

Содержание

Редакционный совет:

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

* * *

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

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Давыдов Е. И.* Обработка сигналов в сверхширокой полосе на базе плис при решении задач радиомониторинга 3

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

- Леньшин А. С., Мараева Е. В.* Исследование удельной поверхности перспективных пористых материалов и наноструктур методом тепловой десорбции азота 9
Иванов С. В. Моделирование информационных характеристик сигнала в фазированной антенной решетке (ФАР) с помощью преобразования Фурье 16

ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Хо Нгок Зуй, Молдовян А. А.* Разработка управляемых постановочно-пестановочных сетей на основе управляемых элементов F2/3 для синтеза скоростных блочных шифров 25
Титов Г. С. Метод управления мультиагентной обработкой данных в территориально-распределенной СППР 30
Абрамкин С. Е., Грудяева Е. К., Душин С. Е. Система регулирования теплообменного процесса в аппарате воздушного охлаждения 35
Аль-Шайх Хасан, Лячек Ю. Т. Обработка параллельных размеров, установленных на отрезки с дугами сопряжения, при параметризации чертежей 40
Григорьев Ю. Д., Митягин С. А., Нгуен Хай Винь. О дифференцировании неявной функции при построении оптимального плана эксперимента 45
Миронов С. Э., Васильев А. Ю. Автоматизация иерархического технологически инвариантного проектирования топологии регулярных макроблоков СБИС 50

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

- Калявин В. П., Та Тхань Хай, Нгуен Ван Чьен, Нгуен Тиен Тханг, Нгуен Хью Тинь.* Диагностическая модель исполнительного устройства гребной электрической установки постоянного тока 56
Поляхов Н. Д., Приходько И. А., Поляхов Д. Н., Рубцов И. А., Швыров И. В. Диагностика состояния электротехнического оборудования 61

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Пронин М. В., Воронцов А. Г., Нахди Т., Кузин М. Е.* Многофазно-многоуровневый преобразователь частоты для гидроаккумулирующей электростанции 67

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Коновалов С. И., Кузьменко А. Г.* Об эффективности применения RL-нагрузки для сокращения длительности акустического сигнала, излучаемого пьезопластиной при ее возбуждении электрическими импульсами различной длительности 79

Лосев А. И., Немов А. В., Тюфтяков Д. Ю., Шубин Д. А.
Устройство для защиты аппаратуры
потребителей ГНСС от узкополосных помех 85

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ**

Садыкова Е. В., Шабиев А. О. Разработка
автоматизированной системы диагностики анемий 93

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Кузнецов И. Р. Интерактивные занятия в техническом вузе 101

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

Глебова Л. Н., Круглов В. И., Степанов С. А. О подходах
к формированию независимой оценки качества образования 107

Кадиев И. Г., Шабалина А. С. Методика комплексной
оценки инвестиционной привлекательности венчурных
инновационных проектов 112

Лапшинова Н. В., Малова О. Ю. Механизм организации
и внедрения системы управления рисками в сфере
банковского предпринимательства 117

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Кудринская Н. И. Идеи справедливого государственного
устройства в творчестве И. А. Ильина 122

Соболева К. В. Ракурсы Петербурга: социологическая
интерпретация визуальных образов 126

Сведения об авторах 134

Правила представления рукописей авторами 139

Учредитель:

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

Свидетельство о регистрации

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

* * *

Редакторы:

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

Подписано в печать 14.06.11 г.

Формат 60 × 84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 17,75.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)

Заказ 52.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

197376, Санкт-Петербург,

ул. Проф. Попова, 5

Тел.: (812) 346-45-23

Факс: (812) 346-28-56

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

Подписка производится в любом почтовом отделении России

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



УДК 621.37

Е. И. Давыдов

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СВЕРХШИРОКОЙ ПОЛОСЕ НА БАЗЕ ПЛИС ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАДИОМОНИТОРИНГА

Рассматривается конкретная реализация устройства обработки сигналов в сверхширокой полосе. Особенностью подхода являются параллельные вычисления, на которые ориентированы программируемые логические интегральные схемы.

Сверхширокая полоса, цифровая обработка сигналов, радиомониторинг, цифровая фильтрация, квадратурное преобразование, ПЛИС, быстрое преобразование Фурье

Радиомониторинг в широком понимании – это проверка и измерение технических характеристик радиопередач, в ряде случаев вплоть до их содержания и места выхода в эфир. Осуществление радиомониторинга является на сегодняшний день необходимостью, обусловленной бурным развитием радиоэлектронных средств связи, радиотехнических систем и средств передачи информации. Спектр контролируемых частот распределен от 9 кГц до 40 ГГц, он постоянно расширяется. Соответственно понятно стремление разработчиков к увеличению мгновенной обрабатываемой полосы частот модулей обработки информации.

По определению Федеральной комиссии связи США, к системам со сверхширокой полосой относятся системы со спектральной полосой не менее 1,5 ГГц, а также системы, у которых ширина спектральной полосы по заданному уровню составляет не менее 25 % от значения центральной частоты, т. е. системы, имеющие показатель широкополосности

$$\mu = 2 (f_H - f_L) / (f_H + f_L) \leq 0,25,$$

где f_H – верхняя граница спектральной полосы; f_L – нижняя граница частотного диапазона [1]. Из вышеизложенного ясно, что системы радиомониторинга должны удовлетворять критерию сверхширокополосности.

Целями обработки является обнаружение и измерение параметров сигналов (импульсных, непрерывных, шумовых, с линейной и нелинейной частотной модуляцией, с фазовой модуляцией и скачками частоты, с перестройкой несущей частоты от импульса к импульсу и от одной пачки импульсов к другой, с вобуляцией импульсных параметров и др). Сверхширокополосную обработку структурно можно подразделить на следующие составляющие:

1. Первичная обработка (аналого-цифровая): гетеродинирование, фильтрация, усиление, аналого-цифровое преобразование.

2. Вторичная обработка (цифровая):

а) комплексное преобразование, спектральный анализ, фильтрация;

б) измерение параметров сигналов.

В данной статье будет затронута первичная обработка в части, касающейся аналого-цифрового преобразования, и оконечная обработка, затрагивающая классические методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), указанные в п. 2а.

При построении систем обработки необходимо решить две задачи:

1. Получить оцифрованные отсчеты, удовлетворяющие теореме Котельникова.

2. Обработать отсчеты, поступающие на частоте дискретизации.

При обработке в сверхширокой полосе для этого необходимы высокие значения частоты дискретизации и тактовой частоты. Первая задача упирается в наличие на рынке устройств аналого-цифрового преобразования с требуемыми характеристиками (в основном быстродействие, значение частоты дискретизации f_s). Решение второй задачи зависит как от технических характеристик устройств обработки, так и от алгоритмов ЦОС.

В настоящее время можно выделить 3 основных класса ЦОС-устройств – универсальные процессоры, сигнальные процессоры, или процессоры цифровой обработки сигналов DSP (digital signal processing), и устройства цифровой обработки сигнала на основе программируемых пользователем вентильных матриц FPGA (field programmable gate array) [2]. Следует отметить, что ЦОС – не одна прикладная задача, а комплекс взаимосвязанных задач, которые в обобщенном виде можно охарактеризовать как задачи предварительной обработки и окончательной обработки сигнала (см. пп. 2а и 2б). Искусство разработчика заключается в правильном выборе ЦОС-устройства для конкретного применения на основе традиционных критериев. Должны учитываться производительность и множество других параметров, характеризующих работу устройства.

Производительность (быстродействие) обычно оценивается в операциях «умножения с накоплением» (MAC – multiply and accumulate):

$$y = \sum_{i=0}^N K_i x_i ,$$

так как к этой операции сводится большой набор математических операций анализа сигналов, например таких, как дискретное преобразование Фурье, операция свертки в цифровых фильтрах и др. Сравнение показателей стоимость–быстродействие ЦОС-устройств приведено в таблице [2].

Быстродействие, ММАКС*	Стоимости ЦОС-устройств, \$	Удельная стоимость DSP, центры/ММАКС	Удельная стоимость FPGA, центры/ММАКС
< 300	< 10	1,8	–
300...1000	10...30	1,6	1,4
	30...100	3	2,8
>1000	100...300	5,8	2,9
	300...1000	13,4	4,2
	1000...10 000	–	20

*ММАКС – миллион операций умножения с накоплением в секунду.

Из таблицы ясно, что для приложений, не требующих производительности более 300 ММАС, оптимальное решение можно найти при использовании DSP. Для приложений с производительностью 300...1000 ММАС предпочтительны специализированные DSP с ресурсами, необходимыми для выполнения требуемых функций (DSP или FPGA). Обработка широкополосных СВЧ-сигналов в реальном времени заведомо подразумевает повышенное быстродействие и требует более 1000 ММАС. Для реализации устройств с такими требованиями целесообразно применять гибридные устройства DSP/FPGA, но этот способ очень дорогостоящий, также возникают сложности стыковки ЦОС-устройств разных классов, касающихся интерфейса устройств ввода-вывода данных, межпроцессорной связи, конфигурации памяти, интерфейса хоста, управления программно-аппаратных средств FPGA [2].

Таким образом, наиболее предпочтительным по критерию «производительность–стоимость» является использование FPGA. Преимущество программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) над сигнальными процессорами еще и в том, что единственный поток исполнения команд обуславливает резкое уменьшение общего числа операций. Наиболее негативно это сказывается при реализации цифровых фильтров высоких порядков. Даже несмотря на то, что некоторые сигнальные процессоры допускают выполнение двух или четырех «умножений с накоплением» одновременно, общее падение частоты оказывается существенным [3]. Напротив, ПЛИС обеспечивают одноктактное исполнение всех операций, используя параллельный расчет. Этому способствует наличие большого количества ЦОС-блоков, выполняющих умножение с накоплением.

Рассмотрим построение функционального узла обработки на примере приема в полосе 1,5...2 ГГц, $\mu = 0,28$. При оцифровке полосовых сигналов целесообразно использовать метод полосовой дискретизации, при этом оцифровка и перенос по частоте выполняются как один процесс (дискретизирующий перенос). При этом кроме теоремы Котельникова должны выполняться условия, которые ограничивают допустимые значения частоты дискретизации в некоторых областях [4]. Для полосового сигнала 1,5...2 ГГц эта область соответствует диапазону частот 1333...1500 МГц. Соотношение для получения частоты дискретизации выглядит следующим образом [4]:

$$f_s = 4f_c / m_{od},$$

где f_c – центральная частота спектра входного сигнала; m_{od} – любое целое положительное нечетное число. Дискретизирующий перенос иллюстрируется на рис. 1.

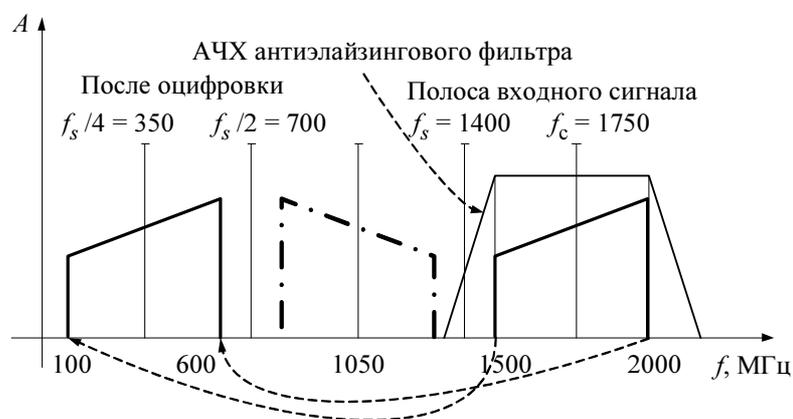


Рис. 1

Преимущество данного соотношения в том, что спектр представляющего интерес сигнала будет центрирован относительно $f_s/4$, а это существенно упрощает последующее комплексное понижающее преобразование. Таким образом, при $m_{od} = 5$ оптимальная частота дискретизации $f_s = 1400$ МГц.

Применительно к последующей ЦОС используются преимущества программируемых интегральных схем над другими ЦОС-устройствами, реализуется обмен быстродействия обработки на высокую степень параллелизма. Поясним: максимальная тактовая частота ПЛИС семейства Virtex 5 равняется 550 МГц, поэтому обработка потока с АЦП возможна при распараллеливании оцифрованных данных на несколько потоков для снижения частоты следования данных. Современные быстродействующие АЦП имеют встроенные демультиплексоры для распараллеливания потока на несколько каналов.

Таким образом, при распараллеливании на 4 потока частота следования отсчетов и тактовая частота равны 350 МГц. В ПЛИС отсчеты, следующие по четырем параллельным потокам, поступают на квадратурный фильтр (КФ), в котором производится комплексное понижающее преобразование, фильтрация и децимация в 2 раза. Умножение отсчетов на $\cos f_s/4$ и $-\sin f_s/4$ осуществляется аппаратным комбинированием потоков с АЦП и опциональным заданием операции суммирования-вычитания в ЦОС-блоках. Децимация выполняется прореживанием коэффициентов фильтра в каждом канале. В синфазном канале остаются четные коэффициенты, а в квадратурном – нечетные. На выходе имеем комплексный сигнал, в каждом канале отсчеты следуют параллельно в двух потоках, частота следования в каждом потоке 350 МГц, полоса частот в синфазном и квадратурном каналах $0 \dots 250$ МГц. Преобразования спектров в КФ приведены на рис. 2.

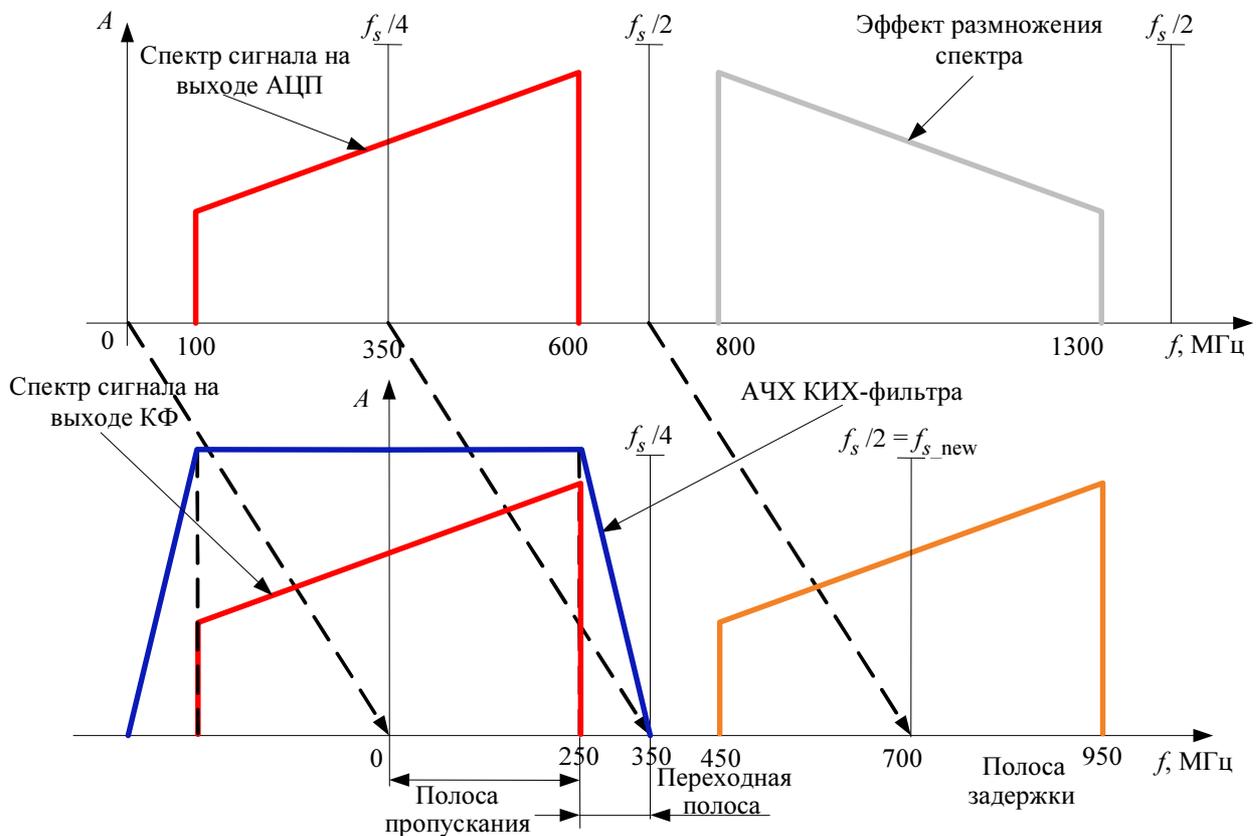


Рис. 2

Так как отсчеты с КФ выходят параллельно в двух потоках в каждом канале, для корректной операции быстрого преобразования Фурье (БПФ) требуется перестановка. Два ядра БПФ одновременно в конвейерном режиме обрабатывают сигнальные интервалы длительностью в 256 отсчетов (256 точек). Блок блочной перестановки (БП) и 2 БПФ являются эквивалентом БПФ 256 точек с тактовой частотой 700 МГц. Частоты анализа БПФ кратны $f_{ан}(1) = 2,734$ МГц. Порядок перестановки показан на рис. 3.

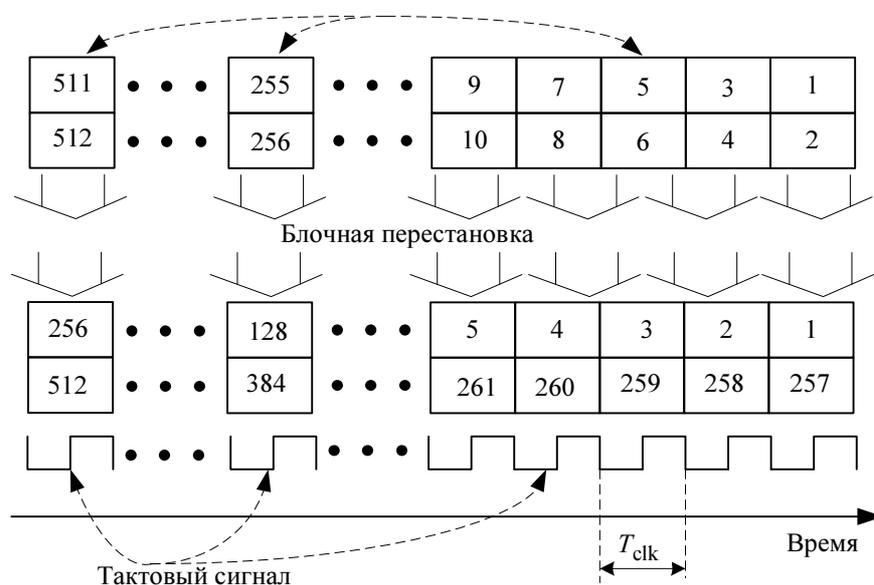


Рис. 3

На выходе отсчеты расположены уже в той последовательности, в какой они были оцифрованы АЦП. Далее вычисляется амплитудный спектр, на основе которого производится обнаружение и измерение центральной частоты. Определенные значения центральных частот в обоих каналах в порядке очереди подаются на модуль параллельного прямого цифрового синтеза (МППЦС) и измеритель. МППЦС генерирует комплексный сигнал, частота которого соответствует составляющей обрабатываемого сигнала с максимальной амплитудой. Его отсчеты параллельны, как и последовательность с выхода КФ, предварительно задержанные на время, определяемое латентностью перестановки отсчетов, БПФ и обнаружения. После комплексного перемножения полезный сигнал переносится на видео-частоту. Учитывая интенсивность потока и значения частоты дискретизации f_s , разумно совместить прореживание и фильтрацию сигнала, что дает следующие преимущества [4]:

- снижается требуемая вычислительная мощность (количество операций в секунду);
- снижается количество отсчетов во временной области, которые необходимо обработать – вычисления завершаются быстрее, что позволяет обрабатывать более широкополосные сигналы;
- уменьшается стоимость (за счет снижения тактовых частот) аппаратных компонентов, используемых при аппаратной реализации обработки;
- уменьшается потребляемая аппаратурой мощность;
- возрастает отношение сигнал/шум за счет фильтрации сигнала, искаженного шумом, за которой следует децимация.

Данную операцию можно обеспечить тремя последовательно включенными цифровыми фильтрами: каскадный интегратор-гребенчатый фильтр (КИГФ), компенсирующий фильтр, перестраиваемый фильтр низких частот (ПФНЧ). Децимация производится в КИГФ 5-го порядка,

достоинством которого является отсутствие операции умножения. На выходе КИГФ один последовательный поток данных, частота следования и частота дискретизации равны 175 МГц. При применении децимации необходимо обеспечить достаточно гладкую АЧХ фильтра в полосе пропускания и узкую переходную полосу. Эти требования нельзя удовлетворить одним только ИГФ с его спадающей АЧХ в полосе пропускания вида $\sin x/x$ и широкой переходной полосой [2]. Для решения этой проблемы после ИГФ включается компенсирующий нерекурсивный КИХ-фильтр. Ширину полосы пропускания компенсирующего фильтра решено было выбрать равной одной четвертой частоты первого нуля АЧХ ИГФ, так как коррекция всей полосы на выходе ИГФ не требуется. Оконечная качественная фильтрация обеспечивается перестраиваемым КИХ-фильтром (переходная полоса не более 5 МГц).

Таким образом:

1. При выполнении мгновенного мониторинга сверхширокой полосы следует разбивать обрабатываемую полосу на поддиапазоны с последующим определением номера поддиапазона с максимальной энергией. Далее обработка ведется в этом диапазоне.

2. Для снижения тактовых частот устройств обработки, а значит, и стоимости целесообразно применять алгоритмы и методы, подразумевающие распараллеливание операций с последующим уменьшением информационного потока.

3. Требование высокого уровня параллелизма обработки подразумевает использование в качестве ЦОС-устройств ПЛИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

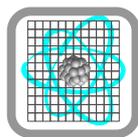
1. Revision of Part 15 of Commission's Rules regarding Ultra-Wideband Transmission Systems. FCC 02-48. 2002.
2. Беляев А., Солохина Т., Юдинцев В. Современные устройства цифровой обработки. Вместе или врозь? // Электроника: наука, технология, бизнес. 2009. № 1. С. 28–35.
3. Тарасов И. Обзор архитектуры ПЛИС семейства Virtex 5 // Компоненты и технология. 2006. № 9. С. 33–38.
4. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ. 2-е изд. М.: ООО «Бином-Пресс», 2006.

E. I. Davydov

SIGNAL PROCESSING IN ULTRA-WIDE BAND ON FPGA IN SOLVING PROBLEMS RADIOMONITORING.

The article discusses the specific implementation of signal processing devices in the ultra-wide. Feature of the approach is parallel computing, in which all of the processing units in the most targeted programmable logic integrated circuits.

Ultra-wide band, digital signal processing, radio monitoring, digital filtering, quadrature transform, FPGA, fast Fourier transform



УДК 47.09.29: 31.15.35

А. С. Леньшин, Е. В. Мараева

ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР МЕТОДОМ ТЕПЛОЙ ДЕСОРБЦИИ АЗОТА

Рассмотрены особенности применения метода тепловой десорбции азота для исследования удельной поверхности пористых материалов и наноструктур различного функционального назначения. Показано, что данная методика может применяться как для сертификации образцов, так и для исследования влияния технологических условий получения на параметры материалов различного типа.

Пористые материалы, наноструктуры, удельная поверхность, адсорбция, десорбция

Определение удельной поверхности является одним из самых распространенных методов исследования пористых и порошковых материалов. Со значением удельной поверхности связаны такие характеристики порошков, как каталитическая активность, электростатические свойства, светорассеяние, способность к агломерации, способность удерживать влагу, продолжительность хранения [1], [2]. Кроме того, удельная поверхность является одной из важнейших характеристик наноматериалов, используемых в газочувствительных сенсорах адсорбционного типа.

Целью работы, результаты которой представлены в статье, являлось изучение особенностей применения метода тепловой десорбции для исследования пористых материалов и наноструктур различного функционального назначения и выявление влияния температурного воздействия на данные структуры.

Эксперимент и обсуждение результатов. В качестве объектов исследования авторами были выбраны нанокристаллические порошки кремния (НК), используемые в качестве катализаторов химических реакций, биосовместимые материалы на основе гидроксиапатита кальция (ГАП), перфторированные сульфокатионитовые полимерные мембраны (серия МФ), а также металлооксидные ксерогели, применяемые для газового анализа.

Для оценки удельной поверхности используется явление физической адсорбции инертного газа на исследуемом образце. Данный способ исследования реализуется в приборах серии Сорби. Принцип работы приборов основан на сравнении объемов газа-

адсорбата, поглощаемого исследуемым образцом, и стандартным образцом материала с известной удельной поверхностью. В качестве газа-адсорбата используется азот. Для измерения объема адсорбированного газа применяется метод тепловой десорбции. Измерение проводится при четырех различных относительных парциальных давлениях газа-адсорбата. Для расчетов удельной поверхности используется теория Брунауэра–Эммета–Теллера (БЭТ). Уравнение теории БЭТ в линейной форме имеет вид

$$\frac{p/p_0}{V(1-p/p_0)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)}{V_m C} \frac{p}{p_0},$$

где p – парциальное давление адсорбата; p_0 – давление насыщенного пара адсорбата при температуре кипения жидкого азота $\theta_k = -196$ °С (в приборе «Сорби N 4.1», используемом в данной работе, реализуются 4 значения относительного парциального давления азота p/p_0 : 0.06, 0.09, 0.15, 0.20); C – безразмерная энергетическая константа, зависящая от теплоты адсорбции и температуры (для газа-адсорбата азота $C = 100$); V – объем адсорбированного газа на грамм образца; V_m – удельная емкость монослоя, т. е. количество газа-адсорбата в см³ (приведенных к нормальной температуре $\theta_n = 0$ °С и барометрическому давлению $p = 760$ мм рт. ст.) на грамм образца, которое поглотилось бы образцом при монослойном покрытии всей поверхности молекулами газа-адсорбата.

Для измерения объема адсорбированного газа через исследуемый образец при температуре кипения жидкого азота пропускают стационарный поток смеси газа-носителя (гелия) и газа-адсорбата (азота) заданного состава. Газовую смесь пропускают до установления равновесия между концентрациями адсорбата в газовой и адсорбционной фазах. Затем образец нагревают от температуры кипения жидкого азота до температуры полной десорбции газа-адсорбата с поверхности образца.

Изменение концентрации газа-адсорбата в потоке газовой смеси в ходе процессов адсорбции-десорбции регистрируется с помощью детектора состава газа (детектора по теплопроводности). Выходным рабочим сигналом детектора является десорбционный пик газа-адсорбата, площадь которого $S_{\text{дес}}$ связана с объемом десорбированного газа V через калибровочный коэффициент K :

$$V = S_{\text{дес}} K .$$

Каждый держатель ампулы, используемый при работе с прибором «Сорби N 4.1», снабжен подводным газ капилляром и теплообменником. Необходимость использования теплообменника связана с тем, что при повышении относительной концентрации азота в смеси ее теплопроводность уменьшается, и газовая смесь не успевает охлаждаться до температуры жидкого азота за время прохода газа через холодную часть пробирки. Теплообменник обеспечивает охлаждение газовой смеси любого состава за минимальное время до минимального отклонения температуры от температуры жидкого азота. Вследствие того, что каждый держатель ампулы с теплообменником обладает индивидуальными особенностями, вносящими вклад в измерение удельной поверхности, была проведена соответствующая калибровка прибора для каждого держателя ампулы. Калибровка производилась с использованием государственного стандартного образца, спрессованного в шаровидные гранулы диаметром ~ 2 мм массой по ~ 0.01 г, об-

ладающего удельной поверхностью 67 м²/г. Процедура калибровки сводилась к определению значения калибровочного коэффициента K для каждого держателя, который связывает площадь под кривой $S_{\text{дес}}$ с объемом десорбированного газа V .

По результатам измерений объемов газа, сорбируемого на испытуемом образце при четырех значениях парциального давления, с помощью уравнения БЭТ определяется значение удельной емкости монослоя V_m и рассчитывается значение удельной поверхности:

$$S_{\text{уд}} = S_0 V_m,$$

где S_0 – площадь, которую занимает 1 см³ газа-адсорбата, адсорбированный мономолекулярным слоем (для азота $S_0 = 4.35 \text{ м}^2/\text{см}^3$).

Общая площадь поверхности образцов определяется по формуле

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{уд}} m,$$

где m – масса исследуемого образца.

Диапазон значений общей поверхности образцов, надежное измерение которых обеспечивается чувствительностью используемого в приборе «Сорби N 4.1» датчика, составляет 4...12 м². Исходя из этих ограничений, были определены диапазоны масс (минимальной и максимальной) для образцов с разной удельной поверхностью. Кроме того, была проведена оценка минимального количества вещества, сигнал от десорбции которого, превышающий уровень шума, мог быть зафиксирован датчиком прибора. За уровень шума принималась площадь под кривой десорбции, составляющая менее 10 В · с.

Результаты расчета масс для образцов с различной удельной поверхностью, сигнал от десорбции которых превышает 10 В · с, представлены в табл. 1.

Таблица 1

$S_{\text{уд}}, \text{ м}^2/\text{г}$	1000	800	600	400	200	150	100	50
$m_{\text{min}}, \text{ мг}$	0.52	0.65	0.87	1.30	2.61	3.47	5.21	10.40
$m_{\text{max}}, \text{ мг}$	12.00	15.00	20.00	30.00	60.00	80.00	120.00	240.00

Влияние температурного воздействия на структуры исследовалось с использованием станции подготовки образцов «Sorbi Prep». Принцип действия станции основан на дегазации дисперсных и пористых материалов путем нагревания в потоках инертного газа (гелия). Станция позволяет задавать температуру и время нагрева в диапазоне 50...400 °С; 0...99 мин.

Исследование удельной поверхности биосовместимых материалов на основе гидроксиапатита кальция. Образцы гидроксиапатита ГАП – биоматериала, являющегося кристаллохимическим аналогом костной ткани человека и животных, – синтезировались методом преципитации с использованием яичной скорлупы в качестве источника кальция с целью дальнейшего применения в стоматологии для изготовления пломбирующих цемента.

Все образцы были приготовлены при комнатной температуре титрованием раствора гидроксида кальция раствором ортофосфорной кислоты. При этом рН раствора образца № 1 устанавливалась равной 9, а образцов № 2–4 – равной 8.5. В дальнейшем все образцы выдерживались в течение 24 ч, полученные суспензии отфильтровывались и подвергались сушке. Сушка образцов производилась следующим образом:

- № 1 – после 3 ч фильтрации был сразу отожжен при 400 °С на воздухе;
- № 2 – аналогично после 3 ч фильтрации с удалением влаги был отожжен при 400 °С на воздухе;

- № 3 – выдерживался в течение 5 сут на воздухе (для удаления H₂O) и затем отжигался при 900 °С на воздухе;
- № 4 – также выдерживался в течение 5 сут на воздухе (для удаления H₂O) и затем отжигался 3 ч при 80 °С на воздухе.

I, о. д.

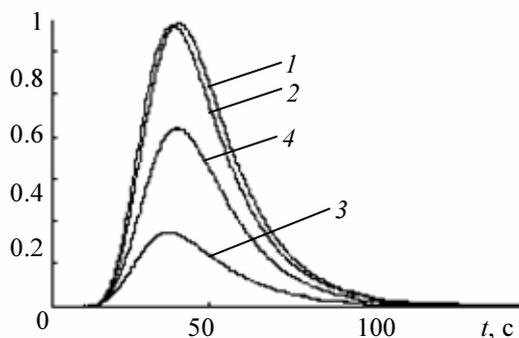


Рис. 1

Впоследствии все образцы помещались в герметичные пакеты и хранились в таком состоянии до проведения исследований.

На рис. 1 представлены кривые тепловой десорбции азота порошков нанокристаллического гидроксиапатита ГАП: 1 – № 1; 2 – № 2; 3 – № 3 и 4 – № 4 при парциальном давлении азота $p/p_0 = 0.09$.

С использованием программного обеспечения UniSorbi для прибора «СОРБИ-MS» по

теории БЭТ были рассчитаны удельные площади поверхности порошков ГАП и определены размеры составляющих порошок частиц. При расчете исходили из приближения, что данные частицы одинаковы по размеру, сферической формы и не имеют пор (табл. 2).

Таблица 2

Образец ГАП	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
$S_{уд}$, м ² /г (БЭТ)	55.4 ± 0.9	55.7 ± 1.1	16.8 ± 1.2	40.2 ± 1.0
Размер частиц, нм (при $\rho \approx 2.6$ г/см ³)	50	50	138	60

Расчет $S_{уд}$ порошков ГАП по данным тепловой десорбции показал, что образцы ГАП № 1 и 2, полученные при схожих технологических параметрах (незначительно отличаются pH факторы раствора получения), имеют одинаковую площадь удельной поверхности и размер частиц. Удельная площадь поверхности образцов ГАП № 3 и 4, полученных при значительно большей (900 °С) и меньшей (80 °С) температурах отжига, снижается по сравнению с образцами ГАП № 1 и 2, что говорит об увеличении размеров составляющих порошок частиц. Данный факт хорошо согласуется с полученными ранее данными и свидетельствует о важности такого технологического параметра, как температура отжига образцов при получении порошков ГАП с заданным размером частиц.

В ходе работы были проведены испытания устойчивости порошков ГАП к нагреванию с использованием станции подготовки образцов «Sorbi Prep». Образцы были подвергнуты тепловому воздействию в станции пробоподготовки при 150 °С в течение 20 мин. Последующие измерения методом тепловой десорбции азота показали, что площадь удельной поверхности образцов не изменилась.

Исследование удельной поверхности нанокристаллических порошков кремния.

Для получения нанокристаллических порошков на основе пористого кремния использовались исходные пластины как *n*-, так и *p*-типа проводимости (легированные фосфором или бором). При этом измельчение порошков осуществлялось различными комбинациями механического, электрохимического и ультразвукового воздействия (группа В. Ю. Тимошенко, лаборатория наноматериалов при физическом факультете МГУ; группа В. М. Кашкарова, кафедра физики твердого тела и наноструктур Воронежского госуниверситета).

На рис. 2 в качестве примера приведены линии десорбции при относительном парциальном давлении азота в смеси 20 %, соответствующие порошкам кремния, полученным по различной технологии: 1 – порошок, полученный на пластинах кремния *n*-типа, легированных фосфором, и состоящий из кремниевых микрогранул с размерами порядка 1...5 мкм, пронизанных нанопорами с диаметром 1...10 нм, получается электрохимическим травлением монокристаллического кремния в растворе плавиковой кислоты с последующим высушиванием и измельчением ультразвуком в хлороформе (НК 1); 2 – порошок, полученный на пластинах кремния *n*-типа, легированных фосфором, электрохимическим травлением монокристаллического кремния в растворе плавиковой кислоты [3] с последующим измельчением ультразвуком в изопропиловом спирте и высушиванием (НК 2); 3 – порошок, полученный на пластинах кремния *p*-типа, легированных бором, полученный электрохимическим травлением монокристаллического кремния в растворе плавиковой кислоты с последующим высушиванием и измельчением ультразвуком в хлороформе (НК 3).

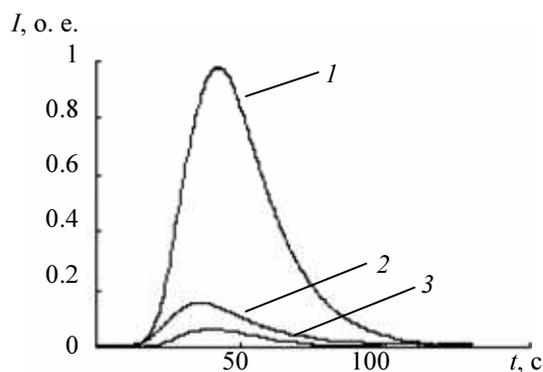


Рис. 2

В табл. 3 приведены значения удельной поверхности образцов, рассчитанные по методу БЭТ, и соответствующие размеры частиц в образце, рассчитанные исходя из приближения, что частицы одинаковы по размеру, сферической формы и не имеют пор.

Таблица 3

Образец НК	1	2	3
$S_{уд}$, м ² /г (БЭТ)	500 ± 30	60 ± 5	30 ± 3
Размер частиц, нм (при $\rho \approx 2.6$ г/см ³)	5	30	70

Таким образом, в применении к данным материалам метод тепловой десорбции азота может являться способом контроля получения порошков с заданными размерами наночастиц.

Исследование удельной поверхности металлооксидных ксерогелей, применяемых для газового анализа. Металлооксиды являются традиционными материалами для газочувствительных покрытий датчиков экологического контроля [4], [5]. Восстанавливающиеся сенсоры работают в атмосфере кислорода, когда кислород является газом-сенсibiliзатором, а детектируемый газ – восстановителем. Определяющим фактором, необходимым для эффективной работы датчика, является развитость поверхности и наличие многоуровневой системы пор, поэтому исследование удельной поверхности в этом случае является одним из ключевых методов анализа свойств сенсоров.

Для исследования были выбраны материалы золь-гель-системы SiO₂–SnO₂ с различным содержанием диоксида олова (0–100 %), полученные при прочих одинаковых условиях синтеза (рН среды, температурно-временные режимы сушки и термообработки).

На рис. 3 приведена зависимость удельной поверхности нанокмполитов золь-гель-системы SiO₂–SnO₂ от содержания фазы SnO₂.

Характер концентрационной зависимости воспроизводился при исследовании нескольких партий ксерогелей, следовательно, можно считать, что полученная зависимость удельной поверхности отражает закономерность, общую для золь-гель-системы SiO₂–SnO₂.

Как видно из рис. 3, по характеру изменения удельной поверхности ксерогелей от состава полученную зависимость можно условно разделить на две области. В каждой из областей экспериментальные точки можно аппроксимировать линейными функциями. В одной из них, отвечающей низкому содержанию олова в системе от 0 до 10 % SnO_2 , наблюдается резкий рост удельной поверхности ксерогелей при добавлении диоксида олова. По-видимому, в этом случае мономерные звенья с диоксидом олова встраиваются в полимерную сетку диоксида кремния, т. е. образуется однофазный раствор полимера в бинарной системе $\text{SiO}_2\text{--SnO}_2$. Вторая область (10–100 % SnO_2) соответствует постепенному спаду значения удельной поверхности при увеличении доли SnO_2 . Предположительно, увеличение содержания олова приводит к образованию однофазных агрегатов диоксида олова, размер которых увеличивается в процессе термообработки гелей, что вызывает уменьшение пористости образцов, а соответственно, и их удельной поверхности.

