a и длины L, излучающего внешней боковой поверхностью, т. е. $W_{V\text{уд}}^{(1)} = 0.5\dfrac{\dot{\xi}_m^2 R_{S\text{полн}}^{(\text{пр})}}{\pi a^2}$ и $W_{0\text{уд}} = 0.5\dfrac{\dot{\xi}_{0m}^2 R_{S0}}{2\pi a L}$, то при условии равенства амплитуд колебательных скоростей $\left(\dot{\xi}_m = \dot{\xi}_{0m}\right)$ получим соотношение: $\dfrac{W_{V\text{уд}}^{(1)}}{W_{0\text{уд}}} \approx \left(\dfrac{L}{a}\right)^2$. Однако здесь следует учесть, что для достижения $\dot{\xi}_{m1} = \dot{\xi}_{0m}$ (особенно для области $z \cong 0.5L$) при условии существенного роста сопротивления излучения может потребоваться значение $U(z)\big|_{z=0.5L} \gg U_{0m}$, где U_{0m} – амплитуда электрического напряжения, допустимого с позиции механической прочности для возбуждения обычного цилиндрического преобразователя. При излучении в тыльном направлении волноводным преобразователем удельная мощность излучения будет $W_{V\text{уд}}^{(3)} \approx \ \approx W_{V\text{уд}}^{(1)} \dfrac{\sin^2 k_0 L}{\left(k_0 L\right)^2}$, т. е. $W_{V\text{уд}}^{(1)} \gg W_{V\text{уд}}^{(3)}$ практически во всем диапазоне рабочих частот.

Предположим, что волноводный преобразователь состоит из достаточно большого числа m парциальных источников длиной $dz_1 = dz_q = L/m$. Если принять для него, по-

добно [8], линейный закон увеличения амплитуды электрического напряжения с ростом z (см. также рис. 4, *б*) и считать, что для каждого q источника амплитуда электрического напряжения определяется законом $U_{zq} = U_{0m}\left[\frac{1}{m} + \frac{1-1/m}{m-1}(q-1)\right] = U_{0m}\frac{q}{m}$, а активное сопротивление излучения $R_{Sq} = R_{S\max}\frac{q}{m} \approx z_0 S_1 \frac{L}{a}\frac{q}{m}$, причем значение $U_{m0}\big| = U(z)\big|_{z=0.5L}$, то для полной мощности излучения волны, бегущей вдоль оси z волноводного преобразователя, можно записать: $W_V^{(1)} = \sum_{q=1}^{m} W_{Vq}^{(1)} = \frac{1}{2}\sum_{q=1}^{m}\frac{N_{zq}^2 U_{zq}^2 \eta^2}{R_{Sq}} \approx \frac{N^2 U_{0m}^2 \eta^2}{8 z_0 \pi L^2}$. Тогда удельная мощность, излучаемая через отверстие площадью $S_a = \pi a^2$ во фронтальном направлении, будет равна: $W_{V\text{уд}}^{(1)} = \frac{W_V^{(1)}}{\pi a^2} = \frac{N^2 U_{0m}^2 \eta^2}{8 z_0 \pi^2 a^2 L^2}$, а для обычного цилиндрического преобразователя $W_{0\text{уд}} = \frac{N^2 U_{m0}^2 \eta_0^2}{2 z_0 (2\pi a L)^2}$. При условии достаточной нагруженности и равенства акустомеханических КПД обоих преобразователей $\eta = \eta_0$ отношение их удельных мощностей излучения дает $\frac{W_{V\text{уд}}^{(1)}}{W_{0\text{уд}}} \approx 1$, т. е. удельная мощность излучения в апертуре волноводного преобразователя во всей рабочей полосе частот (несколько октав) равна предельной удельной мощности излучения внешней боковой поверхностью обычного цилиндрического преобразователя на резонансной частоте. Полученная оценка свидетельствует о достаточной эффективности рассматриваемого преобразователя волноводного типа как с позиции полосы пропускания, так и мощности излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пьезокерамические преобразователи: Справ. / Под ред. С. И. Пугачева. Л.: Судостроение, 1984. С. 170 – 195.
2. Гидроакустическая энциклопедия / Под ред. В. И. Тимошенко. Таганрог: Изд-во ТГРУ, 1999.
3. О широкополосности гидроакустических стержневых преобразователей / И. В. Герасимова, Р. П. Павлов, В. И. Позерн, О. Б. Ступак // Докл. конф. «Гидроакустические преобразователи и численное моделирование в гидроакустике», Теддингтон, Великобритания, март, 2005.
4. Степанов Б. Г. Анализ и синтез частотных характеристик двухсекционных пьезопреобразователей с фазированным возбуждением // Тр. VIII Междунар. конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики», СПб., 2006. СПб.: Наука, 2006. С.195–199.
5. Пат. США № 2003 / 0155843/A1 МКИ H04R 17/00. Подводный широкополосный электроакустический преобразователь / Dunn Sheng-Dong, Yeh Chi-Zen, Jih Jeng-Yow, 2003.
6. Пат. США № 4439847 МКИ H04R 17/00. Высокоэффективный широкополосный направленный преобразователь сонара / Massa, Frank, 1984.
7. Пат. РФ № 1723972 / Д. Б. Дианов, В. Б. Малахов, Б. Г. Степанов и др. Гидроакустический преобразователь; Опубл. 01.12.91.
8. Дианов Д. Б., Малахов В. Б., Степанов Б. Г. Сверхширокополосный гидроакустический преобразователь // Докл. XI Всесоюзн. акуст. конф., М., 1991. С. 9–12.
9. Свердлин Г. М. Прикладная гидроакустика. Л.: Судостроение, 1990.
10. Шендеров Е. Л. Волновые задачи акустики. Л.: Судостроение, 1972.
11. Свешников А. Г., Тихонов А. Н. Теория функций комплексной переменной. М.: Наука, 1967.

B. G. Stepanov

WIDEBAND TRANSDUCER OF GUIDE TYPE

The model of underwater transducer of guide type, witch is capable to realize the pass-band more than 2 octaves, is considered. It is received decision of the problem of the synthesis and given the results of calculation. It is given comparative estimation to efficiency of the work transducer of guide type.

Transducer bandwidth duration, underwater transducer, guide, synthesis of the frequency characteristics

УДК 615.471.03:616.12-073.97

Д. Г. Пуликов, Т. В. Сергеев

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЧЕЛОВЕКА

Описана система биоуправления функциональным состоянием человека на основе биологической обратной связи. Дано обоснование формирования сигнала биоуправления на основе RR-интервалов ЭКС. Показана вариабельность амплитуд R-зубцов. Проведены предварительные исследования взаимосвязи между вариабельностью амплитуд R-зубцов, вариабельностью RR-интервалов и дыханием. Показано наличие зависимости взаимосвязи от типа дыхания.

Кардиоритмометрия, амплитуда R-зубца, электрокардиосигнал, биологическая обратная связь

Возникающее под влиянием факторов внешней и внутренней среды напряжение отдельных систем и организма в целом может являться источником нервных нарушений и способствовать возникновению устойчивых патологических состояний. Наряду с экстремальными факторами среды значительное влияние на здоровье человека оказывают многочисленные слабые факторы различной природы, вызывающие несоизмеримые с дозой или мощностью биологические эффекты вследствие невключения адаптационных механизмов, кумуляции и постепенно нарастающего хронического стресса, приводящего в конечном итоге к росту общей заболеваемости. В случаях своевременного выявления коррекция этих нарушений если и проводится, то, как правило, фармакологическими методами.

Распространение же лекарственной болезни вследствие длительной и зачастую избыточной фармакотерапии представляет существенную угрозу здоровью.

В связи с этим большое значение приобрели методы нефармакологического воздействия, к которым относятся психотерапия, аутогенная тренировка, биоуправление с обратной связью (БОС). Последнее хорошо зарекомендовало себя как совокупность методов, направленных на мобилизацию резервных возможностей организма за счет тренировки и повышения лабильности регуляторных механизмов. Появились новые подходы в изучении механизмов адаптации и адаптивной саморегуляции функций, для исследования и коррекции которых использованы приемы биоуправления с обратной связью, – научные разработки этих идей начаты более четырех десятилетий назад. В нашей стране они связаны с именем чл.-корр. РАМН Василевского Н. Н.

Биологическая система, находящаяся в естественных условиях в непрерывном взаимодействии с внешней средой, всегда стремится за счет внутреннего динамизма выбрать из множества возможных единственное состояние, обеспечивающее наиболее благоприятный приспособительный эффект. Она приобретает максимальную устойчивость к изменениям окружающей среды при широком диапазоне ее «поисковых» движений (колебаний физиологических функций). Сейчас признано, что уровень развития колебательных и циклических форм биологической активности является важной и необходимой мерой адаптивности организма. Биологическим системам с многочисленными цепями внутренних обратных связей присуща активная форма поиска наиболее биологически целесообразных состояний. Обратные связи служат целям информирования управляющих центров организма о качестве приспособления к условиям внутренней и внешней среды. Живые системы осуществляют динамическое регулирование своих функций, поиск и воспроизведение оптимальных режимов деятельности посредством модуляции своих биоритмов. Прием и переработка информации о состоянии биообъекта, «принятие решения», оценка его эффективности по конечному результату требуют определенного времени, из-за чего в сенсорных и регуляторных цепях неизбежно возникают временные задержки, которые также являются причинами эндогенных колебаний и циклических процессов в биосистемах. Биоритмы играют важную роль в регулировании на молекулярном и клеточном уровнях, в функционировании механизмов памяти, в сфере энергетических и информационных процессов [1].

Хорошо известно, что энергетику организма обеспечивают пища, вода, кислород, электромагнитное излучение (солнечный свет и тепло). Без пищи человек живет до двух месяцев, без воды – менее недели, без дыхания – несколько минут. Многие специалисты считают, что дыхание в значительной степени определяет уровень здоровья и продолжительность жизни человека. Утерянный в результате больших и малых стрессов, а также экологических нагрузок естественный стереотип дыхания является одной из важнейших причин болезней и преждевременной смерти. Неправильное дыхание приводит к нарушению так называемого вегетативного баланса, что не способствует сохранению здоровья. Чаще всего неправильное дыхание это учащенное поверхностное дыхание, следствием чего является «вымывание» из крови углекислого газа. Его недостаток может приводить к разнообразным спазматическим явлениям (в частности, к бронхиальной астме). В крови должен поддерживаться определенный баланс между кислородом и углекислым газом.

Перенесенные заболевания, последствия фармакотерапии («лекарственная болезнь») и хирургических вмешательств; психофизиологические, физические (механические, электромагнитные колебания в широком диапазоне частот – от постоянного тока до ионизирующей радиации), климатогеографические, боевые стрессы, стрессы социальной изоляции (работа вахтовыми методами, космос, полярные станции, подводные лодки, гарнизоны и т. д.); физические нагрузки и перегрузки, напряженная операторская деятельность; физиотерапевтические процедуры; неумение или неспособность расслабляться; загрязнения окружающей среды (воздух, вода, пища); скрытые биологические дефекты (генетические особенности организма) и многие другие факторы могут приводить сначала к функциональным нарушениям, в дальнейшем к устойчивым патологическим состояниям.

У здоровых людей молодого возраста в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами – при вдохе частота пульса растет, при выдохе – снижается. Наблюдения показывают, что с возрастом эта согласованность между ритмами дыхания и сердца необратимо утрачивается. Практика работы с системами БОС (рис. 1) убеждает в том, что этот важный утраченный механизм может быть устойчиво восстановлен, если будет нормализована функция дыхания.

Даже кратковременная тренировка ускоряет восстановление ритмов сердца и дыхания непосредственно после физических упражнений, физиотерапевтических процедур, спортивных тренировок и соревнований, напряженных вахт, совещаний, переговоров. Восстановление дыхательно-сердечного взаимодействия нормализует структуру биоэлектрической активности и снимает избыточное возбуждение в коре головного мозга. Если экстремальные факторы имеют систематический характер, то биоуправление у здоровых людей приобретают профилактический смысл, при этом нарушения, накапливающиеся в организме, своевременно компенсируются.

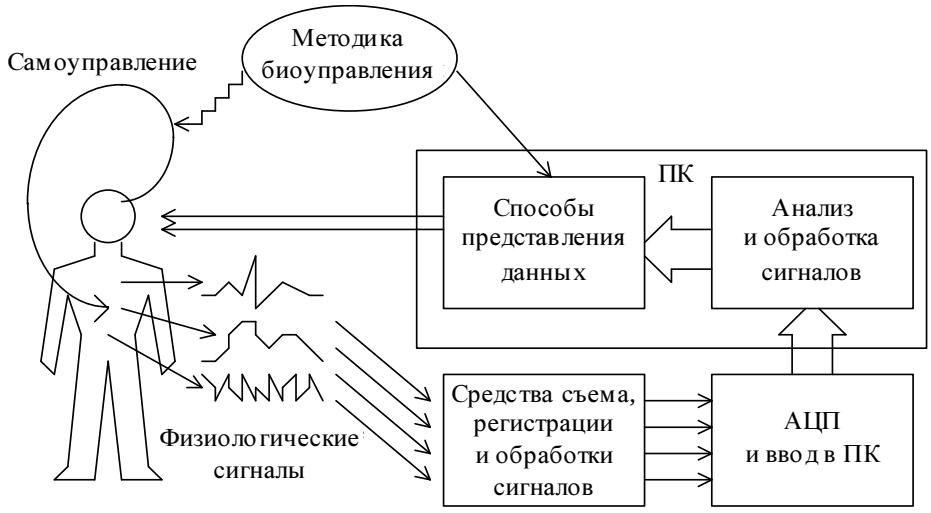


Рис. 1

Интеллектуальная компьютерная система с биологической обратной связью по сердечному ритму [2] дает уникальную возможность за 10–15 получасовых сеансов восстановить феномен исходной (свойственной молодому возрасту) дыхательно-сердечной синхронизации. Устойчивые положительные результаты длительного применения БОС получены у больных нейроциркуляторной дистонией гипертензивного, гипотензивного и нормотензивного типов с кардиальным, астено-невротическим, вазомоторным (церебральным) синдромом и синдромом респираторных расстройств (возраст от 16 до 62 лет). Адаптивное биоуправление с обратной связью применимо в любом сознательном возрасте.

На экране монитора испытуемому предъявляется целевая функция – синусоида (ЦФ) с периодом, лежащим в диапазоне дыхательных волн, и его собственная кардиоритмограмма (КРГ). Цель пациента – пользуясь непрерывным зрительным контролем, совместить две кривые (КРГ и ЦФ), делая вдох на восходящей фазе синусоиды, а выдох – на нисходящей фазе ЦФ. Целевая функция на каждую пробу биоуправления формируется

адаптивным программным модулем. Ее параметры для каждой следующей пробы биоуправления задаются автоматически по результатам анализа предыдущей кардиоритмограммы. Экспертная часть адаптивного модуля не позволяет вывести параметры ЦФ за пределы индивидуальных физиологических возможностей тренирующихся, обеспечивая безопасность процедуры.

Перспективным продолжением данной технологии видится использование приведённых значений амплитуд R-зубцов электрокардиосигнала (ЭКС) для формирования сигнала БОС. При этом необходимо учитывать значительное варьирование этого параметра, зависящее от условий съема ЭКС и конституциональных особенностей человека.

Оценки зависимости амплитуды R-зубца от различных физиологических параметров различны. С одной стороны, среди значимых диагностических характеристик ЭКС присутствуют в основном временные, к амплитудным можно отнести величину T- и P-зубцов, форму ST-сегмента, а амплитуда же R-зубца не фигурирует, другие авторы [3] указывают на отсутствие зависимости амплитуды R-зубца и длительностей RR-интервалов (частоты сердечных сокращений); последнее, возможно, связано с неточностью используемых методик оценки. С другой стороны, некоторыми авторами[1] указывается на зависимость амплитуды R-зубцов от величины нагрузки, причем уровень связи определяется возрастом испытуемых.

Известно наличие влияния глубины дыхания на изменение формы QRS-комплекса[2], видимо присутствует и подобная взаимосвязь с величиной амплитуды R-зубцов, её можно проиллюстрировать с помощью примера записи ЭКС, показанном на рис. 2.

Участок «*а*» соответствует завершению фазы обычного неосознанного дыхания – изменения амплитуды R-зубцов незначительны и хаотичны; участок «*б*» соответствует началу фазы ритмичного дыхания – изменения амплитуды R-зубцов приобретают ярко выраженный регулярный характер.

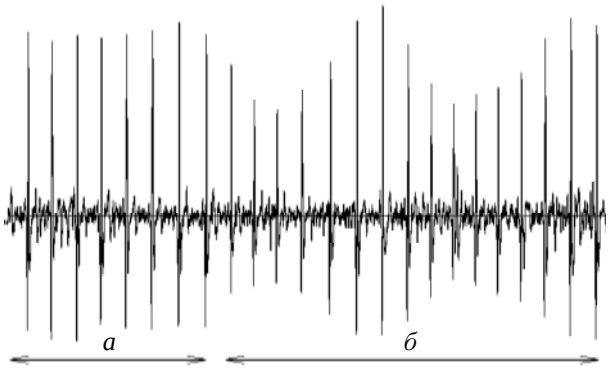


Рис. 2

Для выявления информационной значимости изменений амплитуд R-зубцов были проведены их измерения совместно с измерением значений RR-интервалов ЭКС. Нормализованные результаты измерений для фазы обычного неосознанного дыхания (соответствует участку «*а*» на рис. 2) показаны на рис. 3, штриховая линия соответствует значениям амплитуд R-зубцов, сплошная – значениям RR-интервалов. Кривые носят хаотичный и несколько противофазный характер.

---

[1] Комаровская Н. В. Изменения параметров сердечного цикла у борцов высокой квалификации под влиянием различных физических нагрузок. Нац. ун-т. физ. воспитания и спорта Украины. 2004. lib.sportedu.ru.

[2] Bebehani K., Burk J. R., Lucas E. A. ECG derived respiratory rhythms for improved diagnosis of sleep apnea. U. S. patent document 6,415,174 B 1, 2002.

Нормализованные результаты измерений для фазы глубокого ритмичного дыхания (соответствует участку «*б*» на рис. 2) показаны на рис. 4, штриховая линия соответствует значениям амплитуд R-зубцов, сплошная – значениям RR-интервалов. Кривые носят ритмичный характер и близки по фазе.