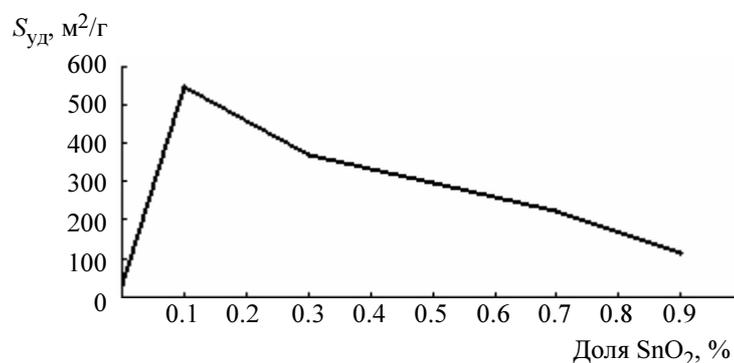


Рис. 3

Исследование влияния теплового воздействия на характеристики материалов с использованием станции «Sorbi Prep» показало, что наибольшую удельную поверхность имеют образцы, предварительно обработанные при $\theta = 200$ °С в течение 60 мин. Данный факт хорошо согласуется с предположением о существовании в исследуемых материалах системы пор разного размера: наряду с макро- и мезопорами присутствуют поры меньших размеров – микропоры, удаление остаточных газов из которых затруднено по сравнению с порами больших размеров. Таким образом, необходимость использования жестких условий предварительной дегазации порошков в станции пробоподготовки связана с тем, что при увеличении содержания фазы SnO_2 (более 10 %) изменяется и характер пористости.

Исследование удельной поверхности перфторированных сульфокатионитовых полимерных мембран (серия МФ). Весьма перспективным при разработке сенсоров является использование в качестве электроактивных материалов перфторированных сульфокатионитовых полимерных (ПСП) мембран МФ-4СК и трубок. В сухом состоянии структура ПСП сформирована мезокластерами, размером $\approx 2\text{...}3$ нм, и гидрофобными участками матрицы. При набухании ПСП их структуру формирует система проводящих каналов, размером $\approx 10\text{...}17/5\text{...}10/3\text{...}5$ нм, разделенных переходными областями, длиной ≈ 2 нм, представляющими собой набор пор радиусом $\approx 0.75\text{...}1.25$ нм. Особенности структуры перфторуглеродистых полимеров, обусловленные гидрофобностью полимерного каркаса, определяют ряд их преимуществ для решения электроаналитических задач. В связи с меньшей долей мезопор и отсутствием макропор такие полимеры характеризуются лучшими селективными

свойствами. При этом наличие гидрофобных (политетрафторэтиленовые цепи) и гидрофильных (сульфокислотные группы) группировок в их структуре представляет лабильность (функциональную подвижность) фрагментов матрицы. Это обеспечивает широкие возможности получения новых композиционных материалов на основе ПСП в результате их модификации неорганическими (гетерополикислоты) и органическими (полимерные гидрогели) соединениями, а также несмешивающимися с водой мономерными пластификаторами, способными повысить чувствительность и селективность разрабатываемых датчиков.

В многокомпонентных водных растворах потенциалопределяющими являются реакции ионного обмена и протонирования/депротонирования, поэтому важными факторами, влияющими на чувствительность сенсора на основе ПСП, становятся гидрофильность, влагоемкость и ширина ионных каналов/пор ионообменного полимера.

Исходные образцы с одинаковой потенциалобменной емкостью (ПОЕ) были получены методом полива из раствора в диметилформамиде. Затем часть образцов была модифицирована введением поливинилового спирта или полиэтиленгликоля с последующим удалением, что позволило варьировать влагоемкость полимеров.

Общие сведения об образцах, исследованных авторами методом тепловой десорбции, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Обозначение	ПСП (трубки, мембраны МФ-4СК)
Строение элементарного звена	$\begin{array}{c} [(-CF_2)_x - CF]_y \\ \\ (O-CF_2-CF)_z - SO_3^- X^+ \\ \\ CF_3 \end{array}$
Ионообменная матрица	Гидрофобная, гомогенная
Ионообменная группа	$^-SO_3$
Содержание ионита, %	100
ПОЕ, ммоль/г сухого полимера	1.02
Влагосодержание, %	30, 52, 60 (образцы МФ 1, МФ 2, МФ 3 соответственно)
Доля межгелевых промежутков, %	0.02

Результаты измерения удельной поверхности мембран серии МФ с разной влагоемкостью – образцов 1, 2, 3 – составили 5, 7, 24 м²/г соответственно.

На рис. 4 приведены линии десорбции для образцов с разной влагоемкостью: 1 – образец 1 с влагоемкостью 30 %; 2 – образец 3 с влагоемкостью 60 %.

Исследования процессов адсорбции-десорбции в перфторированных сульфокатионитовых полимерных мембранах позволяют установить связь между влагоемкостью исследуемых образцов и их удельной поверхностью. Полученные сведения позволяют выбрать оптимальные режимы для получения материалов с заданными параметрами.

В ходе исследования развита методика определения удельной поверхности на основе анализа процессов адсорбции-десорбции азота для различных типов структур (наноструктуры, полимерные мембраны, порошки биогенного происхождения).

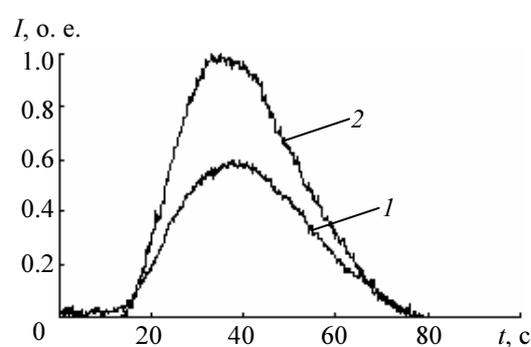


Рис. 4

Определены ограничения по массе образцов наноструктур и пористых мембран для данной методики. Исследования влияния условий подготовки образцов перед измерением тепловой десорбции показало, что для эффективной дегазации наноматериалов с высокой удельной поверхностью требуются более высокие температуры и более длительные времена подготовки.

На основании проведенных исследований определены оптимальные условия предварительной обработки образцов, определена чувствительность методики для структур различного типа, погрешность измерения удельной поверхности.

Работа проводилась при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2009-2013гг, ГК № ПЗ99, ГК № 16.740.11.0316, ГК № П896, ГК № П2279.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карнаухов А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. Новосибирск: Наука, 1999. 470 с.
2. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. 2-е изд. М: Мир, 1984. 310 с.
3. Кашкаров В. М. Состав и строение слоев нанопористого кремния с гальванически осажденным Fe и Co / В. М. Кашкаров, А. С. Леньшин, А. Е. Попов и др. // Известия РАН. Серия физическая. 2008. Т. 72, № 4. С. 484–490.
4. Фазовые и структурные превращения в нанокompозитах на основе $\text{SnO}_2 - \text{SiO}_2 - \text{In}_2\text{O}_3$ / И. Е. Грачева, А. И. Максимов, В. А. Мошников, О. Ф. Луцкая // Известия государственного электротехнического университета. Сер. Физика твердого тела и электроника. 2006. Вып. 2. С. 40–44.
5. Внутреннее трение в полупроводниковых тонких пленках, полученных методом золь-гель технологии / А. С. Ильин, А. И. Максимов, В. А. Мошников, Н. П. Ярославцев // ФТП. 2005. Т. 39, № 3. С. 300–304

A. S. Lenshin, E. V. Maraeva

STUDYING SPECIFIC SURFACE AREA OF PERSPECTIVE POROUS MATERIALS AND NANOSTRUCTURES BY NITROGEN THERMAL DESORPTION METHOD

Applying of nitrogen thermal desorption method for studying specific surface area of porous materials and nanostructures for wide functional area is reported. It is shown that this method can be successfully used for materials certification and for studying influence of technological features on the parameters of various materials.

Porous materials, nanostructures, specific surface area, adsorption, desorption

УДК 520+621.391.8.26.6

С. В. Иванов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА В ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Представлена компьютерная модель информационных характеристик сигнала в фазированной антенной решетке. Заданные информационные характеристики вычисляются с помощью специально разработанного интерпретационного массива с использованием прямого и обратного преобразований Фурье, а также алгоритмов решения корректных и некорректных задач. Разработана полезная модель, произведена практическая реализация модели в виде интерпретационного прототипа программы Matlab.

Модель, сигнал, преобразование Фурье, фазированная антенная решетка

Последние исследования показали превосходство сканирующих антенн по сравнению с механическими антеннами. Надо отметить, что с возрастающей скоростью передачи сигнала, с помощью сканирующих антенн, необходима корректная обработка информационных ха-

рактических характеристик фазированной антенной решетки (ФАР). В условиях острой конкуренции между различными учеными и производителями приходится изыскивать все новые способы для корректной реализации требований в технических особенностях обработки информации в ФАР. Для таких целей создаются компьютерные модели. В работе [2] довольно подробно рассматриваются особенности ФАР. Благодаря современным методам можно составить компьютерную модель с учетом особенностей обработки информационных характеристик сканирующего луча и сигнала ФАР [1]–[5]. В последнее время появились исследования, связанные с использованием прямого и обратного преобразований Фурье для приема сигналов в антеннах [6]–[11]. На эту тему за рубежом было защищено несколько диссертаций [1]–[14].

Обработка сигнала в ФАР. Общепринятым методом обработки сигнала в ФАР является нахождение в дальней зоне суммы волн, пришедших от всех излучателей, с учетом разности хода волн от каждого излучателя под определенным углом и фазовых сдвигов, заданных фазовращателем для каждого излучателя (рис. 1):

$$F(\theta) = F_0(\theta) \sum_{n=0}^{N-1} I_n e^{-i(kdn \sin \theta - \varphi_n)},$$

где $F_0(\theta)$ – диаграмма направленности отдельного (малого) излучателя.

Пусть $I = I_0 = I_n = \text{const}$, $\varphi_n = \varphi_0 n$; I – комплексная амплитуда тока в излучателе; $k = 2\pi/\lambda$, где λ – длина волны; k – волновое число; $n = m$ – номер излучателя или приемника; θ – угол, отсчитываемый от оси решетки, перпендикулярной к оси волновода; φ – фазовый сдвиг; d – расстояние между центрами излучателя или фазовращателя; $\Phi(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-i(kd \sin \theta - \varphi_0)n}$ – преобразование Фурье.

Тогда, используя формулу геометрической прогрессии и формулу Эйлера, получаем:

$$\Phi(\theta) = \frac{\sin N \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta - \frac{\varphi_0}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta - \frac{\varphi_0}{2} \right)}.$$

Направление максимума определяется равенством

$$\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta = \frac{\varphi_0}{2}.$$

В этом случае угол, определяющий направление, в котором формируется главный луч антенны, находится из условия

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{d} \frac{\varphi_0}{2\pi}.$$

Для определения информационных характеристик принимаемого сигнала можно произвести фильтрацию сигнала с помощью обратного преобразования Фурье:

$$\Phi(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-i(kd \sin \theta - \varphi_0)n}.$$

Обозначим $kd \sin \theta - \varphi_0 = y$. В этом случае по формуле Эйлера

$$\Phi(y) = \sum_{n=0}^{N-1} \cos (yn) + i \sin (yn).$$

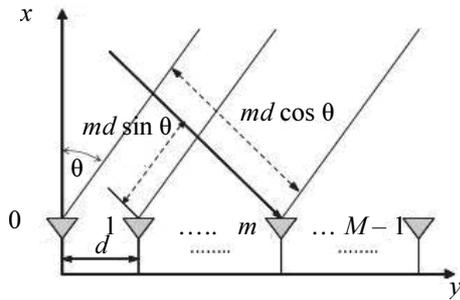


Рис. 1

изображен принцип суммации волны в антенне [9, с. 347] (принятые обозначения: FFT – прямое преобразование Фурье, IFFT – обратное преобразование Фурье):

$$F(\theta) = U_0 + U_1 e^{jkd \sin \theta} + U_2 e^{j2kd \sin \theta} + \dots = \sum_{m=0}^{M-1} U_m e^{jmkd \sin \theta} = \sum_{m=0}^{M-1} A_m e^{j(mkd \sin \theta + m\alpha)},$$

где m – номер излучателя или приемника; $U_m = A_m e^{jma}$, где α – фаза сдвига; U_m – комплексная амплитуда тока в излучателе.

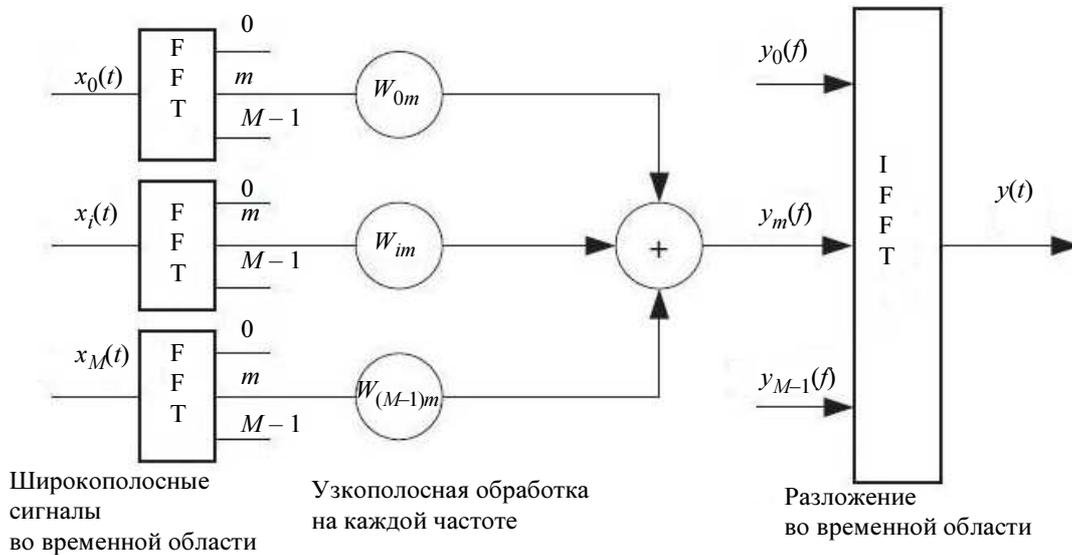


Рис. 2

В этом случае $F(\theta) = U^T u$, где $U = [U_0, U_1, \dots, U_{M-1}]^T$, $u = [1 e^{jkd \sin \theta} 2 e^{j2kd \sin \theta} \dots e^{j(M-1)kd \sin \theta}]^T$.

В [15] в главе «Оптимальные алгоритмы для определения сигнала» утверждается, что задача обнаружения является частным случаем общей задачи проверки статистических гипотез. Опишем кратко суть подхода. После анализа принятого колебания $U(t)$ необходимо сделать выбор между гипотезой H_0 (утверждение, что сигнал на входе не присутствует, т. е. параметр θ равен нулю) и альтернативной гипотезой H_1 (утверждение, что сигнал на входе присутствует, т. е.

параметр θ равен 1). Поскольку в задаче обнаружения возможны только два решения: γ_0 – принимается гипотеза H_0 и γ_1 – принимается гипотеза H_1 , она называется двоичной (двухальтернативной) [15, с. 120]. Продемонстрируем применение этого метода для частного случая задачи распространения сигнала в ФАР. Радиотехническая система функционирует в зависимости от различных условий и предъявляемых требований. Исходя из этих требований, можно сформулировать ряд частных задач, которые необходимо решить для реализации оптимальных методов радиоприема. Условимся, что колебание на входе приемника имеет вид

$$u(t) = F(s(t, \lambda), n(t)),$$

где $F(\cdot)$ – некоторый оператор; $s(t, \lambda)$ – полезный сигнал; $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m)$ – вектор параметров сигнала; $n(t)$ – помеха. Априори считают известными способ взаимодействия сигнала и помехи (оператор $F(\cdot)$), функцию, описывающую полезный сигнал, а также все вероятностные характеристики векторной случайной величины λ и помехи $n(t)$.

В принятой модели полезного сигнала часть параметров заданы заранее и составляют априорные сведения. Параметры сигнала могут быть информативными (информативными) и неинформативными (неинформативными). Например, в сигнале $s(t, A, \omega, \varphi) = A \sin(\omega t + \varphi)$ информативными параметрами являются: A (амплитуда), ω (угловая частота) и φ (фаза), а t (период) – неинформативный.

Частный случай оператора $F(\cdot)$ для колебания на выходе приемника выглядит следующим образом: $u(t) = s(t, \lambda) + n(t)$.

Основные задачи моделирования информативных характеристик:

1. *Обнаружение информативной части сигнала* $u(t) = \theta s(t, \lambda) + n(t)$, где θ – случайная величина, принимающая два значения: $\theta = 0$ – полезный сигнал отсутствует и $\theta = 1$ – полезный сигнал присутствует.

2. *Различение сигналов*. В этом случае $u(t)$ представляет собой сумму одного из m возможных полезных сигналов $s_i(t, \lambda)$, где $i = 1, 2, \dots, m$, и помехи $n(t)$. Значения вероятности $p(s_i)$ наличия сигналов $s_i(t, \lambda)$ на входе приемника известны. Нужно оптимальным образом определить, какой информативный параметр содержится в сигнале $u(t)$ и найти его.

3. *Оценка параметров сигнала*. Оценка параметров сигнала делается в случае, когда один из параметров сигнала $s(t, \lambda)$ является неизвестным. После принятой реализации $u(t)$ важно оценить выбранный критерий или параметр.

4. *Фильтрация сообщений*. В этом случае информативный параметр λ_i полезного сигнала $s(t, \lambda_i)$ зависит от времени и представляет собой случайный процесс $\lambda_i(t)$ с известными статистическими параметрами. Нужно компактным методом, а также [15] с высокой точностью определить реализацию сообщений $\lambda_i(t)$ из содержащихся в колебании $u(t)$. Задать параметры фильтра, необходимые для выделения информативного параметра колебания $u(t)$, можно с использованием обнуления неинформативной части сигнала или установки параметра окна для фильтрации.

5. *Разрешение сигналов*. На входе приемного устройства присутствуют два или более сигналов $s(t, \lambda)$, $i = 1, 2, \dots, n$. Необходимо по принятой реализации $u(t)$ оптимальным способом разрешать эти сигналы по параметрам λ . В работе [15] под термином «разрешить» пони-

мают либо отдельное обнаружение сигналов, либо отдельное обнаружение и определение параметров λ во всех сигналах $s_i(t)$. В то же время отмечается: «...Разделение оптимальных методов радиоприема на указанные типы задач в значительной степени условно. Между ними нельзя провести четких границ. Например, задачу обнаружения можно трактовать как частный случай задачи различения двух сигналов, когда один из них тождественно равен нулю. Задачу обнаружения можно рассматривать так же, как частный случай измерения амплитуды сигнала, принимающей два значения: 0 и A . Задача оценки параметра сигнала является частным случаем задачи фильтрации сообщений...» [15, с. 114].

Более подробно исследуем возможности преобразования Фурье для обработки сигнала в ФАР. В этих исследованиях кроме преобразования Фурье используется метод решения некорректных задач.

Моделирование информационных характеристик сигнала в ФАР с помощью преобразования Фурье. В большинстве математических задач по исходным данным u ищется решение z . При этом считается, что u и z связаны функциональной зависимостью $z = R(u)$. Такая задача называется корректной задачей (или корректно поставленной), при условии выполнения следующих требований (требования корректности), если эти требования не выполняются, то задача является некорректной: 1) задача имеет решение при любых допустимых исходных данных (существование решения); 2) каждым исходным данным u соответствует только одно решение (однозначность задачи); 3) решение задачи является устойчивым, т. е. решение задачи непрерывно зависит от данных задачи [16]. Смысл первого требования заключается в том, что среди исходных данных нет противоречащих друг другу условий, что может сделать невозможным решение задачи. Второе требование означает, что исходных данных достаточно для однозначной определенности решения. Эти два требования обычно называют требованиями математической определенности задачи. Требование непрерывной зависимости решения z от какого-либо данного u означает следующее: пусть последовательность данных u_k , где $k = 1, 2, \dots$, стремится к значению u ; пусть z_k и z – соответствующие решения задачи. Тогда последовательность z_k должна стремиться к функции z . Метод решения некорректных задач можно применить к прямому и обратному преобразованиям Фурье. Пусть вместо последовательности $U^* \equiv \{U_k\}$ коэффициентов Фурье известны их приближенные значения $\tilde{u} \equiv \{\tilde{u}_k\}$ такие, что

$$\sum_{k=1}^{\infty} (U_k - \tilde{U}_k)^2 \leq \delta^2 \text{ и } \tilde{z}(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \tilde{u}_k \varphi_k(x).$$

Некоторые из приближенных коэффициентов могут быть равны нулю, а некоторые являются истинными значениями.

Здесь автор статьи предполагает возможное обнуление одной гармоники после преобразования Фурье, т. е. $U_k S_k$, где S_k – массив, состоящий из 0 и 1, а заданная гармоника равна нулю. С технической точки зрения это предполагает появление шума в сигнале или выход из строя одного из приемников сигнала в ФАР перед общей суммацией сигналов. В результате этих преобразований будет получен восстановленный сигнал, содержащий необходимые информационные характеристики.

В метрике C функции $z(x)$ и $\tilde{z}(x)$ в фиксированной точке x_0 могут различаться как угодно сильно. Поэтому нельзя брать в качестве приближенного значения функции $z(x)$ в точке x_0 значение $\tilde{z}(x_0)$. Устойчивое (к малым изменениям δ) приближенное значение $z(x)$ дается с помощью оператора $R(\tilde{U}, \alpha) = R(\tilde{U}, 1/n) = \sum_{k=1}^n \tilde{u}_k \varphi_k(x_0)$ ($\alpha = 1/n$), если n брать равным целой части функции $\eta(\delta)/\delta^2$, т. е. $n = n(\delta) = \left\lfloor \frac{\eta(\delta)}{\delta^2} \right\rfloor$, где при $\delta \rightarrow 0$ $\eta(\delta) \rightarrow 0$, а $n(\delta) \rightarrow \infty$.

В самом деле, так как для всякого k $|\varphi_k(x)| \leq M$, то $\left| z(x_0) - \sum_{k=1}^{n(\delta)} \tilde{U}_k \varphi_k(x_0) \right| \leq$

$$\leq \left| \sum_{k=1}^{n(\delta)} (U_k - \tilde{U}_k) \varphi_k(x_0) \right| + \left| \sum_{k=n(\delta)+1}^{\infty} U_k \varphi_k(x_0) \right|.$$

Так как ряд $\sum_{k=1}^{\infty} U_k \varphi_k(x_0)$ сходится, то его остаток $\sum_{k=n(\delta)+1}^{\infty} U_k \varphi_k(x_0)$ стремится к нулю при $n(\delta) \rightarrow \infty$.

Подобную задачу решил в своей диссертации R. Scholte и получил на это патент (2008) [13], [17] для передачи информационного звукового сообщения. Научные исследования R. Scholte отличаются от представленного в статье, так как нами разработана более общая полезная модель [18] для электрического сигнала. Основное отличие заключается в компактности, так как исключается этап, предшествующий преобразованием Фурье. В компьютерной и полезной модели реализованы другие этапы интерпретации данных. Реализация метода выполнена в среде Matlab в виде интерпретации программы обработки сигнала в ФАР [18], [19]. Длина $A(X)$ массива может быть различной в зависимости от цели исследований. В программном интерпретаторе Matlab была составлена программа, которая осуществляет обработку сложного информационного процесса:

<code>fs = 1024;</code>	– задание длины исследуемого сигнала;
<code>t=(1:1024)/fs;</code>	– временная составляющая;
<code>s1=sin(2*pi*t*2) + 1;</code>	– задание гармонической составляющей;
<code>s2=sin(2*pi*t*10)+1;</code>	– задание гармонической составляющей;
<code>s3=sin(2*pi*t*30)+1;</code>	– задание гармонической составляющей;
<code>r=rand(t);</code>	– случайный шум;
<code>s=s1+s2+s3+r;</code>	– получение исследуемого сигнала посредством сложения всех заданных гармонических составляющих и шума;
<code>z=fft(s);</code>	– преобразование Фурье над исследуемым сигналом;
<code>plot(t, abs(z));</code>	– вывод результатов прямого преобразования Фурье;
<code>zz=z';</code>	– транспонирование и комплексное сопряжение массива;
<code>diary zeros.m;</code>	– запись массива в файл;
<code>k=ones(1024,1);</code>	– задание массива, заполненного единицами;
<code>kk=k * d;</code>	– перемножение массивов, где d – массив с данными обрабатываемого сигнала.

Для выделения информационных параметров возможно использовать различные корреляционные фильтры. В рассматриваемой задаче уместно использовать, например, $H(x)$ -функцию Хевисайда, которая возвращает 0 при $x < 0$ и 1 – в ином случае. Для получения корректного

фильтра используем предложенный в полезной модели способ [18], [19]. Далее присваиваем значение 1 элементам в массиве d , соответствующим 3-й и 1023-й гармоникам. Остальные элементы в этом массиве равны 0. В результате получаем массив kk :

```

kkk=zz*kk;           – перемножение 2 массивов;
l=ifft(kkk);         – обратное преобразование Фурье;
b=flipud(l);         – поворот синусоиды массива l относительно оси x

```

[20, с.14]. В более ранних версиях использовался оператор `flipx`;

```

plot(t,s1,t,b)       – вывод графиков.

```

В приведенном примере, в качестве входного сигнала, осуществлялась генерация полигармонического процесса и случайного шума. Исследуемый процесс можно при необходимости усложнить (добавить шум различной природы и другие гармонические составляющие). На рис. 3–5 изображены составляющие гармонического сигнала на входе устройства с разными периодами колебаний; на рис. 6 – сумма трех гармонических составляющих и случайного шума на входе устройства; на рис. 7 – прямое преобразование Фурье с моделируемым сигналом на входе; на рис. 8 – синусоида (несущая частота) после обратного преобразования Фурье, где a – гармонический сигнал на входе, b – гармонический сигнал на выходе.

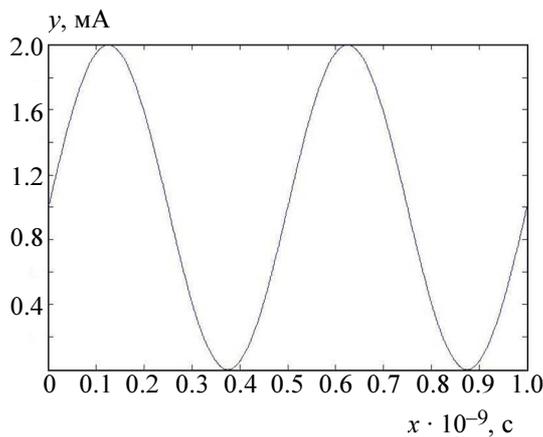


Рис. 3

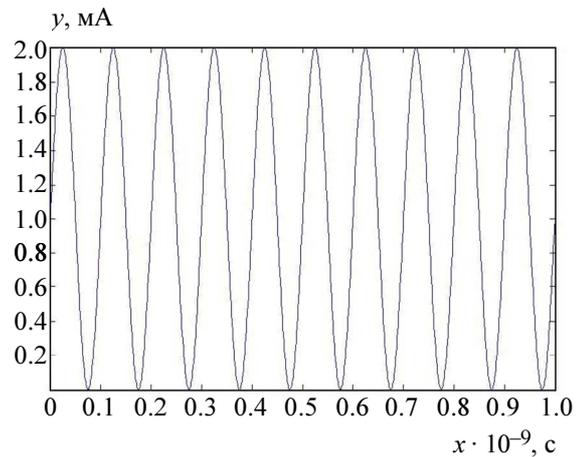


Рис. 4

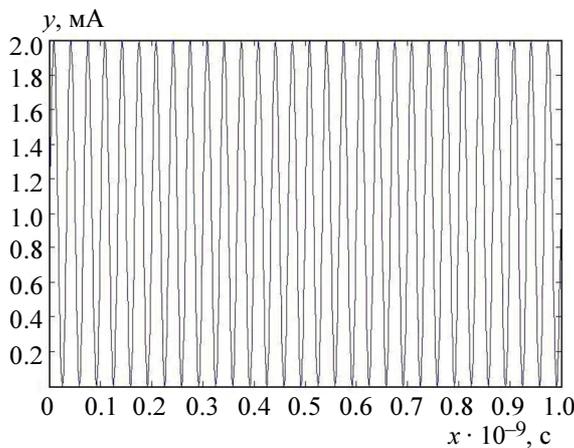


Рис. 5

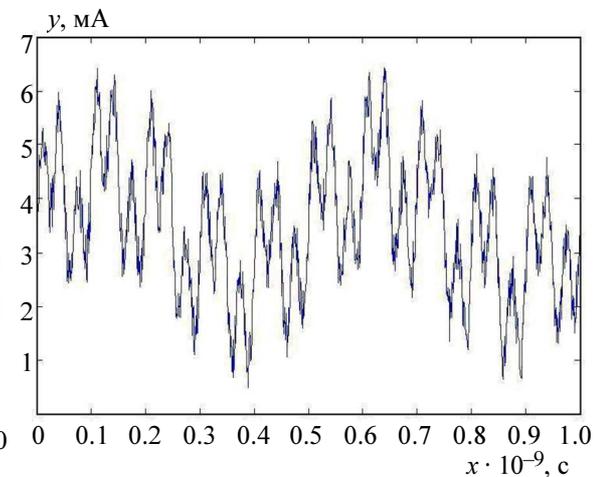


Рис. 6

При наложении двух гармонических сигналов выявляется полная идентичность. Подтверждаем это посредством вычитания двух массивов $(S1) - (b) = 0$, что говорит о полной идентичности двух сигналов до и после фильтрации. В интерпретаторе Mathcad погрешность составляет 10^{-11} .

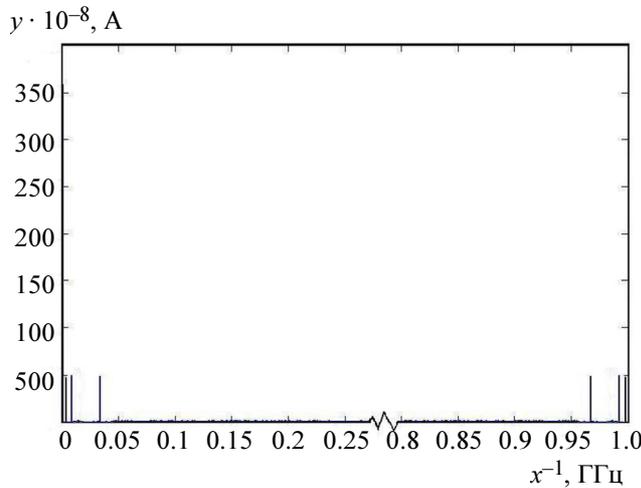


Рис. 7

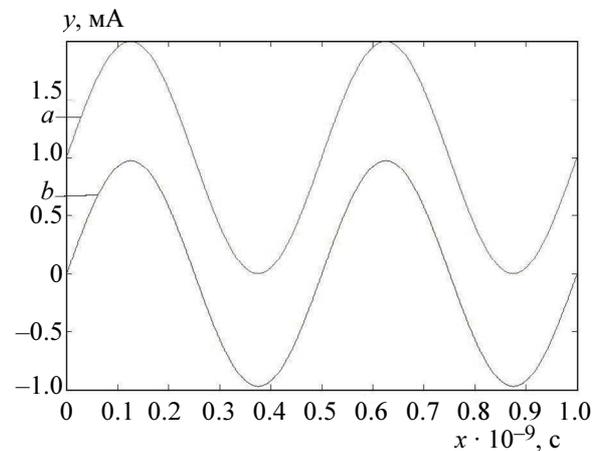


Рис. 8

На рис. 9 приведена функциональная схема последовательности действий разработанного алгоритма [18]. На схеме рис. 9 показаны последовательно включенные по направлению обрабатываемого сигнала: 1 – преобразователь Фурье; 2 – корреляционный фильтр; 3 – обратный преобразователь Фурье и 4 – блок обработки результатов и информации; f – полученный на выходе сигнал.

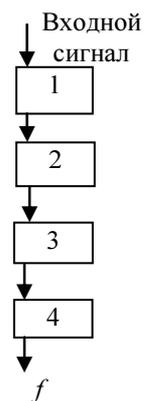


Рис. 9

Автором разработан метод применения преобразования Фурье к моделированию информационных характеристик сигнала в ФАР. Проведен анализ последних исследований за рубежом в этой области. Построена компьютерная модель, в программном интерпретаторе Matlab и Mathcad. С помощью компьютерной модели получены точные информационные характеристики исследуемого сигнала в ФАР.

В заключение автор выражает благодарность научному руководителю работы профессору О. Г. Вендику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вендик О. Г. Антенны с немеханическим движением луча (введение в теорию). М.: Сов. радио, 1965.
2. Вендик О. Г., Парнес М. Д. Антенны с электрическим сканированием. Введение в теорию. СПб.: Science Press, 2001.
3. Вендик О. Г., Самойлова Т. Б. Электродинамика. СПб., 2006.
4. Гончаренко И. Компьютерное моделирование антенн // Радио. М., 2002.
5. Makarov S. Antenna and EM Modeling with Matlab. Wiley, Canada, 2002.
6. Low-Noise Systems in the Deep Space Network / Ed. by Macgregor S. Reid. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. USA. NASA, 2008.
7. Marino R. A. Application of the Fourier Transform in Antenna Pattern Measurements // Microwave Journal. 1998. Vol. 41, № 10. P. 122.
8. Molisch A. F., Zhang X. FFT-Based Hybrid Antenna Selection Schemes for Spatially Correlated MIMO Channels // IEEE communications letters. 2004. Vol. 8, № 1. P. 36–38.
9. Blauinstein N., Christodoulou C. Radio Propagation and Adaptive Antennas for Wireless Communication Links // The Wiley Bicentennial-knowledge for generations. USA, 2007.
10. Godara L. C. Application of Antenna Arrays to Mobile Communications. Part II: Beam-Forming and Direction-of-Arrival Considerations // Proceedings of the IEEE. 1997. Vol. 85, № 8. P. 1195–1245.

11. Kim D. I., De P. Wilde Performance analysis of the DCT-LMS adaptive filtering algorithm // Signal Processing. 2000. Vol. 80, № 8. P. 1629–1654.
12. Osman A. M. Coherent Array Processing of GPS Sonobuoys // Thesis DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY of DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING. UNIVERSITY OF CALGARY. Canada, 2010. P. 231 (URL: <http://www.geomatics.ucalgary.ca/graduatetheses> обращение к сайту 10.03.2011).
13. Scholte R. Fourier Based High-resolution Near-Field Sound Imaging // PHD thesis. Eindhoven University of Technology Department of Mechanical Engineering. 2008. P. 139.
14. Alam F. Space Time Processing for Third Generation CDMA Systems // Thesis of Doctor of Philosophy in Electrical Engineering of Virginia Polytechnic Institute & State University. USA, 2002. P. 174.
15. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учеб. пособие / В. А. Васин, И. Б. Власов, Ю. М. Егоров и др.; под ред. И. Б. Федорова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.
16. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1974.
17. Patent EP 08155162.4, WO/2009/130243. Acoustic Holography / R. Scholte, I. Lopez, N. B. Roozen, H. Nijmeijer. 25.04.2008.
18. Пат. № 78615. Устройство для определения несущей частоты искаженного электрического сигнала / С. В. Иванов. Заяв. № 2008105863/22 от 15.02.2008 г. Зарегистрировано в реестре полезных моделей Российской Федерации 27 нояб. 2008 г. Опубл.: 27.11.2008. Бюл. № 33.
19. Иванов С. В. Корректная интерпретация информационных характеристик сложного процесса // Материалы политех. симпозиума. г. Санкт-Петербург, 28 мая 2010 г. СПб., 2010. С. 121–122.
20. Васильев В. В., Хливненко Л. В. Знакомство со средством математического моделирования MatLab: Учебно-методическое пособие (практикум) / Воронеж. гос. ун-т. Воронеж, 2007.

S. V. Ivanov

MODELING THE INFORMATION CHARACTERISTICS OF THE SIGNAL IN A PHASED ANTENNA ARRAY BY FOURIER TRANSFORM

The article presents a computer model of the information characteristics of the phased antenna array signal. In the beginning of this article was review the latest scientific researches made in this field. Given information characteristics are calculated using interpretation array by forward and reverse Fourier transformation and incorrect tasks solution procedure. Utility model was worked out and made the practical realization of the computer model as the prototype interpretive program Matlab.

Model, the signal, Fourier transform, phased array antenna



УДК 681.3

Хо Нгок Зуй, А. А. Молдовян

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМЫХ ПОДСТАНОВОЧНО-ПЕРЕСТАНОВОЧНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ $F_{2/3}$ ДЛЯ СИНТЕЗА СКОРОСТНЫХ БЛОЧНЫХ ШИФРОВ

Построены управляемые подстановочно-перестановочные сети на основе управляемых элементов $F_{2/3}$, ориентированные на использование в блочных шифрах в качестве операций, зависящих от преобразуемых данных. Определены основные алгебраические и вероятностные характеристики построенных сетей.

Подстановочно-перестановочные сети, скоростные блочные шифры, скоростное шифрование, аппаратная реализация

Управляемые подстановочно-перестановочные сети (УППС) представляют собой чередование активных слоев, состоящих из управляемых элементов (УЭ), и фиксированных перестановок. С увеличением размера УЭ улучшаются криптографические свойства УППС, однако при этом возрастают затраты схемотехнических ресурсов на их реализацию. В работах [1], [2] были проанализированы и исследованы УППС, использующие в качестве базовых элементов УЭ $F_{2/1}$ и $F_{2/2}$. Такого рода УППС применяются в качестве эффективного криптографического примитива при синтезе блочных шифров, ориентированных на эффективную аппаратную реализацию. Например, они используются в скоростных блочных шифрах Eagle [3], DDO-64 [4] и др. В программируемых логических СБИС типа FPGA нового поколения (Virtex 5, 6, 7) типовые логические блоки содержат ячейки 64-битовой памяти, что потенциально обеспечивает эффективную аппаратную реализацию УППС с УЭ большего размера по сравнению с ранее использованными УЭ [5].