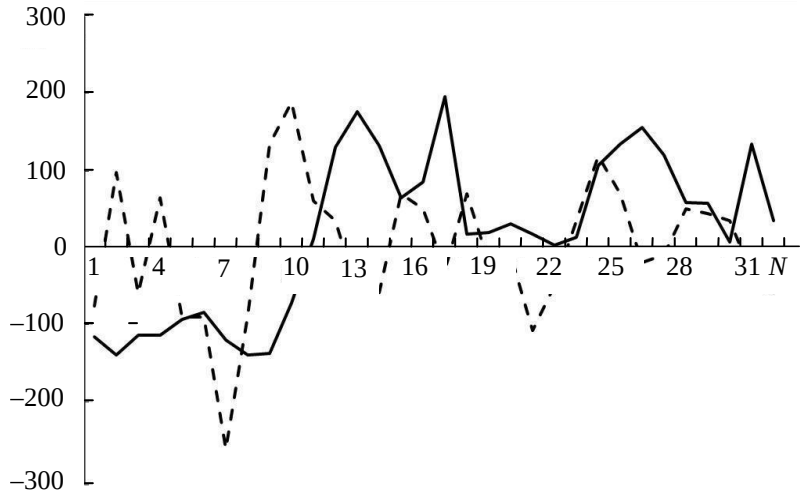


Рис. 3

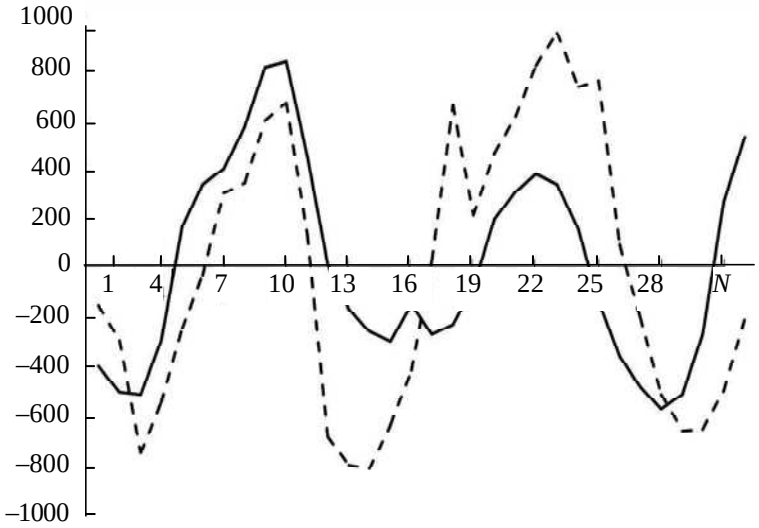


Рис. 4

Предварительные результаты показали, что требуется проведение комплексных исследований, направленных на выявление взаимосвязи между вариабельностью амплитуд R-зубца и вариабельностью RR-интервалов ЭКС, а значит, и дыханием, с анализом данных на основе предлагаемого способа. Необходимо проведение измерений с привлечением большого числа испытуемых.

Использование вариабельности значений амплитуд R-зубцов совместно с вариабельностью значений RR-интервалов ЭКС в качестве сигнала БОС позволит расширить функциональные возможности описанной биотехнической системы без привлечения значительных технических средств.

В настоящее время очевидно, что экологически чистая и безопасная оздоровительная технология функционального биоуправления с обратной связью должна стать доступной большинству населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суворов Н. Б. Биологическая обратная связь и эффективность управления состоянием организма человека // Биотехнические системы в медицине и биологии. СПб.: Политехника, 2002. С.13–20.

2. Белов А. В., Пуликов Д. Г., Сергеев Т. В. Выделитель кардиоинтервалов для ввода в персональный компьютер // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», сер. Биотехнические системы в медицине и экологии. 2005. Вып. 2. С. 100–105.

3. Овчинников К. В. Взаимосвязь вариабельности сердечного ритма и психофизиологических показателей у лиц с разным типом вегетативной нервной системы: Автореф. дис. канд. биол. наук, Ростов-на-Дону, 2006.

D. G. Pulikov, T. V. Sergeyev

SYSTEM OF BIOMANAGEMENT OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF THE PERSON WITH BIOFEEDBACK

The method uses an elementary signal processing of the heart interbeat RR time series. The heart rate is a non-stationary signal, and its variation can contain indicators of current disease or warnings about impending cardiac diseases. Heart rate variability monitoring could be a very useful tool in biofeedback training. Respiratory rhythms of a subject are derived from measured ECG signals utilizing magnitude R-wave of the ECG signals. The additional processing of ECG data required for derivation of respiratory rhythms may be easily automated.

Cardio-rhythm, magnitude R-wave, ECG, biofeedback

УДК 378.1:338.24

А. Л. Шестаков, А. И. Сидоров,
Л. А. Шефер, Е. В. Гичкина

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ВУЗА, АУДИТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассматриваются принципы получения и анализа информации о несоответствиях образовательного процесса в двухуровневой системе менеджмента качества вуза, базирующиеся на внешних аудитах деятельности факультетов, внутренних аудитах процесса обучения и информации об уровне подготовки студентов.

Система качества, аудит деятельности, уровень подготовки, несоответствия

Сложная структура Южно-Уральского государственного университета, имеющего в своем составе 36 факультетов как технической, так и гуманитарной направленности, 13 филиалов и насчитывающего более 55 000 студентов, привела к необходимости формирования двухуровневой системы менеджмента качества (далее – СМК) см. на рис. 1.

Первый уровень – СМК университета, функционирование которой направлено на организацию, мониторинг, измерение, анализ и улучшение образовательной деятельности подразделений.

Второй уровень – системы менеджмента качества подразделений (факультетов, филиалов), задача которых связана с непосредственной реализацией и улучшением образовательных процессов.

Состояние образовательного процесса в университете оценивается по двум дополняющим друг друга направлениям.

Первое направление связано с промежуточным (в течение семестра) и рубежным (в конце семестра) анализами уровня подготовки студентов, которые проводятся с помощью разработанной и внедренной информационной системы «УНИВЕРис» (рис. 2).

Исходная информация о результатах текущей аттестации успеваемости и промежуточной аттестации вводится представителями деканатов факультетов и филиалов пофамильно по группам в базу данных информационной системы. Информация базы данных обрабатывается расчетным блоком и предоставляется в отдел управления качеством образования в виде таблиц и графиков, позволяющих оценивать уровень знаний и умений по

факультетам в целом, циклам дисциплин, дисциплинам, группам и персонально по студентам (при необходимости). Полученная информация позволяет устанавливать несоответствия, намечать пути их устранения и улучшения процесса.

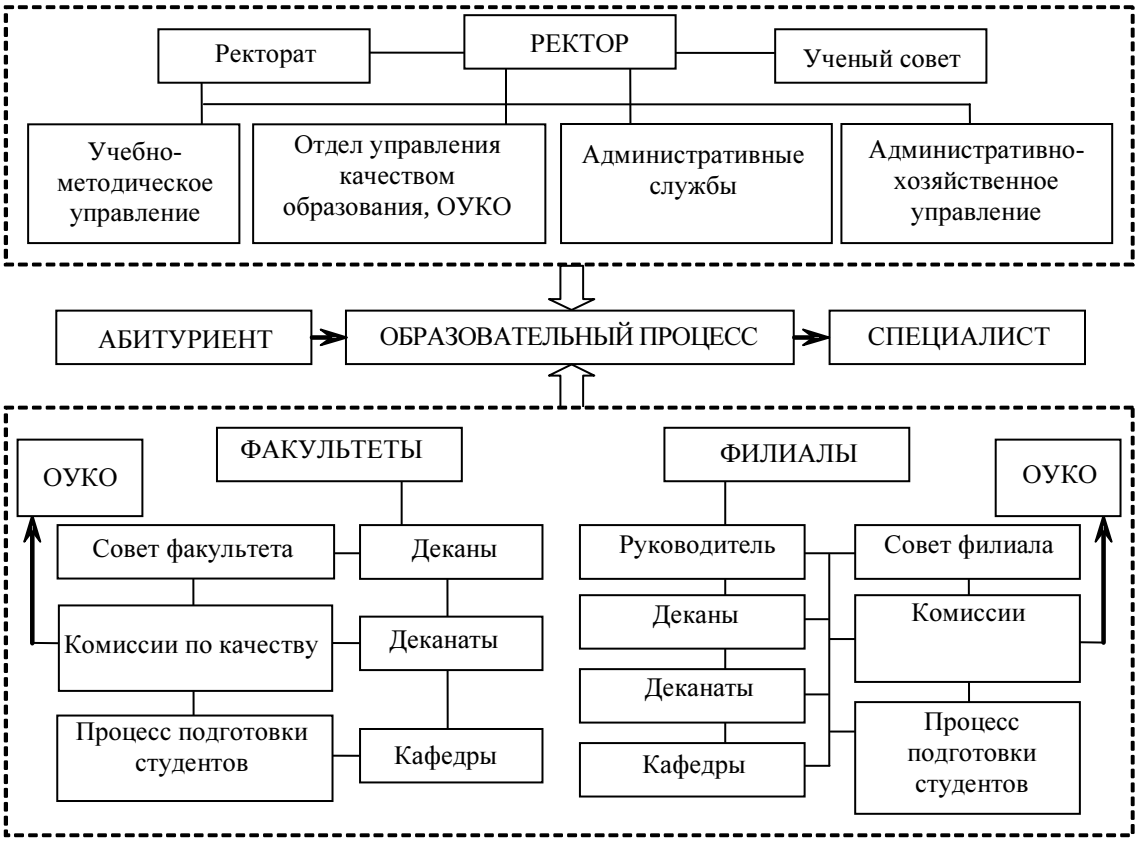


Рис. 1

Анализ результатов текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации производится деканатами при участии кафедр факультета. Установленные несоответствия обсуждаются на заседаниях кафедр, где намечаются пути их устранения и предлагаются подходы улучшения процесса. Результаты текущего контроля успеваемости рассматриваются на деканских совещаниях. Результаты промежуточной аттестации обсуждаются на советах факультетов и филиалов, где рассматриваются причины несоответствий, предлагаемые пути их устранения и улучшения образовательного процесса. Отчеты о принятых и выполняемых решениях предоставляются отделу управления качеством образования университета, который анализирует результаты по факультетам и филиалам и предоставляет сводный отчет для анализа ректорату университета. В начале каждого семестра результаты оценки знаний студентов, работа кафедр и преподавателей обсуждаются на Ученом совете университета, где принимаются решения связанные с улучшением деятельности.

Проректоры по учебной работе имеют возможность самостоятельно входить в программу и отслеживать состояние дел (результаты успеваемости) по любым специальностям и дисциплинам вплоть до отдельных групп и студентов; отчеты отдела качества и факультетов позволяют рассматривать предложения по устранению несоответствий для улучшения образовательного процесса.

Второе направление связано с анализом функционирования систем менеджмента качества подразделений (факультетов, филиалов). Анализ работы СМК подразделений, факультетов и филиалов проводится отделом управления качеством образования (СМК

уровня I) в ходе проведения внутреннего аудита. Комиссии по качеству (уровень II) самостоятельно анализируют функционирование СМК факультета посредством проведения внутренних аудитов в своих подразделениях.

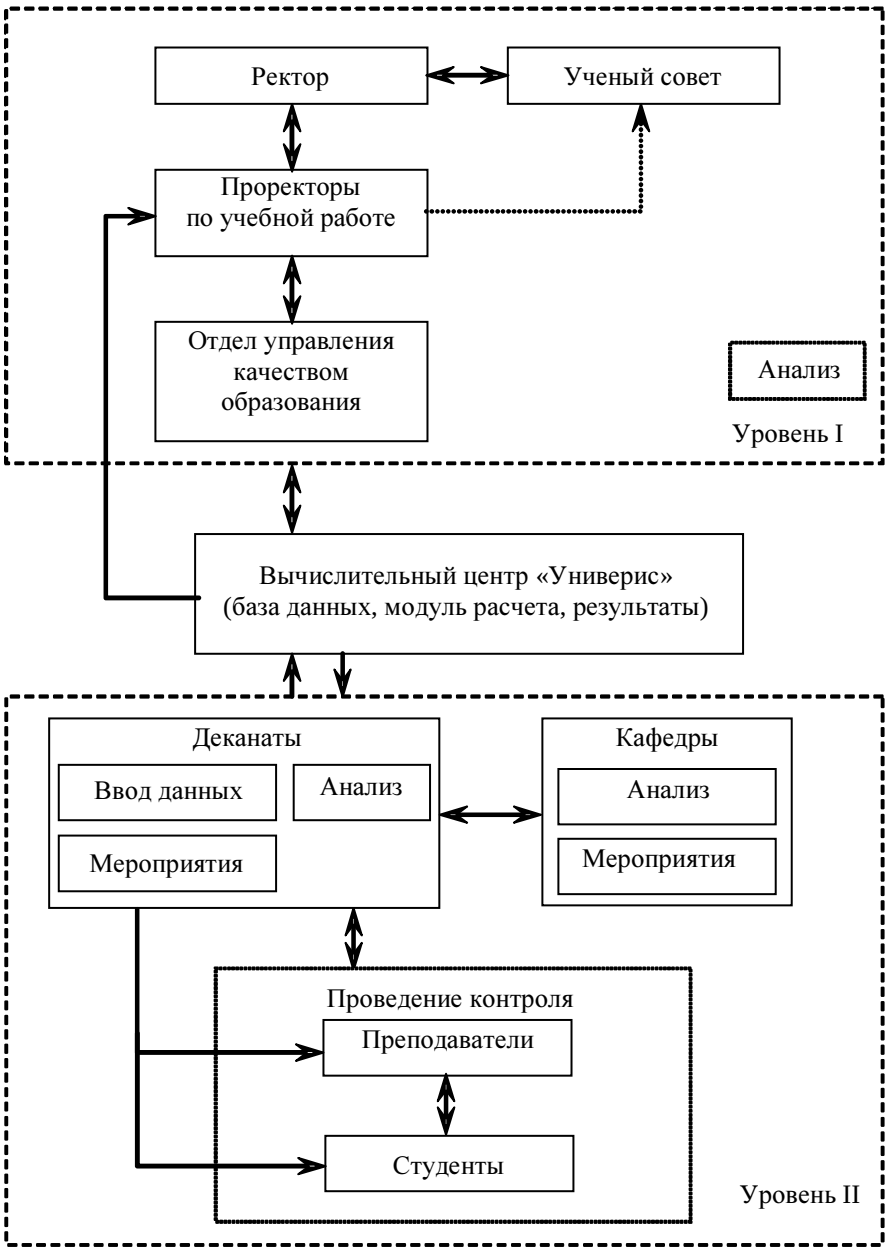


Рис. 2

Взаимосвязь подразделений при проведении внутреннего аудита деятельности факультетов представлена на схеме (рис. 3).

Руководитель аудиторской группы составляет план проведения внутреннего аудита, в соответствии с которым оценивается деятельность подразделений. При этом рассматривается деятельность подразделения как в области документации, так и в области ее реализации на практике (например, документация образовательного процесса, ее содержание и конкретная его реализация в течение учебного года). В качестве примера представлен план внутреннего аудита факультета коммерции (рис. 4), который недавно прошел сертификацию своей системы качества на международном уровне в TUV CERT.

Рис. 3

В плане указаны: дата, место, цель и область проведения аудита, состав группы аудиторов, дата и время, рассматриваемые процессы и их связь со стандартом ГОСТ Р ИСО 9001:2001, проверяемое подразделение с указанием должностного лица и ответственные аудиторы комиссии по качеству факультета. По результатам аудита составляется отчет, в котором указаны несоответствия, пути их устранения и совершенствования процесса. Отчет рассматривается и обсуждается на заседании совета факультета.

Наряду с внутренним аудитом СМК подразделений, проводимым ими самостоятельно, отдел качества в соответствии с программой, составленной на учебный год, проводит аудит факультетов и филиалов, который является внутренним для подразделений университета и внешним для данных подразделений. Схема взаимодействия в данной области представлена на рис. 5.

Для реализации такого взаимодействия создана группа аудиторов, включающая представителей отдела качества, учебно-методического управления, отдела делопроизводства. Курируют деятельность аудиторской группы отдел качества и проректор университета по

учебной работе. По результатам аудита устанавливаются характерные несоответствия, проводится анализ причин возникновения, определяются единые корректирующие действия, материал предоставляется ректорату для анализа в виде сводного отчета по аудиту. Общие результаты обсуждаются и принимаются необходимые решения на Ученом совете.

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета «Коммерция»
В.М. Каточков

План внутреннего аудита №5

Дата аудита: 6-7 марта 2008	**Группа аудиторов:**
Место проведения аудита: ф-т Коммерции	Лободенко Л.К.
Цель аудита: подтверждение соответствия требованиям документации СМК	Поторока И.Ю.
Область аудита образовательная деятельность факультета Коммерции	Асташова Ю.В.
	Наблюдатели:
Аспекты особого внимания при аудите: Подготовка к сертификационному аудиту, оценка корректирующих мероприятий	

Дата /время	Процессы	Элемент СМК	Проверяемое подразделение/ должностное лицо	Аудиторы
9.30 – 10.00	Общее управление факультетом, Управление инфраструктурой, Управление производственной средой	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 7.1, 6.1, 6.3, 6.4, 4.2, 4.1	Декан /Каточков В.М.	Лободенко Л.К. Асташова Ю.В.
10.00 – 11.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Закупки, Образовательная деятельность, Управление персоналом	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 4.2	Кафедра «Технология и организация питания»/ Тошев А.Д.	Лободенко Л.К. Асташова Ю.В.
11.00 – 12.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Закупки, Образовательная деятельность, Управление персоналом	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 4.2	Кафедра «Товароведение и экспертиза потребительских товаров»/ Поторока И.Ю	Поторока И.Ю. Лободенко Л.К.
12.00 – 13.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Закупки, Образовательная деятельность, Управление персоналом	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 4.2	Кафедра «Бухгалтерский учет и финансы»/ Шевелев А.Е.	Лободенко Л.К. Асташова Ю.В. Поторока И.Ю.
13.00 – 14.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Подбор и оценка внештатных преподавателей, Образовательная деятельность, Управление персоналом	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 4.2	Кафедра «Маркетинг и менеджмент»/ Демченко А.И	Лободенко Л.К. Поторока И.Ю.
14.00 – 15.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Закупки, Образовательная деятельность, Управление персоналом	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5	Кафедра «Маркетинговые коммуникации» /Окольнишникова И.Ю.	Асташова Ю.В. Поторока И.Ю.
15.00 16.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Закупки, Образовательная деятельность, Управление персоналом	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 4.2	Кафедра «Экономика торговли»/ Кузменко Ю.Г	Лободенко Л.К. Асташова Ю.В. Поторока И.Ю.
7 марта 2008				
10.00 – 11.00	Взаимодействие с потребителем, Проектирование и разработка, Закупки, Дополнительное образование	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.3, 8.4, 4.2, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 4.2	Центр дополнительного образования/ Максимова В.Н.	Лободенко Л.К. Асташова Ю.В. Поторока И.Ю.
11.30 – 12.00	Проектирование и разработка, Образовательная деятельность	7.3, 7.5, 7.6,8.2, 8.3, 4.2	Учебный отдел/ Белова Л.Е.	Лободенко Л.К. Асташова Ю.В.
12.00 – 12.30	Управление инфраструктурой, Управление производственной средой	6.3, 6.4, 4.2	Хозяйственный отдел/ Яковлев А.М.	Поторко И.Ю. Лободенко Л.К.
12.30 – 13.00	Управление инфраструктурой, Управление производственной средой	6.3, 6.4, 4.2	Инженерно-компьютерный центр/ Казанцева Г.С.	Лободенко Л.К Асташова Ю.В.