В данной статье рассматривается вопрос о построении УППС, использующих в качестве типового узла УЭ $F_{2/3}$, и синтезе на их основе скоростных блочных шифров, ориентированных на реализацию в приборах FPGA нового поколения.

С учетом целей использования УППС в криптографических алгоритмах они должны удовлетворять принципам построения, предложенным в [1], [2]. Комбинируя базовые УЭ $F_{2/3}$ можно синтезировать УППС $F_{n/m}$, где n – число входных (выходных) бит, m – число

управляющих бит. Конкатенация всех управляющих бит образует управляющий вектор V . Управляемые операции, выполняемые с помощью УППС, задают отображение вида $GF(2)^{n+m} \rightarrow GF(2)^n$. Общий вид УППС показан на рис. 1.

Слоистая структура УППС с n -битовым входом для данных при $n = 2^s$ имеет управляющий вектор размера $m = 3sn/2$ бит, где s – количество активных слоев, разделенных фиксированными перестановками. На основе базового УЭ $F_{2/3}$ достаточно просто синтезировать УППС, осуществляющие отображения вида $GF(2)^{n(1.5s+1)} \rightarrow GF(2)^n$ и имеющие различные значения порядка [1], [2]. Понятие порядка УППС определяется через понятие порядка перестановочной сети следующим образом.

Определение порядка перестановочной сети [1], [2]. Перестановочная сеть $P_{n/m}$ называется сетью порядка h ($1 \leq h \leq n$), если для произвольного множества индексов i_1, i_2, \dots, i_h и произвольного множества индексов j_1, j_2, \dots, j_h ($i_\alpha \neq i_\beta$ и $j_\alpha \neq j_\beta$ для $\alpha \neq \beta$) существует по крайней мере одно значение управляющего вектора V , которое определяет перестановку бит P_V , перемещающую x_{i_α} на y_{j_α} для всех $\alpha = 1, 2, \dots, h$.

Определение порядка УППС. Пусть дана УППС типа $F_{n/m}$. Блок $F_{n/m}$ имеет порядок h , если его топология идентична топологии некоторой перестановочной сети порядка h .

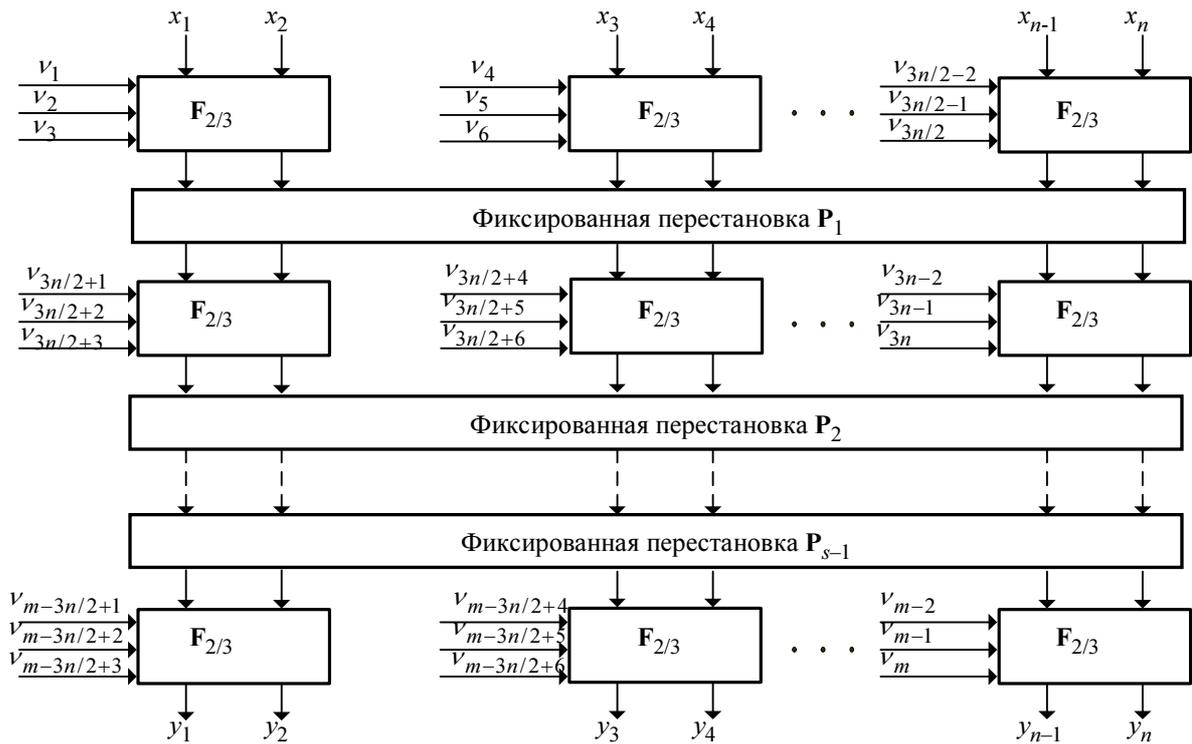


Рис. 1

Очевидно, что $0 \leq h \leq n$, поэтому УППС, для которой $h = n$, называется *сетью максимального порядка*. При значении n , равном натуральной степени числа 2, для реализации УППС порядка h требуется число активных слоев $s = \log_2 nh$.

Построение УППС различного порядка $h = 1, 2, 4, \dots, n/4, n$ осуществляется с использованием трех следующих рекурсивных схем построения. На рис. 2, а представлена модель построения УППС с рекурсивной структурой, а именно: блоков $F_{2n/2m+3n}$ с использованием

двух произвольных УППС $F_{n/m}$ и n дополнительных элементарных блоков $F_{2/3}$. Такую модель условно будем называть рекурсивной моделью *первого типа*. Используя на первом шаге первой модели два УЭ $F_{2/3}$ в качестве объединяемых блоков $F_{n/m}$, получим следующий ряд синтезируемых УППС первого порядка: $F_{4/12}$, $F_{8/36}$, $F_{16/96}$, $F_{32/240}$, $F_{64/576}$ и т. д.

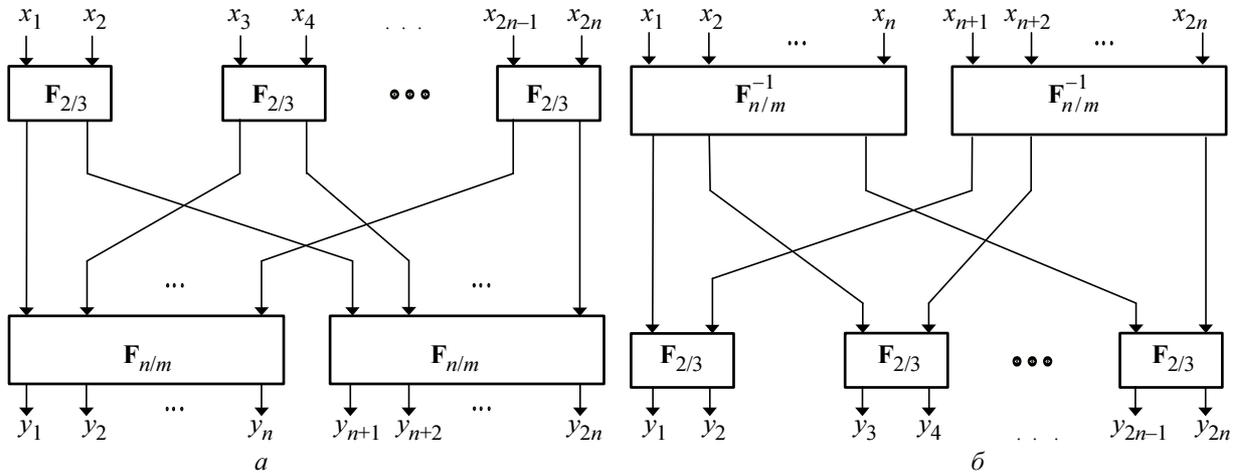


Рис. 2

На рис. 2, б представлена рекурсивная модель *второго типа*, которая обеспечивает построение сети $F_{2n/2m+3n}^{-1}$ как объединение двух сетей $F_{n/m}^{-1}$ с помощью дополнительного нижнего активного слоя, где $F_{n/m}^{-1}$ обозначает УППС, являющуюся *обратной* по отношению к сети $F_{n/m}$. Начиная рекурсивное построение второго типа с использования двух блоков $F_{2/3}^{-1}$ в качестве объединяемых блоков $F_{n/m}^{-1}$, получаем следующий ряд УППС первого порядка: $F_{4/12}^{-1}$, $F_{8/36}^{-1}$, $F_{16/96}^{-1}$, $F_{32/240}^{-1}$, $F_{64/576}^{-1}$ и т. д.

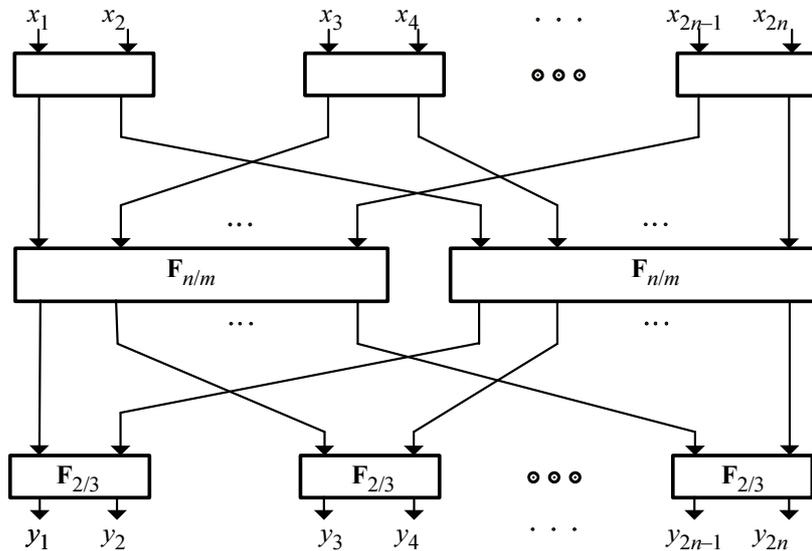


Рис. 3

В ряде случаев при синтезе блочных шифров удобно использовать симметричные УППС. При использовании УЭ $F_{2/3}$, являющихся инволюциями (в этом случае $F_{2/3}^{-1} = F_{2/3}$), обе рассмотренные модели рекурсивного построения дают симметричную топологию только для блоков $F_{4/12}$ и $F_{4/12}^{-1}$. Синтез УППС, обладающих симметричной топологией, реализуется рекурсивной моделью *третьего типа*, которая характеризуется объединением двух

исходных блоков $F_{n/m}$ с помощью двух связующих активных слоев (рис. 3), коммутируемых двумя фиксированными перестановками с блоками $F_{n/m}$. Третья модель представляет собой сочетание первых двух моделей.

С третьей моделью рекурсивного построения УППС связано следующее важное утверждение.

Утверждение об удвоении порядка [2]. Если сети $F_{n/m}$ имеют порядок не ниже значения h ($1 \leq h \leq n$), то шаг рекурсивного построения третьего типа приводит к построению блока $F_{2n/2m+6n}$ порядка не ниже $2h$.

С учетом данного утверждения, используя на первом шаге построения по третьей модели блоки максимального порядка $F_{2/3}$, получаем следующий ряд симметричных УППС максимального порядка: $F_{4/18}$, $F_{8/60}$, $F_{16/168}$, $F_{32/432}$, $F_{64/1056}$ и т. д. Данное утверждение используется также для обоснования способа [1], [2] построения УППС порядков, отличных от первого и максимального, которые обеспечивают минимальное число активных слоев для заданных значений $h = 2^q$ и $n = 2^k$ бит, где q и k – натуральные числа, $k \geq q$.

На основе сочетания трех рассмотренных ранее рекурсивных механизмов легко обосновать построения УППС со значением порядка $h = 2, 4, \dots, n/4, n$, которые требуют использования $s = \log_2 nh$ активных слоев при $h < n$ и $s = 2\log_2 n - 1$ при $h = n$ [1], [2].

В таблице представлены все возможные типы УППС с размером входных данных от 2 до 128 бит, синтезируемые с использованием УЭ $F_{2/3}$.

$n \backslash h$	1	2	4	8	16	32	64	128
2	–	$F_{2/3}$	–	–	–	–	–	–
4	$F_{4/12}$	–	$F_{4/18}$	–	–	–	–	–
8	$F_{8/36}$	$F_{8/48}$	–	$F_{8/60}$	–	–	–	–
16	$F_{16/96}$	$F_{16/120}$	$F_{16/144}$	–	$F_{16/168}$	–	–	–
32	$F_{32/240}$	$F_{32/288}$	$F_{32/336}$	$F_{32/384}$	–	$F_{32/432}$	–	–
64	$F_{64/576}$	$F_{64/672}$	$F_{64/768}$	$F_{64/864}$	$F_{64/960}$	–	$F_{64/1056}$	–
128	$F_{128/1344}$	$F_{128/1536}$	$F_{128/1728}$	$F_{128/1920}$	$F_{128/2112}$	$F_{128/2304}$	–	$F_{128/2496}$

В результате проведенных исследований определены следующие основные свойства однородных блоков УППС $F_{n/m}$ слоистого типа, построенных на основе элементарных подстановочных УЭ $F_{2/3}$ и имеющих топологию, представленную на рис. 1:

1. Для любого блока УППС $F_{n/m}$, состоящего из k подстановочных слоев, где $k = \log_2 n$, и использующего в качестве основного конструктивного элемента биективный УЭ $F_{2/3}$, управляющий вектор должен иметь разрядность $m = 3kn/2$.

2. Если $f_i \in \Psi_n$, где Ψ_n – множество всех БФ, реализующих конкретный вид УППС, то для любого $i = 1, 2, \dots, n$ количество аргументов μ БФ f_i определяется выражением $\mu = 3(2^k - 1) + n = 4n - 3$.

3. Если в каждом узле УППС $F_{n/m}$ используется биективный УЭ $F_{2/3}$, то преобразование $Y = F_{n/m}(X, V): GF(2)^{n+m} \rightarrow GF(2)^n$, где $X, Y \in GF(2)^n$, $V \in GF(2)^m$, будет биективным относительно X при фиксированных значениях управляющего вектора V и регулярным относительно множества входных и управляющих векторов.

4. Если $f_i \in \Psi_n$, то при однородной структуре УППС алгебраическая степень нелинейности БФ $\deg(f_i)$ определяется выражениями:

$$\deg(f_i) = 2k + 1 \text{ при } \deg(f^{F_{2/3}}) = 3 \text{ для обоих выходов УЭ,}$$

$$\deg(f_i) = 3k + 1 \text{ при } \deg(f^{F_{2/3}}) = 4 \text{ для обоих выходов УЭ,}$$

где $\deg(f^{F_{2/3}})$ – алгебраическая степень нелинейности функций, реализующих блок $F_{2/3}$.

5. Применительно к УППС $F_{n/m}$ верхнюю границу нелинейности образующих БФ можно найти, учитывая количество аргументов БФ [1], [2]: $\mu = 3(2^k - 1) + n = 4n - 3$. В этом случае выражение верхней границы нелинейности будет иметь следующий вид:

$$NL(F_{n/m}) \leq 2^{4n-4} - 2^{4n-5/2}.$$

При исследовании стойкости алгоритмов шифрования информации к различным методам криптоанализа используются вероятностные свойства алгоритмов и криптографических примитивов, реализующих данные алгоритмы. В частности, важным показателем является среднее число изменяющихся выходных бит при изменении одного входного бита (лавинный эффект). Для УППС $F_{n/m}$ различной размерности определим условные вероятности $P(wt(\Delta y) / wt(\Delta x) = 1, wt(\Delta v) = 0)$ появления разностей с различным весом Хэмминга на выходе при единичной входной разности и при нулевой разности на управляющем входе. Получение производящей функции вероятностей появления разности веса $wl(\Delta y) = 2$ и $wl(\Delta y) = 1$ на выходе элементарного УЭ $F_{2/3}$ при единичной разности $wl(\Delta x) = 1$ на входе тривиально. В этом случае будем использовать данные из [5]. Для УЭ $F_{2/3}$ производящие функции вероятностей имеют вид

$$\phi_2^{F_{2/3}}(z) = 0.5z + 0.5z^2.$$

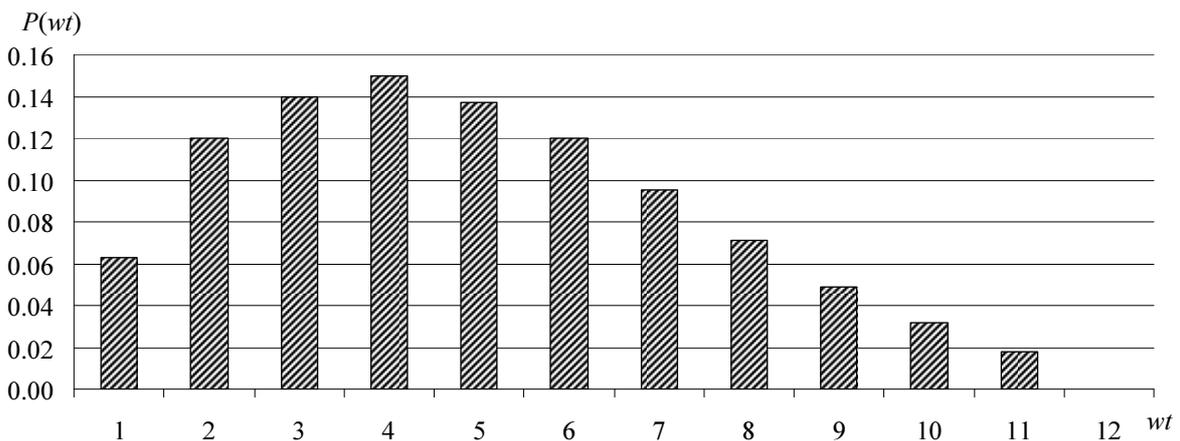


Рис. 4

Для УППС с однородной структурой итерационно, подстановкой выражений производящих функций с предыдущего слоя УППС в выражение производящей функции следующего слоя получены производящие функции вероятностей вида $\phi_n^{F_{n/m}}(z)$. В качестве примера на рис. 4 представлены распределения вероятностей $P(wl(\Delta y) / wl(\Delta x) = 1, wl(\Delta v) = 0)$

появления разностей с различным весом Хэмминга на выходе УППС $F_{n/m}$ где $n = 16$ и $m = 96$, при подаче на вход данных разности веса $wf(\Delta x) = 1$, а на вход управления – разности нулевого веса $wf(\Delta v) = 0$.

Таким образом, в данной статье описано построение различных типов УППС с рекурсивной топологией на основе УЭ нового типа. Разнообразие УППС позволяет использовать их для построения шифров, также имеющих различную топологическую структуру. Особенно предпочтительно использование новых типов УППС при синтезе шифров, ориентированных на реализацию с помощью приборов FPGA нового поколения. В целом полученные результаты являются дальнейшим развитием концепции управляемых преобразований [1], [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молдовян Н. А., Молдовян А. А., Еремеев М. А. Криптография: от примитивов к синтезу алгоритмов. СПб.: Петербург-БХВ, 2004.
2. Moldovyan N. A., Moldovyan A. A. Data-driven Ciphers for Fast Telecommunication Systems. – Auerbach Publications. New York, London: Talor & Francis Group, 2008.
3. Moldovyan N. A., Moldovyan A. A., Eremeev M. A. A Class of Data-Dependent Operations // Intern. Journ. of Network Security. 2006. Vol. 2, № 3. P. 187–204.
4. Moldovyan N. A., Moldovyan A. A., Sklavos N. Controlled Elements for Designing Ciphers Suitable to Efficient VLSI Implementation // Telecommunication Systems. 2006. Vol. 32, № 2/3. P. 149–163.
5. Хо Нгок Зуй, Молдовян Н. А., Фахрутдинов Р. Ш. Новый класс управляемых элементов $F_{2/3}$ для синтеза скоростных блочных шифров // Вопросы защиты информации. 2011. № 1. С. 10–18.

Ho Ngoc Duy, A. A. Moldovyan

CONTROLLED SUBSTITUTION-PERMUTATION NETWORKS BASED ON THE CONTROLLED ELEMENTS $F_{2/3}$ FOR DESIGNING FAST BLOCK CIPHERS

Controlled substitution-permutation networks (CSPNs) represent a cryptographic primitive that provides efficient hardware implementation of cryptographic algorithms for using in high-speed information and telecommunications systems. Using the controlled elements $F_{2/3}$ there are constructed the controlled substitution-permutation networks oriented for application as data-dependent operations in the fast-block-ciphers design. There are investigated the algebraic and probabilistic characteristics of the constructed CSPN.

Substitution-permutation networks, fast block ciphers, fast encryption, hardware implementation

УДК 681.324

Г. С. Тутов

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ В ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СППР

Предлагается метод управления выбором стратегии выполнения бизнес-процессов на основании состояния инфокоммуникационных ресурсов. Формулируется определение стратегии выполнения бизнес-процесса СППР в терминах стратегий распределенных вычислений. Проводится сравнительный анализ типовой и расширенной стратегий распределенных вычислений в типовой территориально распределенной СППР.

Территориально распределенная СППР, автономные агенты, бизнес-процессы

В настоящее время основным элементом корпоративных систем управления, во многом определяющим эффективность их функционирования, является система поддержки принятия решений. Ее можно трактовать как территориально распределенную систему, типовая структура которой представлена на рис. 1.

В ней следует выделить следующие ключевые особенности:

- слабосвязанные центры обработки, хранения и использования данных, в том числе хранилища и витрины данных;
- иерархически распределенные каталоги служб доступа к инфокоммуникационным ресурсам, согласованным с описаниями бизнес-процессов;
- иерархически распределенные организации служб, обеспечивающих мониторинг состояния ресурсов.

Наличие данных особенностей предопределяет предпочтительность выбора мультиагентных технологий обработки данных в таких СППР [1]. На основе мобильных агентов возможна реализация алгоритмов распределенной обработки данных, которые учитывают контекст выполнения запросов. Под контекстом понимается состояние вычислительных и телекоммуникационных ресурсов, определяемое службами мониторинга, в части готовности этих ресурсов к выполнению требуемых задач и соответствие текущей их загрузки плановым пороговым значениям.

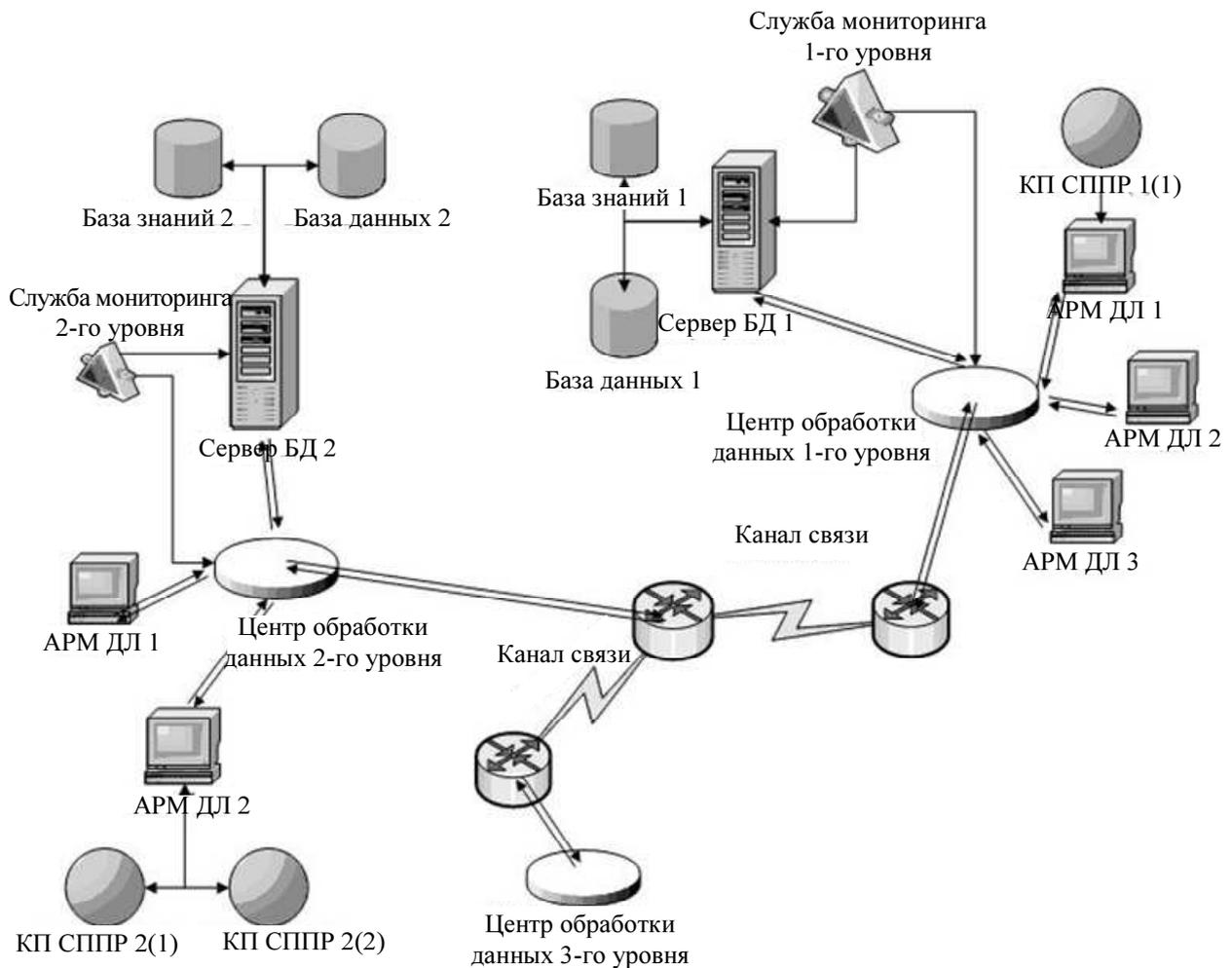


Рис. 1

Задачей такой мультиагентной системы обработки данных является своевременное обеспечение лиц, принимающих решения, информацией, релевантной их запросам к хранилищу территориально распределенной СППР. Наиболее распространенной технологией выполнения запросов является технология реляционных баз данных и SQL-запросов. По-

этому СППР рассматриваемого типа можно представить на уровне бизнес-процессов деятельности лиц, принимающих решения (ЛПР), которая включает в себя, в частности, последовательность исполняемых распределенных SQL-запросов.

Тогда необходимо для каждого бизнес-процесса определить оптимальную стратегию его исполнения $\pi^* = \{s_0^*, s_1^*, \dots, s_N^*\}$, где N – количество запросов; s_i – состояние бизнес-процесса в результате исполнения i -го запроса, характеризуемого собственным методом выполнения $\theta_{ji} \in \Theta_i$; Θ_i – множество методов исполнения запросов i -го типа. Воздействие θ_{ji} на s_i носит вероятностный характер, так как заранее неизвестен, к примеру, объем результирующего набора данных. Выполнение запроса с номером i в результате применения метода θ_{ji} переводит бизнес-процесс из состояния \hat{s}_i в состояние \hat{s}_j с вероятностью

$$P\left(s_i \xrightarrow{\theta_{ji}} \hat{s}_j\right) = p_j(s_i, \hat{s}_j).$$

Распределение вероятностей P , которое служит основанием для выбора способа исполнения распределенных SQL-запросов, может быть получено с помощью службы мониторинга СППР.

Текущая оценка полезности того или иного состояния бизнес-процесса формируется службой мониторинга ресурсов СППР на основе сведений о загрузке системы – $U(s)$, поэтому выбрать оптимальную стратегию выполнения бизнес-процесса можно исходя из критерия максимума ожидаемой полезности [2]:

$$\theta_j^* = \arg \max_j \sum_k p_j(s_i, \hat{s}_k) U_{ki}(\hat{s}_k). \quad (1)$$

Таким образом, необходимо в каждой ситуации поддержки деятельности ЛПР при заданных ограничениях найти стратегию поведения агента.

Поскольку аналитически решить задачу оптимизации с учетом контекста условий выполнения запроса сложно, в данной статье приводятся результаты, полученные с помощью метода полунатурного моделирования. При этом в качестве физической модели выступал фрагмент территориально распределенной СППР (рис. 2), где серверы БД реализуют процесс доступа к данным хранилища СППР.

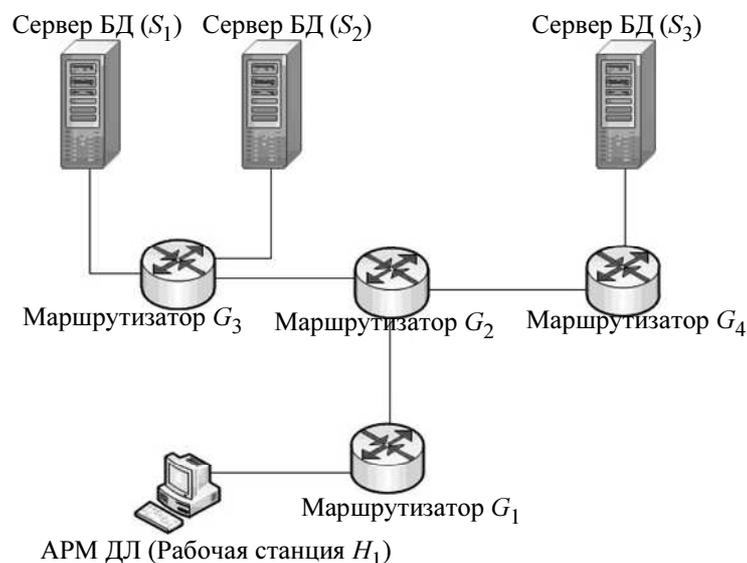


Рис. 2

Исследовались процессы, влияющие на время обмена данными при выполнении конкретных SQL-запросов.

Начальная точка выполнения распределенного запроса находится на рабочей станции H_1 . Запрос содержит обращение к серверам БД S_1, S_2, S_3 и декомпозируется на 3 независимых SQL-запроса Q_1, Q_2, Q_3 к серверам реляционных баз данных S_1, S_2, S_3 соответственно. В результате выполнения запроса на серверах S_1, S_2, S_3 формируются наборы данных объемом w_1, w_2, w_3 соответственно.

Простейшая стратегия подразумевает выполнение трех независимых SQL-запросов к каждому из серверов из местоположения АРМ должностного лица и последующую локальную обработку их результатов. Данная стратегия лежит в основе традиционной клиент-серверной технологии. Последовательность изменения состояния агента при клиент-серверной стратегии описана в табл. 1.

Таблица 1

Номер шага	Начало	Целевая БД	Маршрут запроса	Маршрут ответа
1	H_1	S_1	$H_1 \rightarrow G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow S_1$	$S_1 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow H_1$
2	H_1	S_2	$H_1 \rightarrow G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow S_2$	$S_2 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow H_1$
3	H_1	S_3	$H_1 \rightarrow G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow S_3$	$S_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow H_1$

Согласно [3] длительность обмена данными в IP-сети состоит из двух главных компонент: $T = T_c + T_b$, где T_c – величина, зависящая от числа коммутаций каналов связи; T_b – величина, зависящая от объема передаваемых данных. Введем обозначения: $L(V_1, V_2)$ – число коммутаций между узлами V_1 и V_2 ; $B(V_1, V_2)$ – пропускная способность канала между узлами V_1 и V_2 . Тогда $T_c(V_1, V_2) = \alpha L(V_1, V_2)$; $T_b(V_1, V_2) = wB(V_1, V_2)$, где w – объем данных, α – нормирующий коэффициент. Для простоты примем $B(V_1, V_2) = \text{const} = b$ для всех пар смежных узлов V_1, V_2 , $\alpha = 1$. Рассматриваемый стенд обладал следующими характеристиками (в относительных единицах):

$$\begin{aligned} L(H_1, G_1) &= L(G_3, S_1) = L(G_3, S_2) = L(G_4, S_3) = 1, \\ L(G_1, G_2) &= 10, \\ L(G_2, G_3) &= L(G_2, G_4) = 2. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} T_{\text{собщ}} &= \alpha L_{\text{общ}} = \alpha \cdot \sum_{\substack{i, j \in \text{маршрут} \\ \text{запроса}}} L_{ij} = 84, \\ T_{b\text{общ}} &= \sum_{\substack{i, j \in \text{маршрут} \\ \text{запроса}}} T_b(V_i, V_j) = 4w_1b + 4w_2b + 4w_3b. \end{aligned} \quad (2)$$

Данная стратегия приводит к высокому числу коммутаций $L_{\text{общ}}$ вследствие большого количества общих участков сети, используемых при выполнении запроса. Уменьшить данный показатель можно с помощью стратегии «коммивояжера».

Предлагаемая стратегия, условно названная стратегией «коммивояжера», предполагает поведение агента, сходное с поведением коммивояжера из одноименной задачи теории графов. Агент SQL-запросов последовательно перемещается на каждый из серверов с данными, выполняет предназначенный для него подзапрос, «запоминает» результирующий набор данных, пе-

ремещается к следующему серверу, повторяет свои действия. И так до тех пор, пока не будет выполнен обход всех серверов. После окончания цикла агент возвращается в исходное местоположение и передает АРМу ЛПР собранные данные. Последовательность изменения состояний агента при стратегии «коммивояжера» представлена в табл 2. Агент принимает решение о порядке обхода самостоятельно, исходя из своих представлений о ситуации.

Таблица 2

Номер шага	Начало	Конец	Целевая БД	Маршрут перемещения	Маршрут запроса и ответа
1	H_1	S_1	S_1	\varnothing	$S_1 \rightarrow S_1$
2	S_1	S_2	S_2	$S_1 \rightarrow G_3 \rightarrow S_2$	$S_2 \rightarrow S_2$
3	S_2	S_3	S_3	$S_2 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2 \rightarrow G_4 \rightarrow S_3$	$S_3 \rightarrow S_3$
4	S_3	H_1	–	$S_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow H_1$	–

Оценки для данной стратегии имеют вид:

$$T_{\text{собщ}} = \alpha \sum_{\substack{i, j \in \text{маршрут} \\ \text{обхода}}} L_{ij} = 36, \quad (3)$$

$$T_{b\text{общ}} = \sum_{\substack{i, j \in \text{маршрут} \\ \text{обхода}}} T_b(V_i, V_j) = 10w_1b + 8w_2b + 4w_3b.$$

Сравнивая (3) и (2), получаем, что стратегия «коммивояжера» требует существенно меньше коммутаций (36 против 84), но предполагает более высокий объем передаваемых данных.

Предлагаемая стратегия «медианы» является комбинацией двух предыдущих стратегий. В данном случае мобильный агент, аналогично клиент-серверной стратегии, выполняет SQL-запросы к группе серверов БД из некоторого центра. Подобно стратегии «коммивояжера» агент перемещается по сети из исходного положения в центр выполнения запросов. Последовательность изменения состояния агента при стратегии «медианы» представлена в табл. 3. Отличительная особенность состоит в выборе указанного центра. Он определяется критерием наименьшей суммы кратчайших расстояний (в смысле сетевой метрики) от центра до серверов БД, что соответствует определению медианы гиперграфа с целевыми БД в узлах и каналами связи в качестве дуг [4]. Агент принимает решение о выборе медианы самостоятельно, исходя из своих представлений о ситуации.

Таблица 3

Номер шага	Начало	Конец	Целевая БД	Маршрут перемещения	Маршрут запроса и ответа
1	H_1	S_1	S_1	$H_1 \rightarrow G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow S_1$	$S_1 \rightarrow S_1$
2	S_1	–	S_2	–	$S_1 \rightarrow G_3 \rightarrow S_2 \rightarrow G_3 \rightarrow S_1$
3	S_1	–	S_3	–	$S_1 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2 \rightarrow G_4 \rightarrow S_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow S_1$
4	S_1	H_1	–	$S_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow H_1$	–

Оценки для данной стратегии имеют вид:

$$T_{c(\text{общ})} = \alpha \cdot \sum_{\substack{i, j \in \text{маршрут} \\ \text{обхода и запроса}}} L_{ij} = 44, \quad (4)$$

$$T_{b(\text{общ})} = \sum_{\substack{i, j \in \text{маршрут} \\ \text{обхода и запроса}}} T_b(V_i, V_j) = 6w_1b + 8w_2b + 4w_3b.$$

Из сравнения выражений (2)–(4) видно, что стратегия «медианы» по значениям рассматриваемых показателей занимает промежуточное положение между стратегиями «клиент–сервер» и «коммивояжера», проигрывая первой по критерию объема передаваемых данных, но опережая ее по числу коммутаций, и опережая вторую по критерию объема данных, но проигрывая ей по числу коммутаций. Функция полезности, представленная в (1), с учетом свойств рассмотренных стратегий может быть описана как $U(s) = U(L(s), V(s))$.

Предлагаемый метод управления мультиагентной обработкой данных в территориально распределенной СППР позволяет автоматически выбирать стратегию обработки данных исходя из контекста текущей ситуации и тем самым обеспечить адаптивность задач ЛПР логического уровня СППР к возможным изменениям состояния нижних уровней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wooldridge M. An introduction to Multiagent Systems. М.: Wiley & Sons, 2002.
2. Рассел С. Искусственный интеллект – современный подход. СПб.: Вильямс, 2007.
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2003.
4. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978.

G. S. Titov

A CONTROL METHOD FOR MULTIAGENT DATA PROCESSING IN GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED DSS

This article presents a comparative analysis of the typical and extended strategy of distributed computing within geographically distributed DSS, and their quantitative characteristics. The definition of the strategy of carrying out business process of DSS in terms of strategies for distributed computing is presented. The method of control selection strategy for the implementation of business processes based on the state of information and communication resources is proposed.

Geographically distributed DSS, autonomous agents, business process

УДК 681.5.017: 66.081.5-52

С. Е. Абрамкин, Е. К. Грудяева, С. Е. Душин

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА В АППАРАТЕ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Представлены математическая модель теплообменных процессов в аппарате воздушного охлаждения, система регулирования и результаты компьютерного моделирования.

Математическая модель, аппарат воздушного охлаждения, насыщенный пар, флегма, охлаждающий агент (атмосферный воздух), преобразователь частоты

В данной статье объектом исследования является аппарат воздушного охлаждения (АВО) в системе «ДЕСОРБЦИЯ абсорбента», входящей в состав замкнутого технологического комплекса «АБСОРБЦИЯ-ДЕСОРБЦИЯ» [1]–[4] осушки природного газа.