Руководитель аудиторской группы,
заместитель декана
факультета Коммерции Л.К. Лободенко

Рис. 4

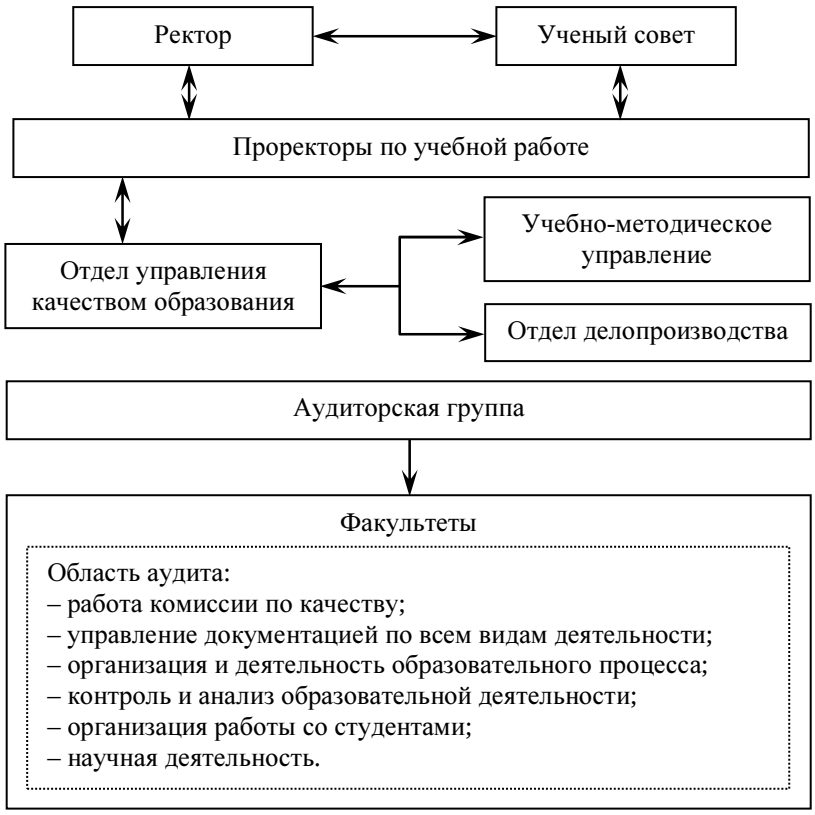


Рис. 5

Внутренний аудит структурного подразделения проводится в соответствии с планом внутреннего аудита, примерный план которого представлен на рис. 6.

В плане указаны: проверяемое структурное подразделение, область аудита, цель аудита, сроки проведения, нормативная база, состав аудиторской группы, объекты аудита. Рассматривается деятельность факультетов и соответствующих им деканатов и кафедр в образовательной и воспитательной областях в соответствии с элементами СМК по ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Например, такими: п. 4.2. Требования к документации, п. 5. Ответственность руководства (планирование деятельности, определение ответственности и делегирование полномочий, внутренний обмен информацией, анализ со стороны руководства); п. 6. Обеспечение ресурсами (кадровый состав и его обучение, инфраструктура, производственная среда); п. 7. Этапы образовательного процесса (приемная компания, планирование учебного процесса, учебно-воспитательный процесс, содействие в трудоустройстве, связь с работодателями); п. 8. Измерение, анализ и улучшение (проведение анализа всех процессов, организация работы с неуспевающими студентами, мероприятия по корректирующим и предупреждающим действиям, улучшение деятельности).

На основании собеседований и рассмотрения документации устанавливаются несоответствия, каждое из которых представляется на отдельном листе, где сотрудники факультетов или кафедр (к которым относится несоответствие) представляют с указанием сроков планируемые корректирующие действия, и здесь же при последующем аудите ставится оценка результативности корректирующих действий.

Проведенные на ряде факультетов аудиты позволили установить ряд несоответствий, связанных с документацией, например отсутствие программ дисциплин, читаемых для выпускающей кафедры обслуживающими кафедрами, что затрудняет текущий кон-

ПЛАН ВНУТРЕННЕГО АУДИТА № 01/117

1 Проверяемое структурное подразделение:	Факультет «Сервис и легкая промышленность»
2 Область аудита:	Образовательный процесс
3 Цель аудита:	подтверждение выполнения требований, установленных внешними и внутренними нормативными документами и частично документацией СМК
4 Срок проведения аудита (дата):	29 апрель 2008 год
5 Нормативная база	Нормативные документы Федерального агентства по образованию и ЮУрГУ: Инструкция по делопроизводству; СМК ДП 04-2008 Управление несоответствующей продукцией; СМК ДП 05-2008 Корректирующие и предупреждающие действия; СМК СТУ 2.0-2006 Практика и трудоустройство студентов; СМК СТУ 3.0-2006 Исследование потребностей и удовлетворённости работодателей, студентов, преподавателей и сотрудников; СМК СТУ 4.0-2006 Анализ результатов освоения студентами программ дисциплин; СМК СТУ 5.0-2006 Разработка рабочих программ учебных дисциплин; СТП 3.0-2003 Требования к качеству разработки учебных планов; СТП 5.0-2003 Порядок организации учебного процесса. СТП 7.0-2003 Требования к кадровому обеспечению образовательного процесса; СТП ЮУрГУ 20-2003 Учебно-методический комплекс дисциплины. Общие требования к оформлению; Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации; Положение об организации внеучебной и воспитательной работы со студентами ЮУрГУ и т.д.

6 Состав аудиторской группы:

Состав группы	ФИО	Должность
Руководитель аудиторской группы	Шефер Л.А.	Начальник ОУКО
Аудитор	Попов М.Ю.	Зам. начальника УМУ
Аудитор	Гичкина Е.В.	Инженер ОУКО
Аудитор	Нестерова Н.С.	Инженер ОУКО
Аудитор	Брюхова О.В.	Специалист службы делопроизводства

7 Объекты аудита:

№	Проверяемое подразделение	Проверяемые элементы (пункты) СМК по ГОСТ Р ИСО 9001-2001	Дата	Время	Аудитор	ФИО собеседника
1	**Вводное совещание**		29.04	9.15-9.30		
2	Деканат, ауд. 401 ул. Рождественского, 5, г	4.2 Требования к документации 5.Ответственность руководства 6.Обеспечение ресурсами 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	9.30-10.30	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	Лившиц Виктор Абрамович, Тарханова Наталья Петровна
3	Кафедра «Машины легкой промышленности и технология сервиса», ауд. 303	4.2 Требования к документации 6.Обеспечение ресурсами 7.Этапы образовательного процесса 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	10.30-11.00	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	Лившиц Виктор Абрамович
4	Кафедра «Технологии и проектирование изделий легкой промышленности», ауд. 402	4.2 Требования к документации 6.Обеспечение ресурсами 7.Этапы образовательного процесса 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	11.00-11.30	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	Герасимова Нелли Ивановна
5	Кафедра «Педагогика и социальная работа», ауд. 410	4.2 Требования к документации 6.Обеспечение ресурсами 7.Этапы образовательного процесса 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	11.30-12.00	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	Третьякова Татьяна Николаевна
6	Кафедра «Экономика и менеджмент сервиса», ауд. 509	4.2 Требования к документации 6.Обеспечение ресурсами 7.Этапы образовательного процесса 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	12.00-12.30	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	Израйлева Ольга Васильевна
8	Предварительное совещание аудиторов	4.2 Требования к документации 6.Обеспечение ресурсами 7.Этапы образовательного процесса 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	13.00-13.30	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	
9	Заключительное совещание	4.2 Требования к документации 6.Обеспечение ресурсами 7.Этапы образовательного процесса 8 Измерение, анализ и улучшение	29.04	13.30-14.00	Шефер Л.А. Попов М.Ю. Гичкина Е.В. Нестерова Н.С. Брюхова О.В.	

8 Дата представления отчета:

Руководитель аудиторской группы:

Начальник ОУКО _____ Л.А.Шефер _____
Личная подпись Дата

СОГЛАСОВАНО:

Декан В.А.Лившиц

Рис. 6

троль и может привести к несоответствию читаемой дисциплины профилю специальности; отсутствие некоторых должностных инструкций сотрудников; отсутствие плана работы и другие несоответствия.

В области анализа результатов аттестаций и сессий отмечается тенденция снижения уровня подготовки абитуриентов, несоответствия уровня баллов ЕГЭ и знаний студентов первого курса по ряду предметов после аттестации, проведенной в начале первого семестра (рис. 7).

На рис. 7 приведено только процентное соотношение неудовлетворительных оценок студентов 1 курса за 2005 и 2008 гг. в соответствии с набранными ими баллами по математике по ЕГЭ. По всем уровням ЕГЭ наблюдается устойчивая тенденция к росту неудовлетворительных оценок.

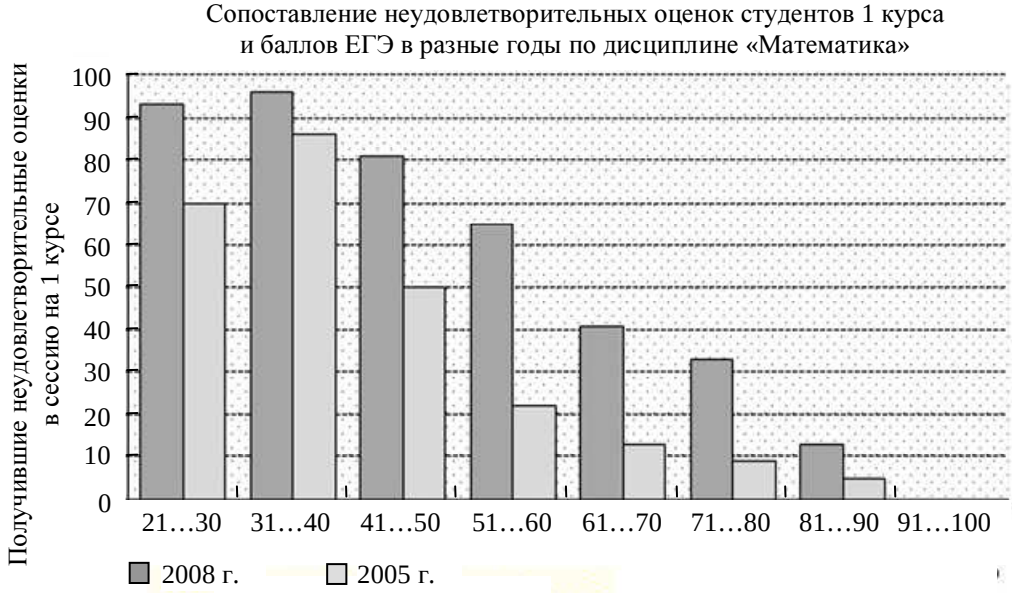


Рис. 7

Подобная тенденция требует проведения большого объема дополнительных занятий, которые не всегда приводят к положительному результату, что вызывает существенный отсев студентов на младших курсах. Особенно сильно эта тенденция наблюдается на факультетах с большим объемом предметов математического и физико-химического направлений.

Отмечаемое в последнее время снижение качества математической и физической подготовки абитуриентов требует согласования программ школьного обучения (независимо от их направленности) с требованиями высшего образования, что является существенным для реализации программы – «Образование через всю жизнь». С целью повышения ответственности школьников за получение знаний, их мотивации и освоения принципов самостоятельной подготовки необходимо, как нам представляется, вернуться к системе сдачи экзаменов ежегодно начиная с четвертого класса.

Таким образом, аудит образовательной деятельности подразделений позволяет объективно судить об основных направлениях образовательного процесса, находить несоответствия, предлагать способы их устранения и улучшения.

A. L. Shestakov, A. I. Sidorov, L. A. Shefer, E. V. Gichkina

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM (QMS) OF THE UNIVERSITY, THE AUDIT OF THE EDUCATIONAL ACTIVITIES

Principles of reception and the analysis of the information on nonconformity of educational process in two-level QMS of the university, based on external audits of activity of faculties, internal audits of the process of education and information about level of preparation of students knowledge (qualification) are considered.

Quality Management System, audit of activity, level of qualification, nonconformance

УДК 378.4 (470.24-25)

В. А. Исаев, А. Н. Чадин, И. Э. Крюков, А. Д. Шадрин

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ И ПРОЦЕССАМИ В СИСТЕМЕ КАЧЕСТВА ВУЗА НА БАЗЕ ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА TRIM-QM

Изложен подход к автоматизации управления документами и процессами системы качества вуза с использованием информационных технологий и анализируются возможности применения программно-методического комплекса TRIM-QM для решения этой задачи.

Система качества, автоматизация управления, процессный подход, функциональное моделирование

Инновационное развитие экономики Российской Федерации требует от высших учебных заведений (вуз) системного управления своей деятельностью с целью повышения качества подготовки квалифицированных кадров, востребованных на рынке труда. Данная задача может быть решена при внедрении и эффективном функционировании в вузе типовой модели системы качества (СК) образовательного учреждения (рис. 1), которая разработана на основе требований стандарта ISO 9001:2000 (ГОСТ Р ИСО 9001–2001) и с учетом стандартов и директив для гарантии качества высшего образования в Европейском регионе [1], [2].

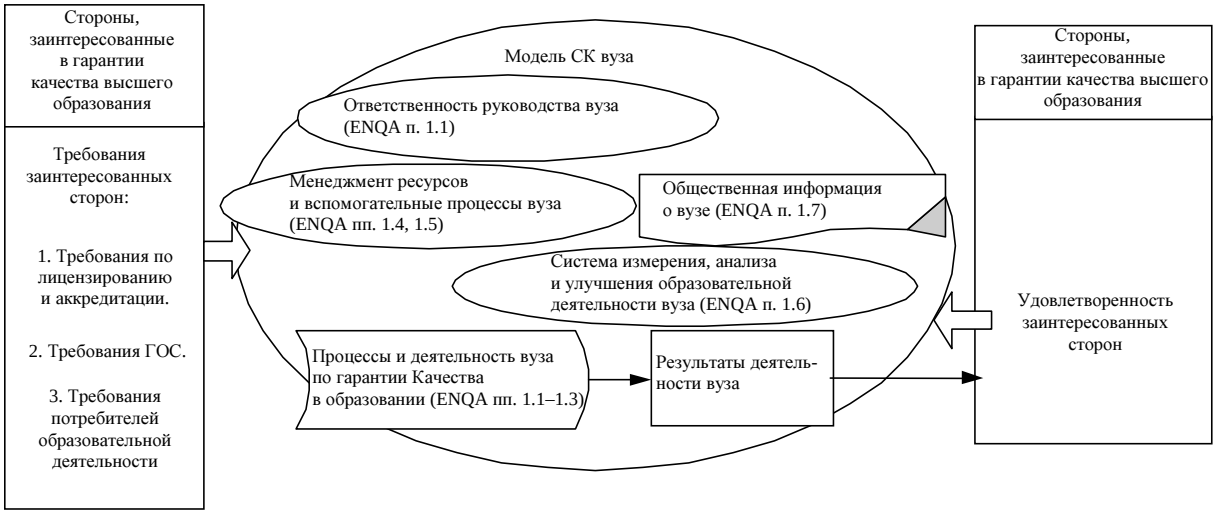


Рис. 1

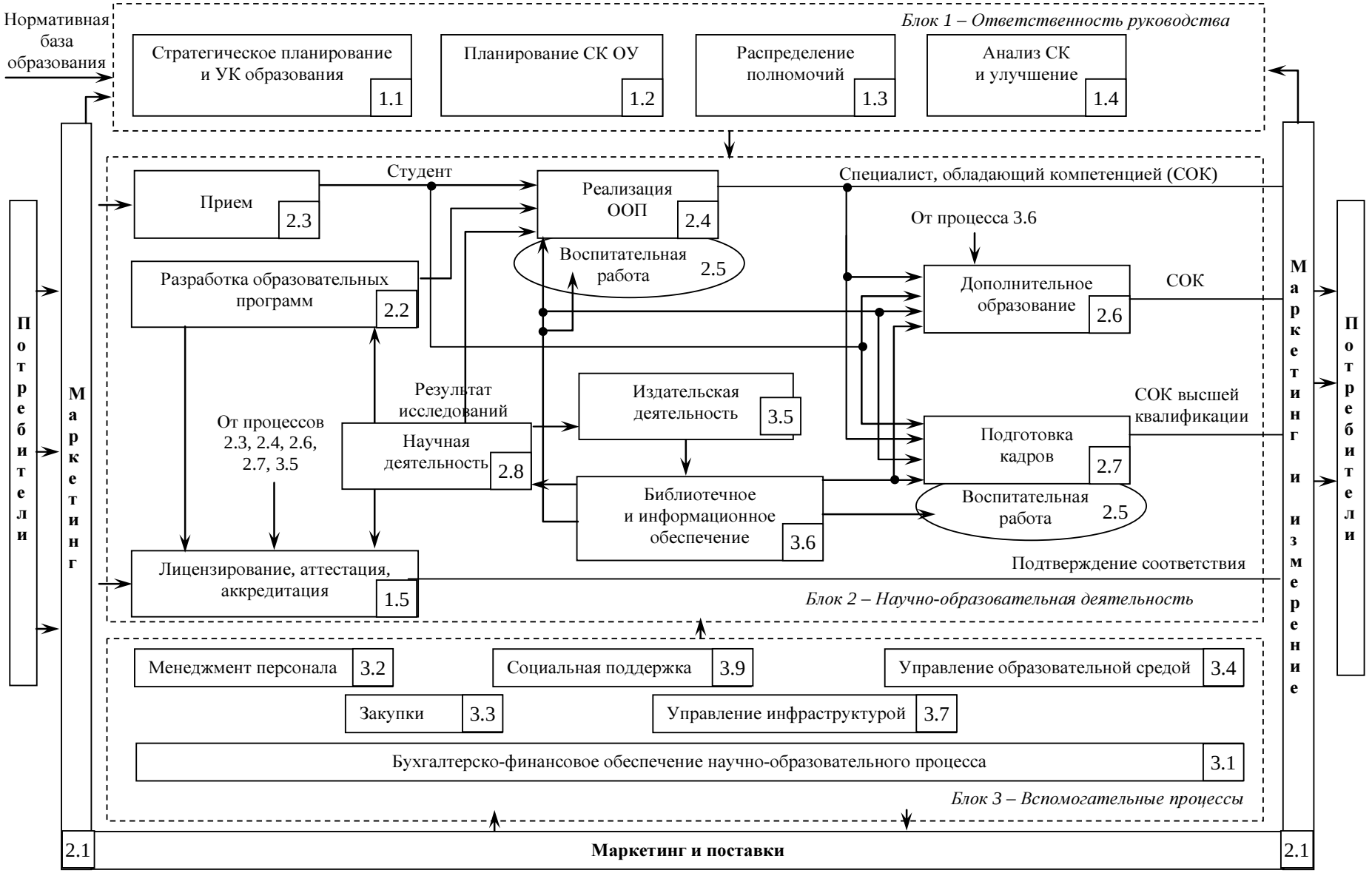

Нормативная база образования
Блок 1 – Ответственность руководства
Стратегическое планирование и УК образования 1.1
Планирование СК ОУ 1.2
Распределение полномочий 1.3
Анализ СК и улучшение 1.4
Потребители
Маркетинг
Студент
Специалист, обладающий компетенцией (СОК)
Прием 2.3
Реализация ООП 2.4
Воспитательная работа 2.5
От процесса 3.6
Разработка образовательных программ 2.2
Дополнительное образование 2.6
СОК
Результат исследований
Издательская деятельность 3.5
СОК высшей квалификации
От процессов 2.3, 2.4, 2.6, 2.7, 3.5
Научная деятельность 2.8
Подготовка кадров 2.7
Библиотечное и информационное обеспечение 3.6
Воспитательная работа 2.5
Подтверждение соответствия
Лицензирование, аттестация, аккредитация 1.5
Блок 2 – Научно-образовательная деятельность
Менеджмент персонала 3.2
Социальная поддержка 3.9
Управление образовательной средой 3.4
Закупки 3.3
Управление инфраструктурой 3.7
Бухгалтерско-финансовое обеспечение научно-образовательного процесса 3.1
Блок 3 – Вспомогательные процессы
2.1
Маркетинг и поставки
2.1
Маркетинг и измерение
Потребители

Рис. 2

Реализация процессно-ориентированного подхода при внедрении типовой модели СК вуза требует инвентаризации всех типовых процессов вуза, определения их целей, лиц, ответственных за эти процессы, и документальной регламентации этих процессов. Для решения указанных задач по отношению к совокупности типовых процессов вуза [1] (рис. 2) актуализируется потребность в информационных технологиях [3], [4], предназначенных для компьютерного сопровождения разработки и функционирования СК и реализующих методику комплексного объединения нормативной документации, регламентирующей алгоритмы работы подразделений вуза в СК.