Аппарат предназначен для конденсации паров, выходящих с верхней насадочной секции колонны регенерации. На выходе АВО, после конденсации, образуется флегма (или рефлюкс), которая возвращается для орошения верхней насадочной части колонны. Одновременно с процессом конденсации в рабочем пространстве АВО происходит накопление воздуха и других неконденсирующихся газов, которые выделяются из парожидко-

стной смеси, а также проникают через неплотности в соединениях аппаратуры из окружающего воздуха. Накопление неконденсирующихся газов и рост их парциального давления приводят к уменьшению разрежения в колонне регенерации, поэтому для поддержания в ней вакуума на заданном уровне производится непрерывный отвод из АВО неконденсирующихся газов. Для этого в системе «ДЕСОРБЦИЯ» применяется вакуум-насос, который также служит для предотвращения колебаний давления, обусловленных изменением температуры охлаждающего агента (атмосферного воздуха).

Основными элементами АВО являются: теплообменные секции, осевой вентилятор с электроприводом, аэродинамические элементы и несущие конструкции. Каждая теплообменная секция представляет собой пучок оребренных труб, расположенных в шахматном порядке по ходу движения охлаждающего воздуха. Оребрение позволяет в несколько раз увеличить поверхность теплообмена. Осевой вентилятор с электроприводом предназначен для подачи охлаждающего окружающего воздуха для обдува теплообменных секций АВО. Вентилятор устанавливается на оси электродвигателя без редуцирующего устройства.

Работа АВО подвержена влиянию факторов, от которых зависит его тепловая производительность. К таким факторам относятся колебания температуры охлаждающего воздуха в теплый и холодный периоды года, а также суточные колебания температуры. Поскольку аппарат расположен в помещении, температура воздуха в нем изменяется в пределах от 5 °С (в зимний период) до 30 °С (в летний период).

Эксплуатационные показатели работы АВО во многом определяются температурой окружающего воздуха и значительно улучшаются при ее снижении относительно расчетного значения. Важной статьёй расходов при эксплуатации АВО является стоимость потребляемой электроэнергии, однако, используя современные эффективные методы регулирования, можно существенно снизить энергетические затраты.

Основная задача регулирования АВО сводится к обеспечению требуемой температуры флегмы на выходе из аппарата. Чтобы компенсировать изменение температуры охлаждающего воздуха на входе в АВО, его расход необходимо регулировать. Таким образом, управляя расходом потока воздуха от вентилятора, можно регулировать среднюю поверхностную температуру среды и, следовательно, влиять на теплообменные процессы внутри труб.

При составлении математической модели (ММ) теплообменных процессов в АВО были приняты следующие допущения:

- в конденсационных секциях среда движется в режиме идеального вытеснения;
- поперечное перемешивание считается идеальным. Данное допущение приводит к составлению одномерной модели, в которой учитывается динамическое распределение температуры только по длине конденсационных секций АВО;
- принимается, что теплообменный процесс сопровождается конденсацией насыщенного пара;
- в ММ учитывается накопление теплоты в трубах конденсационной секции;
- трубы в конденсационных секциях выполнены с оребрением.

С учетом перечисленных допущений была получена динамическая ММ теплообменного процесса в конденсационных секциях АВО:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \theta_{\text{н.п}}(x, t)}{\partial t} &= -v_{\text{н.п}} \frac{\partial \theta_{\text{н.п}}(x, t)}{\partial x} - R_{\text{н.п}} [\theta_{\text{н.п}}(x, t) - \theta_{\text{с.а}}(x, t)], \\ \frac{d\theta_{\text{с.а}}}{dt} &= R_{\text{с2}} (\theta_{\text{н.п}} - \theta_{\text{с.а}}) - R_{\text{с1}} (\theta_{\text{с.а}} - \theta_{\text{ср}}),\end{aligned}\quad (1)$$

где $\theta_{\text{н.п}}$, $\theta_{\text{с.а}}$, $\theta_{\text{ср}}$ – температуры насыщенного пара, стенки теплообменных секций АВО и окружающей среды; $v_{\text{н.п}}$ – скорость насыщенного пара; $R_{\text{н.п}}$, $R_{\text{с1}}$, $R_{\text{с2}}$ – физико-технологические коэффициенты, зависящие от физических свойств насыщенного пара и материала стенки теплообменных секций АВО.

Второе уравнение в системе (1) является обыкновенным дифференциальным уравнением первого порядка. Для его однозначного решения необходимо знать начальное условие $\theta_{\text{с.а}}$ в момент времени $t = 0$.

Величину $\theta_{\text{ср}}$ можно получить из экспериментальной зависимости

$$\theta_{\text{ср}} = (\theta_{\text{ср0}} - \theta_{\text{ус}}) \exp(-\beta G_{\text{в}}) + \theta_{\text{ус}},$$

причем коэффициент β определяется по формуле

$$\beta = \frac{\ln \left[\frac{(\theta_{\text{ср0}} - \theta_{\text{ус}})}{(q\theta_{\text{ус}} - \theta_{\text{ус}})} \right]}{G_{\text{вmax}}},$$

где $\theta_{\text{ср0}}$ – начальная средняя температура окружающей среды при неработающем вентиляторе; $\theta_{\text{ус}}$ – установившееся значение температуры окружающей среды; $G_{\text{вmax}}$ – максимальный расход воздуха, нагнетаемый вентилятором; q – коэффициент, выбираемый из интервала $[1,001 \dots 1,02]$. Этот коэффициент должен отвечать неравенству $q < \theta_{\text{ср0}} / \theta_{\text{ус}}$.

Граничные условия для температурного профиля пара определяются из (1) выражениями:

$$\theta_{\text{н.п}}(x, t)|_{x=0} = \theta_{\text{н.п}}^{\text{вх}}(t); \quad \theta_{\text{н.п}}(x, t)|_{x=l_{\text{АВО}}} = \theta_{\text{н.п}}^{\text{вых}}(t),$$

где $l_{\text{АВО}}$ – длина трубы теплообменника.

Начальные распределения температур вдоль трубы АВО задаются выражениями:

$$\theta_{\text{н.п}}(x, t)|_{t=0} = \theta_{\text{н.п}}^{\text{вх}}(x); \quad \theta_{\text{с.а}}(x, t)|_{t=0} = \theta_{\text{с.а}}^{\text{вх}}(x).$$

Для компьютерного моделирования в программной среде MatLab/Simulink был осуществлен переход к дискретно-непрерывной модели (непрерывность по времени). При этом «распределенность» вдоль пространственной оси x была сосредоточена в трех точках (сечениях). Исследование в трех точках обусловлено проведением серии экспериментов, показавших, что это количество точек является наименьшим, при котором погрешность вычислений становится несущественной. С увеличением количества точек заметного улучшения результатов не происходит. Графики переходных процессов в отсутствие управления представлены на рис. 1.

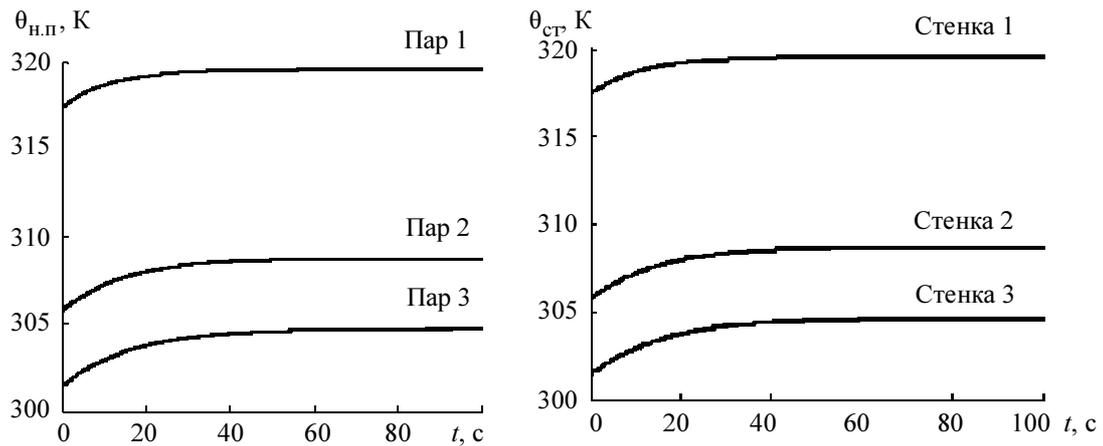


Рис. 1

Для реализации основной задачи регулирования на основе (1) была разработана ММ управляемого теплообменного процесса в конденсационных секциях АВО:

$$\frac{\partial \theta_{н.п}}{\partial t} = -v_{н.п} \frac{\partial \theta_{н.п}}{\partial x} - R_{н.п} [\theta_{н.п} - \theta_{с.а}],$$

$$\frac{d\theta_{с.а}}{dt} = R_{с1} f(u) + R_{с2} \theta_{н.п} - R_c \theta_{с.а},$$

где $R_c = R_{с1} + R_{с2}$, $f(u)$ – управляющее воздействие.

Структурная схема ММ управляемого теплообменного процесса в конденсационных секциях АВО представлена на рис. 2.

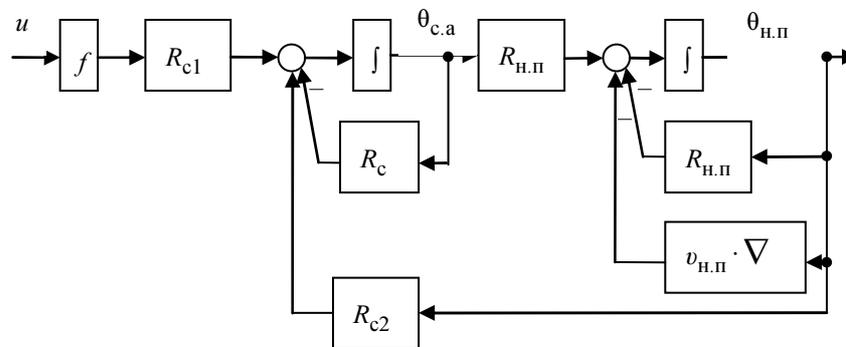


Рис. 2

На основе разработанной ММ была построена система регулирования температуры флегмы в выходном коллекторе АВО с использованием преобразователя частоты. Функциональная схема системы регулирования приведена на рис. 3.

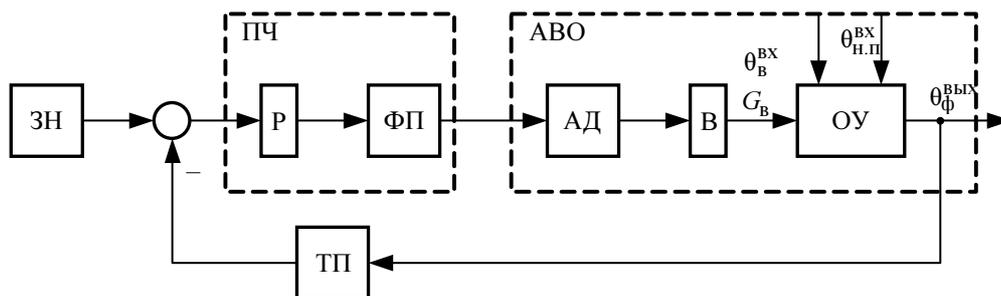


Рис. 3

Система регулирования состоит из следующих элементов: ЗН – задатчик напряжения; ПЧ – преобразователь частоты, в состав которого входят регулятор Р и функциональный преобразователь ФП; АВО – аппарат воздушного охлаждения, состоящий из асинхронного электродвигателя АД, осевого вентилятора В, объекта управления ОУ; ТП – температурный преобразователь. На рис. 3 приняты следующие обозначения: $\Delta\theta_{\text{В}}^{\text{ВХ}}$ – изменение температуры окружающего воздуха после вентилятора; $G_{\text{В}}$ – расход окружающего воздуха после вентилятора; $\Delta\theta_{\text{Н.П}}^{\text{ВХ}}$ – изменение температуры насыщенного пара, поступающего из укрепляющей части колонны регенерации; $\Delta\theta_{\text{Ф}}^{\text{ВЫХ}}$ – изменение температуры флегмы в выходном коллекторе АВО.

Блок-схема преобразователя частоты [5] состоит из четырех функциональных блоков: выпрямителя, фильтра, инвертора и блока управления (рис. 4).

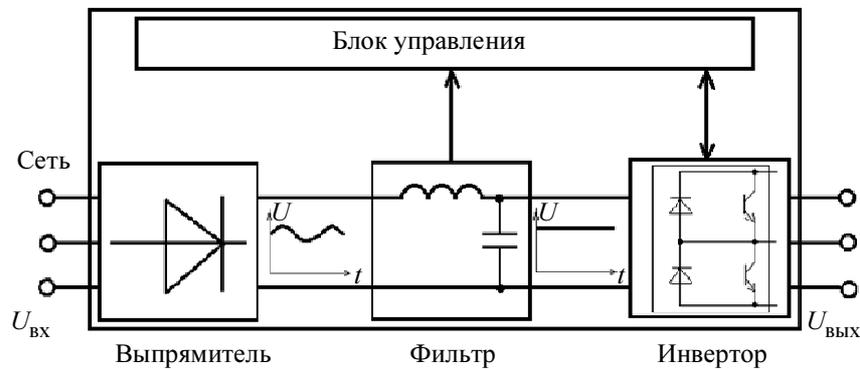


Рис. 4

Результаты компьютерного моделирования системы регулирования температуры флегмы в выходном коллекторе АВО с использованием программной среды MatLab/Simulink представлены на рис. 5. Графики получены с применением П- и ПИ-законов регулирования. Видно, что в результате настройки выбранных регуляторов (П- и ПИ-) достигнуто требуемое поведение регулируемой величины (температуры флегмы), устанавливающейся

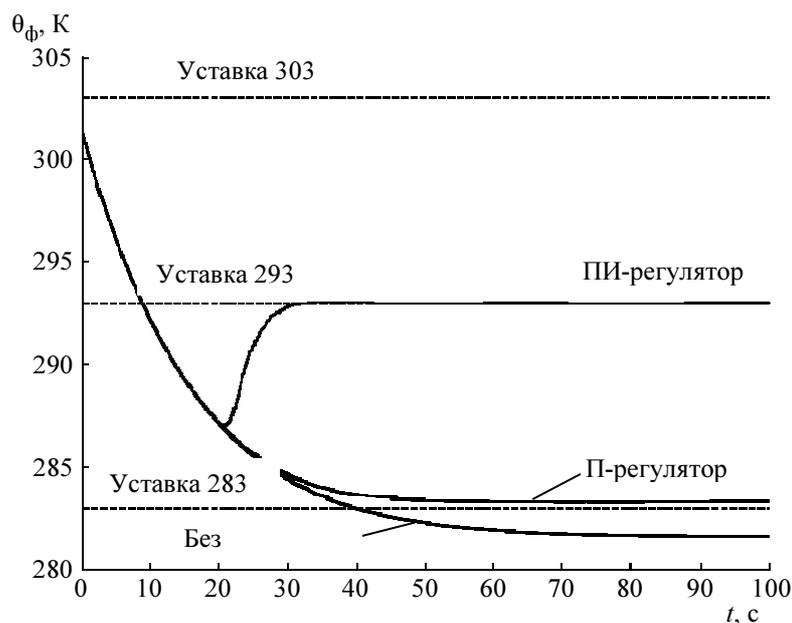


Рис. 5

в заданном диапазоне значений. При этом использование ПИ-регулятора позволяет установить заданное значение температура флегмы, тогда как при П-регуляторе температура находится лишь в области нижней допустимой границы.

В результате проведенного исследования был предложен один из возможных вариантов управления теплообменным процессом в конденсационных секциях АВО. Применение частотного управления асинхронным электродвигателем позволит существенно снизить затраты электроэнергии при работающем АВО и оптимизировать процесс конденсации парожидкостной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамкин С. Е. Анализ технологических схем процесса абсорбционной осушки газа и разработка обобщенной функциональной схемы / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2007. 15 с. Деп. в ВИНТИ РАН, 2007, № 11, б/о 60.
2. Абрамкин С. Е. Анализ технологического процесса абсорбционной осушки газа как объекта управления // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2007. Вып. 3. С. 24–31.
3. Абрамкин С. Е., Душин С. Е. Разработка динамической математической модели процесса абсорбции в системе «газ-жидкость» // Системный синтез и прикладная синергетика: Сб. докл. Междунар. науч. конф. 29.09 – 02.10.2009. Пятигорск: РИА на КМВ, 2009. С. 208–212.
4. Абрамкин С. Е., Душин С. Е. Математическая модель массотеплообменных процессов технологического комплекса абсорбционной осушки газа // Материалы 6-й науч. конф. «Управление и информационные технологии» (УИТ-2010). СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ "Электроприбор"», 2010. С. 220–224.
5. Харазов В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. СПб.: Профессия, 2009.

S. E. Abramkin, E. K. Grudyaeva, S. E. Dushin

THE CONTROL SYSTEM OF PROCESS OF THE HEAT EXCHANGE INSIDE AERIAL CONDENSER

The mathematical model and the control system of the heat-exchange process in the aerial condenser are described. The charts show the results of the computer simulation.

Mathematical model, aerial condenser, saturated vapor, reflux, cooling agent (free air), frequency convertor

УДК 681.3

Аль-Шайх Хасан, Ю. Т. Лячек

ОБРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ОТРЕЗКИ С ДУГАМИ СОПРЯЖЕНИЯ, ПРИ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ЧЕРТЕЖЕЙ

Рассмотрены особенности алгоритмов создания параметрической модели любого чертежа, содержащего параллельные размеры, установленные на отрезки, на концах которых расположены дуги сопряжения. Модель формируется на основе определения количественных связей между элементами базовой сети, образованной характерными точками основных графических примитивов в соответствии с методом аналитико-синтетической параметризации.

Чертеж, электронное представление, базовая сеть, графические примитивы, параметризация, параллельные размеры, отрезки, дуги, связь элементов сети

При параметризации ранее созданных чертежей, представленных в виде файлов векторного описания графических примитивов, составляющих чертеж, необходимо найти координаты всех точек, определяющих эти примитивы, в зависимости от значений размерных обозначений, используемых в этом чертеже. Это требование обусловлено тем, что ав-

томатически перечертить (модифицировать) чертеж детали, задав для нее другие значения размеров, можно лишь зная как при этом изменятся координаты точек каждого графического примитива, входящего в описание чертежа. Эта задача решается с помощью аналитико-синтетического метода параметризации [1], в основе которого лежит понятие опорной (базовой) сети чертежа. Каждый элемент этой нерегулярной координатной сети определяется положением (координатами) характерных точек всех графических примитивов *исходного* изображения детали. При этом вся сеть включает в себя основные ортогональные составляющие – горизонтальную и вертикальную, а также вспомогательную – угловую составляющую. Все их можно рассматривать как относительно независимые друг от друга сети (подсети). Введение такой опорной сети существенно упрощает создание параметрической модели чертежа, так как действие сети распространяется на все поле изображения чертежа (и по горизонтали, и по вертикали, и в угловом представлении). При этом опорная сеть с установленными количественными или функциональными связями между всеми ее элементами через используемые в чертеже размерные обозначения и является, по сути, параметрическим описанием такого чертежа. При наличии таких описаний легко определить новые координаты всех графических примитивов детали при ее модификации в соответствии с заданными новыми значениями размерных обозначений и автоматически перерисовать чертеж.

Использование опорной сети чертежа облегчает определение связей между ее элементами, т. е. создание параметрической модели чертежа. При этом процесс создания параметрической модели оказывается унифицированным и практически не зависит от конкретного представления изображенной на чертеже детали. Он не зависит от системы координат, в которой представлен чертеж, от количества используемых в нем видов, от типа используемых размерных обозначений и места их установки, от количества и типа графических примитивов и условий их взаимного отношения и расположения. Процесс параметризации и модификации изображений при таком подходе требует минимального участия конструктора (пользователя), которое ограничивается на начальном этапе заданием (вводом в систему) новых значений размерных обозначений, а на заключительном – графическим редактированием построенного чертежа. При этом редактирование требуется лишь в редких случаях, когда необходимо изменить схему простановки размерных обозначений и коррекции внутренних параметров (данных) для используемых в чертеже технологических обозначений. Однако эти операции достаточно просто максимально автоматизировать, так что они не требуют много времени и усилий от конструкторов.

В конструкторских чертежах часто встречаются размеры, поставленные на отрезки с дугами сопряжения, подсоединенные к этому отрезку на одном или обоих концах [2]. В этих случаях на параметры отрезков влияют не только установленные непосредственно на них параллельные размеры, но и параметры дуг сопряжения, в частности, положение центра дуг и значения их радиусов. Все эти параметры одновременно влияют на положение конца отрезка (точки его сопряжения с дугой) и его наклон. Это приводит к тому, что решение проблемы параметризации (нахождение связей между координатами точек обоих концов отрезка, в том числе и точки сопряжения, и центрами дуг) для таких объектов

в различных вариантах их сочетания (рис. 1) оказывается нетривиальной задачей. Для выхода из этой трудной ситуации предлагается вводить вместо пар из параллельного и радиального размера объединенные, так называемые фиктивные параллельные (псевдопараллельные) размеры. Эти размеры являются как бы порождением этой пары и должны определяться одновременно величинами и радиусов дуг сопряжения, и связанных с ними параллельных исходных размеров. Соответственно, для различных вариантов соединений, представленных на рис. 1, значения псевдопараллельных размеров определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 a) \quad -L^* &= \sqrt{L^2 + R^2} ; \quad б) \quad -L^* = \sqrt{L^2 + (R_1 - R_2)^2} ; \quad в) \quad -L^* = \sqrt{L^2 + (R_1 + R_2)^2} ; \\
 г) \quad -L_1^* &= \sqrt{L_1^2 + R^2}, \quad -L_2^* = \sqrt{L_2^2 + R^2} ; \\
 д) \quad -L_1^* &= \sqrt{L_1^2 + (R_2 - R_3)^2}, \quad -L_2^* = \sqrt{L_2^2 + (R_1 - R_3)^2}, \quad -L_3^* = \sqrt{L_3^2 + (R_2 - R_1)^2}.
 \end{aligned}$$

Введение таких размеров позволяет разделить задачу автоматического нахождения параметрических связей характерных точек подобных фигур на 2 этапа.

На первом этапе в зависимости от количества дуг и отрезков, сопряженных с этими дугами, должны устанавливаться связи с теми элементами базовой сети, для которых связи уже установлены. Так:

1) при одном отрезке и связанной с ним одной дуге (рис. 1, а) приходится определять связи координат центра дуги и свободного конца отрезка из условия, что для этих точек уже была ранее установлена связь по одной из составляющих сети (по координате X или по координате Y). В этом случае значение связи по второй координате находится по теореме Архимеда исходя из значения псевдопараллельного размера и величины связи по второй координате;

2) при двух отрезках, связанных с одной дугой (рис. 1, г), необходимо определять связи по обеим координатам между центрами дуги и свободными концами обоих отрезков. Перед этим для точек свободных концов должна быть установлена связь по одной из координат, т. е. информация о связи их по одной координате должна быть уже известна. Тогда связь между данными тремя базовыми точками (центром дуги и концами отрезков) находится на основе анализа параметров этого треугольника, так как для него известны длины всех сторон (заданы значения размеров);

3) при трех отрезках и трех сопряженных с ними дугах (рис. 1, д) находятся связи между центрами всех дуг на основе анализа параметров треугольника, стороны которого известны. В этом случае задача нахождения связей по обеим координатам решается аналогично предыдущему случаю. При этом хотя бы одна точка центра должна фигурировать (присутствовать) в ранее определенной части сети;

4) при двух дугах, сопряженных с одним отрезком (рис. 1, б и в), связи между центрами обеих дуг по одной из координат (X или Y) находятся по известной гипотенузе (значению фиктивного размера) при условии, что по другой координате связи с сетью были установлены ранее.

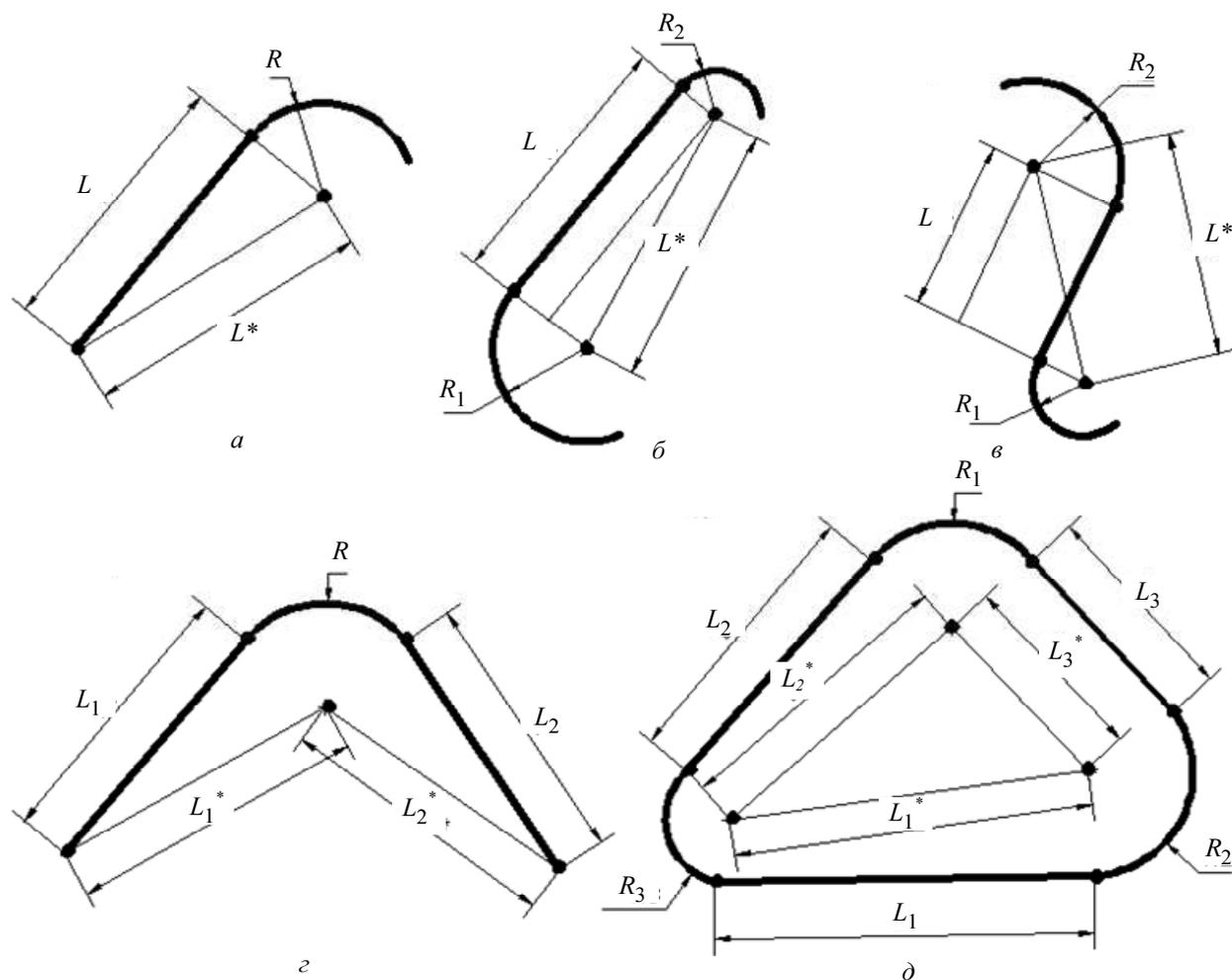


Рис. 1

На втором этапе устанавливается связь между определенными на первом этапе координатами центра рассматриваемой дуги и точкой сопряжения этой дуги и отрезка на основании значения радиуса дуги и значений исходного и фиктивного параллельных размеров (рис. 2, а, 3, а). На первый взгляд процесс нахождения координат точек сопряжения и, главное, установления связей их с другими элементами сети (включение данных связи в модель параметризации) достаточно сложен. Однако его можно существенно упростить, если предварительно решать эту проблему с использованием локальной системы координат (ЛСК), начало которой совпадает с центром рассматриваемой дуги сопряжения, а ось X (или Y) совпадает с отрезком, на котором стоит фиктивный размер (рис. 2, б и 3, б). Иными словами, ось должна проходить через центр дуги и свободный конец отрезка сопряжения при наличии одной дуги или через центры дуг сопряжения, если дуги находятся на обоих концах.

В ЛСК в соответствии с рис. 2, б и на основании подобия треугольников значения смещения координат точек сопряжения 1 и 2 относительно центра дуг (окружности) определяются достаточно просто: $\Delta x^*/R = \Delta y_1^*/L = R/L^*$; $\Delta y_2^* = -\Delta y_1^*$. Отсюда: $\Delta x^* = -R^2/L^*$; $\Delta y_1^* = L^*R/L^*$; $\Delta y_2^* = -L^*R/L^*$.

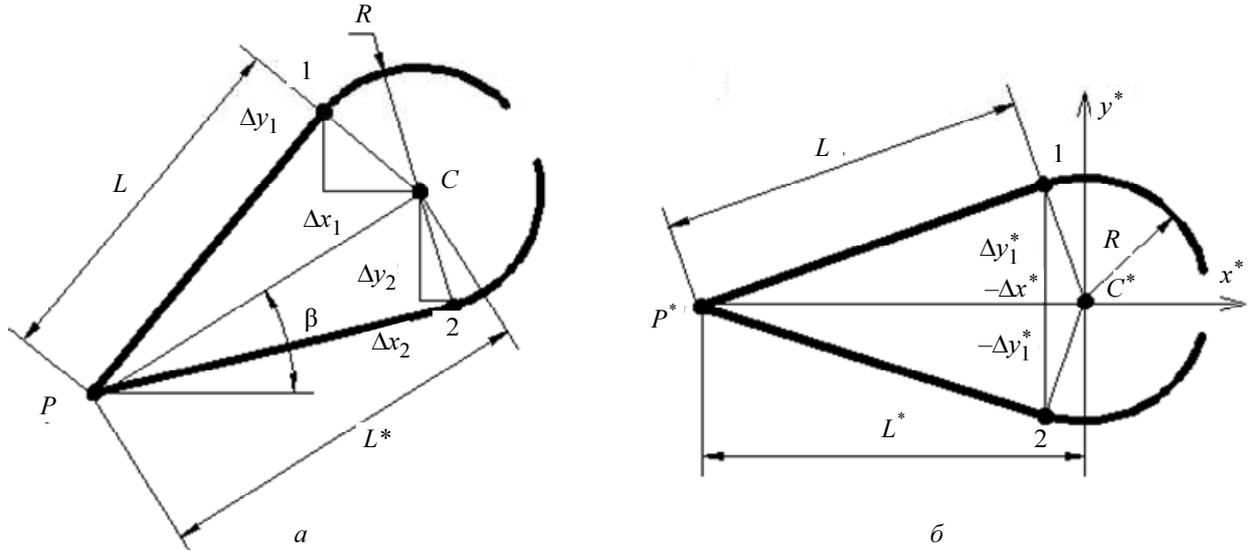


Рис. 2

В этом случае смещение координат точек сопряжения 1 и 2 относительно центра в исходном состоянии (рис. 2, а) определяется с использованием матрицы поворота на угол β против часовой стрелки [3]:

$$\begin{bmatrix} \Delta x^* & \Delta y_1^* \\ \Delta x^* & \Delta y_2^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta \\ -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix}.$$

В результате перемножения матриц получаем смещение координат точек касания (левой 1 и правой 2) относительно центра дуги (окружности) по координатам X и Y :

$$\Delta x_1 = \Delta x^* \cos \beta - \Delta y_1^* \sin \beta; \quad \Delta y_1 = \Delta x^* \sin \beta + \Delta y_1^* \cos \beta;$$

$$\Delta x_2 = \Delta x^* \cos \beta - \Delta y_2^* \sin \beta; \quad \Delta y_2 = \Delta x^* \sin \beta + \Delta y_2^* \cos \beta.$$

Нахождение смещения точек сопряжения отрезка с двумя дугами, расположенных по одну сторону от отрезка, относительно координат центра соответствующей дуги (окружности) в ЛСК тоже не представляет никакой сложности (рис. 3, б), так как $\Delta x_1 / \text{abs}(R_1 - R_2) = \Delta y_1 / L = R_1 / L^*$. Отсюда: $\Delta x_1 = \text{abs}(R_1 - R_2) R_1 / L^*$, $\Delta y_1 = R_1 L / L^*$; $\Delta x_2 = \text{abs}(R_1 - R_2) \times R_2 / L^*$, $\Delta y_2 = R_2 L / L^*$.

При этом знак приращения по каждой координате для точек сопряжения по каждой дуге выявляется в зависимости от расположения центров дуг (окружностей) относительно друг друга и наклона отрезка сопряжения.

Параметры смещения точек сопряжения отрезка с дугами, расположенными по разные стороны отрезка, относительно координат центра соответствующих дуг в ЛСК определяют в следующем порядке.

Последовательно находят:

– координаты точки P пересечения отрезка сопряжения с отрезком, соединяющим центры окружностей обеих дуг, на основе параметрического уравнения для второго отрезка:

$$P = P_1 + (P_2 - P_1) * R_1 / (P_1 + P_2);$$

О ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИИ НЕЯВНОЙ ФУНКЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ЭКСПЕРИМЕНТА

Представлено доказательство методом математической индукции теоремы, определяющей вид формулы дифференцирования неявной функции. Данная формула играет важную роль в численном построении алгоритмов оптимального планирования эксперимента при нелинейной параметризации.

Неявная функция, дифференцирование, доказательство, оптимальное планирование эксперимента

Разложение функции в ряд Тейлора широко используется в вычислительной математике, в частности, при численном построении алгоритмов оптимального планирования эксперимента в случае нелинейной параметризации [1]. При этом нужно определить производные разных порядков рассматриваемой функции, которая во многих случаях задается в неявном виде. Вопрос дифференцирования неявной функции был изучен в [2], [3] методами функционального анализа. В данной статье приводится доказательство методом математической индукции теоремы, определяющей вид формулы дифференцирования неявно заданной функции.

Теорема. Пусть функциональная зависимость $x = x(\theta)$ задается неявно в виде $F(x, \theta) = 0$ и обе функции $x(\theta)$ и $F(x, \theta)$ непрерывны и бесконечно дифференцируемы. Здесь x и θ – многомерные величины. Обозначим через a_i и F_{ij} операторы

$$a_i = x^{(i)} = \frac{d^i x}{d\theta^i}, \quad F_{ij} = \frac{\partial^{i+j} F}{\partial x^i \partial \theta^j}, \quad i, j = 0, 1, \dots$$

Тогда

$$x^{(n)} = -F_{10}^{-1} \sum_{B_n(k, \{j_p\}, i)} \frac{n!}{k! j_1! \dots j_{n-1}!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_{n-1}}{(n-1)!}\right)^{j_{n-1}} F_{ik}, \quad (1)$$

где

$$B_n(k, \{j_p\}, i) = \{k, j_1, \dots, j_{n-1}, i : k = 0, 1, \dots, n; \quad 1j_1 + \dots + (n-1)j_{n-1} = n - k; \\ i = j_1 + \dots + j_{n-1}\}, \quad j_p \in \mathbf{N}, n \geq 2.$$

Доказательство. Отметим, что

$$\frac{dF_{ij}}{d\theta} = \frac{\partial F_{ij}}{\partial x} \frac{dx}{d\theta} + \frac{\partial F_{ij}}{\partial \theta} = a_1 F_{i+1, j} + F_{i, j+1}. \quad (2)$$

В частности,

$$F(x, \theta) = 0 \Rightarrow \frac{dF}{d\theta} = a_1 F_{10} + F_{01} = 0 \Rightarrow x^{(1)} = a_1 = -F_{10}^{-1} F_{01}. \quad (3)$$

Докажем (1) методом математической индукции.

При $n = 2$ из (2) и (3) получим

$$x^{(2)} = a_2 = -F_{10}^{-1} (F_{02} + 2a_1 F_{11} + a_1^2 F_{20}). \quad (4)$$

С другой стороны, при $n = 2$

$$B_2(k, \{j_p\}, i) = \{k, j_1, i : k = 0, 1, 2; j_1 = 2 - k; i = j_1\},$$

и (1) приобретает вид

$$x^{(2)} = -F_{10}^{-1} \sum_{B_2(k, \{j_p\}, i)} \frac{2!}{k! j_1!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} F_{ik}. \quad (5)$$

Легко видеть, что (4) и (5) совпадают, следовательно, (1) справедлива для $n = 2$.