Для решения указанных задач в системе качества вуза может быть использован программно-методический комплекс TRIM-QM (TRIM – Quality Management) [5], который разработан в НПП «СпецТек» [см. www.trim.ru] на основе программного обеспечения TRIM (Targets Related Information Management).

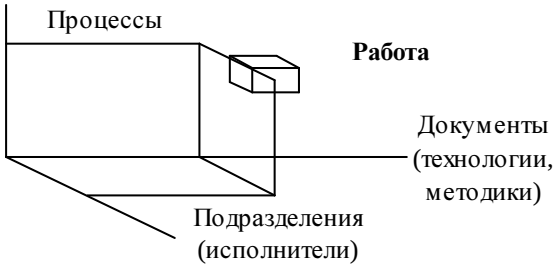


Рис. 3

Использование TRIM-QM позволяет по-новому детально описывать взаимодействие процессов и подпроцессов вуза. Достигается это благодаря заложенной в TRIM-QM связи «работа – процесс – подразделение – документ» (рис. 3), которая дает возможность эффективно встраивать в документированную модель системы качества вуза работы, регламентируемые документированными процедурами (ДП). На рис. 4 и 5 приводится детальное описание данных работ внутри процесса или подпроцесса, что продемонстрировано на примере процесса «Реализация основных образовательных программ».

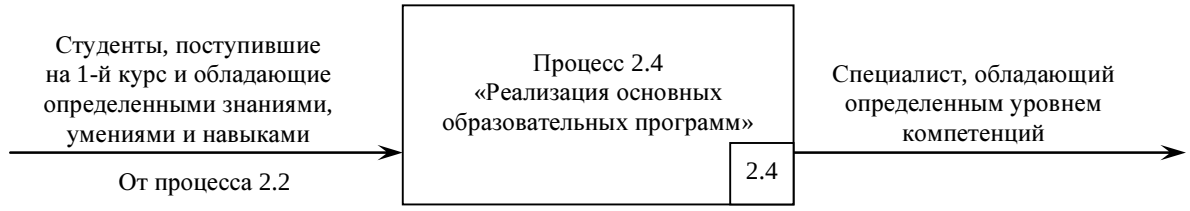


Рис. 4

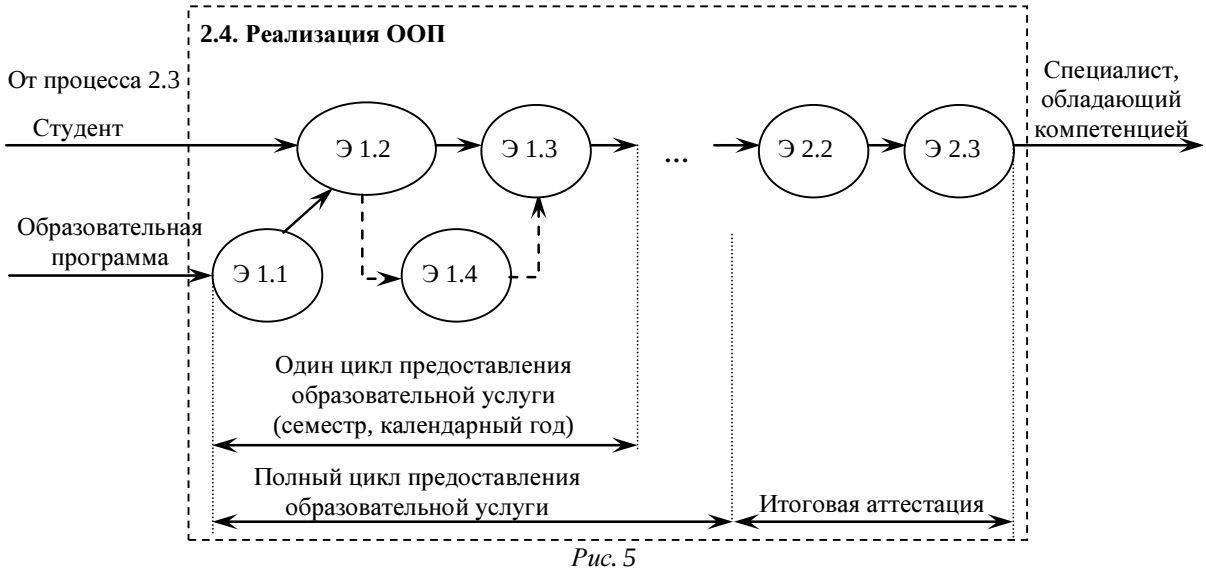


Рис. 5

Система TRIM-QM обеспечивает возможность автоматизации управления документами и процессами типовой модели СК вуза в соответствии со структурой, приведенной на рис. 6. Использование автоматизированной системы качества вуза на базе TRIM-QM позволяет наглядно отобразить все процессы и процедуры, так как кроме текстовой части она дает возможность графически представить взаимосвязи процессов с указанием всех необходимых сопутствующих документов и документооборота, управляющих воздействий, с распределением ответственности и полномочий.

Применение автоматизированной системы качества вуза на базе TRIM-QM и технологий визуального моделирования бизнес-процессов деятельности вуза [6], [7] (рис. 7), является инновационным подходом при формировании его СК и позволяет значительно сократить временные и трудовые затраты/ресурсы по созданию системы управления на основе качества.

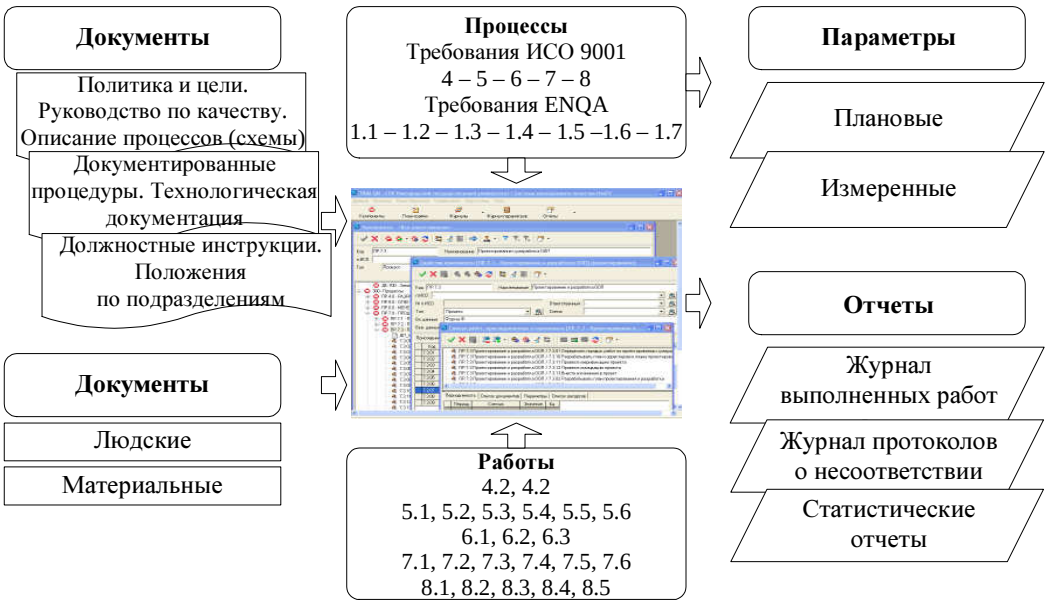


Рис. 6

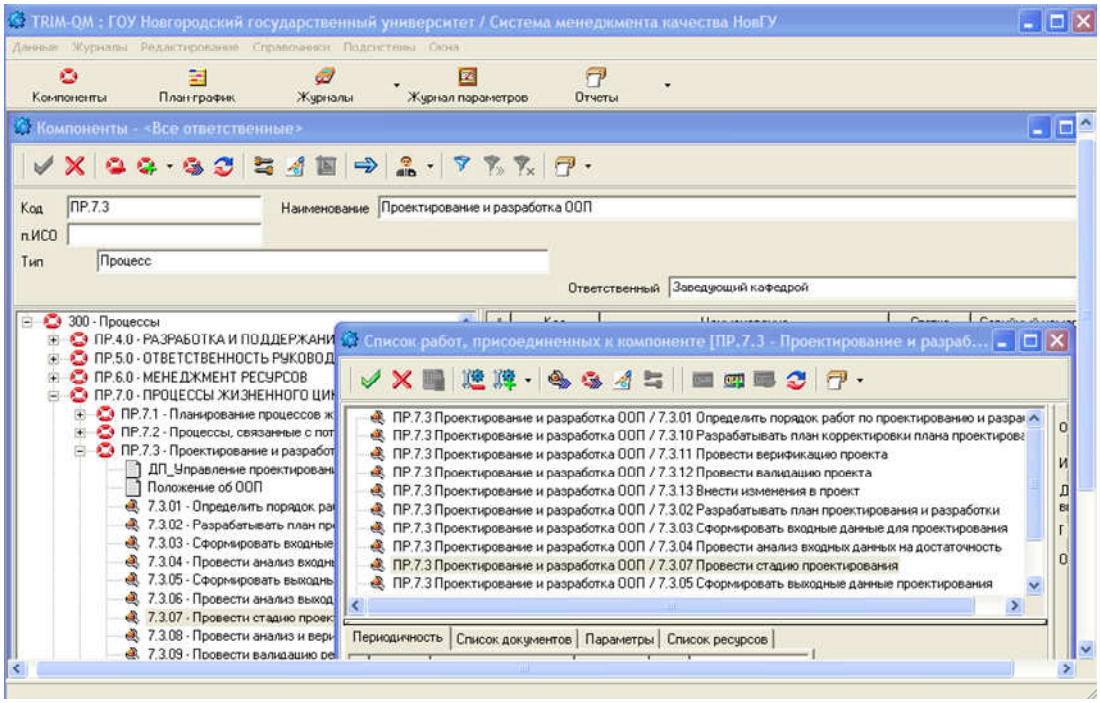


Рис. 7

Рассмотренный в настоящей статье подход по автоматизации управления документами и процессами в СК вуза на базе программно-методического комплекса TRIM-QM используется в рамках проекта «Разработка и апробация системы качества образовательной и научной деятельности НовГУ, отвечающей требованиям европейских стандартов гарантии качества высшего образования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по внедрению типовой модели системы качества образовательного учреждения / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, Д. В. Пузанков и др. – СПб.: ПИФ.com., 2007.

2. Стандарты и директивы для гарантии качества высшего образования в Европейском регионе / Пер. с англ.; Под. ред. Б. А. Сазонова. – М.: ФИРО, 2007.

3. Никифоров Г. В. Информационные системы – ключ к построению эффективной СМК // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 1. – С. 42–46.

4. Сойфер В. А. Система управления качеством образования в университете на основе информационных технологий // Университетское управление: практика и анализ. – 2006. – № 5(45). – С. 92–97.

5. Крюков И. Э., Шадрин А. Д. Принципы автоматизации системы менеджмента // Качество. Инновации. Образование. – 2005. – № 2. – С. 29–35.

6. Казанцев А. К., Мешкис Д. К. Моделирование бизнес-процессов современного вуза на основе информационных технологий // Инновации. – 2006. – № 2.

7. Р50.1.028–2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология IDEF0.

УДК 658.562

И. В. Степанов

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ В СИСТЕМЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Описаны структура и функции системы информационной поддержки качества в образовательном учреждении.

Информационная поддержка, система качества образовательного учреждения, система информационной поддержки качества

На современном этапе инновационное развитие образовательных учреждений (ОУ) является одним из условий выживания в условиях конкуренции на рынке образовательных услуг. Одним из механизмов, обеспечивающих инновационное развитие ОУ и гарантии качества предоставляемого образования, является внедрение в ОУ системы качества (СК).

Система качества ОУ является частью системы менеджмента ОУ, которая направлена на достижение результатов в соответствии с целями в области качества. Основной целью системы качества ОУ является удовлетворение потребностей, ожиданий и требований потребителей и других заинтересованных сторон.

Система качества (СК) образовательного учреждения является основой постоянного улучшения процессов ОУ и предназначена для практической реализации стратегии ОУ по улучшению качества образования с целью повышения удовлетворенности потребителей: обучаемых, их семей, работодателей, государства и общества в целом. Наличие СК ОУ в традиционном «бумажном варианте» на сегодняшний день можно считать не вполне эффективным. Бурное развитие информационных технологий и их широкое внедрение в ОУ

России позволяет говорить об актуальности создания средств информационной поддержки функционирования СК ОУ, с использованием сетевых компьютерных технологий и инструментальных программных средств.

Для создания эффективно действующей СК ОУ требуется внедрение высокотехнологичных информационных систем на основе всего имеющегося потенциала организации. На сегодняшний день можно выделить три основных направления развития работ в области информационной поддержки СК ОУ [1]:

1. Описание и моделирование процессов СК ОУ.

2. Автоматизация документооборота.

3. Интеграция СК в общую систему управления ОУ.

Функции и структура СИПК. Основным назначением системы информационной поддержки качества (СИПК) является автоматизация задач сбора, обработки и анализа информации по всем видам деятельности ОУ, связанным с качеством [1]. СИПК ориентирована на решение следующих групп задач:

1. Предоставление должностным лицам СК и ОУ информации, необходимой для принятия решений по управлению качеством в ОУ.

2. Формирование отчетности о деятельности СК для руководства ОУ и инспектирующих организаций.

3. Предоставление инструментов для эффективного управления процессами СК ОУ.

В состав СИПК входит шесть функциональных подсистем [1], [2]:

1) информационно-справочная система по вопросам менеджмента качества;

2) подсистема мониторинга;

3) подсистема поддержки проведения внутренних аудитов;

4) подсистема управления документацией и записями СК;

5) подсистема анализа и принятия решений;

6) подсистема проектирования процессов.

Структура СИПК и взаимодействие ее подсистем представлены на рисунке.

СИПК относится к классу сетевых распределенных систем и может функционировать параллельно с другими информационными системами ОУ. Система может поддерживаться как на отдельном сервере, так и входить в состав интегрированной корпоративной среды ОУ. Порядок, формы и периодичность обновления информации в СИПК определяются ее информационными потребностями, выбранными протоколами связи информации и ее обмена и требованиями защиты данных.

Требования, предъявляемые к СИПК. Стандарты и директивы ENQA [2] определяют, что информационные системы ОУ, относящиеся к качеству, должны охватывать следующие области:

– прогресс студентов и уровень успеваемости;

– спрос на выпускников на рынке труда;

– удовлетворённость студентов учебными программами;

– эффективность преподавания;

– состав студентов и его анализ;

– доступные обучающие ресурсы и их стоимость;

– главные показатели деятельности данного учебного заведения.

При разработке структуры СИПК конкретного ОУ необходимо учитывать наличие в ОУ других информационных систем, их функциональные возможности и имеющиеся в них данные, которые могут использоваться при функционировании системы качества.

При создании СИПК необходимо учитывать структуру и принципы функционирования информационных ресурсов всех информационных систем, имеющихся в ОУ и связанных со сбором, обработкой или хранением данных, важных для СК. При этом все имеющиеся в ОУ информационные системы должны быть интегрированы:

– для повышения эффективности системы сбора информации;

– обеспечения актуальности, полноты и достоверности данных;

– исключения ошибок первого и второго рода при передаче данных;

– исключения дублирования и несоответствия данных в различных информационных системах.

Выполненные в 2005–2007 гг. в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» работы показывают, что указанные подсистемы СИПК должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Информационно-справочная система (ИСС) по вопросам менеджмента качества обеспечивает ввод, актуализацию, хранение, изменение статуса, удаление и предоставление по запросам пользователей СК необходимых им документов. При организации доступа к документам учитываются установленные права пользователей.

ИСС содержит полный комплект электронных форм документов СК, а также все нормативные, правовые и методические документы, на которые имеются ссылки (приказы федерального уровня, стандарты предприятия, должностные инструкции и т. д.).

ИСС обеспечивает обработку следующих документов:

– внешних нормативных, правовых и методических документов;

– документов, связанных с управлением деятельностью ОУ;

– документов СК ОУ.

Документация СК ОУ [3], [4] включает руководство по качеству (РК), стандарты организации (СТО), информационные карты процессов (ИК), документированные процедуры (ДП), должностные инструкции и др.

Состав, назначение и требования к документации СК СПбГЭТУ устанавливаются в соответствии со стандартами ОУ «Управление документацией» и «Управление данными и записями».

2. Подсистема мониторинга должна охватывать все основные и вспомогательные процессы СК (учебный, воспитательный, методический и т. д.), связанные с ведением образовательной деятельности. Состав процессов СК СПбГЭТУ определяется разд. 4 документа «Руководство по качеству СПбГЭТУ» [4].

Требования к системе мониторинга процессов изложены в разд. 8 документа «Руководство по качеству СПбГЭТУ». Основными объектами мониторинга являются студенты, преподаватели, функционирование вуза в целом.

Подсистема мониторинга получает данные от следующих подсистем менеджмента СПбГЭТУ:

– данные по приему студентов от АСУ «Абитуриент»;

– данные по кадровому обеспечению от АСУ «Кадры»;

– данные по результатам мониторинга деятельности преподавателей от АИС «Преподаватели»;

– данные по статусу, посещаемости и успеваемости студентов от АИС «Деканат».

3. Подсистема поддержки проведения внутренних аудитов должна охватывать все подразделения ОУ. Подсистема должна содержать данные:

– по планам проведения внутренних аудитов;

– выявленным несоответствиям;

– рекомендациям и срокам по устранению несоответствий;

– предложения по улучшению функционирования подразделений;

– данные об устранении несоответствий, применении корректирующих и предупреждающих действий.

4. Подсистема управления документацией (записями) СК опирается на электронную систему управления документооборотом ОУ. Подсистема обеспечивает доступ пользователей к необходимым документам и непосредственное управление документами СК, используемыми для анализа функционирования СК, а также принятия решений по улучшению СК.

5. Подсистема анализа и принятия решений предназначена для обеспечения обоснованных решениий руководителей всех уровней СПбГЭТУ по корректирующим и предупреждающим действиям, а также по улучшению СК. Подсистема обеспечивает:

– анализ результатов аудитов и мониторинга СК;

– выявление причин несоответствий;

– выдачу рекомендаций по возможным решениям.

В состав подсистемы анализа и принятия решений должен входить экспертный компонент, основанный на использовании вероятностных и нечетких методов.

6. Подсистема проектирования процессов обеспечивает возможность описания, моделирования и оптимизации процессов по вероятностным и нечетким показателям.

Разработанные в подсистеме модели должны быть доступны для использования при принятии решений в «Подсистеме анализа и принятия решений».

Описание и моделирование процессов СК ОУ. Широкое распространение получили такие программные продукты, как BPWin, Aris, Rational Rose. До недавнего времени в вузах наибольшей популярностью пользовались нотации IDEF0 и IDEF3. В большинстве случаев проблемой является практическое использование разработанных бумажных комплектов диаграмм, описывающих процессы. С появлением программных продуктов Aris и Rational Rose возникла возможность использования разработанных описаний при создании систем автоматизации документооборота и разработки средств информационной поддержки СК ОУ. Основной проблемой применения указанных программных продуктов является их высокая стоимость.

Автоматизация документооборота. В настоящее время в ОУ начинают распространяться различные системы электронного документооборота (СЭД), которые позволяют организовать репозитарий (систему хранения, контроля, управления документами), построить систему управления деловыми процессами (взаимодействие пользователей и передача им информации). По данным аналитических агентств DSS Consulting и РБК в России наиболее популярны следующие системы корпоративного документооборота: Делопредприятие, DocsVision, Directum, Евфрат-документооборот, PayDox, Кодекс, Company-Media, Documentum, Hummingbird Enterise, Босс-референт и др. [5].

Интеграция СИПК в общую систему управления ОУ. На сегодняшний день ряд фирм-разработчиков корпоративных систем управления разработали и выпустили на рынок модули, решающие задачи управления качеством на основе стандартов серии ISO 9000. Все системы этого типа являются процессно-ориентированными системами и направлены на интеграцию процессов менеджмента качества в систему менеджмента организации.

Анализ информационных потребностей СК показывает [2], [3], что все измеряемые показатели процессов СК можно условно разделить на три группы:

1) внутренние показатели эффективности и качества процессов;

2) внешние показатели результативности процессов;

3) показатели, передаваемые в другие системы и используемые для представления отчетности.

К числу внешних показателей результативности процессов относятся показатели, используемые руководителями и исполнителями соответствующих процессов СК для оценки их стабильности и эффективности.

К числу показателей внешней отчетности, используемых в СК, относятся в первую очередь данные, используемые для заполнения ОУ ежегодного аккредитационного модуля.

Для эффективной работы СИПК необходимо обеспечить ее взаимодействие (интеграцию) со следующими информационными системами ОУ:

– система «Кадры»;

– система «Планово-финансовое управление»;

– система бухгалтерского учета;

– система «Учебный процесс»;

– система «Абитуриент»;

– электронная библиотека.

В настоящее время различными фирмами разработано и поддерживается большое число программных систем, решающих различные вопросы, связанные с качеством. Примером указанных систем являются программные продукты «Управление качеством» системы «Галактика ERP», модуль «Управление качеством» комплекса «IFS Application» и конфигурация «Управление качеством» «1С: Предприятие». Анализ показывает, что практически все системы ориентированы на решение частных задач управления качеством на промышленном предприятии.

Анализ программных продуктов, решающих задачи в области качества, показывает, что они, как правило, не являются самостоятельными и полнофункциональными системами, не обеспечивают решение всего спектра задач управления качеством, ориентированы на массовое промышленное производство. Они не позволяют в полной мере реализовать вышеуказанные требования к СИПК и не могут быть применены в ОУ.

Как правило, покупные программные продукты, внедряемые в ОУ, решают только задачу контроля качества закупок. В ряде ОУ ведутся работы по созданию собственных СИПК или адаптации существующих систем, решающих, в том числе, и вышеперечисленные задачи. Проблемой создания и внедрения таких систем является то, что при разработке программных средств информационной поддержки СК необходимо учитывать специфику работы ОУ и что требует значительных материальных затрат.

Основным направлением развития СИПК в ОУ является создание дешевых типовых программных решений, рассчитанных на интеграцию с действующими информационными системами ОУ. Типовые программные решения должны обеспечивать описание и моделирование процессов образовательной деятельности, решение задач измерения и анализа показателей качества СК ОУ, а также предоставлять возможность управления процессами в СК ОУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников С. А., Степанов И. В., Суматохина А. М. Функциональная и информационная модель системы информационной поддержки качества образовательного учреждения // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Экономика и менеджмент организации. – 2007. – Вып. 2. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007.

2. European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA): Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area. http://www.enqa.net/.

3. Методические рекомендации для вузов и ссузов по проектированию и внедрению типовой модели системы качества образовательного учреждения / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, Д. В. Пузанков и др. – СПб.: ПИФ.com, 2007.

4. Руководство по качеству / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, В. С. Соболев и др. – СПб.: ПИФ.com, 2007.

5. Левицкий Т. Качество и информационные технологии // Управление компанией. – 2005. – № 5. – С. 12–19.

I. V. Stepanov

INFORMATION SUPPORT FOR EDUCATIONAL INSTITUTION QUALITY SYSTEM

The paper deals with the structure and functions of the System for Information Support of Quality in educational institutions.

Information support, Educational Institution Quality System, System for Information Support of Quality

УДК 81.272

С. Б. Пумпор

К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННОМ ПОЛОЖЕНИИ ЯЗЫКОВ КОЛЬСКИХ СААМИ

Дан краткий обзор языковой политики, проводимой СССР в отношении коренных малочисленных народов Севера (КМНС) саами, и языковой ситуации на Кольском полуострове в советский период. Проанализирована современная законодательная база языковой и образовательной политики РФ. Предствлены последние данные о положении саамского языка на территории РФ. Обозначены возможные пути решения сложившихся проблем.

Языковая ситуация, языковой сдвиг, исчезающие языки, разрыв языковой традиции, языковая политика, государственное языковое планирование, двуязычное образование, кильдинский саамский, кольские саами

Саами – древний народ Северной Европы, до сих пор хранящий свои тайны: этногенез саами, происхождение и место их языка в уральской языковой семье, а также их антропологический тип до сих пор являются большой загадкой для современных ученых и вызывают много разногласий [1], [2]. Еще в средние века территория расселения саами была обширной: южная граница проходила севернее Ладожского озера через Онежское озеро к Белому морю, на севере граница доходила до Северного Ледовитого океана [1, с. 47]. Постепенно теснимые с юга карелами, финнами, славянами, прибалтийскими народами, шведами и норвежцами саами мигрировали все дальше на север, спасаясь от колонизации, ассимиляции и обложения данью [3, с. 89–90]. Однако из-за того, что соседствующие с саами народы находились на более высокой ступени развития техники и хозяйствования, а главное, превосходили их в численности[1], саами перенимали у соседей способы ведения хозяйства, элементы культуры и образа жизни и были вынуждены перенимать языки. «Подобно культурам, – писал Э. Сепир, – языки редко бывают самодостаточными. Потребности общения заставляют говорящих на одном языке вступать в <…> контакт с говорящими на соседних или культурно доминирующих языках» [4, с. 173].

[1] В 1926 г. на Кольском полуострове проживало 1717 саами [15, с. 33], в 1970 г. – 1884 [9, с. 2]. По данным на 1.01.2006 г. в Мурманской области проживает 1791 саами (информация приводится на официальном сайте правительства Мурманской области http://gov-murman.ru/natpers/info/population).

Чем агрессивнее вели себя соседи, тем сложнее было сохранять свой уклад жизни и свою культуру. Языковые контакты, взаимная интерференция языков постепенно привели к двуязычию саамского этноса, а в некоторых областях – к полному переходу саами на язык доминирующего населения, как, например, в России, где нет даже малых административных единиц с саамским большинством [2, с. 48].

В нашей стране саами проживают компактно на Кольском полуострове. Согласно ст. 21 Устава Мурманской области, принятого Мурманской областной думой 26.11.1997 г., саами являются коренным малочисленным народом[1] (КМН) Мурманской области[2]. Однако это не мешает им оставаться одной из наиболее социально уязвимых и беднейших категорий населения области[3].

Наибольшие изменения традиционного культурного и природного пространства саами пришлись на годы советской власти. Вместе с недостаточным желанием саами сохранять родной язык это закономерно привело к языковому сдвигу. Если, согласно данным переписи 1926 г., 97 % саами называли родным титульный язык (при этом Приполярная перепись 1929 г. показала, что 50 % саами владеют русским языком), то переписи, проводимые с 1959 по 1989 гг., демонстрируют медленное, но неуклонное снижение числа саами, назвавших саамский язык родным, и, соответственно, увеличение числа тех, кто назвал родным русский язык. В 1989 г. число владеющих русским как родным или вторым составило 97,6 % [5, с. 34–35, 63]. Саами З. Е Герасимова., одна из последних носителей иоконгского диалекта, назвала в качестве родного языка русско-саамский[4]. П. Саммаллахти считает, что в настоящее время около 1000 саами в России говорят на родном языке, из них около 650 – на кильдинском саамском [6, с. 1–2]. Однако встает вопрос, насколько хорошо они говорят, и можно ли действительно утверждать, что для этих 650 человек саамский является родным языком? Последняя носительница бабинского диалекта умерла в 2003 г., а на иоконгском говорят всего несколько пожилых саами [5].

Вплоть до начала XX в. число получивших образование среди кольских саами составляло 5 % от их общего числа. Языком преподавания у саамских детей был русский, при том что дети часто не знали русского, а учителя – саамского [7, с. 70–71]. Беспрецедентные меры по созданию письменности для «бесписьменных»[5] языков были предприняты в 20–30-е гг. молодой советской властью, которая, опасаясь обвинений в «русификаторской политике», объявила о начале всеобщей латинизации. Работа по созданию алфавитов велась

---

[1] (Коренные) Народы Севера – традиционное понятие, введенное в оборот декретами 1925 и 1926 гг. и изначально объединявшее 26 народов, в том числе и саами. Список этот впоследствии менялся и уточнялся [5, с. 16–19]. Постановлением Правительства РФ от 24 марта 2000 г. № 255 утвержден перечень коренных малочисленных народов РФ, в который внесен и народ саами как традиционно проживающий на территории РФ – в Мурманской области [20, с. 4].

[2] Информация приводится на официальном сайте правительства Мурманской области: http://gov-murman.ru/natpers/info/population.

[3] Сведения приведены в статье И. Разумовой и С. Виноградовой «Кольские саамы в этнокультурном пространстве», размещенной на сайте http://www.eawarn.ru/pub/Bull/WebHome/69_17.htm.

[4] Отрывки из интервью с Герасимовой З. Е. – одной из последних носительниц иоконгского диалекта приведены на сайте http://makitra.net/users/svetlana_pumpor/1061.html.

[5] Язык кольских саами был несправедливо причислен к бесписьменным. В 1878 г. финский лингвист А. Генетц издал в Хельсинки «Евангелие от Матфея» (Хельсинки, 1878) на одном из диалектов кольского саамского (текст был записан кириллицей), в 1891 г. он же выпустил первый словарь кольских диалектов саамского языка. В 1883 г. венгр И. Халас издал «Очерк грамматики русских лопарей». В 1895 г. настоятель церкви Бориса и Глеба написал «Азбуку для лопарей» (Архангельск, 1895) на нотозерском диалекте.

грамотными и заинтересованными специалистами, активно задействованы были и носители языков [8, с. 73–77; 12]. На Кольском полуострове работал З. Е. Черняков, который создал азбуку саамского языка из 38 букв на основе фонетического принципа. Затем началась работа по планированию «корпуса и статуса» языка. И в 1933 г. вышел саамский букварь З. Е. Чернякова [10], в качестве опорного в котором был выбран кильдинский диалект саамского языка (или кильдинский саамский язык, по терминологии П. Саммалахти [6, с. 1]). Издавались учебники и книги на саамском. Активно велась работа по подготовке так называемых педагогов-националистов для саамских школ [9]. Планировалось вести обучение на саамском языке в начальной школе, при этом русский вводился бы как предмет уже в первом классе с тем, чтобы с третьего класса обучение постепенно переводилось бы на русский, а родной язык сохранялся как предмет. Безусловно, в таком построении образовательного процесса очевидны и минусы. Государство стремилось к проведению в жизнь ассимиляторской модели преподавания языков, основная задача которой – «выстроить» мост от дома к школе, облегчить ребенку выполнение требований формального обучения. При такой модели не поддерживается двуязычие, ее окончательными целями являются гуманитарный языковой сдвиг и полный переход на язык доминирующего большинства.

Однако и эти планы реализованы не были, так как с середины 1930-х гг. языковая политика СССР резко изменилась. Создание новых алфавитов было свернуто. Сигналом к этому в известной степени послужило постановление СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 13 марта 1938 г. «Об обязательном изучении русского языка в школах национальных республик и областей». Сам по себе текст постановления не содержал положений, ущемляющих местные языки, и, казалось, был направлен на формирование межэтнической интеграции, однако на практике его применение выразилось в ограничении сферы функционирования родных языков [8, с. 76].

Одновременно с принятием этого постановления по всей стране развернулась кампания по переводу языков с латинской графики на русскую. В результате большое количество периодики и литературы на латинице, в том числе учебной, научной и художественной, полностью выводилось из употребления. Саамский, как и многие другие языки, был объявлен «неперспективным» по причинам малочисленности его носителей и достаточной степени владения носителями саамского языка русским языком. В этот период саамский был выведен из системы образования [8, с. 76–77].

Важно отметить, что алфавиты на основе кириллицы разрабатывались в спешке. Так, А. Г. Эндюковский работал с саамскими диалектами в 30-е гг., в период латинизации. Вынужденный в кратчайшие сроки создать кириллический саамский алфавит, он в 1937 г. предлагает азбуку, отличающуюся от русской всего двумя буквами: исчезла *щ* и вместо традиционного ŋ появилось обозначение *нг*. Очевидно, что новый букварь не мог полноценно обслуживать саамский язык [11].

Прокатившаяся по Кольскому полуострову волна арестов и расстрелов также стала одной из причин, разрушивших лингво-культурологическую преемственность и традиционные связи между поколениями и приостановивших изучение саамского языка на Кольском полуострове на многие годы. В то же время, несмотря на социально неблагоприятную ситуацию для миноритарных языков, лозунги о «свободном развитии» и «равноправии» наций сохранялись: в Конституции 1936 г. (ст. 121) провозглашалось право на образование на родном языке [12, с. 183]. Юридически все языки в СССР, включая русский, оставались равноправными, или, как отмечает М. В. Дьячков, «внеправными», так как после приня-

тия Конституции 1936 г. языкового законодательства в СССР не существовало вообще. В обществе тщательно формировали мнение, что где бы ты ни жил в многоязычной и многонациональной стране, тебе вполне достаточно владеть только одним языком – русским [8, с. 78].

Всего за два первых десятилетия существования советской власти произошла резкая смена принципов языковой политики государства: от мультилингвизма к лингвицизму[1]. Начался процесс формирования «советского народа». Оторванные от родного языка и не ставшие вполне русскими люди оказывались в неком промежуточном положении, потеряв свои этноязыковые и этнокультурные характеристики [11, с. 78–79].

Ситуация конца 1930-х гг. мало изменилась за последующие три десятилетия. В 1940–60-е гг. саамский язык практически не использовался. Вновь заговорили о саамском языке только в 1970-е гг. В 1976 г. Ловозерская школа-интернат получила разрешение Министерства просвещения на возобновление преподавания саамского языка в начальных классах [13, с. 177]. Но возникла новая проблема – отсутствие учебников.

Еще в 50-е гг. изучением саамского языка начал заниматься Г. М. Керт, который в 1971 г. подробно изложил результаты своих исследований в книге «Саамский язык (кильдинский диалект). Фонетика. Морфология. Синтаксис» (Ленинград, 1971). Г. М. Керт до сих пор занимается саамскими языками и является ведущим специалистом в области кильдинского саамского. Однако задачу создания методики преподавания саамского языка взялись решить другие ученые: две обозначившиеся в области группы языковедов. Одну возглавили научный сотрудник НИИ национальных школ Министерства просвещения РСФСР А. А. Антонова и ее помощницы – саамская поэтесса О. В. Воронова и учитель саамского языка Е. Н. Коркина, другую – кандидат филологических наук, доцент Р. Д. Куруч. Впоследствии в разные годы во вторую группу входили Н. Е. Афанасьева, А. Г. Хворостухина, Р. И. Яковлева, И. В. Виноградова [16, с. 177–178]. К сожалению, с начала работы и до сегодняшнего дня у этих двух групп ученых не сложилось единого взгляда на сам саамский язык и на методику его преподавания. И сегодня языковая норма, которую дети осваивают в школе (по букварю А. А. Антоновой), не соответствует норме, зафиксированной в саамско-русском словаре Р. Д. Куруч [14]. До сих пор нет согласия в вопросе фонемного состава кильдинского саамского.