Теперь предположим, что (1) верна для n . Нужно доказать, что (1) верна для $n + 1$, т. е. доказать, что

$$x^{(n+1)} = -F_{10}^{-1} \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i)} \frac{(n+1)!}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!} \right)^{j_n} F_{ik}, \quad (6)$$

где

$$B_{n+1}(k, \{j_p\}, i) = \{k, j_1, \dots, j_n, i : k = 0, 1, \dots, n+1; 1j_1 + \dots + nj_n = (n+1) - k; \\ i = j_1 + \dots + j_n\}, \quad j_p \in \mathbf{N}, n \geq 2.$$

Обозначим сумму в выражении (1) через Σ_n , т. е. $x^{(n)} = a_n = -F_{10}^{-1} \Sigma_n$. Тогда

$$x^{(n+1)} F_{10} + a_n (a_1 F_{20} + F_{11}) + \frac{d\Sigma_n}{d\theta} = 0.$$

Таким образом, для доказательства (6) нужно доказать, что

$$a_n (a_1 F_{20} + F_{11}) + \frac{d\Sigma_n}{d\theta} = \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i)} \frac{(n+1)!}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!} \right)^{j_n} F_{ik}. \quad (7)$$

Принимая во внимание (2) преобразуем левую часть (7) (LM – left-hand member):

$$\text{LM} = a_n (a_1 F_{20} + F_{11}) + \sum_{B_n(k, \{j_p\}, i)} \frac{n!}{k! j_1! \dots j_{n-1}!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_{n-1}}{(n-1)!} \right)^{j_{n-1}} (a_1 F_{i+1, k} + F_{i, k+1}) + \\ + \sum_{\alpha=1, j_\alpha \geq 1}^{n-1} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} \dots j_\alpha \left(\frac{a_\alpha}{\alpha!} \right)^{j_\alpha - 1} \left(\frac{a_{\alpha+1}}{\alpha!} \right) \left(\frac{a_{\alpha+1}}{(\alpha+1)!} \right)^{j_{\alpha+1}} \dots \left(\frac{a_{n-1}}{(n-1)!} \right)^{j_{n-1}} F_{ik}.$$

Отсюда следует:

$$\text{LM} = a_n (a_1 F_{20} + F_{11}) + \sum_{B_n(k, \{j_p\}, i)} \frac{n!}{k! j_1! \dots j_{n-1}!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1 + 1} \dots \left(\frac{a_{n-1}}{(n-1)!} \right)^{j_{n-1}} F_{i+1, k} + \\ + \sum_{B_n(k, \{j_p\}, i)} \frac{n!}{k! j_1! \dots j_{n-1}!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_{n-1}}{(n-1)!} \right)^{j_{n-1}} F_{i, k+1} + \\ + \sum_{B_n(k, \{j_p\}, i)} \sum_{\alpha=1, j_\alpha \geq 1}^{n-1} \frac{n! (\alpha+1) (j_{\alpha+1} + 1)}{k! j_1! \dots (j_\alpha - 1)! (j_{\alpha+1} + 1)! \dots j_{n-1}!} \left(\frac{a_1}{1!} \right)^{j_1} \dots \\ \dots \left(\frac{a_\alpha}{\alpha!} \right)^{j_\alpha - 1} \left(\frac{a_{\alpha+1}}{(\alpha+1)!} \right)^{j_{\alpha+1} + 1} \dots \left(\frac{a_{n-1}}{(n-1)!} \right)^{j_{n-1}} F_{ik}. \quad (8)$$

Для удобства обозначим 3 суммы в (8) поочередно через $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$.

В первой сумме введем новые обозначения:

$$j'_1 = j_1 + 1 (j'_1 \geq 1), j'_2 = j_2, \dots, j'_{n-1} = j_{n-1}, j'_n = 0, i' = i + 1 (i' \geq 1). \quad (9)$$

Тогда

$$\begin{aligned} 1j'_1 + \dots + (n-1)j'_{n-1} + nj'_n &= (n+1) - k; \\ i' &= j'_1 + \dots + j'_{n-1} + j'_n, j'_p \in \mathbf{N}, n \geq 2, \end{aligned}$$

т. е. по определению

$$\{k, j'_1, \dots, j'_n, i'\} \in B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i'; \quad k \neq n+1, j'_1 \geq 1, j'_n = 0, i' \geq 1).$$

Так как условия $k \neq n+1, i' \geq 1$ автоматически вытекают из $j'_1 \geq 1$, то можно просто написать

$$\{k, j'_1, \dots, j'_n, i'\} \in B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i'; \quad j'_1 \geq 1, j'_n = 0).$$

Таким образом, каждому набору $\{k, j_1, \dots, j_{n-1}, i\} \in B_n(k, \{j_p\}, i)$ при отображении (9) соответствует определенный набор $\{k, j'_1, \dots, j'_n, i'\} \in B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i'; \quad j'_1 \geq 1, j'_n = 0)$. Легко видеть, что при обратном отображении

$$j_1 = j'_1 - 1 (j'_1 \geq 1), j_2 = j'_2, \dots, j_{n-1} = j'_{n-1}$$

каждому набору $\{k, j'_1, \dots, j'_n, i'\} \in B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i'; \quad j'_1 \geq 1, j'_n = 0)$ соответствует определенный набор $\{k, j_1, \dots, j_{n-1}, i\} \in B_n(k, \{j_p\}, i)$. Таким образом, имеется однозначное соответствие между множествами $B_n(k, \{j_p\}, i)$ и $B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i'; \quad j'_1 \geq 1, j'_n = 0)$. Отсюда следует:

$$\Sigma_1 = \sum_{B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i'; \quad j'_1 \geq 1, j'_n = 0)} \frac{n! j'_1}{k! j'_1! \dots j'_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j'_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j'_n} F_{i', k}. \quad (10)$$

Для второй суммы введем обозначения:

$$k' = k + 1 \quad (k' \geq 1), \quad j_n = 0.$$

Тогда

$$\begin{aligned} 1j_1 + \dots + (n-1)j_{n-1} + nj_n &= (n+1) - k'; \\ i &= j_1 + \dots + j_{n-1} + j_n, j_p \in \mathbf{N}, n \geq 2. \end{aligned}$$

Проведя аналогичные рассуждения получим

$$\Sigma_2 = \sum_{B_{n+1}(k', \{j_p\}, i; \quad k' \geq 1, j_n = 0)} \frac{n! k'}{k'! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{i, k'}. \quad (11)$$

Для третьей суммы введем обозначения:

$$\begin{aligned} j'_1 = j_1, \dots, j'_\alpha = j_\alpha - 1, j'_{\alpha+1} = j_{\alpha+1} + 1, \dots, j'_{n-1} = j_{n-1}, \\ j'_n = \begin{cases} 0, & \alpha \neq n-1; \\ 1, & \alpha = n-1. \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

Тогда

$$\begin{aligned} 1j'_1 + \dots + \alpha j'_\alpha + (\alpha+1)j'_{\alpha+1} + \dots + nj'_n = (n+1) - k; \\ i = j'_1 + \dots + j'_\alpha + j'_{\alpha+1} + \dots + j'_n, j'_p \in \mathbf{N}, n \geq 2; \quad \alpha = 1, \dots, n-1, j'_{\alpha+1} \neq 0. \end{aligned}$$

Важно отметить, что α меняется от 1 до $n-1$. Если выполняется условие $j_\alpha \geq 1$, то проводится преобразование (12), а соответствующее обратное отображение проводится, когда $j_{\alpha+1} \geq 1$. Следовательно, имеется полное однозначное соответствие между $B_n(k, \{j_p\}, i)$ и $B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i; \sum_{p=2}^n j'_p \neq 0)$. Таким образом,

$$\Sigma_3 = \sum_{B_{n+1}(k, \{j'_p\}, i; \sum_{p=2}^n j'_p \neq 0)} \sum_{\alpha=2, (j'_\alpha \geq 1)}^n \frac{n! \alpha j'_\alpha}{k! j'_1! \dots j'_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j'_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j'_n} F_{ik}. \quad (13)$$

С точностью до обозначений можно убрать все штрихи в формулах (10), (11), (13).

Заметим, что при $j_1 = 0, k = 0, j_2 = \dots = j_n = 0$ $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$ соответственно обращаются в нуль, и при $j_\alpha = 0$ выражение в подсумме в Σ_3 тоже обращается в нуль, т. е. не влияют на значение LM. Следовательно, можно просто написать

$$\begin{aligned} \text{LM} = a_n(a_1 F_{20} + F_{11}) + \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i; j_n = 0)} \frac{n! j_1}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik} + \\ + \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i; j_n = 0)} \frac{n! k}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik} + \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i)} \sum_{\alpha=2}^n \frac{n! \alpha j_\alpha}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik}. \end{aligned}$$

Принимая во внимание, что $k + 1j_1 + \dots + nj_n = n + 1$, получим

$$\begin{aligned} \text{LM} = a_n(a_1 F_{20} + F_{11}) + \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i; j_n = 0)} \frac{(n+1)!}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik} + \\ + \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i; j_n \geq 1)} \sum_{\alpha=2}^n \frac{n! \alpha j_\alpha}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik}. \end{aligned} \quad (14)$$

Сопоставив (7) и (14), придем к выводу, что (7) эквивалентно следующему:

$$\begin{aligned} a_n(a_1 F_{20} + F_{11}) + \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i; j_n \geq 1)} \sum_{\alpha=2}^n \frac{n! \alpha j_\alpha}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik} = \\ = \sum_{B_{n+1}(k, \{j_p\}, i; j_n \geq 1)} \frac{(n+1)!}{k! j_1! \dots j_n!} \left(\frac{a_1}{1!}\right)^{j_1} \dots \left(\frac{a_n}{n!}\right)^{j_n} F_{ik}. \end{aligned} \quad (15)$$

Из $1j_1 + \dots + nj_n = n+1 - k$ следует, что $j_1 + \dots + n(j_n - 1) = 1 - k$. Так как $j_n \geq 1, n \geq 2$, то это возможно только при $j_n = 1$. Тогда $k = 1, j_1 = \dots = j_{n-1} = 0$ или $k = 0, j_1 = 1, j_2 = \dots = j_{n-1} = 0$. Подставив полученные значения в (15) легко убедимся в справедливости выражения (1). Теорема доказана.

В заключение отметим, что для реализации алгоритма дифференцирования неявной функции следует применить результаты теории разбиения множеств и чисел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев Ю. Д., Нгуен Хай Винь. Метод неявной функции в задаче построения двухточечных планов эксперимента // Тр. IX Междунар. конф. ФАМЭТ'2010 / КГТЭИ, СФУ. Красноярск, 2010. С. 108–113.
2. Треногин В. А. Функциональный анализ. М.: Физматлит, 2007.
3. Приближенное решение операторных уравнений / М. А. Красносельский, В. М. Вайникко, П. П. Забрейко и др. М.: Наука, 1969.

Nguyen Hai Vinh, Y. D. Grigoriev, S. A. Mityagin

ON DIFFERENTIATION OF IMPLICIT FUNCTIONS FOR CONSTRUCTING AN OPTIMAL EXPERIMENTAL DESIGN

The proof by mathematical induction of the formula for differentiation of implicit functions is presented, which plays an important role in constructing numerical algorithms for optimal design of experiments with nonlinear parameterization.

Implicit function, differentiation, proof, the optimal design of experiments

УДК 621.3.049.77.001.2

С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЕРАРХИЧЕСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ РЕГУЛЯРНЫХ МАКРОБЛОКОВ СБИС

На примере матричного делителя рассматриваются вопросы автоматизации технологически инвариантного иерархического проектирования макроблоков СБИС.

Макроблоки СБИС, матричный делитель, технологически инвариантное иерархическое проектирование, сжатие топологии, системы автоматизированного проектирования

Регулярные макроблоки СБИС. В основе технологии проектирования современной элементной базы лежит модульный принцип разработки СБИС, в соответствии с которым современные интегральные схемы собираются из больших фрагментов, называемых макроблоками. Макроблоки СБИС по составу входящих в них ячеек и характеру связей между ними можно разделить на регулярные и нерегулярные.

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

Технологически инвариантное проектирование топологии регулярных макроблоков СБИС. Одной из основных отличительных особенностей современных микроэлектронных проектов является технологическая инвариантность – возможность настройки проекта на любые проектные нормы. Она достигается с помощью систем сжатия топологии, минимизирующих расстояние между элементами в соответствии с проектными нормами и задаваемыми разработчиком ограничениями на расположение отдельных частей топологии.

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

При разработке библиотеки сначала в графической среде системы проектирования [1] создаются технологически инвариантные описания топологии ячеек. Далее (в процессе настройки на задаваемые разработчиком проектные нормы) на базе этой виртуальной библиотеки создается библиотека реальных ячеек, из которых и собирается топология макроблока.

При настройке на проектные нормы осуществляется согласование топологии ячеек по габаритам и положению выводов. Выполняется оно в несколько этапов [2]. Сначала ячейки подвергаются сжатию с учетом только технологических проектных норм. Из полученных описаний топологий извлекается информация о габаритах и координатах выводов ячеек, на основании которой вычисляются значения габаритов и координат выводов, позволяющие состыковывать топологии отдельных ячеек, объединяя их в макроблоки. Затем сжатие повторяется с учетом не только проектных норм, но и полученных на предыдущем этапе дополнительных ограничений на взаимное расположение элементов топологии ячеек. При этом для обеспечения максимальной плотности упаковки данный процесс нужно осуществлять итерационно [2], начиная с «нижних» выводов, путем поэтапного сжатия топологии, определения положения очередных выводов стыкуемых ячеек, выбора максимального из полученных значений и повторения сжатия с использованием выбранного значения в качестве еще одного очередного ограничения на взаимное расположение элементов стыкуемых ячеек. Сократить время при этом можно своеобразным «локальным отжигом» топологии, состоящим в сжатии на каждой итерации не всей ячейки, а лишь той ее части, которая располагается между очередными стыкуемыми парами выводов.

В результате этого процесса получается библиотека ячеек в заданных проектных нормах, которой можно пользоваться для проектирования крупных блоков БИС, подставляя полученные описания топологии и значения габаритов и координат выводов в файлы, описывающие топологии макроблоков на языке описания топологии CIF.

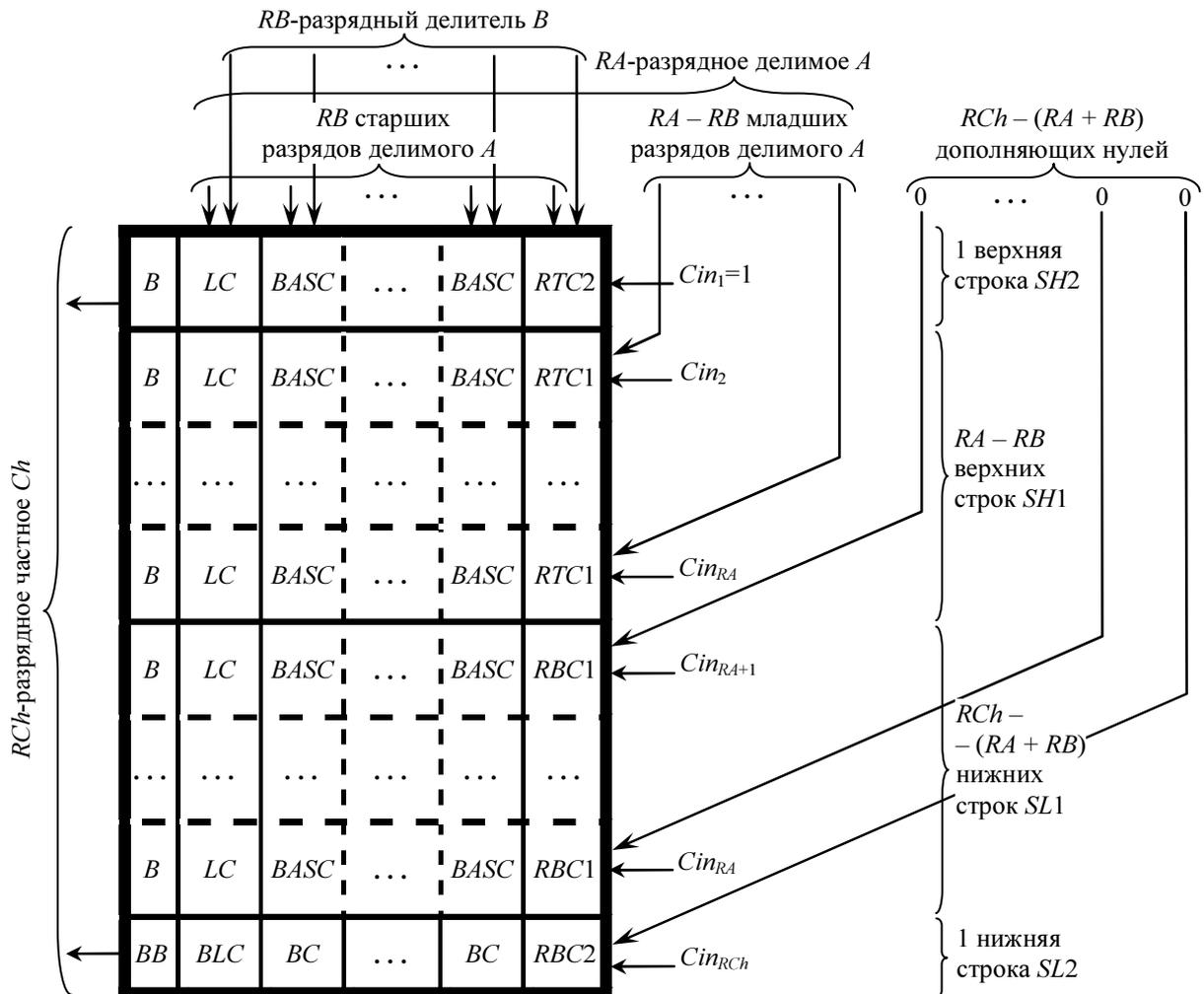
Автоматизация иерархического технологически инвариантного проектирования топологии регулярных макроблоков СБИС. Разработка технологически инвариантной виртуальной библиотеки заказных специализированных ячеек представляет собой сложный творческий процесс. Однако описанные ранее действия по согласованию ячеек при их настройке на проектные нормы и сборка из них описаний топологии макроблоков СБИС поддаются формализации.

Согласование ячеек в устройстве с двумерной организацией структурно-топологического плана осуществляется в 2 этапа: по каждой из двух осей координат.

В рассматриваемом в качестве примера иерархическом технологически инвариантном компиляторе матричного делителя [3] сначала согласуются ячейки в каждом из типов столбцов.

В структурно-топологическом плане делителя, приведенном на рис. 1, можно выделить 4 типа столбцов:

- левый столбец, состоящий из буферных B и нижнего буферного BB каскадов;
- второй слева столбец, включающий левые LC и нижние левые BLC ячейки;
- центральные столбцы, состоящие из базовых $BASC$ и нижних базовых BC ячеек;
- правый столбец, состоящий из правой ячейки $RTC2$ верхней строки $SH2$ делителя, правых ячеек $RTC1$ верхних строк $SH1$ и правых ячеек $RBC1$ нижних строк $SL1$ средней части делителя и правой ячейки $RBC2$ нижней строки $SL2$ делителя.



RA – разрядность делимого A
 RB – разрядность делителя B
 RCh – разрядность частного Ch
 $SH1$ – верхние строки средней части делителя
 $SH2$ – верхняя строка делителя
 $SL1$ – нижние строки средней части делителя
 $SL2$ – нижняя строка делителя
 Cin_i – входной перенос в i -ю строку делителя
 B – буферный каскад
 BB – нижний буферный каскад

LC – левая ячейка
 BLC – нижняя левая ячейка
 $BASC$ – базовая ячейка
 BC – нижняя ячейка
 $RTC2$ – правая ячейка верхней строки $SH2$ делителя
 $RTC1$ – правая ячейка верхних строк $SH1$ средней части делителя
 $RBC1$ – правая ячейка нижних строк $SL1$ средней части делителя
 $RBC2$ – правая ячейка нижней строки $SL2$ делителя

Рис. 1

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

Таким образом, при согласовании, например, ячеек правого столбца делителя на вход функции *docking_findings* подаются следующие параметры:

4, *RTC2*, *RTC1*, *RBC1*, *RBC2*

Следующим этапом является согласование по габаритам и положению выводов ячеек строк. При этом полученные на первом этапе согласования значения габаритов и координат выводов ячеек по горизонтали используются при вертикальном согласовании ячеек строк в качестве ограничивающих сжатие параметров.

После получения в заданных проектных нормах библиотеки согласованных по габаритам и положению выводов ячеек выполняется сборка топологии макроблока. Исходной информацией для сборки служат текстовые описания (аналогично описаниям на языке VHDL) структуры макроблока СБИС и его составляющих.

Описание компоновки топологии состоит из имени структурного элемента, типа его пространственной ориентации (горизонтальный (*g*) или вертикальный (*v*)) и упорядоченного справа налево или сверху вниз списка имен входящих в него элементов более низкого уровня с указанием их числа. Для рассматриваемого в качестве примера матричного делителя такими структурными элементами являются строки и входящие в их состав ячейки. Описания строк и самого делителя *DIV* приведены ниже:

SH2 g: B, 1; LC, 1; BASC, RB-2; RTC2, 1. (1)

SH1 g: B, 1; LC, 1; BASC, RB-2; RTC1, 1.

SL1 g: B, 1; LC, 1; BASC, RB-2; RBC1, 1.

SL2 g: BB, 1; BLC, 1; BC, RB-2; RBC1, 1.

DIV v: SH2, 1; SH1, RA-RB; SL1, RCh-(RA+RB); SL2, 1. (2)

В соответствии с описанным таким образом структурно-топологическим планом формируется иерархический файл, описывающий топологию макроблока на языке описания топологии CIF. В него заносятся описания топологии ячеек, полученные в результате итерационного согласования ячеек по габаритам и положению выводов. К ним добавляются описания собираемых из них структурных элементов макроблока и самого макроблока. Описание топологии генерируется с учетом не только выбираемых пользователем проектных норм, но и задаваемых значений нагрузки на выходе и разрядностей операндов и результата. В делителе матрица с необходимым числом строк и столбцов и буферными каскадами требуемой мощности формируется в соответствии с разрядностями делимого, делителя и частного. Например, параметризованному по разрядности делителя (*RB*) структурно-топологическому описанию (1) верхней строки *SH2* матричного делителя (рис. 2) в программе, генерирующей выходной файл описания топологии на языке CIF, будут соответствовать следующие операторы языка C:

```

fprintf(divider_file, "DS %s 5 1;\n", SH2); // Начало определения фрагмента SH2
fprintf(divider_file, "9 %s;\n", SH2); // Начало описания фрагмента SH2
// Позиционирование ячеек в строке:
fprintf(divider_file, "C %s T %d %d;\n", B, 0, 0); // – позиционирование ячейки B
fprintf(divider_file, "C %s T %d %d;\n", LC, B_w, 0); // – позиционирование ячейки LC
for (int j = 0; j < (RB-2); j++) // – позиционирование (RB-2)-х ячеек BASC
fprintf(divider_file, "C %s T %d %d;\n", BASC, B_w + LC_w + j*BASC_w, 0);
// – позиционирование ячейки RTC2
fprintf(divider_file, "C %s T %d %d;\n", RTC2, B_w + LC_w + (RB-2)*BASC_w, 0);
fprintf(divider_file, "DF;\n"); // Конец определения фрагмента SH2

```

Во фрагменте программы переменной $NAME_w$ обозначается реальная ширина ячейки с именем $NAME$. Она определяется с помощью функции $dimension_calc$, вычисляющей реальные габариты ячеек макроблока. Входными параметрами функции служат виртуальные координаты вертикальных и горизонтальных границ ячейки и имя файла описания ее топологии. Полученные с помощью нее значения используются в операторах позиционирования ячеек при сборке строк и всего макроблока в целом.

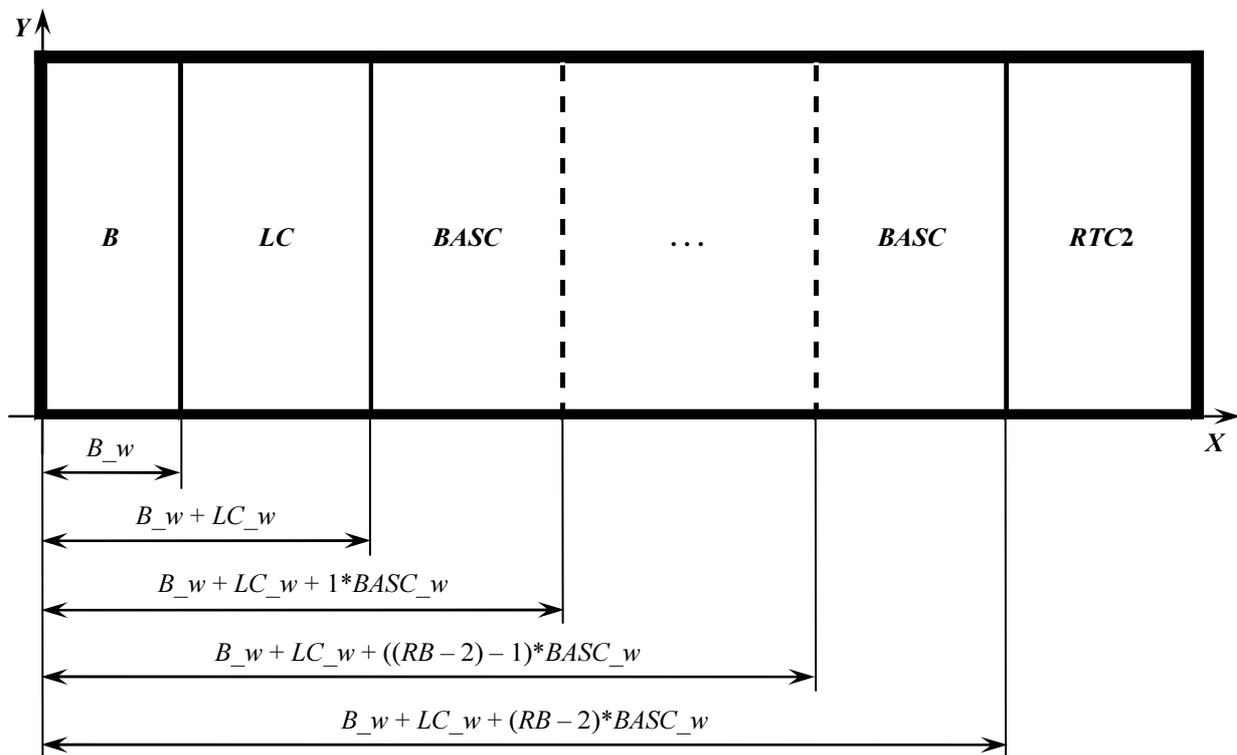


Рис. 2

Примеры описания на языке CIF топологии верхней строки $SH2$ (1) и матрицы DIV (2) делителя, полученные при разрядностях делимого $RA = 8$, делителя $RB = 6$ и частного $RCh = 6$, приведены ниже.

(Описание топологии верхней строки $SH2$ матричного делителя);

$DS SH2 5 1;$

$9 SH2;$

$CBT 0 0;$

C L C T 816 0;
C B A S C T 2660 0;
C B A S C T 4548 0;
C B A S C T 6436 0;
C B A S C T 8324 0;
C R T C 2 T 10212 0;
D F;
(Описание топологии матричного делителя *DIV*);
D S D I V 5 1;
9 D I V;
C S H 2 T 0 0;
C S H 1 T 0 -2094;
C S H 1 T 0 -4188;
C S L 1 T 0 -6282;
C S L 1 T 0 -8376;
C S L 2 T 0 -10470;
D F;

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев, И. С. Технологически инвариантная система проектирования топологии стандартных фрагментов МОП БИС / И. С. Зуев, А. Б. Максимов, С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников // Изв. вузов. «Электроника». – 2003. – № 3. – С. 63–70.
2. Миронов, С. Э. Итерационное сжатие с ограничениями при иерархическом технологически инвариантном проектировании топологии макрофрагментов БИС / С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». – 2010. – Вып. 3. – С. 10–15.
3. Миронов, С. Э. Иерархический технологически инвариантный компилятор схемы деления / А. Ю. Васильев, С. Э. Миронов, Л. Г. Морозова, А. К. Фролкин // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2011. – Вып. 4. – С. 31–35.

S. E. Mironov, A. U. Vasilev

AUTOMATION OF HIERARCHICAL PROCESS-TOLERANT DESIGN OF VLSI REGULAR MACROBLOCKS LAYOUT

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

VLSI macroblocks, matrices divider, process-tolerant hierarchical design, layout compaction, systems of computer-aided design



УДК 629.12.066

В. П. Калявин, Та Тхань Хай, Нгуен Ван Чьен,
Нгуен Тиен Тханг, Нгуен Хьу Тинь

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Разработана диагностическая модель, позволяющая имитировать дефекты, которые могут появляться в процессе эксплуатации исполнительного устройства ГЭУ постоянного тока. Модель построена на основе САПР Orcad.

Диагностическое обеспечение, гребная электрическая установка, исполнительное устройство гребной электрической установки, диагностика

Решение задачи разработки диагностического обеспечения исполнительного устройства гребной электрической установки (ГЭУ) требует построения диагностической модели, которая может быть представлена в любом математическом виде, но должна быть чувствительна к изменениям состояния исполнительного устройства (ИУ) при возникновении дефектов. Исполнительное устройство ГЭУ постоянного тока (рис. 1) включает: гребной электродвигатель (ГЭД), обмотку возбуждения ГЭД и гребной винт (фиксированного или регулируемого шагов).

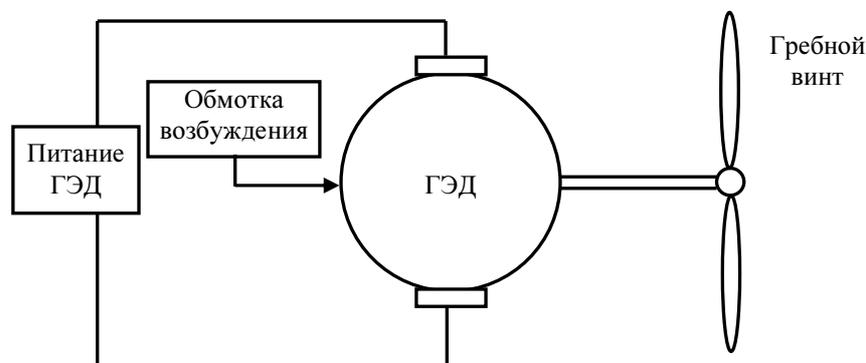


Рис. 1

Построение диагностических моделей гребного электродвигателя, обмотки возбуждения и гребного винта может быть осуществлено на основе системы электрического моделирования САПР Orcad, которое базируется на уравнениях, описывающих их работу.

Диагностическая модель ИУ постоянного тока должна реагировать на следующие дефекты:

- межвитковые замыкания обмотки возбуждения и обрыв обмотки возбуждения, вызывающие изменения напряжения обмотки возбуждения электродвигателя,
- загиб (частичное или полное обламывание) лопастей, появление трещин, износ лопастей и т. п., вызывающие изменения момента сопротивления гребного винта;
- межвитковые замыкания обмотки якоря, обрыв катушек обмотки, вызывающие изменения состояния других элементов исполнительного устройства ГЭУ.

Работа ГЭД может быть описана системой уравнений [1]:

уравнение равновесия напряжений якорной цепи –

$$U_c = R_{\text{я}}i + L_{\text{я}} \frac{di}{dt} - E_{\text{д}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{я}}$, $L_{\text{я}}$ – суммарное активное сопротивление и индуктивность обмотки якоря двигателя; U_c , i – соответственно напряжение, приложенное к цепи якоря и ток якоря; $E_{\text{д}} = C_e \Phi n$ – ЭДС двигателя; C_e – электрическая постоянная двигателя; Φ – поток возбуждения; n – частота вращения на валу двигателя;

уравнение равновесия моментов на валу двигателя –

$$\frac{1}{9.55} J \frac{dn}{dt} = M_{\text{д}} - M_{\text{с}}, \quad \frac{dn}{dt} = \frac{9.55}{J} (C_{\text{м}} \Phi i - K_b n^\lambda), \quad (2)$$

где $M_{\text{д}} = C_{\text{м}} \Phi i$ – вращающий момент двигателя; $M_{\text{с}} = K_b n^\lambda$ – момент сопротивления гребного винта; J – момент инерции двигателя; $C_{\text{м}}$ – механическая постоянная двигателя; K_b , λ – параметры, характеризующие изменение момента на валу ГЭД;

уравнение равновесия напряжений на обмотке независимого возбуждения –

$$U_{\text{в}} = R_{\text{в}} i_{\text{в}} + \sigma w_{\text{в}} \frac{d\Phi}{dt}, \quad \frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{2pw\sigma} \left(U_{\text{в}} - \frac{R_{\text{в}}}{2pw} AW \right), \quad (3)$$

где $R_{\text{в}}$, $w_{\text{в}}$ – сопротивление и число витков обмотки возбуждения; σ – коэффициент рассеяния магнитного потока; $AW = i_{\text{в}} w_{\text{в}}$ – ампер-витки возбуждения; $2p$ – общее число полюсов обмотки возбуждения; w – число витков на одном полюсе.

Характеристика намагничивания двигателя $\Phi = \Lambda(AW)$ может быть представлена в виде табличной зависимости (табл. 1).

Таблица 1

Φ	-2,38	-2,2	-2	-1,83	-1,65	-1,5	-1,1	-0,73	-0,36	0,36
Aw	-4E-3	-2E-3	-1322	-1E-3	-680	-570	-322	-214	0	0,36
Φ	0,73	1,1	1,5	1,65	1,83	2,2	2	2,2	2,38	–
Aw	214	322	570	680	1E-3	2E-3	1322	2E-3	4E-3	–

Диагностическая модель ГЭД постоянного тока в САПР Orcad представлена на рис. 2.

Модель позволяет имитировать дефекты: межвитковые замыкания обмотки якоря блоком 1 и обрыв катушек обмотки якоря блоком 2. Уравнение (1) может быть реализовано блоком 3, уравнение (2) – блоком 4, уравнение (3) – блоком 5, характеристика намагничивания – блоком 6.

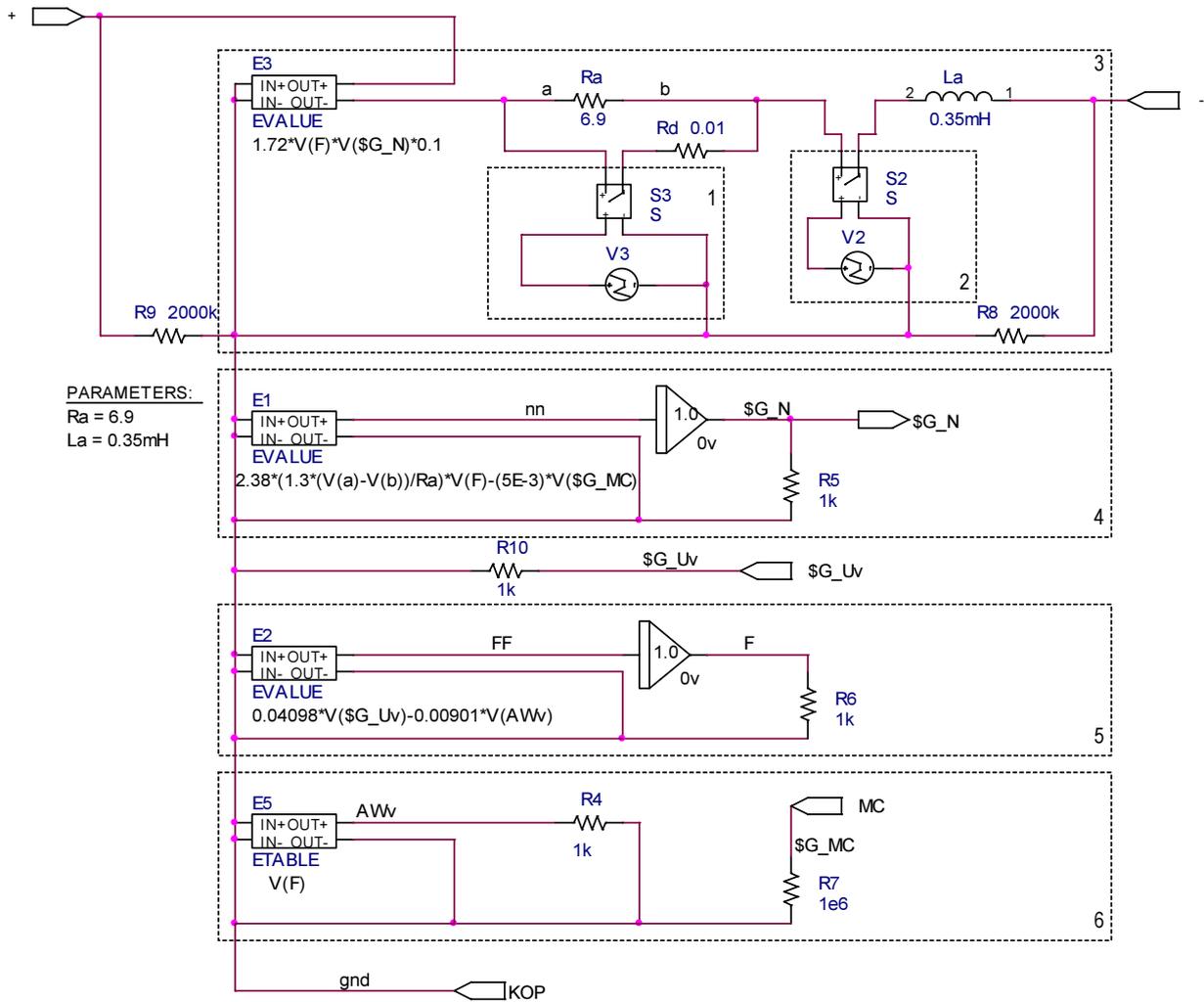


Рис. 2

Уравнение звена возбуждения ГЭД с независимым возбуждением [2] имеет вид:

$$T \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} = U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{ВХ}}$ – напряжение питания обмотки возбуждения ГЭД; $U_{\text{ВЫХ}}$ – напряжение, подаваемое на обмотку двигателя; $T = L_d/R_d$ – постоянная времени обмотки возбуждения.

Диагностическая модель обмотки возбуждения ГЭД представлена на рис. 3. Такая модель позволяет имитировать дефекты: межвитковые замыкания обмотки возбуждения блоком 1, обрыв обмотки возбуждения блоком 2. При этом блок 3 решает уравнение (4); блок 4 изменяет входное напряжение $U_{\text{ВХ}}$; блок 5 изменяет выходное напряжение выше допустимого значения; блок 6 изменяет выходное напряжения ниже допустимого напряжения.

Характеристика гребного винта представляет собой зависимость момента сопротивления от частоты вращения гребного винта: $M_c = f(n_d)$. Эта зависимость представлена в табл. 2.

Таблица 2

M_c	-170	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	170
n_d	-5e4	-3e4	-2e4	-1e4	-5e3	-3e3	-1e3	0	1e3	3e3	5e3	1e4	2e4	3e4	5e4

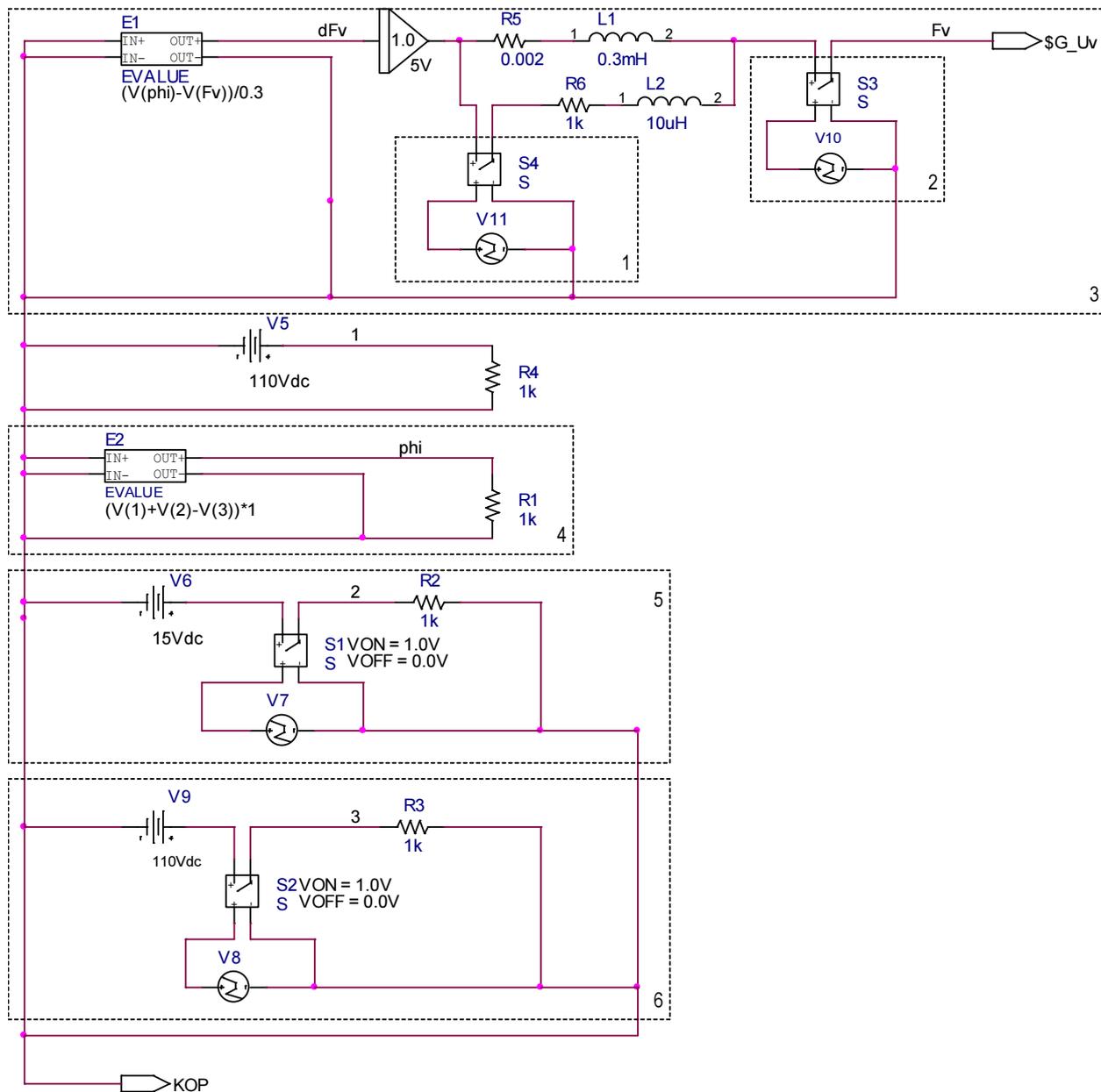
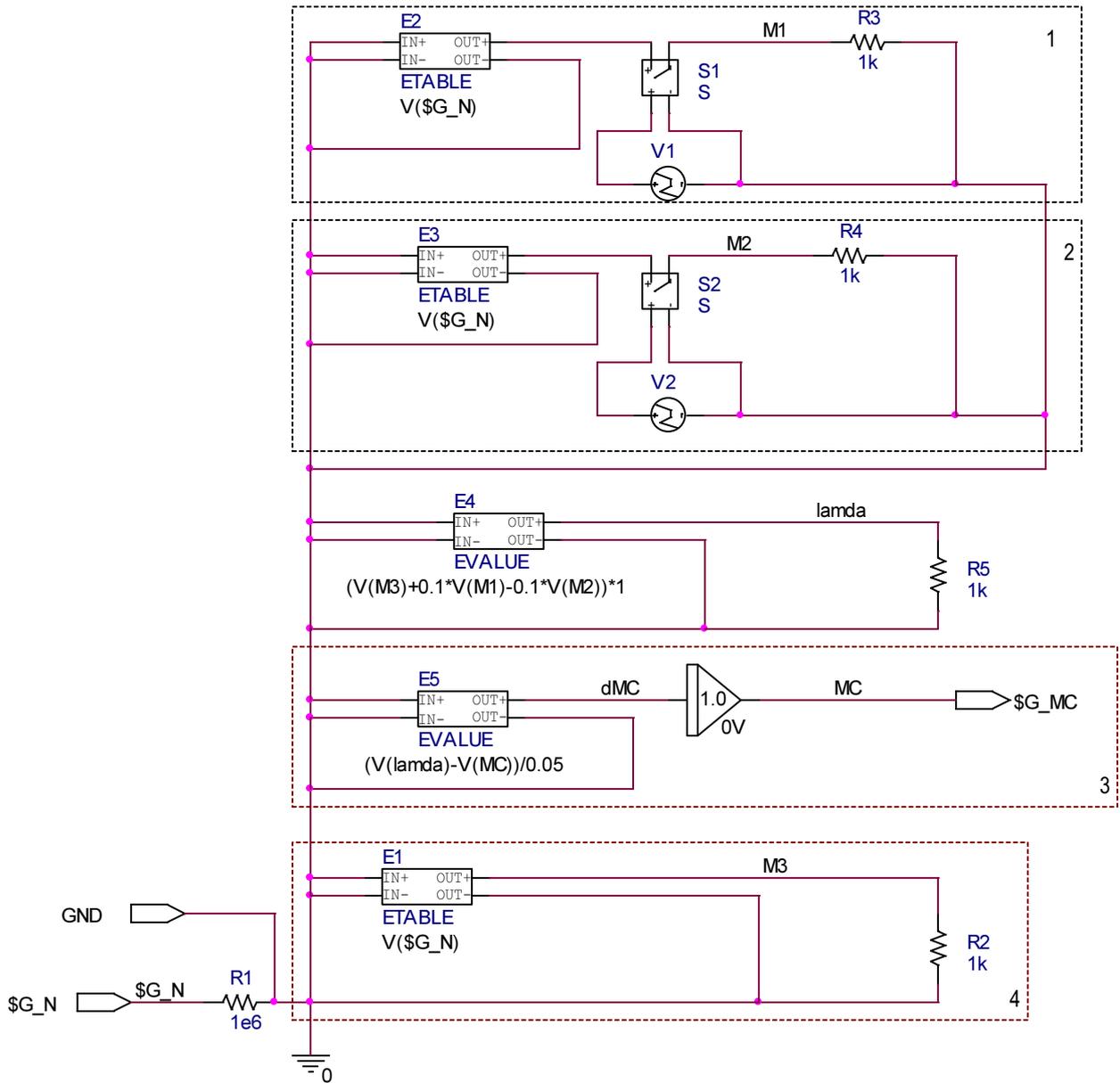


Рис. 3

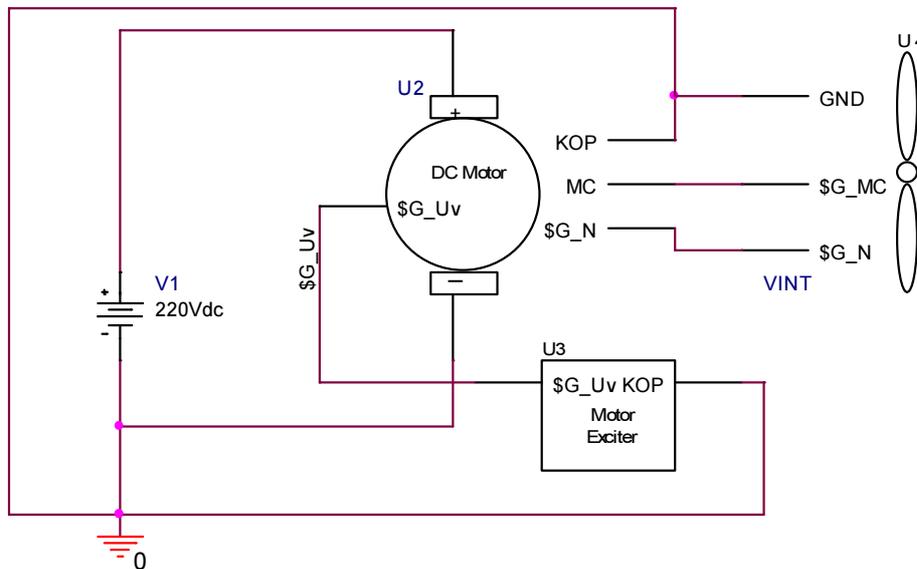
При эксплуатации момент сопротивления гребного винта изменяется из-за возникновения таких дефектов винта, как его изгиб, износ лопастей или появление трещин. Эти изменения могут быть имитированы в системе OrCAD с помощью блоков 1 (выше допустимого значения) и 2 (ниже допустимого значения) (рис. 4). При этом уровни и момент изменения момента сопротивления задаются элементами VPWL и ключами S (блоки 1 и 2). Зависимость $M_c = f(n_d)$ может быть реализована с помощью блока 4 ETABLE.

Общая схема диагностической модели исполнительного устройства ГЭУ с ГЭД постоянного тока представлена на рис. 5. Здесь V1 – напряжение питания постоянного тока; U2 – гребной электродвигатель; U3 – обмотка возбуждения ГЭД; U4 – гребной винт.

Характеристики изменения частоты вращения гребного электродвигателя, момента сопротивления гребного винта, тока и ЭДС цепи якоря электродвигателя приведены в работе [3].



Puc. 4



Puc. 5

В работе построена диагностическая модель исполнительного устройства ГЭУ постоянного тока. Модель позволяет имитировать выход частоты вращения на валу ГЭД за пределы области работоспособности, а также исследовать влияние дефектов (межвитковых замыканий обмоток якоря и возбуждения, обрыва обмоток, изгиба гребного винта и др.) на работоспособность ИУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобович В. Ю., Королева Т. Н., Павлова В. А. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. СПб.: Элмор, 2001.
2. Мирошников А. Н., Румянцев С. Н. Моделирование систем управления технических средств транспорта. СПб.: Элмор, 1999.
3. Воскобович В. Ю., Калявин В. П., Нгуен Ван Чьен. Диагностическая модель исполнительного устройства гребной электрической установки // Методы и средства технической диагностики. Йошкар-Ола, 2008. С. 22–29.

*Kalyavin V. P., Ta Thanh Hai, Nguyen Van Chien,
Nguyen Tien Thang, Nguyen Huu Tinh*

DIAGNOSTIC MODEL OF EXECUTION UNIT OF DIRECT CURRENT MARINE PROPULSION SYSTEM

Based on the complexity of the problem of diagnostic software a diagnostic model is developed to simulate the defects that can be significantly during the operation of execution unit of the DC Electric Propulsion system. Such a model can be designed in Orcad program.

Diagnostic ensuring, marine electric propulsion system, execution unit of electric marine propulsion system, diagnosis

УДК 621.3.001.5; 621.3.001.57; 621.3:51-7; 621.3:007; 621.35.035

***Н. Д. Поляхов, И. А. Приходько,
Д. Н. Поляхов, И. А. Рубцов, И. В. Швыров***

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрено построение системы диагностирования на основе нейронной сети встречного распространения, предназначенной для классификации образов. Для диагностики развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле, набор характерных признаков сопоставляется соответствующему дефекту.

Нейронная сеть встречного распространения, классификация образов, диагностика дефектов силовых трансформаторов

Можно выделить два основных пути использования методов искусственного интеллекта для решения задачи диагностирования в электроэнергетике: разработка систем принятия решений на основе нечетких условных логических правил [1]–[5]; формирование нейронечеткой и нейронной сетей на основе численных данных диагностируемого процесса с целью оценки и классификации исследуемого дефекта [5]–[10].

Важным для обеспечения надежности работы оборудования в энергетической системе является планирование вывода из эксплуатации оборудования в соответствии со стандартами, определяющими сроки эксплуатации оборудования, а также режимами работы распределительной сети, накладывающими свои ограничения на вывод того или иного оборудования в ремонт.

Объективная сложность при принятии решения о выводе в ремонт оборудования распределительной сети продиктована, с одной стороны, множеством различных устройств, составляющих данную систему, с другой стороны, индивидуальными особенностями каждой единицы оборудования.

Нечеткая логика использована при разработке самоорганизующейся экспертной системы диагностики электрооборудования, которая позволяет делать выводы для неоднозначных ситуаций и прогнозирует аварийные отказы оборудования [1]. Знания представлены в виде продукционных правил, именно в такой форме знания, как правило, содержатся в ответах экспертов и в специализированной литературе.

Детальный обзор эффективности использования методов искусственного интеллекта для диагностирования состояния трансформатора приведен в докладе [7].

В [2] приведены результаты сравнения четкой и нечеткой логики при диагностике неисправности трансформатора, доказаны преимущества нечеткого подхода.

Оценка повреждений трансформатора в [3], [4] выполнена с использованием нечеткой логики, в [6], [9] – на основе нейросетевого подхода с использованием сети прямого распространения.

В систему диагностики [8] включены две нейронные сети: одна используется для классификации типа повреждения трансформатора; другая оценивает повреждение изоляции.

В [5], [10] для построения системы диагностики объединены нечеткий и нейросетевой подходы: в [5] с помощью нечетких алгоритмов сравниваются результаты, полученные на основе экспертной системы и нейронной сети, и формируется окончательное заключение; в [10] для обнаружения повреждения изоляции трансформатора выход нейронной сети (числовые значения от нуля до единицы) учитывается в качестве значения функций принадлежности в нечетком алгоритме.

Успех использования интеллектуальных технологий в значительной степени зависит от знания эксперта для определения информативных режимных параметров диагностируемого объекта в различных условиях работы. Кроме того, при формировании нейронных и нейронечетких сетей важны подбор обучающей выборки для обеспечения наибольшей обобщающей способности сети и задание эффективного алгоритма обучения.

Сравнение нейронных и нейронечетких сетей:

- Нейронечеткие и нейронные сети – *универсальные аппроксиматоры*.

При решении задач аппроксимации практически эффективность нечеткого подхода выше, чем при использовании нейронных сетей. Уменьшение погрешности аппроксимации нейронечеткой сетью объясняется представлением исходных данных «нечетким» способом, при котором четкие входные векторы принадлежат нескольким нечетким множествам.

- Нейронечеткие и нейронные сети обладают *способностью к обучению*.

Преимущества нечетких систем: наличие качественных знаний, допускающих логический анализ, и простота обнаружения ошибок. *Ограничение* использования нечетких систем: при наличии более пяти входов реализация систем становится очень сложной, точность решения уменьшается. Для объектов с большим числом входов необходимо использовать нейронные сети.

Преимущества нейронных сетей: возможность формирования большого числа входов; «голографичность» – сохранение свойств нейронных сетей при разрушении случайно выбранной части сети в силу полной связности и большого числа искусственных нейронов.

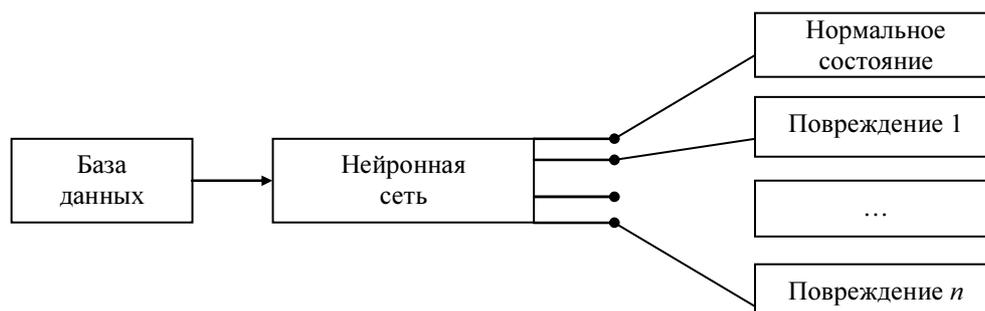
Недостаток нейронных сетей – сложность поиска неисправности.

Цель исследования заключалась в создании систем диагностики электротехнических объектов на основе нейросетевых технологий и в оценке эффективности нейросетевого прогноза состояния электротехнических изделий на примере силового трансформатора.

Множество контрольных точек устройства, в которых снимаются его характеристики в различных режимах работы, может считаться входным вектором сети. В зависимости от условий работы, вида неисправного элемента и степени повреждения получают различные характеристики одного и того же устройства. Как правило, неисправность каждого вида связана со специфическим изменением характеристик устройства, свойственным только этой неисправности. Типовая схема обнаружения неисправностей представлена на рисунке. База данных состоит из множества характеристик, отвечающих нормальным и аварийным состояниям в определенных режимах работы, в которых устройство подвергается диагностированию. Если две разные аварии имеют идентичные признаки, различить их будет невозможно.

Задачу диагностирования предлагается решать с помощью нейронной сети встречного распространения, предназначенной для классификации образов. Задача классификации представляет собой задачу отнесения заданного примера (образа) к одному из нескольких попарно непересекающихся множеств (классу). Для диагностики набор характерных признаков сопоставляется соответствующему дефекту (см. рисунок).

Возможно несколько способов представления данных. Наиболее распространен способ, при котором заданный пример представляется вектором. Компоненты этого вектора представляют собой различные характеристики образа, которые влияют на принятие решения о том, к какому классу можно отнести данный образ.



При наличии нескольких классов возникает проблема, связанная с представлением данных выхода сети. Наиболее простым способом представления выходных данных является вектор, компоненты которого соответствуют различным номерам классов. При этом i -я компонента вектора соответствует i -му классу. Все остальные компоненты при этом равны 0. Тогда, например, второму классу будет соответствовать 1 на втором выходе сети и 0 на остальных.

Нейронные сети встречного распространения ошибки, представляют каскадные соединения нейронных структур, состоящие из входного слоя нейронов и слоев нейронов Кохонена и Гроссберга.

Каждый элемент входного сигнала подается на все нейроны слоя Кохонена. Каждый нейрон слоя Кохонена соединен со всеми нейронами слоя Гроссберга.

В процессе обучения вначале на множестве входных векторов обучается слой Кохонена. Если сеть функционирует таким образом, что выход нейрона-«победителя» равен единице, а выходы остальных равны нулю, то выход нейронов слоя Гроссберга определяется только величиной весового коэффициента связи с нейроном-«победителем». Точность сети будет ограничена. Повышение точности обеспечивается формированием целой группы нейронов слоя Кохонена, имеющих максимальные выходы, которые передают свои выходные сигналы в слой Гроссберга. Число нейронов в такой группе определяется экспериментально в зависимости от задачи.

В результате обучения сети входные векторы ассоциируются с соответствующими выходными векторами слоя Гроссберга. Обобщающая способность сети дает возможность получать правильный выход, когда входной вектор неполон или искажен.

Нейросетевая система диагностирования (на примере диагностики силового трансформатора). Для построения нейросетевой системы использованы рекомендации методических указаний по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле (РД 153-34.0-46.302-00). Указания позволяют диагностировать состояние силовых трансформаторов различных типов классом напряжения от 110 кВ и выше. Выводы о состоянии оборудования делаются на основе фактической концентрации следующих газов, растворенных в трансформаторном масле: водород (H_2), метан (CH_4), ацетилен (C_2H_2), этан (C_2H_6), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2). Граничные концентрации растворенных в масле газов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Трансформаторы, U, кВ	Концентрации газов, %						
	H_2	CH_4	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6	CO	CO_2
110...500	0.01	0.01	0.001	0.01	0.005	$\frac{0.05}{0.06}$	$\frac{0.6(0.2)}{0.8(0.4)}$
700	0.003	0.002	0.001	0.002	0.001	0.05	0.40

В таблице для концентраций CO в числителе приведено значение для трансформаторов с азотной или пленочной защитами масла, в знаменателе – для трансформаторов со свободным дыханием; для CO_2 в числителе приведены значения для трансформаторов со свободным дыханием при сроке эксплуатации до 10 лет, в знаменателе – свыше 10 лет; в скобках приведены те же данные для трансформаторов с пленочной или азотной защитами масла.

Для определения характера прогнозируемого дефекта, согласно методическим указаниям, в трансформаторе оцениваются три отношения концентраций характерных газов: $\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$, $\frac{CH_4}{H_2}$, $\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$. Главное условие корректного функционирования системы диагностирования на основе нейронной сети является дифференциация характеристик при различных состояниях.

Отличительная особенность соотношений – наличие идентичных признаков для различных режимов. Например, нормальной работе соответствуют отношения $\frac{C_2H_2}{C_2H_4} < 0.1$, $\frac{CH_4}{H_2} = 0.1...1$, $\frac{C_2H_4}{C_2H_6} \leq 1$, термическому дефекту с низкой температурой ($< 150^\circ$) – $\frac{C_2H_2}{C_2H_4} < 0.1$, $\frac{CH_4}{H_2} = 0.1...1$, $\frac{C_2H_4}{C_2H_6} = 1...3$. Если получено $\frac{C_2H_4}{C_2H_6} = 1$, то режим не определен. Нельзя однозначно решить вопрос о характере повреждения: разряд малой или большой мощности, если характеристика дефекта $\frac{C_2H_4}{C_2H_6} = 3$, так как отношения $\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$, $\frac{CH_4}{H_2}$ совпадают. При $\frac{C_2H_4}{C_2H_6} = 3$ совпадают характеристики для термических дефектов в диапазоне средних и высоких температур.

В качестве эксперимента предприняли попытку обучения нейронных сетей, используя отношения концентраций характерных газов и исключая совпадающие значения (например, вместо отношения ≤ 1 использовалось отношение < 1). Задача диагностирования

представлялась как задача классификации. Для сетей, обучающихся по стратегии «обучение с учителем», в качестве выходного вектора принимались номера прогнозируемых дефектов. Согласно рекомендациям методических указаний по диагностике развивающихся дефектов, различалось 9 режимов.

Оценивалась эффективность нейронечеткой сети на основе алгоритма Такаги–Сугено, радиальной базисной сети, персептрона, сети Кохонена, сети встречного распространения ошибки. Сравнительно успешным оказалось обучение нейронечеткой сети и сетей прямого распространения. При тестировании с использованием данных, не участвующих в обучении, положительные результаты получены менее чем 70 % случаях. Результаты классификации оценены как недостаточно эффективные.

Для повышения точности диагностирования выполнена дополнительная подготовка обучающей выборки с введением характеристик, которые отличаются друг от друга в различных режимах и однозначно свидетельствуют о фактическом состоянии устройства.

Положительный результат удалось получить при составлении обучающей выборки, используя относительные концентрации газов: $a_i = A_i / A_{\text{Гри}}$, где A_i , $A_{\text{Гри}}$ – измеренное и граничное значение концентрации i -го газа, процент объема. Согласно методическим указаниям по результатам хроматографического анализа рассчитываются относительные концентрации a_i водорода и углеводородных газов; определяется основной газ, имеющий наибольшую относительную концентрацию $a_{\text{max } i}$; вычисляется отношение $a_i / a_{\text{max } i}$ (для основного газа отношение равно единице). Полученные численные значения определяют вид развивающихся дефектов в трансформаторах.

Виды прогнозируемых дефектов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характер прогнозируемого дефекта	Номер режима
Разряды малой мощности (основной газ – водород (H ₂))	1
Частичные разряды с низкой плотностью энергии (основной газ – водород)	2
Дефекты, вызванные искрением (основной газ – водород)	3
Дефекты, вызванные дугой (основной газ – водород)	4
Дефекты, вызванные дугой (основной газ – ацетилен (C ₂ H ₂))	5
Термический дефект в диапазоне средних температур (основной газ – метан (CH ₄))	6
Термический дефект в диапазоне средних температур, переходящий в частичные разряды (основной газ – метан)	7
Термический дефект в диапазоне высокой температуры (основной газ – этилен (C ₂ H ₄))	8
Высокотемпературный нагрев, переходящий в дугу (основной газ – этилен)	9

Входные векторы обучающей выборки включают значения отношения $a_i / a_{\text{max } i}$ пяти газов: водорода; ацетилена; метана; этилена; этана (пять входов, пять искусственных нейронов в первом слое сети).

Выходной вектор по числу диагностируемых дефектов девятого порядка (9 выходов сети, 9 искусственных нейронов в выходном слое).

Например, в качестве целевого вектора режима 3 назначается вектор [0 0 1 0 0 0 0 0 0], т. е. третий выходной элемент должен быть включен, а все остальные выключены. Такое представление выходного вектора необходимо для использования встроенной функции пакета Neural Networks среды Matlab, обеспечивающей формирование сети встречного распространения. Для удобства пользователя предусмотрено введение функций, выполняющих преобразование вектора в матрицу и матрицу в вектор.

Таким образом, для диагностирования выбирается сеть встречного распространения, включающая 5 входных нейрона, 25 нейронов слоя Кохонена и 9 выходных нейронов для целевых выходных векторов. Число нейронов слоя Кохонена получено в результате моделирования с использованием пакета Neural Networks среды Matlab.

Обученная сеть обеспечивает эффективное распознавание тестируемого дефекта. Эффективность классификации составила 78.4 %, что совпадает с результатами, приведенными в [7].

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы. В настоящее время в отечественных и зарубежных публикациях, посвященных диагностике электрооборудования, можно отметить тенденцию комбинирования интеллектуальных подходов (нечеткого и нейросетевого), а также использования нечеткого подхода в экспертных системах.

Проведенные исследования диагностики силового трансформатора подтвердили эффективность нейросетевой системы диагностирования, обеспечивающей повышение точности диагностики и прогнозирования аварийных отказов и, следовательно, надежности функционирования электрооборудования.

Список литературы

1. Поляхов Д. Н., Сабинин О. Ю. Аналитическая обработка информационных потоков для эффективного управления предприятием // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002. № 7. С. 67–70.
2. Hooshmand R., Banejad M. Application of fuzzy logic in fault diagnosis in transformers using dissolved gas based on different standards // World Academy of Science. Engineering and Technology. 2006. Vol. 17. P. 157–161.
3. Fault Diagnosis of power transformer based on fuzzy logic, rough set theory and inclusion degree theory / H. A. Nabwey, A. M. Kozae, A. N. Ebady, E. A. Rady // OJPEE 10.06.09. Vol. 1, № 2. P. 45–49.
4. Denghua M. A new fuzzy information optimization processing technique for monitoring the transformer // Measurements and applications of dielectric materials: Conf. Publication. 2000. № 473. P. 192–195.
5. Fault diagnosis of power transformers / W. Xu, D. Wang, Z. Zhou, H. Chen // Application of Fuzzy Set Theory, Expert Systems, and Artificial Neural Networks: IEEE Proc. of Science, Measurement, and Technology. 1997. № 144(1). P. 39–44.
6. Wu Ch.-F., Hou Ch.-I. Applying artificial neural networks to the design of abnormal diagnosis for power transformers // Intern. Journ. of reviews in computing, 2010 URIC. P. 23–29.
7. Intelligent transformer monitoring system utilizing neuro-fuzzy technique approach / R. Shoureshi, T. Norrick, R. Swartzendraber, et al. // Power Systems Engineering Research Center (PSERC). 4–26, July 2004. 111 p.
8. Yanming T., Zheng Q. DGA based insulation diagnosis of power transformer via ANN // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Properties and Applications of Dielectric Materials, 2000. Vol. 1. P. 133–136.
9. An artificial neural network approach to transformer fault diagnosis / Y. Zhang, X. Ding, Y. Liu, P. J. Griffin // IEEE Transactions on Power Delivery. 1996. Vol. 11(4). P. 1836–1841.
10. Gao N., Yan Z. New approach on comprehensive diagnosis of insulation faults in power transformer / Proc. of the 2002 IEEE Intern. Symposium on Electrical Insulation. Boston. 2002.

N. D. Polyakhov, I. A. Prihodko, D. N. Polyakhov, I. A. Rubtsov, I. V. Shvirov

DIAGNOSTICS OF ELECTROTECHNICAL SETS CONDITION

Construction of system of diagnosing is considered on the basis of the neural network of counter distribution intended for classification of images. For diagnostics of developing defects of the transformer equipment by results of chromatic analysis of the gases dissolved of oil, the set of characteristic attributes is compared with corresponding defect.

Neural network with counter propagation, image classification, diagnostics defects of the transformer sets



УДК 621.313.39

*М. В. Пронин, А. Г. Воронцов,
Т. Нахди, М. Е. Кузин*

МНОГОТАКТНО-МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Рассмотрен многотактно-многоуровневый преобразователь частоты для питания ротора асинхронного генератора-двигателя гидроаккумулирующей электростанции. Разработана методика моделирования и модель преобразователя, выполнен анализ электромагнитных процессов. Исследована особенность системы, заключающаяся в неравномерной нагрузке выпрямительных мостов и вторичных обмоток трансформатора. Установлена зависимость этого явления от кратности модуляции инвертора и от количества мостов активного выпрямителя. Предложен алгоритм управления, обеспечивающий синусоидальность токов сети, заданные ограничения реактивных токов, стабилизацию выпрямленных напряжений мостов, регулирование токов нагрузки, уменьшение неравномерности нагрузки элементов преобразователя. Даны рекомендации по уменьшению габаритной мощности оборудования.

Активный выпрямитель, преобразователь частоты, многотактный преобразователь, многоуровневый преобразователь, система управление, моделирование

В мощных электроприводах используются полупроводниковые преобразователи частоты (ПЧ) среднего напряжения. В гидроаккумулирующих электростанциях (ГАЭС) с асинхронными генераторами-двигателями (АГД) в цепи ротора используются ПЧ, которые работают при передаче энергии из электросети в ротор и в обратном направлении в диапазоне частот токов ротора, например $0... \pm 5$ Гц [1], [2]. Эти особенности ГАЭС влияют на структуру ПЧ, на загрузку элементов, на характеристики ПЧ и системы в целом.

Наиболее часто в цепи ротора АГД используются преобразователи частоты с непосредственной связью (НПЧ) [3], [4]. НПЧ существенно искажают токи и напряжения на входе и выходе, потребляют большую реактивную мощность. Поэтому в комплекте с ними применяются фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ). Эти системы имеют сравнительно большие массу, габариты и стоимость.

Более перспективно применение каскадных ПЧ. В этих устройствах используются мало-мощные однофазные ПЧ, построенные на сравнительно низковольтных полупроводниковых приборах. Однофазные ПЧ питаются от различных обмоток многофазного трансформатора, соединяются последовательно в каждой фазе нагрузки и образуют многофазный источник

среднего напряжения [5], [6]. В каскадных ПЧ искажения токов и напряжений на входе и выходе минимальны, ФКУ не требуются. Однако при низких частотах токов на выходе ПЧ конденсаторы низковольтных ячеек нагружены токами низких частот. Это приводит к биениям токов вторичных обмоток трансформатора, к значительному увеличению емкости конденсаторов [2].

Другое решение заключается в использовании многоуровневых ПЧ с «плавающими» конденсаторами [7]. Эти ПЧ также строятся на низковольтных приборах. В них электроэнергия на входе и выходе также имеет высокое качество. Но стабилизация напряжений на «плавающих» конденсаторах обеспечивается только в ПЧ низких уровней, что ограничивает область применения этих ПЧ по напряжению.

Существуют также предложения по применению двухуровневых ПЧ, которые могут быть построены при использовании вентиляей, содержащих последовательное и параллельное соединение полупроводниковых приборов. В этих системах необходимы фильтры на входе и выходе ПЧ для решения задач электромагнитной совместимости.

Некоторые из указанных технических решений рассмотрены в статье [2]. На основании их анализа и сравнения ПЧ в номинальном режиме работы конкретной ГАЭС предложено использовать в цепи ротора АД многотактно-многоуровневый ПЧ (ММПЧ) [2]. Однако особенности ММПЧ, характеристики, структура системы управления в указанной публикации рассмотрены недостаточно.

В данной статье разработана методика моделирования ММПЧ, описаны разработанные модели ММПЧ, на моделях выполнены исследования особенностей ММПЧ, касающихся неравномерности нагрузки элементов, определены зависимости неравномерности нагрузки элементов от различных факторов, предложен алгоритм управления, действие которого направлено на уменьшение неравномерности нагрузки элементов ММПЧ.

Схема активного ММПЧ представлена на рис. 1. Рассматривается общий случай – количество тактов выпрямителя и уровней инвертора произвольно.

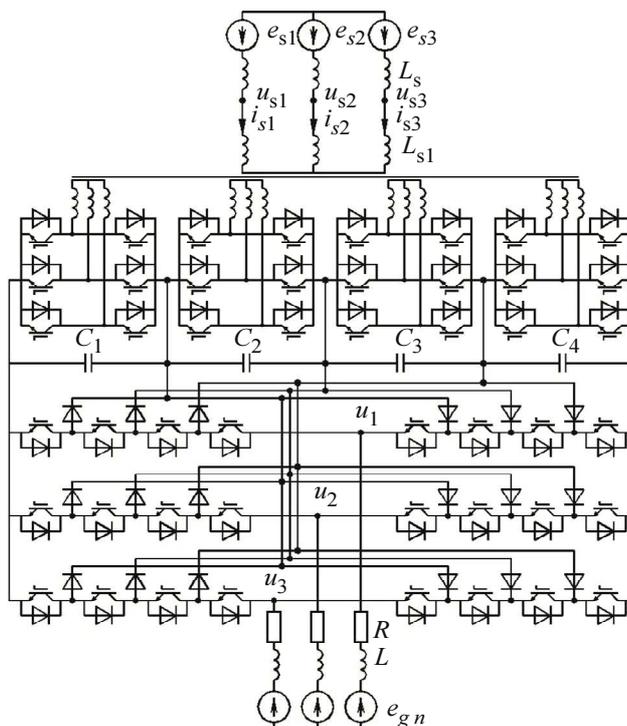


Рис. 1

ММПЧ содержит трансформатор с несколькими вторичными обмотками, много-тактный активный выпрямитель с несколькими транзисторными мостами, соединенными последовательно, емкостные фильтры постоянного напряжения C_1-C_m , многоуровневый инвертор напряжения (АИН), в каждом плече которого транзисторы соединены последовательно. Количество мостов выпрямителя, а также транзисторов в плече АИН равно M (на рис. 1 $M = 4$, выпрямитель четырехтактный, АИН 5-уровневый). Питание ММПЧ осуществляется от электросети с ЭДС фаз e_{sn} , индуктивностями L_s , напряжениями u_{sn} и токами i_{sn} ($n = 1, 2, 3$). Нагрузка представлена активными сопротивлениями R , индуктивностями L и ЭДС e_{gn} . Фазы нагрузки имеют напряжения u_n и токи i_n .

Математическое описание силовой части ММПЧ осуществляется по методологии моделирования сложных систем по взаимосвязанным подсистемам [5]. На основе этой методологии разработана методика моделирования ММПЧ, которая заключается в последовательности преобразований исходной схемы (в выборе ветвей схемы для замены зависимыми источниками, в последовательности переноса этих источников в другие ветви, в выделении определенных типовых подсхем и в определении их связей).

Первоначальное разделение схемы рис. 1 на части выполняется при замене емкостей C_m зависимыми источниками напряжения u_{cm} :

$$u_{cm} = \frac{1}{C_m} \int i_{cm} dt,$$

где i_{cm} – токи в емкостях; t – время; m – номер емкости и выпрямительного моста.

Источники напряжения u_{cm} переносятся в ветви выпрямленных токов выпрямительных мостов и АИН. При этом выпрямленные токи выпрямительных мостов i_{dm} и входные токи инвертора i_{dim} ($m = 1, \dots, 5$) определяют токи конденсаторов i_{cm} , которые можно рассматривать как источники тока:

$$i_{c1} = i_{d1} - i_{d11}, \quad i_{c2} = i_{d2} - i_{d11} - i_{d12}, \quad i_{c3} = i_{d3} - i_{d11} - i_{d12} - i_{d13}, \quad i_{c4} = i_{d4} - i_{d5}.$$

В результате указанных преобразований схема рис. 1 разделяется на подсхемы рис. 2, взаимосвязанные зависимыми источниками напряжения u_{cm} и тока i_{cm} .

Подсхема с трансформатором и выпрямительными мостами разделяется на части по электромагнитным связям обмоток. Связи учитываются зависимыми источниками напряжения e_{1n} и e_{2n} в первичной и вторичной обмотках, а также зависимыми источниками тока i_{sn} в первичной обмотке и i_{tnm} во вторичных обмотках ($n = 1, 2, 3; m = 1, 2, \dots, M$).

Напряжения фаз сети и ЭДС фаз первичной обмотки трансформатора:

$$u_{sn} = e_{sn} - L_s \frac{di_{sn}}{dt}, \quad e_{1n} = u_{sn} - L_{t1} \frac{di_{sn}}{dt},$$

где L_{t1} – индуктивность рассеяния первичной обмотки трансформатора.

ЭДС фаз вторичных обмоток трансформатора:

$$e_{tn} = e_{1n} / K_{tr},$$

где K_{tr} – коэффициент трансформации.

В схемах рис. 1–4 состояния ключей в положительных полюсах выпрямительных мостов (транзисторов и обратных диодов) описываются функциями k_{vnm} :

$$k_{vnm} = \begin{cases} 1, & \text{если ключ открыт;} \\ 0 & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1)$$

Условия (1) позволяют заменить параллельно включенные ветви в подсхемах рис. 4, а зависимыми источниками напряжения u_{enm} :

$$u_{enm} = k_{vnm} u_{cm}.$$

В подсхемах с вторичными обмотками трансформатора источники u_{enm} образуют трехфазные системы несинусоидальных напряжений, в которых содержатся составляющие нулевой последовательности. Обмотки трансформатора не имеют выводов нулевых точек, и составляющие нулевой последовательности можно удалить:

$$u_{0m} = (u_{e1m} + u_{e2m} + u_{e3m}) / 3, \quad e_{enm} = u_{enm} - u_{0m}.$$

При этом схема рис. 4, а преобразуется в схему рис. 4, б.