Однако эти лингвистические тонкости не должны мешать сохранению живой речи на саамском языке. И в 1983 г. усилиями энтузиастов в радиоэфир вышла первая передача на саамском языке, правда, длилась она всего несколько минут. С 1991 г. в течение 10 лет каждый четверг в 14.00 на радио звучала программа А. А. Антоновой. С 2001 по 2004 гг. был перерыв [16, с. 18], после которого саамское радио возобновило вещание в очень скромном объеме: 3 раза в неделю по 10 минут. Однако и эти программы доступны сегодня только населению села Ловозеро.

Естественно, чтобы сохранить язык, народу мало иметь учебники – необходима литература на родном языке. К сожалению, все меньше остается тех, кто может поведать предания саамской старины на саамском языке. Да и тех, кто сегодня сам пишет на род-

[1] Термин «лингвицизм» введен Т. Скутнабб-Кангасом и Р. Филлипсоном для обозначения языковой политики, при которой предпочтение отдается монолингвизму, он противопоставляется «мультикультурализму», предполагающему естественным и желательным разнообразие человеческих языков и культурных традиций.

ном саамском языке, мало. Это, в первую очередь, А. А. Антонова, О. Воронова (иоконгский диалект), И. Виноградова, А. Бажанов, а также О. Перепелица, Э. Галкина, С. Якимович, Е. Коркина. Таким образом, саамская литература еще очень молодая, но если судить по авторам – это литература зрелых людей, ведь, к сожалению, молодежи, пишущей на саамском, сегодня нет [15, с. 7–24].

Говоря о законодательстве, отметим, что сегодня в нашей стране действует закон «*О языках народов РСФСР*» от 25 октября 1991 г., который постулирует защиту государством языков народов РФ, содействие «развитию национальных языков, двуязычия и многоязычия», «создание условий для сохранения и равноправного и самобытного развития языков народов РФ» [16]. Как отмечает М. В. Дьячков, «ничего подобного в законодательстве России ни до, ни после революции не было. Закон провозгласил совершенно новые принципы формирования языковой политики в нашей стране» [18, с. 86]. Вслед за этим 10 июля 1992 г. правительство приняло закон «*Об образовании*», согласно ст. 6 которого государство обязуется оказывать содействие в подготовке специалистов для осуществления образовательного процесса на языках народов РФ, не имеющих своей государственности. Право на разработку и реализацию региональных программ развития образования с учетом национальных и региональных особенностей в соответствии со ст. 29 закона передается в ведение субъектов РФ [17]. 19 декабря 2005 г. Мурманская областная дума приняла закон «*Об образовании в Мурманской области*». По закону правительство области уполномочено обеспечивать гарантии и создавать условия для удовлетворения потребностей КМНС в сохранении и развитии языка и культуры (ст. 9), финансировать затраты на разработку, введение регионального компонента содержания образования, разработку и издание учебной и учебно-методической литературы, обеспечивающей реализацию регионального компонента[1].

На первый взгляд, законы соответствуют международным стандартам и защищают языковые права КМНС. Однако на практике с принятием этих законов ситуация мало изменилась. Дома, в семьях на саамском языке практически не говорят, и только в с. Ловозеро еще можно услышать саамскую речь из уст людей старшего поколения [13, с. 178]. Поэтому неудивительно, что саамские дети воспринимают саамский язык как иностранный [15, с. 18]. Вот что по этому поводу говорится в резолюции общего собрания Ловозерских отделений Ассоциации кольских саамов и общественной организации саамов Мурманской области: «Родной язык саамов находится на грани исчезновения. Проводимые меры слабы и не способствуют его сохранению» [13, с. 179].

Как решать эти проблемы? Насущные вопросы о преподавании саамского языка, издании учебников, увеличении количества часов преподавания саамского в школах и увеличении финансирования, предложения о подготовке специалистов саамского языка с определенной периодичностью обсуждаются на конференциях и заседаниях. По предложению Комитета по проблемам КМНС администрации области правительством Мурманской области, специалистами Комитета по образованию, Мурманского педагогического университета, Мурманского педколледжа разрабатывается долгосрочная программа «Сохранение и развитие саамского языка, письменности и культуры», изучается вопрос открытия при

[1] Закон Мурманской области от 19.12.2005 г. № 707-01-ЗМО «Об образовании в Мурманской области» (с изменениями от 26 октября 2006 г.) // Опубликован на сайте Справочной правовой системы «Гарант». http://www.garant.ru.

Мурманском областном институте повышения квалификации работников образования кафедры саамского языка [22, с. 5–6]. Но все эти планы далеки от реализации.

Сейчас саамский язык изучают только в начальных классах Ловозерской школы-интерната; предмет включен в учебный план и изучается факультативно. В 1-м классе обучение ведется на базе кружка (2 часа в неделю), во 2–4-м классах – факультативно (2 часа в неделю), т. е. 288 часов в учебном году (из расчета 36 недель в году). Всего саамским языком занимаются 23 человека. Кроме того, в Ловозерском детском саду есть группа из 10 детей, которые изучают язык на бытовом уровне[1]. В 2003 г. была попытка организовать преподавание саамского языка под руководством Н. Золотухиной в мурманской гимназии № 9 с углубленным изучением иностранных языков. Но просуществовала эта группа из 25 детей, как сообщили автору в дирекции гимназии, лишь полгода. Действует также российско-норвежский проект, по которому на базе Ёнского сельского дома культуры для детей и взрослых проводятся занятия по изучению кильдинского диалекта[2].

Сегодня интерес к саамскому языку проявляют зарубежные ученые, такие как Л. Рантала, П. Саммаллахти. С 2005 г. Карельский научный центр РАН в сотрудничестве с зарубежными партнерами (университет им. Гумбольдта, г. Берлин; университет г. Лейпцига; университет г. Умео, Швеция) и при финансовой поддержке автомобильного концерна «Фольксваген» (Германия) реализует проект «Лингвистические и этнографические документы исчезающих диалектов кольских саамов». В целом, говоря о современном состоянии саамского языка, надо отметить, что язык если и преподается, то факультативно, и никаких правительственных мер, способствующих изучению языка, не проводится.

Как отмечает М. В. Дьячков, наиболее эффективная этноязыковая политика в рамках многоэтнического государства предусматривает сохранение этноязыковой и этнокультурной самобытности отдельных частей социума, а также сохранение и упрочение единства всего социума в целом [18, с. 103]. Во многих странах мира реализуется практика преподавания в обычных школах трех-четырех языков, при этом не идет речи ни о какой перегрузке учащихся. Считается, и не без основания, «что расширение основ гуманитарного знания в целом способствует лучшему усвоению естественно-научных знаний… что нельзя быть квалифицированным специалистом в области естественных наук без практического владения минимум двумя иностранными языками. К этому можно добавить, что овладение местными миноритарными этническими языками расширяет общий лингвистический кругозор учащегося и помогает ему овладевать иностранными языками» [18, с. 107].

Таким образом, с количественным дисбалансом, сложившимся между саамским, миноритарным, языком[3] и русским, мажоритарным, можно бороться, например, посредством:

---

[1] Информация действительна на май 2007 г. и получена 25.05.07 г. от директора Мурманского института повышения квалификации учителей Галины Михайловны Угличиной.

[2] Информация приведена на официальном сайте правительства Мурманской области: http://www-govmurman.ru/natpers/info/education/.

[3] К миноритарным относятся языки, принадлежащие в данном государстве национальным (этническими) меньшинствами или по тем или иным причинам выполняющие второстепенные социальные функции. Мы используем этот термин лишь для удобства, так как, согласно Международной декларации языковых прав, принятой на Всемирной конференции по языковым правам в июне 1996 г., все языки признаются равными и не допускается использование терминов типа «официальные, региональные или миноритарные языки» (Language Policy and Pedagogy: Essays in honor of a Roland Walton / Ed. R. Lambert, E. Shohamy. Philadelphia; Amsterdam, 2000).

– создания качественного дисбаланса в пользу миноритарного языка, т. е. через признание особых характеристик саамского, ценных для какого-либо специфического сектора [19, с. 312]. Это может быть богатейшая оленеводческая и рыболовецкая лексика саамского, его научная ценность как одного из древнейших языков на территории РФ;

– обеспечения всем постоянным жителям данного региона возможности изучать саамский язык без лишних материальных затрат и в удобное время, поощряя такое изучение (морально и материально);

– как можно более широкого проведения региональных праздников языка, конкурсов среди взрослых и детей на лучшее его знание;

– кардинального изменения роли и места саамского языка (как и других иностранных) в учебном плане обычных, а не языковых средних школ; «повышения внимания к социальной роли языка в обществе и к социальной значимости его использования как во внутренней жизни многоязычного государства, так и на международном уровне» [8, с. 107–108].

Бесспорно одно: чтобы язык занял несомненно заслуженное им место в обществе, нужно повышать именно престиж языка, а не его юридический статус [8, с. 88]. «Если язык стоит того, чтобы за него бороться (а какой лингвист не подпишется под этими словами), то самое лучшее, что можно сделать, – это укреплять мотивацию его носителей» [19, с. 314]. Для этого необходимы длительная работа с общественностью, создание условий для функционирования миноритарного языка в различных сферах общественной жизни – администрации, образовании, средствах массовой информации [8, с. 88–89]. Сегодня подобной работы проводится в Мурманской области недостаточно. Одного только Дня саамской письменности мало. Не только русские сегодня не интересуются языком автохтонов Кольского края, но и, как это ни печально, сами саами.

По определению М. Краусса, все языки кольских саами сегодня можно охарактеризовать как умирающие, так как дети перестали выучивать их как родные [12, с. 123]. Сегодняшнее поколение саами можно назвать переломным – с ним может исчезнуть язык, и это серьезная проблема для всех, кто занимается социальным и языковым планированием, ведь, вне всякого сомнения, потеря родного языка приводит к тому, что индивид перестает быть частью данного этноса. Это означает, что саами могут исчезнуть как этничность на территории РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпелан К. Ранняя этническая история саамов // Финно-угорский сборник: Антропология. Археология. Этнография. М.: Наука, 1982.

2. Линкола М. Образование различных этноэкологических групп саамов // Финно-угорский сборник: Антропология. Археология. Этнография. М.: Наука, 1982.

3. Берецки А. История саамов // Сородичи по языку / Фонд им. Ласло Телеки. Будапешт, 2000.

4. Сепир Э. Избранные труды по языкознанию и культурологи / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1993.

5. Вахтин Н. Б. Языки народов Севера и XX веке. Очерки языкового сдвига. СПб.: Дмитрий Буланин, 2001.

6. Sammallahti P. The Saami Languages. An Introduction. Davvi GirijiOS, Kárášjohka / Karasjok, 1998.

7. Хомич Л. В. Саамы. СПб.: Просвещение, 1999.

8. Дьячков М. В. Миноритарные языки в полиэтнических (многонациональных) государствах / ИНПО. М., 1996.

9. Материалы по развитию языков и письменности народов Севера в Мурманском округе. Вып. 1 / Отв. ред. К. К. Луйск; Комитет нового алфавита. Мурманск, 1934.
10. Букварь на саамском языке / Сост. З. Е. Черняков, Н. Герасимов, А. Т. Осипова и др. М.; Л.: Учпедгиз, 1933.
11. Эндюковский А. Г. Саамь букварь. М.; Л.: Учпедгиз, 1937.
12. Вахтин Н. Б., Головко Е. В. Социолингвистика и социология языка: Учеб. пособие. СПб.: Гуманитарная академия, 2004.
13 Большакова Н. П. Жизнь, обычаи и мифы кольских саамов в прошлом и настоящем. Мурманск: Кн. изд-во, 2005.
14. Саамско-русский словарь / Сост.: Н. Е. Афанасьева, Р. Д. Куруч, Е. И. Мечкина и др.; Под ред. Р. Д. Куруч. М.: Русский язык, 1985.
15. Большакова Н. П. Саамской литературе – 15 лет // Наука и бизнес на Мурмане. 1996. № 5 (50). С. 7–24.
16. Закон РФ «О языках народов Российской Федерации». М.: ИНФРА М., 2003.
17. Закон РФ «Об образовании». М., 2006.
18. Богданов Н. Б. Саамы Кольского Севера на пороге третьего тысячелетия // Наука и бизнес на Мурмане. 1996. № 4 (19). С. 5–7.
19. Winter W. Some Conditions for the survival of small languages // Trends in Linguistics. Studies and Monographs 73. Editor Werner Winter. Language Conflict and Language Planning / Ed. by E. H. Jahr. Mouton de Gruyter. Berlin – New Yourk, 1993. P. 298–312.
20. Кальте З. М. Политико-правовые аспекты развития коренного малочисленного народа РФ – саами. Автореф. дис. … канд. полит. наук. М., 2003. 26 с.

S. B. Pumpor

TO THE CONTEMPORARY STATEMENT OF THE KOLASÁMI LANGUAGES

Author briefly presents the Soviet Union's language policy concerning the Kolasámi languages, as well as the latest data on the current state of the Kolasámi languages and culture. Contemporary Russian language and educational legislation is scrutinised. Possible tools to preserve the Sámi languages on the territory of Russia are suggested.

Language situation, language shift, endangered languages, distruction of the language tradition, language policy, state's language planning, bilingual education, Kildinsámi language, Kolasámi

УДК 001: 141

Е. Е. Елькина

НОВОЕ ПОНИМАНИЕ НТР В КОНЦЕПЦИИ «УСТОЙЧИВОГО НЕРАВНОВЕСИЯ»: ПРИНЦИПЫ СОЦИАЛЬНО-СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Представлен анализ комплексного подхода к разработке принципов устойчивого развития с позиций социальной синергетики, рассматриваются методологические и социальные проблемы анализа сложных самоорганизующихся социотехнических систем с учетом изменяющихся ценностей.

Устойчивое неравновесие, социальная синергетика, прогностический потенциал, техногенная цивилизация, методологические и социальные проблемы, инновационные технологии, информация, знание, культура

Современный этап развития технической реальности характеризуется усилением хаосогенных процессов, порожденных всем ходом предшествующей научно-технической деятельности цивилизации. Представители научного сообщества и идеологи техногенного развития пришли к осознанию системного кризиса цивилизации, включающего антропогенный и техногенный. Как отмечают исследователи, необходима разработка новой стратегии цивилизационного развития. Проблема преодоления глобального кризиса требует выявления основных векторов развития цивилизации и их комплексного рассмотрения. В число основных векторов развития исследователи включают: технологический рост, опережаю-

щий развитие адаптационных возможностей культуры и человека; демографический рост, ведущий к неравномерности в потреблении ресурсов планеты, их истощению, экономическому противостоянию государств; возрастание организованной сложности в связи с процессами глобализации и информатизации; возрастание когнитивной сложности как следствие информационной и психологической революций, проявления ноосферных процессов; взаимообусловленность техносферы и семиосферы как проявление закона техногуманитарного баланса. Такая постановка задачи требует адекватной методологии. В гносеологии в целом наметился переход к модельным исследованиям. Модельное исследование осуществляется на основе следующих методологических принципов:

– метода элевационизма (от лат. elevation – возведение), позволяющего выстраивать топологию исследуемых связей не «снизу – вверх», а «сверху – вниз», от более высоких уровней универсума к нижележащим как производным формам эволюционного развития (А. П. Назаретян, Е. Н. Князева, Я. В. Сиверц ван Рейзема и др.);

– методов «футуросинергетики» (термин Л. В. Лескова), позволяющих осуществлять сценарный подход к анализу неравновесных систем; исследовать реальные сценарии и строить с использованием компьютерных программ «ретропрогнозы» (исторически не реализовавшиеся сценарии);

– методов социальной синергетики, опирающихся на такие категории, как субъект, оптимальность, ценность, информация и др.;

– метода глобального эволюционизма, дающего инструментарий для сравнительного анализа самоорганизующихся систем и их отдельных элементов (к примеру, различных стадий техноэволюции) с учетом их ранних и более поздних форм развития;

– антропного космологического принципа, устанавливающего взаимообусловленность эволюции человека его положением в универсуме;

– метода коэволюции, позволяющего прогнозировать развитие техногенной цивилизации и его реализацию, с учетом высших форм эволюции человека и сохранения природы;

– методов социотехнического проектирования, включающих принципы техноэтики и программы ответственности за разработку и воплощение технологических проектов технических систем, инновационных технологий с учетом эволюционного развития человеческих потребностей, космопланетарной среды обитания человечества;

– методов когнитивистики, позволяющих исследовать явления любой природы, включая эволюцию когнитивных структур человека.

Человек как субъект технической деятельности – наиболее хаосогенный фактор современного технологического развития. Являясь одновременно объектом и субъектом экологического кризиса (В. Хесле)[1], человек стоит перед выбором обретения устойчивости, индивидуальной и общественной. Будет ли этот выбор проявлением мудрости «преображенного человека», развившего «зерно духа» и не утратившего в социальном атомизме «сетей» и «коммуникационных практиках акторов» рефлексии личностного начала? «Преображенный космический человек» способен управлять «высокими технологиями»

[1] См.: Николаева Г. Е. Экологический кризис техногенной цивилизации / Дни Санкт-Петербургской философии 2002. Философия науки и техники. Философия культуры и культурологи: Матер. круглых столов. СПб.: Изд-во СПб ГУ, 2003. С. 101.

на основе техногуманитарного баланса. «Развоплощение» человека будет способствовать его ослаблению, усилению киборгизации и расширению «текстуры» (В. А. Кутырев).

Второй значимый для человечества выбор связан с решением вопроса: стоит ли усиливать техногенный прессинг на биосферу планеты или изменить мировоззрение на коэволюцию с Жизнью как целым? Наиболее ощутимым в связи с техносферизацией планеты является экологический кризис. Он представляет собой комплексное явление, и многообразие его видов тождественно многообразию основных форм жизнедеятельности цивилизации. Его основу составляет научно-техническая деятельность, определяющая развитие технической реальности. Об антропологическом кризисе говорят в меньшей мере, хотя эти явления взаимосвязаны (А. П. Назаретян, В. М. Розин, Я. В. Сиверц ван Рейзема, Р. К. Стерледев и др.).

Проблема цивилизационных кризисов является центральной темой работы А. П. Назаретяна «Цивилизационные кризисы в контексте универсальной истории». Его подход позволяет осмыслить критерии усложнения социотехнической системы под влиянием воздействия культурных факторов. Технологическое развитие ведет к возрастанию сложности социокультурной системы в целом. Технологический рост становится источником трансформации социальной среды, культуры и источником возмущения коллективной психологии, порождая кризисы. Закон необходимого разнообразия (закон Эшби) и закон иерархических компенсаций (закон Седова) позволяют описывать механизмы конструктивных и деструктивных изменений в сложных системах любой природы. Философское обобщение эволюционного процесса и цивилизационного развития человечества позволяет обнаружить проявление трех взаимосвязанных процессов: удаления от равновесия, усложнения организации и усиления динамики процессов отражения. В сложной иерархической системе рост разнообразия на верхнем уровне вызван ограничением разнообразия на нижележащих уровнях, и напротив, повышение разнообразия на низшем уровне разрушает верхний уровень организации системы, что ведет к ее гибели[1].

Назаретян приходит к выводам о способах преодоления кризисов, совпадающим с выводами П. А. Сорокина, не дополненным приложением математических моделей и синергетическими представлениями. Унификация подсистем, отмечает он, выступает условием повышения конструктивности системы в целом. В современном обществе закон техногуманитарного баланса проявляется как селективный механизм, с помощью которого человечество адаптируется к возрастающему технологическому могуществу. В системно-кибернетических терминах этот закон выражает зависимость между потенциалом внешнего управления, потенциалом самоконтроля и устойчивостью. Недостаточность культурных механизмов противодействия технизации среды редуцирует поведение социума к поведению биологической популяции, пробуждая агрессию социальных групп и отдельных индивидов.

Возрастание когнитивной сложности, как считают исследователи, обусловлено эволюцией внутренних психических структур человека («программ», «матриц сознания») как качественным изменением взаимосвязей индивидуального и коллективного разума. Человеческая культуросозидающая деятельность осуществляется на разных уровнях универсума (протекает в разных «мирах» (К. Поппер), «темпомирах» (Е. Н. Князева)). Подобные взгляды на природу когнитивной сложности человека разделяют философы (К. Поппер,

[1] См.: Назаретян А. П. Цивилизационные кризисы в контексте универсальной истории: Синергетика, психология и футурология. М.: Per Se, 2001. С. 181.

М. Мамардашвили, Х. Субири, В. Н. Сагатовский, В. В. Налимов) и психологи (К. Прибрам, С. Гроф, Т. Лири, Дж. Лили и др.). В современных исследованиях природы когнитивной сложности соединились материал прикладных и теоретических исследований психологии деятельности человека, теории лингвистического анализа, идеи восточной философии, в частности, буддизма, даосизма, йоги, современные исследования искусственного интеллекта. В целом, анализ вопроса о векторе когнитивной сложности в XXI в. указывает на ряд важных факторов:

– психические структуры человека представляют определенные схемы эволюционного развития. В совокупности их можно рассматривать как многомерную модель мира, состоящую из многообразия программ, осваиваемых человечеством в глобальном историческом процессе;

– повышение уровня когнитивной сложности коррелирует с возрастанием этического сознания человечества в процессе историко-культурного опыта и позволяет расширять «каналы» общения, переживать в индивидуальном и групповом опыте сопричастность социальной целостности более высокого уровня;

– информация, заключенная в человечестве, объективируется в культуре в качестве многообразных форм знания, включая многообразие технологий. Знания управляют человеческой деятельностью и трансформируют реальность;

– рост операциональности в обработке информации и многофункциональность информационных технологий ведут к усилению операциональности человеческого интеллекта, к стандартизации языка и мышления – к деформации и машинообразности человека и его жизненного мира;

– сам по себе плюрализм когнитивных моделей не является достаточным условием изменения тенденций технологизации реальности. Необходим творческий синтез интеллекта и чувствознания в методологии и личностном опыте. Живое Слово и Живая Этика – вот краткое выражение условий преобразования, «преображения» человека и общества, вступающих в космопланетарную стадию развития.

Довольно широко в литературе обсуждаются проблемы формирования ноосферы как гармоничной среды человеческого бытия, сферы разума, сферы реализации творческих возможностей разума и духовного преобразования человечества. Исследователи высказываются за введение ноосферной философии в образовательные курсы университетов, формирующих «пространство» культуры.

Ряд исследователей отождествляют становление ноосферы с процессами информатизации техносферы. Понятие ноосферы анализируется в связи с рассмотрением инновационной деятельности, в которую окружающая среда включена как составляющая социотехнического проектирования (В. Г. Горохов, И. А. Майзель, Б. И. Иванов и др.), или в связи с обоснованием перехода планетарного человечества к автотрофности (Н. Н. Моисеев, Э. В. Гирусов, Т. Д. Стерледева, А. П. Назаретян). При такой постановке вопроса ноосфера рассматривается как инфосфера, доопределяющая техносферу и биосферу. Акцент в рассмотрении проблем преодоления глобального кризиса смещается в сторону разработки принципов развития в условиях «устойчивого неравновесия» (sustainable development), социального контроля за вводимыми технологиями либо в направлении перспектив развития электронно-виртуальной реальности. Н. Н. Моисеев говорит о качественном изменении не

только мировоззренческих, но и технологических, и социальных ориентиров ноосферной ступени развития. Он отмечает, что «вступление в эпоху ноосферы, т. е. в тот период истории, когда биосфера и общество будут развиваться как единый организм, как кооперативная система, эволюция которой следует целенаправленному началу, стремящемуся (но не гарантирующему) обеспечить гомеостаз (sustainability, «устойчивое неравновесие») человека и биосферы, … в принципе возможно. Но оно будет означать качественное изменение характера эволюции общества и человека. И не только общества, но и биосферы как системы. Это значит, что тогда возникнет еще раз НОВАЯ ПЛАНЕТА! ... На которой сможет жить только новый человек! Какой? Об этом говорить еще рано…»[1]. Важную роль в формировании ноосферной стадии развития Моисеев придает «Коллективному Разуму» и «Коллективному Интеллекту», обеспечивающим высокий уровень образованности наций и потребность в принятии коллективных решений, развитии информационных технологий, эволюции духовного мира людей.

В области философии технической реальности и социальных наук задача состоит в разработке принципов «устойчивого неравновесия». Понимание уровня сложности современных социотехнических систем заставляет учитывать динамический характер изменений состояний системы, действие законов хаоса и порядка как проявления самоорганизации. Синергетика акцентирует внимание на факторах, в силу которых прогнозирование поведения системы становится невозможным (Н. Н. Моисеев, А. П. Назаретян). Среди указанных факторов: уровень сложности системы; завуалированный характер структурного «сцепления» человеческого и технического в век информационных технологий; двойственная роль источников энергии, применяемых для технологического обеспечения жизнедеятельности современной цивилизации и одновременно представляющих ориентацию на риск как плату за прогресс. Серьезного осмысления требует само понятие объема возможностей современных информационных технологий. Применительно к понятию общественного производства проблемой является «воспроизводство невероятных структур», постоянное пребывание человека и общества в состоянии открытости риску, в состоянии неустойчивости.

Принцип «устойчивого неравновесия» является ключевым в концепции экологического движения. Один из разработчиков концепции устойчивого развития общества, Л. Браун, сотрудник Института всемирных наблюдений, определяет его как общество, удовлетворяющее свои потребности без ущемления перспектив последующих поколений. Н. Н. Моисеев отмечает в истории становления и развития человечества серию кризисов, преодоление которых способствовало переходу предков современного человека на новый, более высокий уровень организации. «И на каждой ступени возникала „новая планета”, – замечает он, выражая надежду на Коллективный Разум современного человечества как важнейший фактор для выхода из современного глобального кризиса[2].

Глобальные проблемы, порожденные научно-техническим развитием, носят системный характер. В XX в. человеческая техническая деятельность, несмотря на определенные меры гражданского контроля, привела к значительному сокращению ресурсов планеты, к

[1] Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь Разума. М.: Языки русской культуры, 2000. С. 79–80.
[2] Там же. С. 79–80.

исчезновению многих видов растений и животных, к разрушению биосферы. Недостаточность ресурсов в совокупности с ростом народонаселения в слаборазвитых странах явились причинами экономических, политических, экономических конфликтов, этнического насилия и т. п. Концептуальное рассмотрение проблемы ответственности требует ее постановки в более широком теоретическом и социально-культурологическом контексте. Эта задача предполагает прежде всего переосмысление мировоззренческих установок современной цивилизации в духе экологического мышления с учетом перспективных направлений научных исследований в области синергетики, космологии, теории информации, молекулярной биологии, трансперсональной психологии и др.

Новое концептуальное понимание проблемы ответственности может быть получено из осмысления роли «знания» и «власти», формирующих ответственность общества за результаты научно-технического преобразования мира на основе междисциплинарного экологического подхода. С середины XX в. обсуждение проблемы социальной ответственности было вызвано потребностью самих ученых, занимавшихся ядерными исследованиями, ознакомить общественность с возможными негативными последствиями использования ядерной техники. Интегративное исследование глобальных проблем было осуществлено группой ученых под руководством Д. Медоуза. Задача докладов, согласно сообщению президента Римского клуба Д. Печчеи, состояла скорее в предостережении общественности и сводилась к выявлению катастрофических последствий, наметившихся в развитии цивилизации. Необходимо было «стимулировать» политические решения для их предотвращения[1]. С 70-х гг. в связи с комплексным характером проблем, порожденных научно-техническим развитием (загрязнение окружающей среды, кризис перепроизводства, угроза ядерной войны и др.), понятие ответственности исследуется с позиций многофакторного анализа проблем с целью выработки стратегии управления научно-техническим прогрессом. Программа включает в себя ряд положений: рационализацию социального устройства в планетарных масштабах; углубление научно-гуманитарных исследований с учетом сложности мира как целого; оценку новых изобретений и технологий с целью постановки прогресса на службу интенсивному повышению уровня жизни, гуманизации труда; переориентацию в использовании энергий.

На рубеже XX–XXI вв. обсуждению экологических проблем были посвящены международные и всероссийские конференции, симпозиум «Экологические императивы современной цивилизации» IV Российского философского конгресса (Москва, 2005); материалы международных научных конференций: «Техника, общество и окружающая среда» (Москва, 1998); «Последствия научно-технического развития» (Москва, 2000), монографии и сборники, в частности, «Введение в оценку техники» Д. В. Ефременко (2002). Изменилась постановка проблемы ответственности. Суть изменений состоит в многообразии стратегий решения экологических проблем не только с позиций профессиональных инженеров и ученых, философов техники и науки, но и культурологов, социологов, представителей различных философских направлений. Сегодня можно говорить об углублении обсуждаемой проблематики в рамках системного концептуального анализа (И. К. Лисеев,

[1] См.: Meadows D. The Limits of Groth. N.Y., 1972.

Э. В. Гирусов, Н. И. Иконникова, Д. В. Ефременко)[1]. Значительно расширился спектр обсуждаемых вопросов в контексте проблемы ответственности, рассматриваемой в концепции устойчивого развития (В. Г. Виненко, А. В. Воронков, А. А. Логвинов, З. Т. Дзуцева); как проблемы ответственности (О. А. Каркач); как проблемы экологической политики (К. В. Кауфман); в русле философских проблем экологической безопасности (В. С. Лямин, Т. В. Наумова); с учетом методологии прогнозирования последствий НТП (С. А. Паршенков); как проблемы социальной экологии (В. В. Мантатов, Э. У. Нурмухамедов, Ю. В. Олейников); в постановке проблемы экологии культуры (Л. Н. Доценко, В. А. Хомутников, Л. Г. Чернышова); как проблемы экологического мировоззрения и познания (Н. С. Канатьева, Л. А. Тронина, Е. Г. Уварова, Г. Г. Устьянцева, Т. В. Наймушина); экологического движения «глубинной экологии» (Ф. Капра, А. В. Варапутин, А. З. Баглиева, Д. С. Веселов, М. А. Дашаев); ноосферного движения (Г. С. Смирнов, Н. П. Антонов, Т. Лешкевич, А. К. Адамов, Т. Н. Суминова, В. Н. Василенко, В. Г. Иглин)[2].

В силу чрезмерно возросшей структурной сложности современной технической реальности, включенности практически всех сфер общественной жизни в сферу технического производства и использования результатов технической деятельности проблемы технологической этики и ответственности приобрели глобальный характер. В их числе: анализ специфики основных уровней ответственности; проблема информационной безопасности; проблема энергетических и информационных ресурсов; основные аспекты проблемы управления развитием техносферы; исследование влияния инновационных технологий на экологию; влияние глобализации на экологию планеты; комплексные проблемы техноэтики; проблемы биоэтики.

Вопрос социальной ответственности за технологическое развитие включает несколько аспектов. Во-первых, кто должен и кто в состоянии принять стратегию реализации мер ответственности? Во-вторых, каким образом ее реализовать во всех частных технических решениях? В принципе, экспертным советам в большинстве стран мира понятно, как должна выглядеть стратегия технического развития. Не вполне ясными остаются пути и темпы изменения сегодняшней технической политики, а также критерии оценки этих изменений. Большие разногласия существуют в вопросе о том, какие меры должны принимать отдельные страны. Несмотря на то что все согласны с целями международной политики по охране окружающей среды, собственные экономические интересы отдельных государств препятствуют ее реализации. Примером эффективного международного сотрудничества является контроль за нераспространением ядерных технологий.

Эффективное управление политикой технических изменений требует разделения задач и видов ответственности. Ф. Коллинз, рассматривая проблему ответственности в инженерной деятельности в работе «Специальная ответственность инженеров», выделяет три вида ответственности. Трехуровневая структура ответственности включает в себя инди-

---

[1] См.: Лисеев И. К. Экологический кризис сквозь призму современной философии природы // Философия и будущее цивилизации: Тез. докл. и выступл. IV Российского филос. конгресса, Москва, 24–25 мая 2005 / МГУ. М., 2005. Т. 3. С. 487–488; Иконникова Н. И. Современная экологическая ситуация и основные экологические императивы новой цивилизации. Там же. С. 476–477; Гирусов Э. В. Автотрофность человечества как императив современной цивилизации. Там же. С. 468.

[2] См.: Суминова Т. Н. Ноосфера: Поиски гармонии. М.: Академический проект, 2005.

видуальную ответственность инженеров в сфере повседневной практики, коллективную ответственность специалистов в соответствующих областях применения технологий, гражданский контроль за внедряемыми технологиями в виде публичных обсуждений их возможных деструктивных последствий.

Наиболее хорошо разработанными в настоящее время являются положения инженерной этики. Х. Ленк и К. Митчем особое внимание уделяют вопросам инженерной этики в связи с проблемами контроля за развитием информационных и биотехнологий, ядерной техники. Ленк отмечает, что ввиду динамического характера развития технологий моральная ответственность должна всякий раз создаваться заново как моральная ответственность личного и сверхличного типа[1]. Он выделяет восемь областей, требующих учета переоценки взглядов относительно этики. Среди них: оценка технологий, вызывающих необратимые экологические изменения; ответственность в отношении нерожденной жизни; контроль в связи с манипуляцией человеком в сфере медицинских технологий; ответственность в связи с использованием технологий генной инженерии; ответственность в сфере массового внушения; оценка информационных технологий, применяемых в частной жизни человека в компьютеризированном обществе, и др. Сегодня компьютерные системы принимают решения об ответных ядерных ударах. В различных информационных системах использован значительный объем личных данных большого числа граждан, причем эта тенденция усиливается в связи с проблемами борьбы с терроризмом и др. Философам и ученым еще предстоит определить границы компьютеризации общества с учетом изменения системы ценностей в связи с внедрением новых информационных технологий.

Комиссия Союза немецких инженеров в концепции инженерной этики выделяет восемь ценностных критериев, предъявляемых к техническим изобретениям: способность функционирования, экономичность, повышение благосостояния, здоровье, безопасность, качество окружающей среды, качество общества, развитие личности.[2] Х. Йонас рассматривает понятие ответственности как производное от «власти» и «знания». Он считает, что необходимость нового понимания прав и обязанностей человека-техника вызвана глобальной технизацией жизни. Чем больший отклик обсуждение этой темы находит в обществе, тем яснее осознается опасность технического развития, управляемого преимущественно экономическими интересами. Никогда прежде человек не имел такой технической власти. В связи с широким распространением компьютерных технологий информация становится сегодня символом власти. Знания не только усиливают власть, но и повышают ответственность.

Как отмечает Т. Д. Стерледева, электронно-виртуальная реальность (ЭВР) представляет собой своеобразное зеркало современного человечества. Ее использование требует экзистенциальной зрелости. «ЭВР – слишком серьезная вещь, чтобы доверять контроль над ней только бизнесменам и программистам-электронщикам. Пора человечеству задуматься над собственным будущим, ибо первый шаг в него уже сделан – Интернет сложился. Второй шаг – „Большая Магистраль”, по выражению Б. Гейтса. Самое время, чтобы задуматься и

---

[1] Ленк Х. Ответственность в технике, за технику, с помощью техники // Философия техники в ФРГ / Пер. с нем. и англ. М.: Прогресс, 1989. С. 387.

[2] Хунинг А. Инженерная деятельность с точки зрения этической и социальной ответственности // Философия техники в ФРГ. С. 412.

не допускать прежних ошибок».[1] В связи с виртуализацией различных сфер жизнедеятельности современного общества культура оттесняется на периферию. Исследователи говорят о кризисе культуры, о необходимости разработки принципов экологии культуры как принципов устойчивости человеческого бытия.

Э. В. Гирусов считает, что неотложной задачей при решении экологических проблем является проведение «основательной экологизации общества» с целью его перехода от «гетеротрофности» к «автотрофности». Людям необходимо либо прекратить наращивание био- и техномассы, что трудно достижимо, либо перейти к «автотрофности», что позволит стать «вторыми (вслед за растениями) автотрофами». Этот переход позволит поддерживать биосферу, обеспечивать полную утилизацию энергетических и вещественных потоков, изымаемых из планеты и идущих из Космоса. В итоге на Земле появится, по словам В. И. Вернадского, «первое автотрофное позвоночное»[2].

В вопросе о формировании новой системы ценностей сторонники экологического движения ратуют за отказ от антропоцентрических ценностей в пользу «экоцентрических». Когда система экологических представлений укоренится в повседневном сознании, утвердятся новые этические принципы.

Прогнозирование стратегий развития цивилизации сопряжено с пониманием трагизма судьбы человечества ввиду неопределенности выбора. А. П. Назаретян полагает, что перспектива усиления искусственного начала в человеке и его окружении несет в себе двойственность. С одной стороны, это усиление соответствует общеэволюционной тенденции, проявляется в обострении экзистенциальных проблем человечества («накопление генетического груза») и может завершиться разрушением планетарной цивилизации. С другой стороны, виртуализация реальности несет в себе и положительные ожидания: создание виртуальной реальности можно рассматривать как творческую сублимацию агрессивных проявлений (подобную функцию выполняли древние ритуалы, искусство танца, спортивные игры). «Мозаичное» мышление имеет свои достоинства и недостатки: его преимущество по отношению к мышлению на основе логики бинарных оппозиций заключается в возрастании информационной емкости, в меньшей восприимчивости к замкнутым «идеологиям». Повышение удельного веса субъективной реальности в совокупности взаимодействующих реальностей выражает тенденцию роста цивилизационной устойчивости[3].