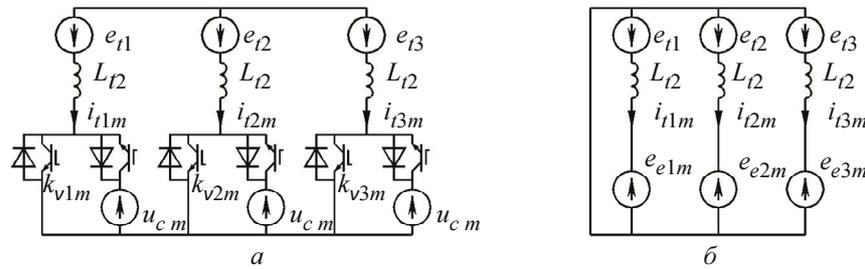


Рис. 4

Для схемы рис. 4, б справедливы уравнения:

$$\frac{di_{tnm}}{dt} = \frac{1}{L_{f2}} (e_{tn} - e_{enm}).$$

В АИН источники напряжения u_{cm} переносятся в ветви с транзисторами и обратными диодами. В результате образуется подсхема рис. 5.

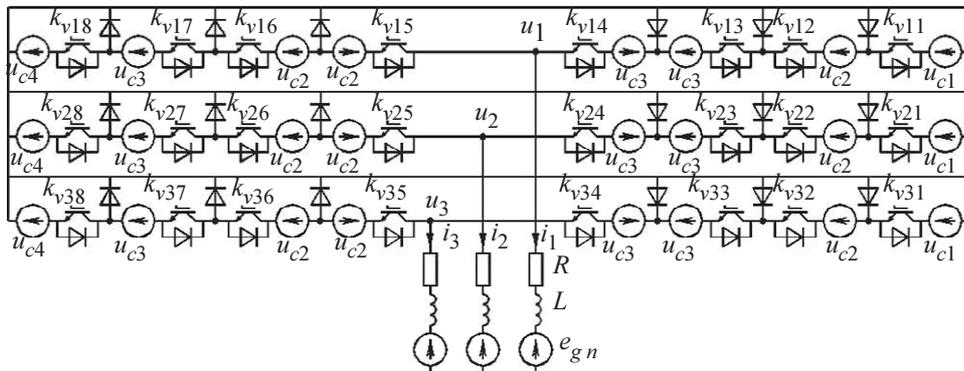


Рис. 5

Состояния ключей положительного полюса АИН описываются функциями k_{inm} :

$$k_{inm} = \begin{cases} 1, & \text{если ключ открыт;} \\ 0 & \text{иначе.} \end{cases}$$

Описание подсхемы АИН рис. 5 выполнено при согласованном управлении транзисторами, при котором функции их состояния находятся в следующем соотношении:

$$k_{in5} = 1 - k_{in1}, \quad k_{in6} = 1 - k_{in2}, \quad k_{in7} = 1 - k_{in3}, \quad k_{in8} = 1 - k_{in4}. \quad (2)$$

Напряжения фаз на выходе АИН с учетом (2):

$$e_n = (u_{c1} + u_{c2})k_{in1}k_{in2}k_{in3}k_{in4} + u_{c2}k_{in2}k_{in3}k_{in4}k_{in5} - \\ - u_{c3}k_{in4}k_{in5}k_{in6}k_{in7} - (u_{c3} + u_{c4})k_{in5}k_{in6}k_{in7}k_{in8}. \quad (3)$$

Из напряжений (3) удаляются составляющие нулевой последовательности:

$$e_0 = (e_1 + e_2 + e_3)/3, \quad u_n = e_n - e_0.$$

ЭДС фаз нагрузки:

$$e_{gn} = E_{gm} \sin[\omega_g t - (n-1)2\pi/3],$$

где ω_g – угловая частота ЭДС нагрузки; E_{gm} – амплитуда ЭДС нагрузки.

Токи в фазах нагрузки определяются из уравнений:

$$\frac{di_n}{dt} = \frac{u_n - Ri_n - e_{gn}}{L}.$$

Токи в плечах транзисторного моста:

$$i_{in1} = i_n k_{in1}, \quad i_{in8} = -i_n k_{in8};$$

$$i_{in2} = i_n k_{in2}, \quad i_{in3} = i_n k_{in3}, \quad i_{in4} = i_n k_{in4}, \quad i_{in5} = -i_n k_{in8}, \quad i_{in6} = -i_n k_{in8}, \quad i_{in7} = -i_n k_{in8} \text{ при } i_n > 0;$$

$$i_{in2} = i_n k_{in1}, \quad i_{in3} = i_n k_{in1}, \quad i_{in4} = i_n k_{in1}, \quad i_{in5} = i_n k_{in5}, \quad i_{in6} = i_n k_{in6}, \quad i_{in7} = i_n k_{in7} \text{ иначе.}$$

Токи в разделительных диодах:

$$i_{id1} = i_{in2} - i_{in1}, \quad i_{id2} = i_{in3} - i_{in2}, \quad i_{id3} = i_{in4} - i_{in3},$$

$$i_{id4} = i_{in5} - i_{in6}, \quad i_{id5} = i_{in6} - i_{in7}, \quad i_{id6} = i_{in7} - i_{in8}.$$

Входные токи инвертора:

$$i_{d1} = i_{i1} + i_{i21} + i_{i31}, \quad i_{d5} = i_{i18} + i_{i28} + i_{i38};$$

$$i_{d2} = i_{i11} + i_{i21} + i_{i31} - i_{i14} - i_{i24} - i_{i34},$$

$$i_{d3} = i_{i12} + i_{i22} + i_{i32} - i_{i15} - i_{i25} - i_{i35},$$

$$i_{d4} = -i_{i13} - i_{i23} - i_{i33} + i_{i16} + i_{i26} + i_{i36}.$$

Система управления (СУ) АВ обеспечивает его работу в режиме многотактной ШИМ при взаимном сдвиге по фазе пилообразных опорных напряжений мостов. Каждый мост имеет индивидуальную СУ. Схема СУ одного моста представлена на рис. 6.

СУ каждого моста поддерживает выпрямленное напряжение, обеспечивает синусоидальность токов фаз, ограничения реактивных токов, рекуперацию электроэнергии.

Синхронизация АВ с напряжениями u_1, u_2, u_3 сети осуществляется по их фазе τ :

$$u_x = (u_3 - u_2)/\sqrt{3}, \quad U_m = \sqrt{u_x^2 + u_1^2}, \\ \tau = \begin{cases} \arcsin(u_1/U_m) & \text{при } u_x > 0; \\ \tau = \pi - \arcsin(u_1/U_m) & \text{иначе.} \end{cases}$$

В соответствии с рис. 6 на входы регулятора выпрямленного напряжения поступают сигналы по заданному u_{dz} и фактическому u_d выпрямленному напряжению. На выходе формируется амплитуда активных составляющих токов фаз I_a :

$$I_a = K_{ao}(u_{dz} - u_d) + I_{ai};$$

$$I_a = \begin{cases} I_{amx} & \text{при } I_a > I_{amx}, \\ I_{amn} & \text{при } I_a < I_{amn}; \end{cases} \quad (4)$$

$$I_{ai} = K_{ai} \int (u_{dz} - u_d) dt - \text{иначе.}$$

где t – время; K_{ai} , K_{ao} – коэффициенты; I_{amx} , I_{amn} – ограничения амплитуды.

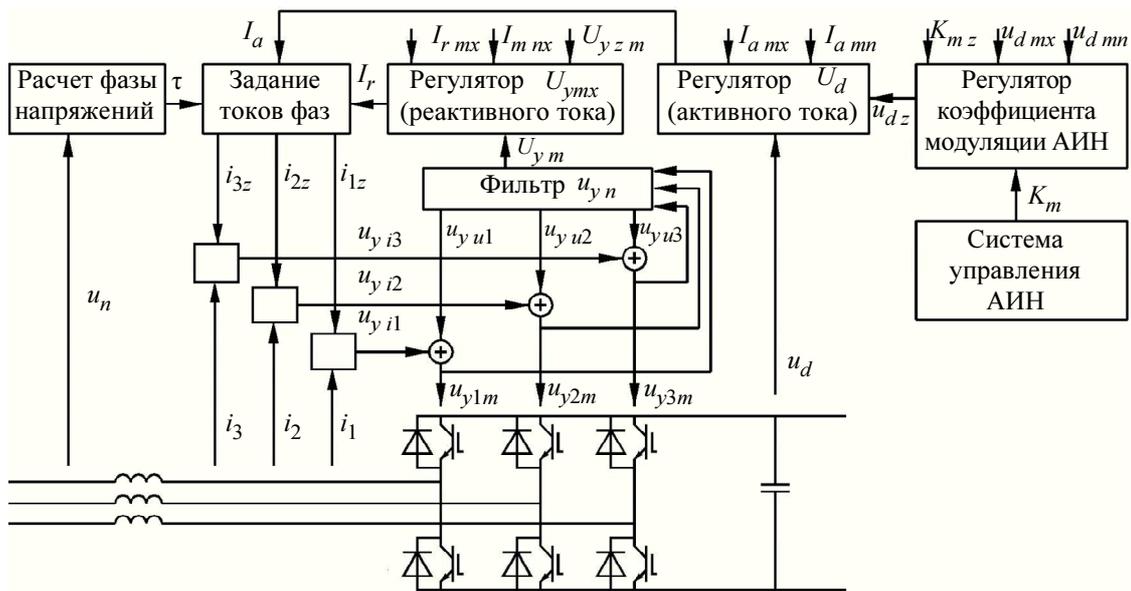


Рис. 6

При колебаниях напряжения питания и нагрузки выпрямителя возможен его переход в режим перемодуляции, при котором ограничены возможности управления. Чтобы это не происходило, предусмотрен регулятор амплитуды напряжений управления. На его входы поступают сигналы по заданной амплитуде напряжений U_{yzm} и фактической амплитуде U_{ym} . На выходе формируется амплитуда заданных реактивных составляющих токов I_r в соответствии с выражениями, аналогичными выражениям (4).

В блоке определения фазы напряжений сети вычисляется фаза τ . Это позволяет вычислить заданные суммарные токи фаз мостов:

$$\left. \begin{aligned} i_{1z} &= I_a \sin(\tau) + I_r \cos(\tau), \\ i_{2z} &= I_a \sin(\tau - 2\pi/3) + I_r \cos(\tau - 2\pi/3), \\ i_{3z} &= I_a \sin(\tau - 4\pi/3) + I_r \cos(\tau - 4\pi/3). \end{aligned} \right\}$$

В каждой фазе преобразователя ток регулируется пропорциональным регулятором. На их входы поступают сигналы по заданному i_{nz} и фактическому i_n токам. На выходах формируются сигналы по «токовым» составляющим напряжений управления:

$$u_{yin} = K_{io}(i_{nz} - i_n).$$

Напряжения управления мостов $u_{y n m}$ формируются в виде сумм «токовых» $u_{y i n}$ и «сетевых» $u_{y u n}$ составляющих:

$$u_{y n m} = u_{y i n} + u_{y u n}$$

Для определения составляющих $u_{y u n}$ фильтруются напряжения управления $u_{y n}$ ([5], [6], [8]) и на выходе фильтра выделяются амплитуда $U_{y m}$ и фаза τ_u основных составляющих:

$$\begin{aligned} \tau_u &= \tau_{t+\Delta t} = \tau_t + \omega_{1,t} \Delta t; \\ e_1 &= \cos(\tau_{t+\Delta t}), \quad e_2 = \cos(\tau_{t+\Delta t} - 2\pi/3), \quad e_3 = \cos(\tau_{t+\Delta t} - 4\pi/3); \\ A &= (e_1 u_{y1} + e_2 u_{y2} + e_3 u_{y3})(2/3), \quad B = u_{y1}^2 + u_{y2}^2 + u_{y3}^2, \\ C_{t+\Delta t} &= C_t + (B - C_t) \Delta t / T, \quad U_{y m} = \sqrt{C_{t+\Delta t} \cdot 2/3}, \quad D = A / U_{y m}; \\ \omega_{y1,t+\Delta t} &= \omega_{y1,t} + D K_{\omega i} \Delta t, \quad \omega_{1,t+\Delta t} = \omega_{y1,t+\Delta t} + D K_{\omega o}, \end{aligned}$$

где A, B, C, D – промежуточные переменные; e_1, e_2, e_3 – трехфазная система единичных ЭДС; $K_{\omega i}, K_{\omega o}$ – коэффициенты; ω_y – угловая частота единичных ЭДС.

Мгновенные значения основных составляющих напряжений управления АИН

$$u_{y u n} = U_{y m} \sin[\tau_u - 2\pi(n-1)/3].$$

Регулирование многотактных активных выпрямителей описано в [5], [6] и реализовано в экскаваторах мощностью 2 МВт. В этих системах выпрямитель имеет одно выпрямленное напряжение и нагрузку, общую для всех мостов. Управление активным выпрямителем ММПЧ отличается тем, что необходимо регулировать выпрямленное напряжение каждого моста отдельно. Другое отличие – неравномерность нагрузки мостов и необходимость ее выравнивания. В схеме рис. 6 выравнивание нагрузки мостов осуществляется регулятором коэффициента модуляции АИН, что описано ниже.

В системе управления АИН формируется несколько пилообразных опорных напряжений $u_{опm}$ с различными средними значениями [8] (рис. 7).

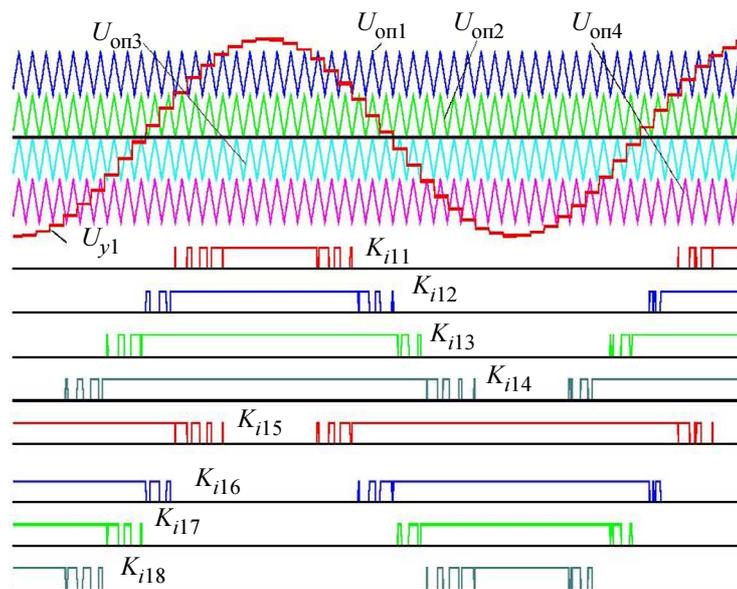


Рис. 7

С опорными напряжениями сравнивается трехфазная система напряжений управления u_{yn} . При этом формируются импульсы управления транзисторами k_{inm} , которые можно рассматривать как функции состояния транзисторов (открыт-закрыт).

Токи фаз нагрузки формируются ПИ-регулятором, который формирует амплитуду напряжений управления. Эта амплитуда соответствует некоторому коэффициенту модуляции АИН K_M . Сигнал K поступает на вход регулятора K . На другой вход регулятора поступает заданный коэффициент модуляции K . На выходе формируется сигнал по заданному выпрямленному напряжению мостов ММПЧ аналогично выражениям (4), который передается в СУ АВ (рис. 6).

Компьютерная модель ММПЧ построена при использовании внутреннего итерационного цикла и внешнего цикла расчета по времени. В итерационном цикле решается система алгебраических уравнений и в каждый момент времени определяются параметры зависимых источников напряжения и тока, через которые подсистемы рис. 2–5 связаны друг с другом. В цикле расчета по времени осуществляется интегрирование переменных. Компьютерная модель построена на языке программирования C++. Примеры построения подобных моделей приведены в публикациях [1], [2], [5], [6], [8], [9].

Численные эксперименты выполнены на описанной выше модели ММПЧ при следующих данных: мощность трансформатора 20 МВА, напряжение сетевой обмотки 15,75 кВ, коэффициент трансформации 11,2 (при $M = 4$), количество трехфазных вторичных обмоток задается в пределах от 2 до M . Выпрямитель содержит M последовательно включенных мостов, выпрямленное напряжение каждого моста $10/M$ кВ, выпрямленное напряжение всех мостов 10 кВ, частота ШИМ 4 кГц. В инверторе в каждом плече имеется M последовательно включенных транзисторов, частота ШИМ 4 кГц. Напряжение трехфазной нагрузки 6 кВ, мощность 19 МВт, частота 3,571 Гц.

Работа рассматриваемого преобразователя частоты в переходных режимах поясняется с помощью рис. 8. На диаграмме изображены: напряжение и ток 1-й фазы питающей сети (первичной обмотки трансформатора), токи 1-х фаз 1-й (4-й) и 2-й (3-й) вторичных обмоток трансформатора, напряжения фаз нагрузки, ток 1-й фазы нагрузки, мощность нагрузки.

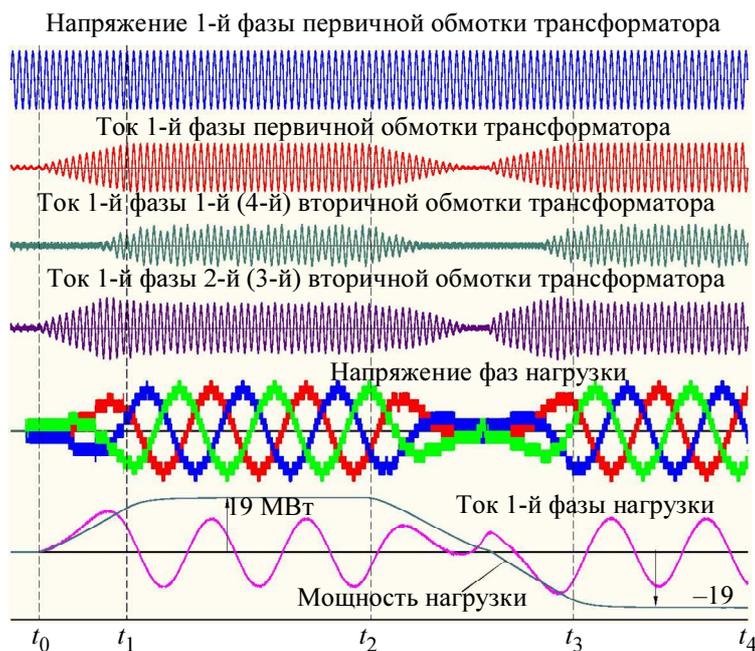


Рис. 8

В начале процесса (рис. 8, до момента времени t_0) ММПЧ работает на холостом ходу, токи сети и нагрузки близки к нулю. С момента времени t_0 и до момента t_1 (0,3 с) мощность нагрузки увеличивается линейно от 0 до 19 МВт. При этом линейное напряжение нагрузки изменяется от 0 до 6 кВ, а его частота увеличивается от 0 до 3,571 Гц пропорционально амплитуде ЭДС. Далее с момента t_1 до момента t_2 (0,7 с) мощность нагрузки равна 19 МВт. С момента t_2 и до момента t_3 (0,6 с) заданная и фактическая мощности ММПЧ линейно изменяются от +19 МВт до –19 МВт. Пропорционально амплитуде ЭДС изменяется частота от +3,571 Гц до –3,571 Гц. С момента времени t_3 ММПЧ работает с мощностью –19 МВт в режиме рекуперации электроэнергии.

Как видно из диаграммы (рис. 8), 1-я и 4-я вторичные обмотки трансформатора имеют меньшую нагрузку, чем 2-я и 3-я его обмотки. Эта особенность рассматриваемой схемы ПЧ отмечена в [2] для случая использования четырехтактного АВ и пятиуровневого АИН. В более общем случае зависимость неравномерности нагрузки вторичных обмоток трансформатора от количества мостов выпрямителя M (от тактности схемы) и от режима работы ММПЧ исследовано в данной статье.

При выполнении исследований введен коэффициент неравномерности нагрузки обмоток трансформатора K_f , который определяется как отношение мощности наименее нагруженной обмотки к мощности наиболее нагруженной обмотки. На рис. 9 приведены зависимости коэффициента K_f от коэффициента модуляции K_m АИН при различном количестве мостов выпрямителя M (режим перемодуляции в данном случае из рассмотрения исключен, так как в нем система становится недостаточно управляемой).

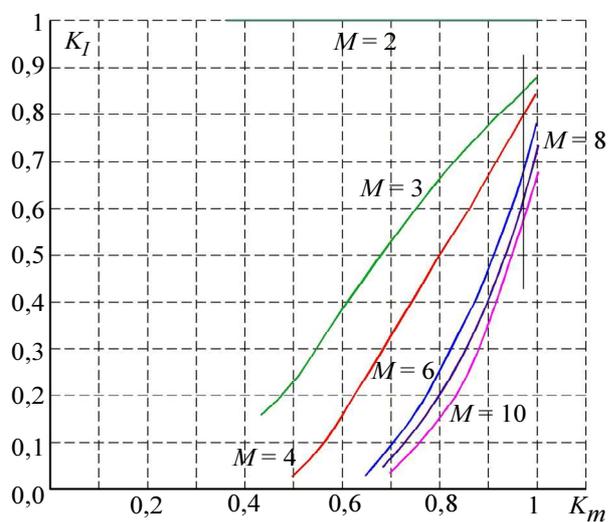


Рис. 9

Из рис. 9 видно, что неравномерность нагрузки вторичных обмоток трансформатора возникает при $M > 2$. Неравномерность нагрузки увеличивается при уменьшении кратности модуляции. Неравномерность нагрузки обмоток трансформатора тем больше, чем больше выпрямительных мостов в многотактном выпрямителе.

Одно из технических решений по улучшению массогабаритных характеристик оборудования и снижению его стоимости заключается в выполнении обмоток трансформатора в расчете на различные номинальные мощности. Например, если принять режим работы ММПЧ с кратностью модуляции $K_m = 0,97$ в качестве номинального (3 % – запас на регулирование), то при $M = 3$ обмотки трансформатора должны выполняться для номинальных мощностей 85 и 100 %, при $M = 4$ – для мощностей 80 и 100 %, при $M = 6$ – для мощностей 68 и 100 %, при $M = 10$ – для мощностей 58 и 100 %, и т. д.

Другое решение указанной задачи заключается в изменении алгоритма управления ММПЧ. В частности, возможно поддержание коэффициента модуляции АИН на заданном уровне, при котором неравномерность нагрузки обмоток трансформатора минимальна. Это

изменение алгоритма управления отражено в структурной схеме рис. 6. В алгоритме использован ПИ-регулятор параметра K_m , на входы которого поступают также сигналы по заданной величине K_{mz} и по ограничениям выпрямленного напряжения u_{dmx} , u_{dmn} . На выходе регулятора формируется сигнал по заданному выпрямленному напряжению выпрямителей u_{dz} .

С учетом всего сказанного можно сделать следующие выводы. На основе известной методологии моделирования сложных систем по взаимосвязанным подсистемам разработана методика моделирования активного многотактно-многоуровневого преобразователя частоты, содержащего многотактный (многомостовой) выпрямитель и многоуровневый инвертор напряжения. Методика заключается в последовательности преобразований исходной схемы (в выборе ветвей схемы для замены зависимыми источниками, в последовательности переноса этих источников в другие ветви, в выделении определенных типовых подсхем, в определении их связей).

По предложенной методике разработаны математическая и компьютерная модели активного многотактно-многоуровневого преобразователя частоты. Исследованиями на моделях подтверждена работоспособность рассматриваемого преобразователя, возможность его применения в гидроаккумулирующих электростанциях.

Исследована особенность многотактно-многоуровневого преобразователя частоты, заключающаяся в том, что преобразовательные мосты активного выпрямителя и соединенные с ними вторичные обмотки трансформатора нагружаются неравномерно. Установлено, что неравномерность нагрузки вторичных обмоток трансформатора возникает при числе мостов активного выпрямителя больше 2. Неравномерность нагрузки увеличивается при уменьшении кратности модуляции инвертора. Неравномерность нагрузки обмоток трансформатора тем больше, чем больше выпрямительных мостов в многотактном выпрямителе. Для численной оценки указанных зависимостей построены соответствующие диаграммы.

Определена зависимость неравномерности нагрузки вторичных обмоток трансформатора в ММПЧ от кратности модуляции инвертора и от количества мостов активного выпрямителя. Эти зависимости могут быть использованы для уменьшения габаритной мощности трансформатора при выполнении его обмоток на различную номинальную мощность.

Предложен алгоритм управления активным многотактно-многоуровневым преобразователем частоты, отличающийся от известных алгоритмов управления многотактными активными выпрямителями и многоуровневыми инверторами следующим. Каждый выпрямительный мост имеет индивидуальную систему управления, которая поддерживает заданное выпрямленное напряжение, обеспечивает синусоидальность токов фаз и работу с заданным коэффициентом мощности. В систему управления инвертора введен регулятор коэффициента модуляции, который формирует заданное выпрямленное напряжение для всех мостов выпрямителя, и этим сигналом осуществляется взаимная связь указанных систем управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rich operation experiences and new technologies on adjustable speed pumped storage systems in Japan / K. Aguro, M. Kato, F. Kishita et al. CIGRE 2008, Paris, France P. A1–101.
2. Сравнение преобразователей частоты в цепи ротора асинхронной машины в гидроаккумулирующих электростанциях / М. В. Пронин, А. Г. Воронцов, Г. А. Гоголев, Т. Нахди // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011 № 3. С. 56–61.
3. Vocquel A., Janning J. 4*300 MW Variable Speed Drive for Pump-Storage Plant Applications / EPE 2003 – Toulouse, Fr.

4. Bocquel A., Janning J. Analysis of a 300 MW Variable Speed Drive for Pump-Storage Plant Applications // EPE 05, Dresden, Germ. Sept. 2005. P. 1–10.

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

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

7. Reznikov B., Ruderman A. Six-Level Single-Leg Flying Capacitor Converter Voltage Balancing Dynamics Analysis / EPE-PEMC 2010, 2010, Ohrid, Macedonia.

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

9. Пронин М. В., Воронцов А. Г., Нахди. Т. Гидроаккумулирующая электростанция с асинхронизируемыми машинами и каскадными преобразователями частоты // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. № 1. С. 70–80.

M. B. Pronin, A. G. Voronov, T. Nahdi, M. E. Kouzin

A MULTISTAGE-MULTILEVEL FREQUENCY CONVERTER FOR A PUMPED-STORAGE PLANT

The multistage-multilevel frequency converter for a supply of a rotor of the asynchronous generator-motor of a pumped-storage station is considered. A technique of modelling and converter model is developed; the analysis of electromagnetic processes is made. A singularity of system consisting in non-uniform loading of bridges of rectifier and secondary windings of the transformer are investigated. Dependence of this phenomenon on multiplicity of modulation of inverter and on quantity of bridges of the active rectifier is established. It is offered a control algorithm providing harmonicity of currents of a power network, a restrictions of reactive currents, stabilisation of a rectified voltage of bridges, regulation of a load current, reduction of non-uniformity of loading of converter's elements are assigned; an analysis of electromagnetic processes is made. Recommendations about reduction of dimensional capacity of the equipment are made.

Active rectifier, frequency converter, multistage converter, multilevel converter, control system, S modelling



УДК 681.883.67.001.24

С. И. Коновалов, А. Г. Кузьменко

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ RL -НАГРУЗКИ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА, ИЗЛУЧАЕМОГО ПЬЕЗОПЛАСТИНОЙ ПРИ ЕЕ ВОЗБУЖДЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ИМПУЛЬСАМИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Расчетным путем проведено сравнение длительностей и амплитуд акустических сигналов, излучаемых в жидкую среду пьезопластиной, работающей в двух вариантах: с демпфером и с подключенной к ней электрической RL -нагрузкой. Задача решена для случаев, соответствующих возбуждению активного элемента импульсами электрического напряжения длительностями, кратными длительности полупериода синусоиды на частоте антирезонанса пластины. Определены оптимальные (с точки зрения наименьшей длительности излучаемого импульса) параметры электрической нагрузки. Проведено сравнение параметров акустических импульсов для рассматриваемых вариантов использования пьезопластины. На основе анализа представленных результатов сделаны выводы о степени эффективности применения электрической RL -нагрузки.

Электрическая нагрузка, акустический импульс, пьезокерамическая пластина, демпфер

В работе [1] авторами были достаточно подробно рассмотрены особенности нестационарного режима работы демпфированной пьезопластины, имеющей в качестве акустической нагрузки жидкую среду (воду). Задача решалась в предположении о том, что возбуждение активного элемента осуществляется импульсом электрического напряжения, длительность которого кратна длительности полупериода синусоиды на частоте антирезонанса пластины. В процессе решения была изучена динамика изменения формы акустического импульса на выходе излучателя в зависимости от длительности возбуждающего электрического сигнала при различных степенях демпфирования преобразователя, оценены длительности и амплитуды излучаемых сигналов. Интерес представляет исследование аналогичных вопросов для случая, при котором снижение длительности акустического сигнала на выходе преобразователя достигается за счет подключения к его входу электрической нагрузки, например RL -цепи. Постановка задачи представлена на рис. 1. Пьезопластина (активный материал – ЦТСНВ-1) возбуждается импульсом электрического напряжения $U(t)$. Акустической нагрузкой является вода. Тыльная сторона пластины граничит с

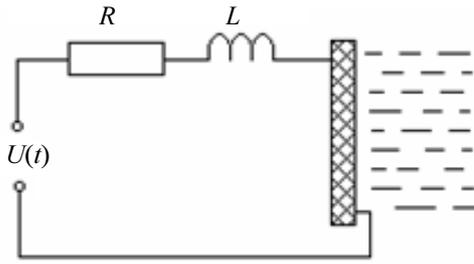


Рис. 1

воздухом. Последовательно с пьезопластиной включена последовательная RL -цепь. Введем в рассмотрение ряд параметров, с помощью которых можно охарактеризовать систему, изображенную на рис. 1:

$$\omega_{\text{эл}} = \frac{1}{\sqrt{LC_0}}; n = \frac{\omega_{\text{эл}}}{\omega_0}; Q = \frac{\omega_{\text{эл}}L}{R},$$

где C_0 – электрическая емкость заторможенной пластины; ω_0 – антирезонансная частота пластины. Физический смысл введенных параметров: $\omega_{\text{эл}}$ – резонансная частота электрического контура, образованного индуктивностью L и собственной емкостью C_0 пьезопластины; n – относительная резонансная частота электрического контура; Q имеет смысл электрической добротности. Как и в [1], будем предполагать, что импульс электрического возбуждения имеет вид

$$U(t) = \begin{cases} \sin \omega_0 t, & \text{если } 0 \leq t \leq \frac{mT_0}{2}; \\ 0, & \text{если } t \notin \left[0, \frac{mT_0}{2}\right], \end{cases}$$

где ω_0 – частота антирезонанса пластины; m – число полупериодов в импульсе; T_0 – период собственных колебаний пьезопластины. Задача сводится к определению формы акустического импульса на выходе излучателя и отысканию значений параметров системы n и Q , при которых можно наблюдать наименьшую длительность излучаемых акустических сигналов для рассматриваемых импульсов электрического возбуждения пластины.

При решении задачи могут быть использованы, например, работы [2]–[4], где авторами подробно изложена методика расчета формы излучаемого акустического импульса для случаев параллельного и последовательного подключения цепей указанного вида (с учетом того, что R - и L -элементы также могут быть соединены параллельно и последовательно). Решение получается путем определения частотной характеристики излучателя с учетом подключенной электрической нагрузки (с использованием метода схем-аналогов преобразователей) и применения спектрального метода, основанного на преобразованиях Фурье.

В соответствии с методикой, описанной в [2]–[4], можно получить для колебательной скорости в импульсе

$$v(T) = \text{Re} \int_0^{\infty} F(\gamma\pi) U(\gamma) e^{j\gamma\pi T} d\gamma,$$

где $F(\gamma\pi)$ – частотная характеристика рассматриваемого излучателя; $\gamma = \omega/\omega_0$ – относительная (безразмерная) частота; $U(\gamma)$ – спектральная плотность возбуждающего импульса; $T = \frac{t}{T_0/2}$ – безразмерное время, введение которого позволяет оценивать длительность излучаемого импульса числом полупериодов колебаний на собственной частоте ω_0 пластины. Способ определения спектральной плотности импульса электрического возбуждения $U(\gamma)$ подробно представлен в [1].

Как и в предшествующих работах, определение длительности излучаемого акустического импульса $\tau_{и}$ будем осуществлять по уровню -20 дБ.

Далее представлены результаты вычислений. В ходе проведения расчета обнаружена интересная особенность. Как выяснилось, оптимальные (с точки зрения минимальной длительности излучаемых акустических сигналов) значения параметров $n_{opt} = 1.15$ и $Q_{opt} = 1.5$ для импульсов возбуждения различной длительности оказались примерно равными для всего рассмотренного диапазона значений параметра m . На рис. 2 представлены результаты расчета зависимостей максимальной амплитуды колебательной скорости v_{max} от параметра m (число полупериодов колебаний, содержащихся в импульсе электрического напряжения, которым возбуждается активный элемент излучателя). Необходимо отметить, что на представленном рисунке v_{max} оценивается в условных (относительных) единицах (у. е.), пропорциональных колебательной скорости в импульсе. Данное обстоятельство находит объяснение в том, что задача решалась с точностью до постоянного множителя. Кривая 1 соответствует варианту работы пьезопластины, при котором электрическая нагрузка не подключена. Кривая 2 отражает случай работы пьезопластины с оптимальными значениями параметров $n_{opt} = 1.15$ и $Q_{opt} = 1.5$. Можно видеть, что при $m = 1 \dots 3$ максимальные значения амплитуд излучаемых сигналов различаются незначительно, однако, начиная с $m > 3$, наблюдается их существенное расхождение. Из рисунка видно, что максимальное различие составляет примерно 1.7 раза для $m > 8$. Действительно, при $m > 8$ пьезопластина без электрической нагрузки (кривая 1) излучает сигнал амплитудой v_{max} около 17 у. е. При подключении же правильно подобранной электрической RL -нагрузки (кривая 2) v_{max} составляет 10 у. е. (это значение v_{max} достигается при $m > 5$). Обе кривые имеют сходный характер – сначала наблюдается довольно быстрый рост v_{max} , который затем замедляется, и, начиная с определенных значений m , максимальная амплитуда колебательной скорости в импульсе v_{max} перестает изменяться. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что излучатель уже работает в режиме, близком к стационарному.

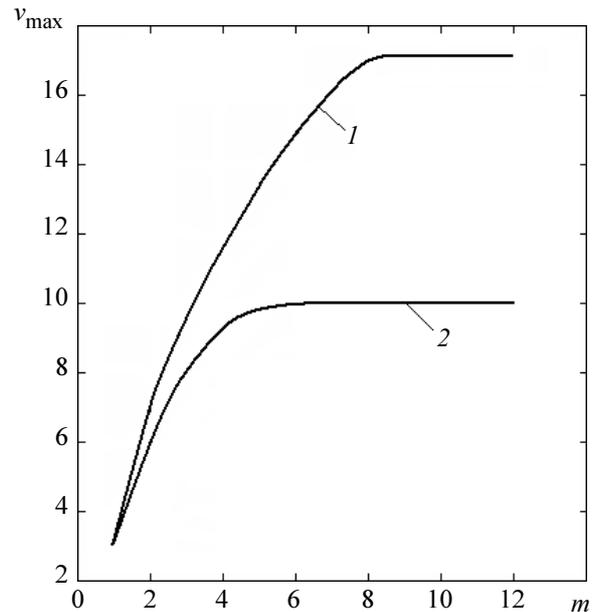


Рис. 2

Внимания заслуживает вопрос, касающийся длительностей излучаемых акустических сигналов. Расчет позволяет утверждать, что при излучении пластиной без электрической цепи длительность сигнала $\tau_{и}$ для всех рассмотренных значений параметра m существенно превышает 20 полупериодов колебаний, т. е. такой импульс не представляет интереса вследствие слишком большого значения $\tau_{и}$. Применение электрической RL -нагрузки с оптимальными значениями параметров ($n_{opt} = 1.15$ и $Q_{opt} = 1.5$) позволяет существенно уменьшить длительность излучаемых сигналов при всех m из рассмотренного диапазона его изменения. Под-

тверждением этого могут служить данные, представленные на рис. 3, где указанному варианту излучения соответствует кривая 4. По оси абсцисс отложены значения параметра m , а по оси

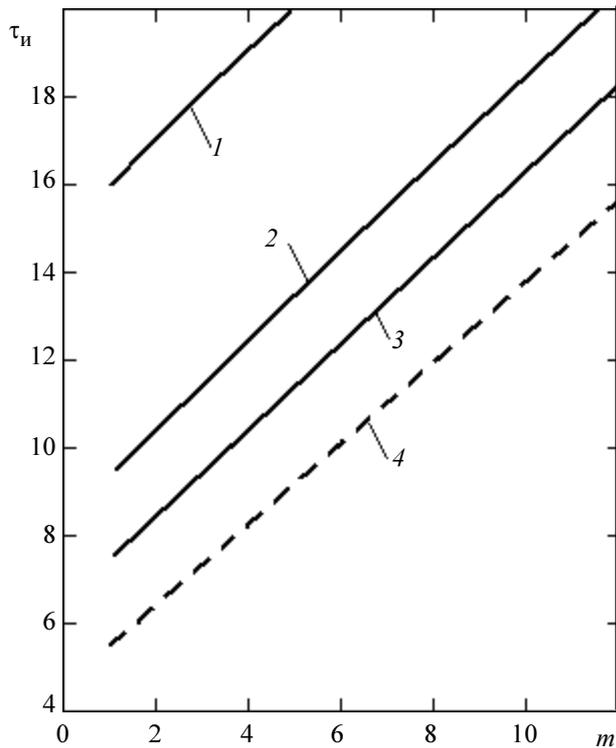


Рис. 3

ординат – длительность излучаемого акустического импульса $\tau_{и}$. Можно видеть, что зависимость $\tau_{и}(m)$ близка к линейной. Значения $\tau_{и}$ составляют примерно от 5.5 при $m = 1$ до 15.5 при $m = 12$. Указанный факт свидетельствует о наличии ярко выраженного эффекта снижения длительности излучаемых сигналов за счет подключения к пьезопластине электрической цепи с оптимальными значениями параметров. Представляет интерес также сравнительное исследование возможностей сокращения длительностей излучаемых пьезопластиной акустических импульсов за счет использования оптимально подобранной RL -нагрузки и механического демпфирования. С этой целью на рис. 3 приведены значения длительностей акустических сигналов, излучаемых пьезопластиной при различных степенях демпфирования:

кривая 1 соответствует применению демпфера с удельным акустическим сопротивлением $z_{д} = 3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$; 2 – $z_{д} = 6 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$; 3 – $z_{д} = 9 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$. Данные зависимости являются результатом расчета, проведенного в соответствии с методикой, подробно изложенной в работе [1]. Анализ представленных материалов позволяет сделать вывод о том, что даже при значительном демпфировании пьезопластины, когда $z_{д} = 9 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$ (кривая 3), длительность излучаемых акустических импульсов больше, чем в случае использования оптимальной электрической нагрузки (кривая 4). Действительно, из рисунка видно, что при $m = 1$ минимальная длительность импульса, излучаемого демпфированной пьезопластиной ($z_{д} = 9 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$), составляет $\tau_{и} \approx 7.5$, в то время как применение RL -цепи обеспечивает длительность сигнала $\tau_{и} \approx 5.5$. Аналогичная картина возникает и при больших значениях параметра m . Так, например, при $m = 12$ акустический импульс имеет длительность $\tau_{и} \approx 18.5$ при использовании демпфера ($z_{д} = 9 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$), а подключение ко входу пьезопластины правильно подобранной электрической нагрузки позволяет снизить длительность сигнала до $\tau_{и} \approx 15.5$. Использование демпфера с удельным акустическим сопротивлением, меньшим, чем $z_{д} = 9 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$, влечет за собой еще большее увеличение длительности излучаемых сигналов. Так, из данных, представленных на рис. 3, следует, что для $m = 1$ акустические импульсы имеют длительности $\tau_{и} \approx 9.5$ при $z_{д} = 6 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$ (кривая 2) и $\tau_{и} = 16$ при $z_{д} = 3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$ (кривая 1). Увеличение значения параметра m влечет за собой рост $\tau_{и}$ до значений, превышающих 20 полупериодов уже при $m = 5$ для случая $z_{д} = 3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$ (кривая 1) и при $m \approx 12$ в случае $z_{д} = 6 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$ (кривая 2).