Человечество стоит на перепутье. Являясь средоточием универсума, оно доопределяет развертывание предначертанных Проектов. Проблема социальной ответственности должна быть осмыслена в контексте глобальной Истории и становления ноосферной ступени развития человечества с учетом формирования нового образа человека как Держателя Мира на основе экологической и космопланетарной Живой Этики. Коллективный Интелект, воплощенный в современных инновационных технологиях, определяющих приоритетные

---

[1] Стерледева Т. Д. Мир человека в виртуальной реальности. Пермь: Изд-во Пермского гос. ун-та, 2003.

[2] Гирусов Э. В. Автотрофность человечества как императив современной цивилизации // Философия и будущее цивилизации. С. 468.

[3] См.: Назаретян А. П. Цивилизационные кризисы. С. 198–205.

направления научно-технического и экономического развития цивилизации, должен быть уравновешен Коллективным Разумом и Мудростью веков, воплощенных в культурных ценностях, высшей из которых является сохранение Жизни на планете. Принципы социальной синергетики призваны внести вклад в реализацию этой задачи.

E. E. Elkina

A NEW APPROACH TO THE SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONCEPTION: THE PRINCIPLES OF SOCIAL-SYNERGETIC ANALYSIS

The analysis of the complex approach to the working out the principles of the sustainable development from the point of view of the social synergetics. The methodological and social problems of the complex self-organized social-technological systems are discussed considering changing values.

Sustainable development, social synergetics, prognostic value, technological civilization, methodological and social problems, innovation technologies, information, knowledge, culture

УДК 81.42

И. А. Ленькова

PR-ТЕКСТЫ В СТРУКТУРЕ ТЕОРИИ РЕЧЕВЫХ АКТОВ

Приводятся различные классификации речевых актов, рассматриваются PR-тексты в структуре теории речевых актов, иллюстрируются различные типы речевых актов на конкретных примерах PR-текстов.

Речевой акт, PR-текст, пресс-релиз, бэкграундер, байлайнер

Теория речевых актов является одним из быстро развивающихся направлений современной лингвистики. В качестве основных единиц человеческой коммуникации она определяет не отдельные слова или даже предложения, а многоплановые по своей структуре речевые действия (т. е. в функции локутивных актов), выступающие в качестве носителей определённых коммуникативных заданий (т. е. в функции иллокутивных актов) и направленные на достижение определённых эффектов (т. е. в функции перлокутивных актов). В этой связи интересно рассматривать PR-тексты через призму теории речевых актов, в первую очередь из-за малоизученности данной области.

Существует множество подходов к классификации речевых актов, но любая классификация опирается прежде всего на заложенные в речевом акте коммуникативные намерения (интенции) говорящего. По Джону Сёрлю[1], это так называемые иллокутивные (неречевые, а точнее, внутриречевые) функции и силы. Дж. Сёрль различает констативы, в которых сообщается о каких-то реалиях (Лекция переносится на понедельник), комиссивы, в которых говорящий берёт на себя то или иное обещание (Я дам вам эту книгу), и директивы, направленные на то, чтобы побудить к действию (Прекратите разговарить!). Специалисты (М. Л. Макаров [1], Е. В. Клюев [2]) выделяют также следующие типы речевых актов: ассертивные, комиссивные, экспрессивные и декларативные.

[1] Сёрль Дж. Что такое речевой акт. Источник: www.kant.philosophy.ru/searle.htm.

Ассертивные (утверждающие) речевые акты, такие как утверждение и заключение, являются коммуникативными актами, с помощью которых говорящий констатирует факт события. Считается, что говорящий полагает, что его пропозиция точна. Основой ассертива является утверждение, с помощью которого говорящий гарантирует верность выраженного содержания. Ассертив представляет собой некое требование, т. е. его автор обращается к своему собеседнику с просьбой согласиться с некоторым высказыванием. Среди всего многообразия PR-текстов к ассертивам можно отнести пресс-релиз, бэкграундер, факт-лист, имиджевую статью, лист вопросов и ответов (оперативно-новостные и исследовательско-новостные жанры), потому что в задачи этих текстов входят освещение различных событий и констатация фактов. Стоит отметить, что речевой акт предположение, также относящийся к ассертивам, не свойственен рассматриваемым текстам по своей коммуникативной интенции, хотя может проявляться, например, в цитатной части пресс-релиза.

Комиссивные речевые акты, такие как обещание, одобрение и соглашение, являются коммуникативными актами, с помощью которых говорящий обязуется совершить то, что выражено в пропозиции речевого акта, или удержаться от этого. Считается, что говорящий имеет естественное намерение сделать всё то, что он обещает. Их можно рассматривать как ассертивы, потому что некоторые виды бэкграундеров сопряжены с ассертивами по своим коммуникативным интенциям. Поскольку данный тип речевых актов можно рассматривать как вид ассертивов, то все PR-тексты, которые относятся к ассертивам, можно рассматривать и в этой группе (пресс-релиз, лист вопросов и ответов, факт-лист, бэкграундер). К этой группе можно добавить такой тип PR-текста, как приглашение, поскольку приглашение предлагает адресату принять участие в конкретном мероприятии и тем самым подтверждает и обещает, что мероприятие состоится.

Экспрессивные речевые акты, такие как поздравление, соболезнование и выражение радости, разочарования, гнева или сожаления, являются коммуникативными актами, с помощью которых говорящий выставляет напоказ свои чувства, касающиеся определённого события или положения дел. Считается, что говорящий выражает тем самым свои эмоции в рамках речевого действия. При помощи экспрессивного речевого действия участник диалога выражает свои эмоции по поводу какого-либо события. Как известно, эмоция – это результат оценки средств, необходимых для реализации некоторой цели. То есть проявление положительной эмоции – это выражение того обстоятельства, что некоторое событие благоприятствует целям коммуниканта, проявление отрицательной эмоции – выражение того, что некоторое событие является неблагоприятным для реализации его целей (хотя реализуется оно чаще всего невербально). Экспрессивы не так часто используются в PR, как ассертивы или комиссивы, поскольку экспрессивы выражают эмоции, а PR-тексты в основном подают информацию, но не показывают отношения говорящего к ней. Стоит отметить, что здесь встречаются тексты, которые высказывают отношение или объясняют позицию человека или компании к какому-либо событию. Это относится прежде всего к исследовательским и образно-новостным жанрам PR-текстов, в число которых входят байлайнер, заявление в СМИ, поздравление, имиджевая статья, фичер-стори.

Ф. Х. ван Еемерен и Р. Гроотендорст [3] понимают под декларативными речевыми актами такие акты, как объявление об увольнении служащего, открытии собрания, про-

возглашение мужем и женой. С помощью этих речевых действий говорящий отражает определённое состояние дел, которое совпадает с содержанием утверждения. Декларативы употребляются в более или менее закреплённых контекстах, таких как ведение судебных процессов, собраний и религиозных церемоний, в которых всегда понятно, кто совершает определённый декларатив. Однако важным исключением являются такие декларативы, как дефиниции, добавления и разъяснения. Их назначение – способствовать пониманию слушающим других речевых актов через указание на то, как надо их интерпретировать. Употребление таких декларативов не требует специальных полномочий. В деятельности по связям с общественностью данный тип речевого акта употребляется редко, поскольку PR-текст не имеет четко закрепленных контекстов, а служит для информирования о каком-либо событии, хотя к декларативам можно отнести поздравление и байлайнеры, которые наиболее соответствуют данному речевому акту по своим функциональным признакам.

Для PR-текстов наиболее подходящей классификацией речевых актов может стать предложение Т. Баллмера о построении типологии речевых актов на основании контекстных изменений, осуществляемых посредством них. Наиболее значительными группами контекстных изменений он считает «физические», ментальные, языковые и социальные[1]. В соответствии с этим выделяются речевые акты, которые действуют и осуществляют изменения преимущественно на каком-нибудь одном уровне.

Для начала Баллмер выделяет речевые акты, несущие изменения в «физическом» контексте. К ним относятся устная речь (повторить, воспроизвести, сказать), письменная (записать, зарегистрировать), состояние дел (желать, планировать). Под изменениями в ментальном контексте Баллмер понимает представления (информировать, сообщать, продемонстрировать, убедить, спросить), оппозицию (предсказывать, предвещать), внимание (подчеркивать, указывать), эмоциональные состояния ego (проклинать, сокрушаться), эмоциональные состояния alter (язвить, высмеивать), обязательства (приказывать, гарантировать), неуверенность (проверять, сомневаться, угадывать), память (напоминать, вспоминать), сферу концептуализации (классифицировать, упорядочивать). Именно в этом контексте и представляется возможным рассматривать PR-тексты, так как здесь отражаются основные цели PR-коммуникации – информировать (пресс-релиз), следить за изменениями эмоционального состояния (байлайнер, заявление для СМИ), напоминать (интервью, фичер) и т. д.

В этой классификации также выделяются речевые акты, связанные с изменениями социальных состояний: внутриинституциональные (назначать, увольнять, благословлять, защищать), индивидуально-публичные (благодарить, признавать, хвалить), относящиеся к существованию институтов (аннулировать, основывать, устанавливать). Сюда также можно отнести различные типы PR-текстов: пресс-релиз, интервью, бэкграундер, байлайнер, заявление в СМИ, биографию, лист вопросов и ответов.

В отдельную группу Баллмер выделяет речевые акты, связанные с изменениями в языковом контексте: способ выражения (расшифровывать, переводить, реферировать), значение (определять, интерпретировать), референция (называть, указывать), фаза в развитии дискурса (начинать, предполагать), речевой ход (вмешиваться, прерывать), тема (развивать, упоминать, затрагивать). Баллмер также считает, что следует выделить категорию перформативов, яв-

[1] Сёрль Дж. Указ. соч.

ляющихся «ментальными», и отличать их от так называемых социальных перформативов, описанных Дж. Сёрлем и Дж. Остином. Если иллокутивная цель первых – изменение ментального пространства, то назначение вторых – изменение пространства социального. Примерами глаголов, выполняющих функции ментальных перформативов, являются: «обратимся (к)», «проанализируем», «проследим», «предполагается», «представим», «перейдем (к)», – стоит отметить, что данные глаголы очень часто употребляются и в PR-коммуникациях. Если социальные перформативы равносильны поступку, то ментальные – шагу в рассуждении. В основании первых лежит социально значимое действие, тогда как в основании вторых – «ментально» значимое действие, интеллектуальная операция, новое ментальное состояние. По мнению Н. К. Рябцевой, социальные перформативы актуальны только в момент их произнесения, тогда как ментальные – также в момент воспроизведения рассуждения. С этим трудно согласиться полностью. С одной стороны, действительно, говоря «собрание откладывается», мы совершаем однократное действие, тогда как с помощью фразы «выберем второй путь анализа» ментальное действие осуществляется с каждым следующим прочтением текста. Однако директивы «По газонам не ходить», «Просим сохранять тишину», написанные на табличках в общественных местах, хотя и являются социальными перформативами, выполняют свою иллокутивную функцию также многократно. Это касается и многих других речевых действий, встречающихся в письменных текстах; к иллокутивам «многократного действия» можно отнести, к примеру, проверочные вопросы в учебниках и оценочные высказывания в рекламных объявлениях, а также многие типы PR-текстов, поскольку большинство из них впоследствии оказываются опубликованными в СМИ.

Рассмотрим соотношения речевых актов и PR-текстов на примерах пресс-релиза, бэкграундера и байлайнера. Пресс-релиз принято считать основным типом PR-текста. Поскольку главной целью данного типа PR-текстов является информирование журналистов, а затем и широкого круга читателей о событии, имеющем общественную значимость, то с точки зрения речевых актов пресс-релиз можно отнести к ассертивам. В данном случае мы имеем дело с речевым актом констатации, когда автор текста констатирует факт положения дел и, таким образом, оправданно или неоправданно уходит от обязанности доказывать правильность высказанной им пропозиции. Все эксплицитные аргументы автора пресс-релиза выражены именно в виде этих речевых актов. Например, первой фразой пресс-релиза является фраза *«Am 12 Oktober bricht der e-learning-presseclub (elpc) zur zweiten Reiseetappe in Second Life (SL) auf»*. Это высказывание представляет собой полную семантическую структуру, поскольку содержит эксплицитно выраженный констативный глагол «aufbrechen». Далее следует имплицитный речевой акт, который по своей иллокутивной силе соответствовал бы тому значению, которым обладает в авторской аргументации выдвинутое в нем положение. Таким речевым актом является косвенный ассертив *утверждение*. Кроме того, в данном пресс-релизе наблюдается доминирование глагольных форм настоящего времени, преимущественное использование форм изъявительного наклонения и действительного залога, например: *«Die Universität Ulm hat bereits einen fertig realisierten Vorlesungssaal und möchte Veranstaltungen anbieten und e-Learning-Elemente nutzen. Zudem will sie über aktuelle Forschungsergebnisse und Schwerpunkte informieren*, – которые демонстрируют реализацию информативной коммуникативно-прагматической установки текстов и являются характерными признаками речевого акта утверждения (ассертива).

Еще один пример ассертива показан в новостном пресс-релизе, описывающем проведенное среди американских студентов исследование по вопросу оплаты их обучения в вузе. Для повышения достоверности информации в тексте пресс-релиза приводятся результаты исследования. В этом случае мы также имеем дело с речевым актом констатации: *«The survey, conducted on behalf of My Education Directory revealed that in spite of student support grants and loans, the total cost of higher education is too much for many poorer students and their families to afford. The study reflects an increase in the general expenses incurred by students during the course of their studies»*. Данное высказывание представляет полную семантическую структуру с эксплицитно выраженными констативными глаголами «reveal» и «reflect». В данном пресс-релизе можно наблюдать использование глагольных форм настоящего времени изъявительного наклонения, синтаксис предложения усложнен причастным оборотом, вводимым причастием совершенного вида «conducted». Все это свидетельствует о том, что в данном тексте выполняется коммуникативно-прагматическая установка речевого акта констатации.

Бэкграундер представляет собой информационный PR-материал, содержащий информацию о профиле работы организации, ее продуктах и услугах, истории создания и развития, целью которого является расширение и дополнение информации, содержащейся в пресс-релизе. Бэкграундер по своим функциональным признакам можно отнести к двум типам речевых актов – ассертивам и комиссивам. К ассертивам относится бэкграундер, который является несамостоятельным материалом, лишь поддерживающим информацию пресс-релиза (речевой акт утверждения). К комиссивам относится бэкграундер, представляющий собой самостоятельный текст, целью которого является предоставление полной и достоверной информации, помогающей журналисту «подробно и без искажений подготовить нужный материал для СМИ» [4]. Данному типу бэкграундеров свойственно точное и четкое изложение материала, но с выразительными элементами, которые придают речи эмоциональную насыщенность, при этом главный упор делается как на логическую, так и на эмоционально-чувственную стороны излагаемого материала.

Примером бэкграундера-ассертива является документ, информирующий о деятельности Высшей школы телекоммуникаций г. Лейпцига: «Die Hochschule für Telekommunikation Leipzig ist eine staatliche anerkannte Fachhochschule in Trägerschaft der Deutschen Telekom. Sie bildet in den Studiengängen Nachrichtentechnik, Telekommunikationsinformatik sowie Informations- und Kommunikationstechnik aus». Автор данного текста, изложенного в повествовательной манере, использует глаголы настоящего времени и игнорирует выразительные средства, такие как метафоры, метонимии и другие стилистические фигуры, добиваясь главного отличия данного типа текста – четкости и логичности изложения. Глаголы «sein» и «bilden» употребляются в настоящем времени, констатируют факты и являются признаками речевого акта утверждения.

Примером бэкграундера-комиссива является материал, содержащий информацию об издании «Cambridge Who's Who». Комиссивы содержат обещания, и речевой акт обещания, содержащийся в последнем предложении текста бэкграундера, мы можем проследить в следующем примере: *«Cambridge Who's Who is the fastest-growing publisher of executive, and entrepreneur biographies in the world today. This edition provides full information about real professionals and people who built the most successful career in their fields. … If you get it, you'll be able to build up your own career following the examples of the real professionals»*. Язык данного

текста содержит разнообразные лексико-грамматические выразительные средства, которые делают его эмоционально-окрашенным, например: превосходная степень прилагательных «the fastest-growing», «the most successful», усиливающее конструкцию повторяющееся прилагательное «real». Коммуникативно-прагматической установкой данного текста является потребность не только информировать читателей о данном издании, но и побудить аудиторию к прочтению книги. В последнем предложении содержится речевой акт обещания, в котором говорится о том, что книга обещает помочь читателю в построении карьеры.

Байлайнер – авторская или именная статья, посвященная новостному событию, создающая или поддерживающая через авторитетный текст от имени первого (должностного) лица имидж организации. Данный тип PR-текста может быть отнесен к экспрессивам, поскольку языковыми особенностями байлайнера являются употребление глаголов в первом лице (должностное лицо выражает свою точку зрения), а также разнообразных выразительных лексических средств, например: «*Exzellent ausgebildete Mathematiker sind in der heutigen Arbeitswelt unverzichtbar – und ein sehr wichtiger Wettbewerbsfaktor für die deutsche Wirtschaft. Daher freue ich mich, dass wir im Jahr der Mathematik den Abiturpreis Mathematik zum ersten Mal vergeben*». Наречие «exzellent», глагол «sich freuen», усиление значения прилагательного «wichtig» придают речи эмоциональную окраску.

Таким образом, каждый из рассматриваемых PR-текстов можно соотнести с речевым актом. Пресс-релиз может быть сопоставлен с ассертивом, тогда как бэкграундер находится на стыке ассертивов и комиссивов в силу своей коммуникативной задачи, а байлайнер относится к экспрессивам вследствие использования эмоционально-окрашенной лексики. Соотнесение PR-текстов и речевых актов подтверждается синкретизмом интенциональных задач, а также грамматически и лексически.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров М. Л. Основы теории дискурса. М.: Гнозис, 2003.
2. Клюев Е. В. Речевая коммуникация. М: Приор, 2002.
3. Карасик В. И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс. М.: Гнозис, 2004.
4. Чумиков А. Н. Связи с общественностью. М.: Дело, 2001.

I. A. Lenkova

PR-TEXTS IN THE STRUCTURE OF SPEECH ACTS THEORY

The article deals with different classifications of speech acts, considering and illustrating the functions of PR-texts in the structure of speech acts theory.

Speech act, PR-text, press-release, backgrounder, by-liner