Проводя сравнительное исследование сигналов, излучаемых пьезопластиной с демпфером и подключенной электрической нагрузкой, нельзя не остановиться на вопросе, касающемся амплитуд акустических импульсов. На рис. 4 представлено семейство кривых, отражающих зависимость максимальных значений колебательной скорости в импульсе v_{\max} [у. е.] при различных степенях демпфирования пластины от значения параметра m . Здесь же для сравнения приведена зависимость $v_{\max}(m)$ для случая, соответствующего применению электрической RL -цепи с оптимальными значениями параметров, характеризующих излучающую систему ($n_{\text{opt}} = 1.15$ и $Q_{\text{opt}} = 1.5$). Приняты следующие обозначения кривых: 1 – $z_{\text{д}} = 3 \cdot 10^6$ Па · с/м; 2 – пьезопластина с оптимально подобранной нагрузкой; 3 – $z_{\text{д}} = 6 \cdot 10^6$ Па · с/м; 4 – $z_{\text{д}} = 9 \cdot 10^6$ Па · с/м. Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о сходном характере всех кривых. Сначала наблюдается

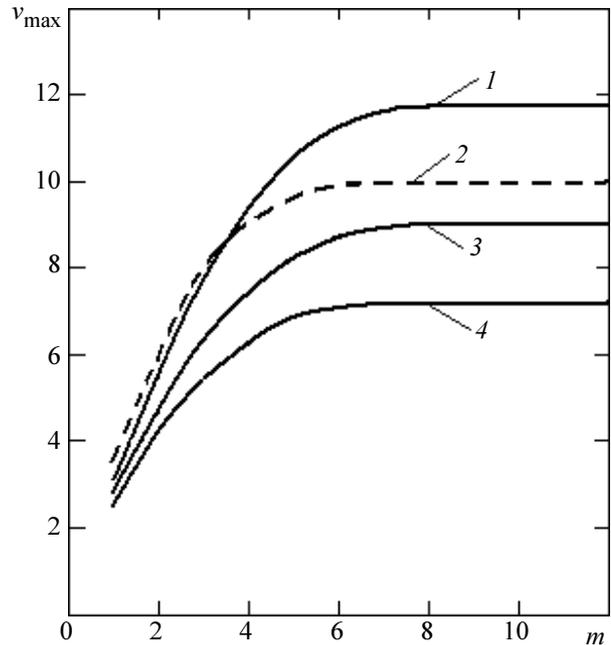


Рис. 4

рост v_{\max} , после чего, начиная с некоторых значений m , значение колебательной скорости перестает изменяться с ростом числа полупериодов в импульсе. При этом для $m > 5$ случай, соответствующий излучению сигнала пластиной при использовании электрической цепи (кривая 2), занимает промежуточное положение между двумя вариантами применения демпфера: $z_{\text{д}} = 3 \cdot 10^6$ Па · с/м (кривая 1) и $z_{\text{д}} = 6 \cdot 10^6$ Па · с/м (кривая 3). Для $m < 5$ амплитуды сигналов, излучаемых преобразователем с электрической нагрузкой и с демпфером (при $z_{\text{д}} = 3 \cdot 10^6$ Па · с/м), очень близки. Из представленных данных можно видеть, что для всех рассмотренных в расчете значений параметра m амплитуды сигналов, излучаемых преобразователем с цепью, превышают амплитуды сигналов, которые излучаются демпфированной пластиной при $z_{\text{д}} = 6 \cdot 10^6$ Па · с/м и $z_{\text{д}} = 9 \cdot 10^6$ Па · с/м.

Результаты расчетов, которые представлены на рис. 3, 4 и описаны ранее, позволяют судить об эффективности применения электрической нагрузки. В ряде случаев возможно говорить о предпочтительности использования именно этого способа снижения длительности излучаемых акустических импульсов в сравнении с методом механического демпфирования. Особенно эффективным это может оказаться, когда импульс электрического возбуждения содержит достаточно большое количество полупериодов колебаний на частоте антрирезонанса пластины (например, при $m > 5$).

В процессе проведения расчета внимание уделялось также и исследованию некоторых особенностей динамики изменения формы излучаемых сигналов. В случае применения механического демпфирования, как отмечено в [1], при малых m амплитуда излучаемого импульса очень быстро достигает максимального значения. Например, для $m = 1$ при

$z_d = 6 \cdot 10^6$ Па · с/м максимум амплитуды в излучаемом акустическом импульсе наступает уже на втором полупериоде, после чего начинается плавное снижение амплитуды сигнала. С ростом m максимум амплитуды достигается несколько позже. Например, при $m = 11$ для $z_d = 6 \cdot 10^6$ Па · с/м максимум проявляется на шестом полупериоде, и амплитуда импульса остается таковой на седьмом, восьмом и девятом полупериодах, что свидетельствует о работе излучателя в режиме, близком к стационарному. Далее наблюдается плавный спад сигнала. Применение правильно подобранной электрической нагрузки позволяет получить несколько иную форму излучаемого сигнала. На рис. 5, *а* представлен излучаемый акустический сигнал в виде, нормированном к единице, для случая $m = 2$, а на рис. 5, *б* – для $m = 10$. Оба рисунка соответствуют варианту, при котором параметры электрической цепи оптимальны ($n_{opt} = 1.15$ и $Q_{opt} = 1.5$). Можно видеть, что основная часть импульса почти симметрична относительно максимума. Наблюдается плавное увеличение амплитуды сигнала вплоть до максимального значения, после чего начинается плавный спад сигнала. При больших m (например, при $m = 10$), как это показано на рис. 5, *б*, максимальное значение амплитуды сигнала сохраняется в течение пятого, шестого, седьмого и восьмого полупериодов. Это означает, что преобразователь в это время работает в стационарном режиме.

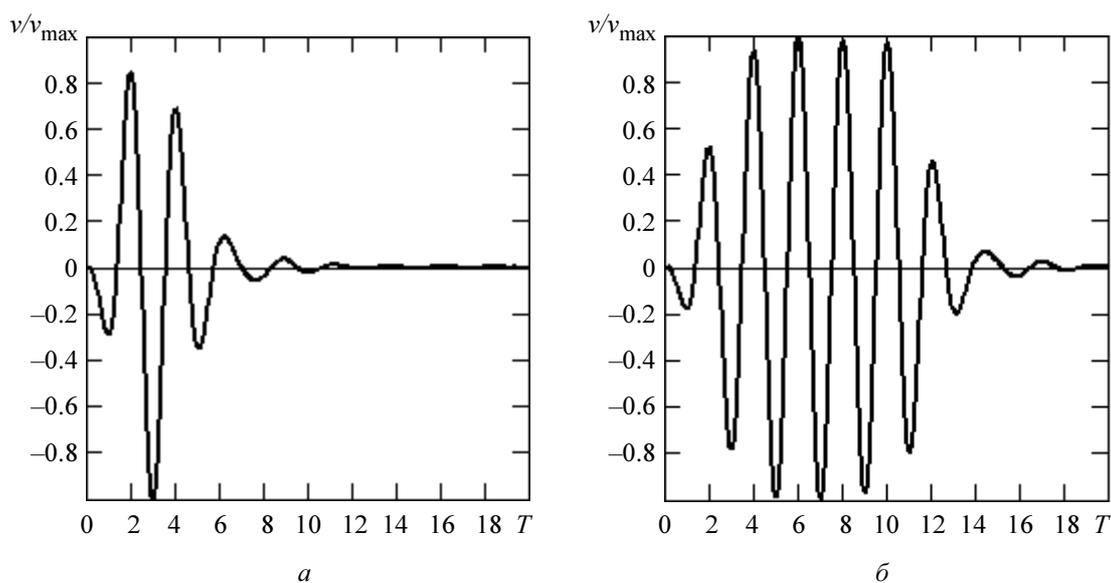


Рис. 5

Таким образом, расчетно-теоретическим путем исследован вопрос об эффективности снижения длительностей акустических сигналов, излучаемых в воду пьезопластиной при подключении к ней электрической RL -нагрузки, для случаев возбуждения активного элемента сигналами, кратными длительности полупериода синусоиды на частоте антирезонанса пластины. На основании конкретных оценок осуществлено сравнение параметров импульсов, излучаемых преобразователями в виде пластины с различными степенями демпфирования и пластины с электрической нагрузкой для различных длительностей возбуждающего сигнала. Отмечено, что в ряде случаев целесообразно отдавать предпочтение применению электрической нагрузки. Исследована динамика изменения формы излучаемых акустических сигналов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов С. И., Кузьменко А. Г. Влияние характера электрического возбуждения на параметры переходных процессов пьезоэлектрических преобразователей с пластинчатыми пьезоэлементами // Дефектоскопия. 2010. № 8. С. 28–35.
2. Konovalov S. I., Kuz'menko A. G. Effect of electrical circuits on duration of an acoustic pulse radiated by a piezoplate // J. Acoust. Soc. Am. 2009. Vol. 125. Iss. 3. P. 1456–1460.
3. Коновалов С. И., Кузьменко А. Г. Сокращение длительности импульса пьезоизлучателя при различных вариантах включения компенсирующих *RL*-цепей // Дефектоскопия. 2008. № 5. С. 79–87.
4. Коновалов С. И., Кузьменко А. Г. Влияние последовательного и параллельного соединений элементов корректирующей цепи на длительность акустического сигнала пьезоизлучателя // Дефектоскопия. 2006. № 11. С. 41–47.

S. I. Konovalov, A. G. Kuz'menko

EFFECTIVENESS OF USING RL-ELECTRIC LOAD FOR REDUCTION OF DURATION OF AN ACOUSTIC SIGNAL RADIATED BY A PIEZOELECTRIC PLATE EXCITED BY ELECTRIC PULSES OF DIFFERENT DURATIONS

By means of numerical method comparison was conducted between parameters (durations and amplitudes) of acoustic signals radiated into a liquid medium by a piezoplate operating in two modifications: with a damper and with an electric LR-circuit. The problem is solved for cases corresponding to exciting of an active element by pulses of electric voltage with durations multiple of a half-cycle at the antiresonant frequency of the piezoplate. The optimal parameters of electric load that allow obtaining minimal duration of a radiated acoustic pulse are determined. The conclusions are drawn on the base of analysis of results obtained in this work in respect of effectiveness of the use of electric RL-load.

Electric load, acoustic pulse, piezoceramic plate, damper

УДК. 621.396

***А. И. Лосев, А. В. Немов,
Д. Ю. Тюфтяков, Д. А. Шубин***

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ГНСС ОТ УЗКОПОЛОСНЫХ ПОМЕХ¹

Описано устройство для подавления внутридиапазонных узкополосных помех, основанное на частотно-временном методе подавления с использованием быстрого преобразования Фурье и медианного принципа формирования порога режекции помех в темпе наполнения «окна» преобразования Фурье. Приведены результаты работы программной модели устройства при различных помехах.

ГНСС, ГЛОНАСС, помехозащищенность, подавитель помех, узкополосная помеха, быстрое преобразование Фурье, быстрая сортировка, пороговое устройство

Для навигационной аппаратуры потребителей (НАП) глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), равно как и для контрольно-корректирующих станций, центров управления, модулей приема сигналов времени характерна низкая помехоустойчивость приемной навигационной аппаратуры, что обусловлено крайне малым энергопотенциалом спутникового сигнала у поверхности Земли. Именно мощность полезного сигнала ГЛОНАСС на выходе стандартной антенны составляет, согласно интерфейсному контрольному документу, –131 дБм. Запас помехоустойчивости, заложенный в кодовой структуре сигналов ГЛОНАСС, гарантирует работоспособность приемника лишь при

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России за 2009–2013 годы» (государственный контракт П-1006 от 20.08.2009 г.).

мощности помех на входе, превышающей не более чем на 10 дБ приведенную к входу мощность собственных шумов аппаратуры. Поэтому источник помех интенсивностью в 10 Вт нарушает работу незащищенной приемной аппаратуры ГЛОНАСС, равно как и GPS в зоне радиусом до десятков километров. Актуальность разработки бортовой помехоустойчивой аппаратуры отечественной системы ГЛОНАСС была озвучена в постановлении Правительства РФ [1]. Низкая помехоустойчивость ГЛОНАСС, как в недалеком прошлом зарубежной GPS (сейчас американскими и английскими фирмами выпущены многие тысячи комплектов помехозащищенной аппаратуры ответственных потребителей GPS), изменила ранние решения относительно роли ГНСС в национальных системах радионавигации и в данный момент существенно сдерживает развитие транспортного, административного и военного приложений ГЛОНАСС [2].

В данной статье описывается подавитель внутридиапазонных (узкополосных) помех (ВПП) для НАП ГНСС, в первую очередь ГЛОНАСС. Однако изложенные принципы могут быть легко обобщены для применения в других радиотехнических системах.

В ВПП использован метод подавления внутридиапазонных помех при оперировании в частотной области с применением быстрого преобразования Фурье (БПФ) и медианном формировании порога обнаружения помех [3]. Метод с использованием БПФ, в отличие от традиционных адаптивных трансверсальных фильтров и компенсаторов, может быть эффективно применен не только для режекции гармонических помех, но и для АМ, ЧМ, импульсных и широкополосных помех с ограниченным спектром, превосходя при этом перечисленные методы в смысле отношения эффективности подавления к аппаратным затратам. В ВПП также может быть предусмотрена функция частотного эквалайзера для выравнивания АЧХ и ФЧХ приемных каналов НАП между собой с целью повышения эффективности пространственной обработки сигналов.

Необходимость ресурсоемкой цифровой обработки сигналов с полосой до 20 МГц в темпе частоты дискретизации (F_d) не менее 80 МГц делает практически невозможным использование цифровых сигнальных процессоров. Поэтому ВПП реализуется на кристалле СБИС или мощной ПЛИС с использованием поточных схем, которые обеспечивают высокую вычислительную эффективность и высокую скорость работы алгоритма в реальном времени. Время подавления в установившемся режиме – 10 479 тактов F_d .

Структурная схема одноканального ВПП изображена на рис. 1. Устройство работает на F_d порядка 88...96 МГц. АЦП (на схеме не изображен) преобразует аналоговую смесь «сигнал + помеха + шум» (далее для краткости С + П + Ш) с произвольной центральной промежуточной частотой в цифровой сигнал. Разрядность АЦП 14 бит обеспечивает динамический диапазон режектируемой помехи до 55 дБ относительно собственного шума приемника (отношение П/Ш = 55 дБ). При этом целочисленное СКО шума равно трем и собственный шум квантуется двумя-тремя разрядами.

В схеме предусмотрен управляемый режим прямого прохождения сигнала на выход, минуя все этапы работы ВПП. В этом случае сигнал задерживается на время подавления в блоке ОЗУ. Средства встроенного самоконтроля осуществляют проверку работоспособности схемы при ее включении. Интерфейс SPI организует передачу данных (коэффициенты эквалайзера и ФНЧ, код частоты гетеродина), а также управление режимами работы устройства извне.

В блоке ПДСК (преобразователь действительного сигнала в комплексный) осуществляется гетеродинирование спектра сигнала на видеочастоту с децимацией на четыре, т. е. с понижением F_d до $F_d/4$. Частота гетеродина задается с помощью цифрового синтезатора частот, входящего в блок ПДСК и не указанного на рис. 1. После переноса на видеочастоту сигнал фильтруется в ФНЧ 74-го порядка и децимируется на четыре. Для устранения зеркального спектра мощной помехи коэффициент подавления ФНЧ в полосе заграждения выбран порядка –60 дБ.

Формирователь входной выборки формирует четыре параллельных потока по 256 отсчетов через каждые 512 тактов, реализуя перекрытие 50 %. Перекрытие позволяет избежать разрывов в полезном сигнале для сохранения его структуры. Здесь также осуществляется умножение каждой выборки с перекрытием на оконную функцию Блэкмана-Харриса, которая дает наилучшие результаты по формированию компактных спектров гармонических составляющих с минимальным уровнем боковых лепестков.

Четыре массива по 256 отсчетов поступают на вход поточной схемы БПФ по основанию четыре, состоящей из пяти каскадов, в каждом из которых одна «бабочка» (ядро БПФ) последовательно обрабатывает поступающие отсчеты. Схема БПФ работает с тактовой частотой $F_d/4$. Во избежание переполнений и округлений на каждом каскаде БПФ разрядность повышается на два. В результате сигнал на выходе БПФ 24-разрядный. БПФ по основанию четыре является более экономным с точки зрения аппаратных затрат по сравнению с БПФ по основанию два при условии отсутствия простоя в работе схемы. Простое не возникает при использовании двухканальной структуры ВПП. Поскольку выборки по 256 отсчетов поступают на вход блока БПФ с паузами в 256 тактов, то мультиплексирование данных со 2-го канала ВПП (при его добавлении) позволяет осуществить полную загрузку схемы БПФ и добиться преимуществ от использования алгоритма по основанию четыре.

Необходимость в многоканальной или, как частный случай, в двухканальной структуре возникает при использовании ВПП в комплексе с пространственно-временным подавителем широкополосных помех, использующим адаптивные антенные решетки. В этой ситуации в каждый приемный канал антенной решетки устанавливается ВПП, выполняющий режекцию узкополосных помех для улучшения эффективности пространственно-временного алгоритма.

В ходе выполнения БПФ происходит «перепутывание» выходных отсчетов. Для восстановления прямого порядка следования спектральных отсчетов предназначен блок четверичной инверсии. Аппаратно данный блок реализуется на двух регистрах, каждый из которых вмещает выборку из 1024 отсчетов. Связи между ячейками регистров запрограммированы в соответствии с операцией четверичной инверсии. Прямой порядок следования отсчетов необходим на входе блока ОБПФ.

Анализатор спектра включает в себя: блок расчета амплитуд, блок определения порога, блок режекции помех, а также линии задержек в виде регистров. В блоке расчета амплитуд вычисляется амплитудный спектр выборки. По причине аппаратной сложности извлечения квадратного корня для вычисления амплитуды используется аппроксимация Робертсона:

$$A(k) = \begin{cases} 2|I(k)| + |Q(k)|, & I(k) > Q(k); \\ 2|Q(k)| + |I(k)|, & Q(k) \geq I(k), \end{cases}$$

где $A(k)$, $I(k)$ и $Q(k)$ – соответственно, амплитуда, вещественная и мнимая части спектральной составляющей.

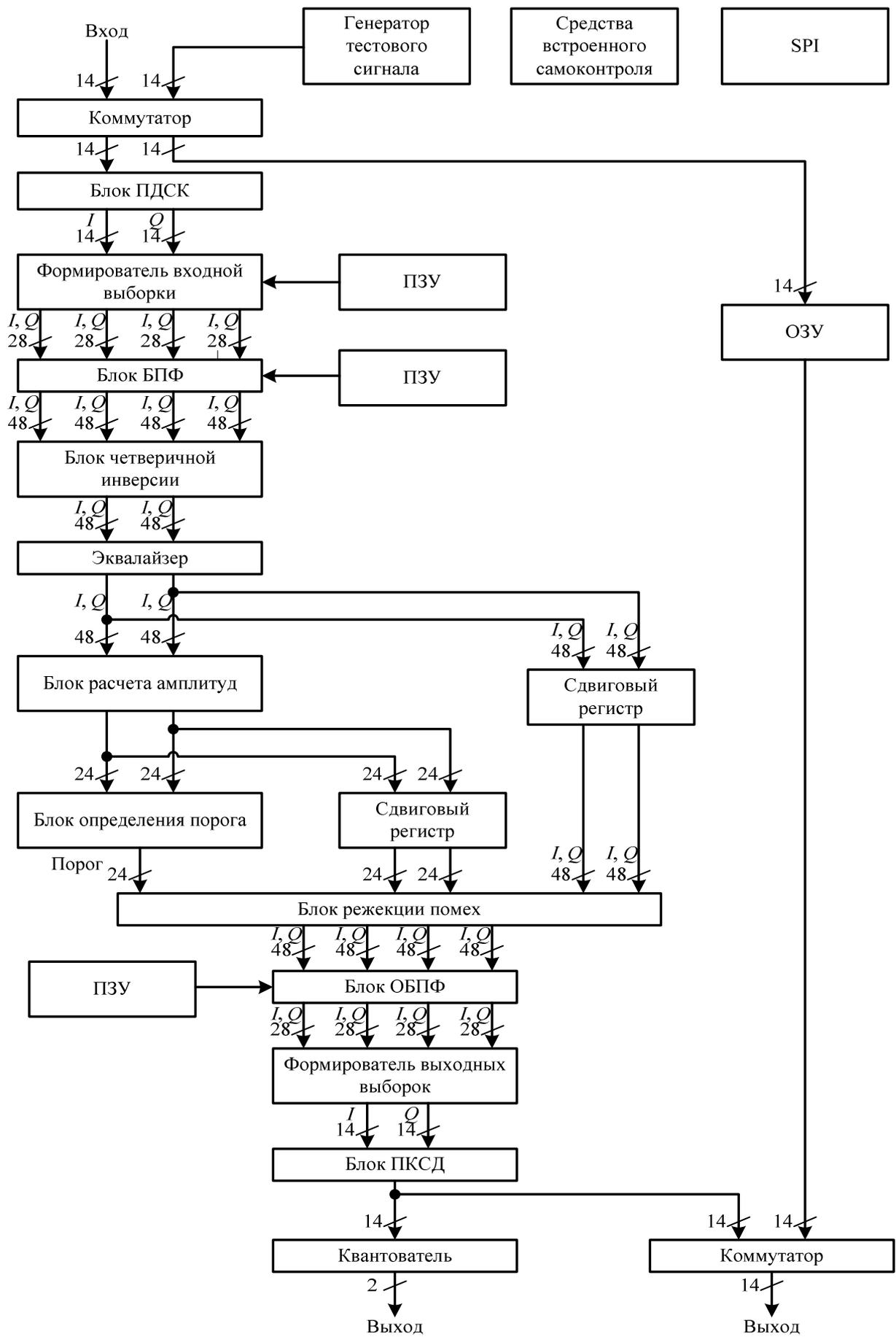


Рис. 1

Вычисленные амплитуды поступают в сдвиговый регистр, длина которого соответствует количеству тактов, необходимых для расчета порога. Спектральные отсчеты после эквалайзера также задерживаются в регистре для синхронного поступления в блок режекции вместе со значением порога и амплитудным спектром.

В блоке определения порога для совокупности 1024 амплитуд текущего массива вычисляется порог режекции. Для каждого массива порог определяется независимо.

Выбор порога обусловлен несколькими аспектами. Во-первых, наличие узкополосной помехи в достаточно широком динамическом диапазоне П/Ш не должно влиять на значение порога. Во-вторых, для минимизации режекции собственных шумов порог должен превышать их максимальное значение. В-третьих, широкополосная помеха не должна вырезаться в случае использования пространственно-временных методов подавления. С учетом изложенного, оптимальным порогом является умноженная на четыре медиана распределения амплитуд [3].

При реализации поиска медианного значения следует учитывать жесткое ограничение по времени. Данному требованию удовлетворяет используемый в ВПП метод ранжирования с помощью четырехкаскадной цепи быстрой сортировки. Первые 1000 амплитуд текущего массива делятся на 200 подмассивов по пять отсчетов. Каждый из этих подмассивов сортируется в порядке возрастания, а средний элемент ряда (медиана) поступает в следующий каскад. Во втором каскаде аналогично сортируется 200 медиан с выхода первого каскада. Использование трех каскадов со схемами сортировки на пять отсчетов позволяет получить восемь медиан, которые сортируются в четвертом каскаде схемой на восемь отсчетов. Для определенности четвертый элемент ряда на выходе четвертого каскада выбирается в качестве медианы ранжированного ряда. После умножения данной медианы на постоянный коэффициент, равный четырем, формируется порог. Использование 1000 отсчетов амплитудного спектра выборки вместо 1024 (24 отсчета отбрасываются) не скажется критически на значении порога при любой помеховой ситуации.

В блоке режекции сравниваются значения амплитуд каждой из спектральных составляющих со значением порога.

Работа блока режекции и процедура формирования порога требуют иллюстрации.

На рис. 2 и 3 изображены графики зависимостей уровней S [дБ] порога, амплитудных спектров собственного шума приемника и шумоподобной помехи от полосы помехи. Уровни максимумов шума и помехи в первом приближении могут быть найдены как среднее значение выборки плюс 3 СКО. Данные максимальные уровни изображены на графиках. Ось ординат пронормирована относительно машинной единицы при моделировании ВПП.

Из рис. 2 видно, что при максимально допустимом П/Ш = 55 дБ и полосе помехи до 9 МГц значения амплитуд помехи существенно превосходят порог. Изменение мощности узкополосной помехи практически не оказывает влияния на значение порога. Например, при снижении П/Ш на 50 дБ (рис. 3) уровень порога упал всего на 3.5 дБ, оставаясь при этом выше максимального уровня собственного шума на 2.5 дБ.

Немаловажно выяснить, какие помехи могут быть не вырезаны блоком режекции. Можно убедиться, что для формирования спектра помехи с минимальной полосой, прохождение которой возможно через ВПП, эффективной стратегией является дробление спектра помехи и разнесение в пределах полосы обработки. Например, эффективными помехами в данном случае являются:

- не менее 34 гармонических помех с оптимально выбранными частотами;
- набор узкополосных ЧМ-помех с суммарной полосой, превышающей 4.83 МГц.

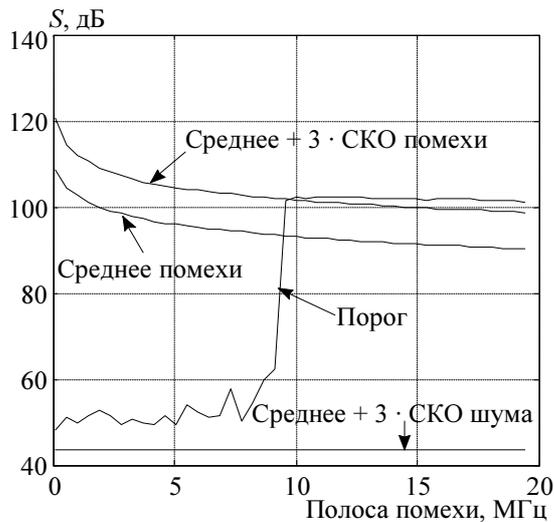


Рис. 2

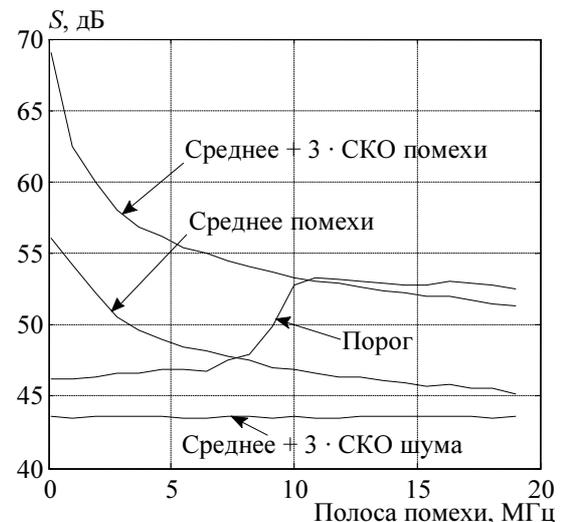


Рис. 3

Для полного прохождения через ВПП шумоподобной помехи, спектр которой сгруппирован, ее минимальная полоса должна быть не менее 9.17 МГц.

В результате умножения на оконную функцию спектр одной гармонической помехи сгруппирован в пределах восьми частотных бинов, поэтому 34 гармонические помехи займут полосу 5.84 МГц.

Таким образом, при полосах помех от 5 до 10 МГц, в схеме формирования порога наблюдается область гистерезиса, причем для смещения в ее левую крайнюю часть необходимы специальным образом подобранные помехи с распределенным спектром. Положением зоны гистерезиса можно управлять, выбирая в качестве медианы различные элементы ряда на выходе последнего каскада схемы быстрой сортировки.

Из рис. 3 видно, что при П/Ш = 5 дБ большая часть мощности помехи с полосой, не превышающей 3 МГц, сосредоточена выше порога, т. е. динамический диапазон П/Ш, при котором обеспечивается эффективное подавление помехи, составляет от 5 до 55 дБ.

За анализатором спектра следует блок обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ), который восстанавливает временной сигнал из спектра выборки. Блок ОБПФ полностью идентичен блоку БПФ, за исключением разрядностей, которые на каждом этапе ОБПФ неизменны и равны 24 бит. Поворачивающие множители для ОБПФ должны быть комплексно сопряженными относительно аналогичных множителей для БПФ. Однако, производя комплексное сопряжение на входе и выходе блока ОБПФ, можно использовать одни и те же поворачивающие множители в обоих блоках, что позволяет использовать общее ПЗУ.

Формирователь выходной выборки состоит из блока четверичной инверсии, аналогичного тому, который использовался после БПФ, а также блока суммирования ветвей с перекрытием, где соседние выборки сдвигаются на 512 тактов, в результате чего суммируемые отсчеты соответствуют одному моменту времени. Далее отсчеты с частотой $F_d/4$ поступают на преобразователь комплексного сигнала в действительный (ПКСД).

В ПКСД производится интерполяция на четыре в двух ФНЧ 74-го порядка после предварительного дополнения сигнала нулями, а также гетеродинирование с видеочастоты обратно на несущую частоту входного сигнала. После суммирования квадратурных ветвей полу-

ченный 14-разрядный вещественный сигнал поступает в выходной 14-разрядный порт, а также на квантователь, работающий в режимах трехуровневого или четырехуровневого квантования. Квантованный сигнал поступает в выходной двухразрядный порт, подключаемый далее к коррелятору приемника ГНСС.

Структура и разрядности составных частей ВПП обеспечивают пренебрежимо низкий уровень шумов квантования на выходе. В результате в обстановке отсутствия помех ВПП восстанавливает сигнално-шумовую смесь без ухудшения отношения С/Ш.

На рис. 4–7 приведены результаты работы ВПП при двух типах помех различной мощности:

- шумовая помеха с полосой от 44 кГц до 2 МГц;
- ЧМ-помеха с девиацией частоты 500 кГц и частотой модуляции $F_{\text{мод}}$ от 1 до 20 кГц,

т. е. с индексом частотной модуляции много больше единицы и полосой около 1 МГц.

Несущие помех равны несущей сигнала стандартной точности (СТ) ГЛОНАСС, поскольку спектр преднамеренных помех в основном сосредоточен в области центрального лепестка спектра сигнала. Ограничения на вырезаемую полосу центрального лепестка достаточно жесткие, однако допустимо вырезать спектр помех на боковых лепестках так, чтобы общая полоса вырезания всех спектральных компонентов не превысила 40 % спектральной полосы сигнала ГНСС. Рис. 2 и 3 иллюстрируют возможность устранения подобных помех.

Для каждого типа помехи приведены коэффициенты подавления K [дБ] смеси С + П + Ш с поправкой на коэффициент передачи (рис. 4 и 6), а также отношения L [дБ] выходного С/(П + Ш) ко входному С/Ш (рис. 5 и 7), т. е. потери в отношении С/Ш после режекции.

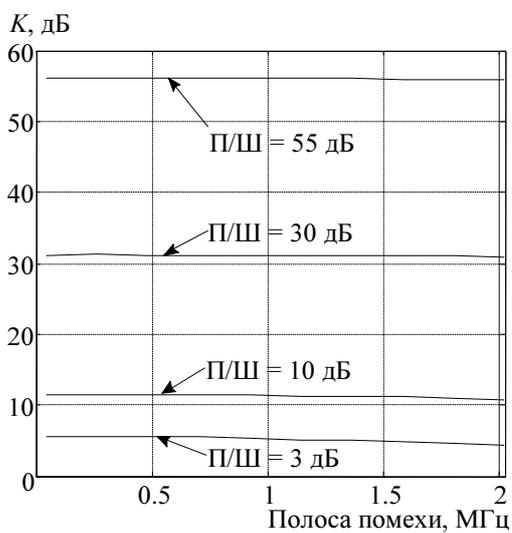


Рис. 4

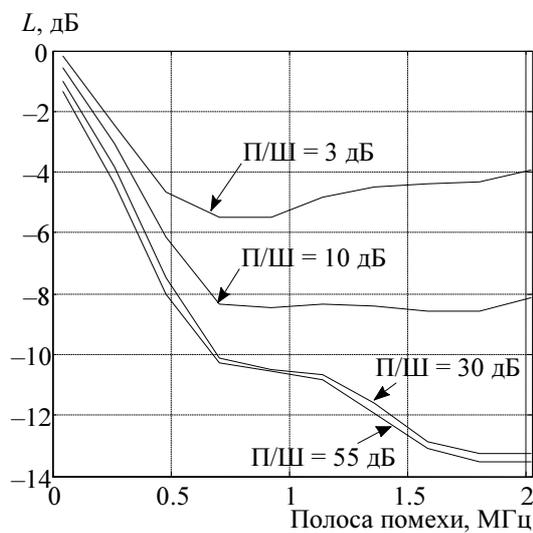


Рис. 5

Глубина подавления смеси С + П + Ш при шумоподобной и ЧМ-помехе (рис. 4 и 6 соответственно) превосходит входное П/Ш в среднем на 1 дБ за счет режектируемого в полосе помех собственного шума приемника, что подтверждает практически полное подавление данных помех в ВПП. Эффективность подавления практически не зависит от полосы, частоты модуляции или мощности помех.

Наиболее значимым критерием качества работы ВПП является выходное отношение С/(П + Ш). Величина С/(П + Ш), нормированная к С/Ш, характеризующая потери в С/Ш, зависит от типов и параметров помех. Если считать допустимыми потери в С/Ш на 6 дБ, то эффективность работы ВПП сохраняется при полосе шумовой помехи не более 0.35 МГц

при максимальных П/Ш и не более 0.6 МГц при малых П/Ш (рис. 5). При помехах малой мощности (П/Ш менее 5 дБ) увеличение полосы помехи приводит к понижению ее уровня и частичному пропуску спектра в области центрального лепестка сигнала, в результате чего потери в С/Ш немного снижаются.

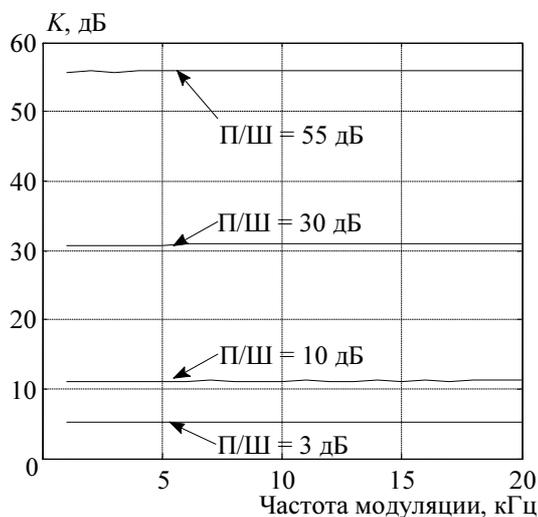


Рис. 6

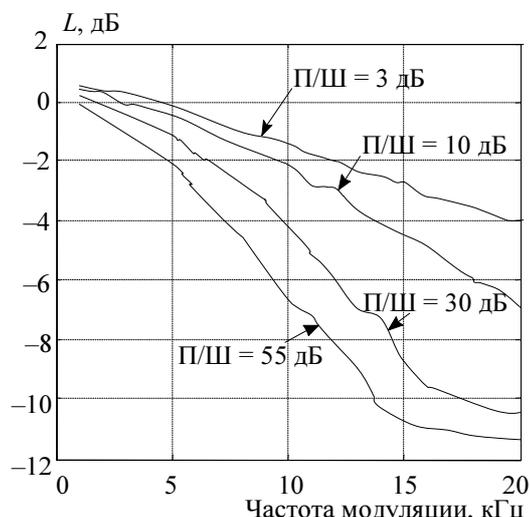


Рис. 7

В случае ЧМ-помехи с индексом частотной модуляции намного большим единицы и спектром, полностью перекрывающим главный лепесток сигнала СТ ГЛОНАСС, ВПП эффективен вплоть до частот модуляции 9 кГц при максимальных П/Ш и до 20 кГц при малых П/Ш (рис. 7). Дробление входного сигнала на выборки по 1024 отсчетов и индивидуальный расчет порога для каждой из них позволяют распределять спектр помехи между выборками и тем самым эффективно давить «медленную» ЧМ-помеху с минимальным ущербом для выходного С/(П + Ш). Аналогичным образом полоса импульсной помехи обнуляется только в моменты активного импульса и работоспособность ВПП зависит от скважности импульсов.

Гармонические, ЧМ-помехи с малым индексом частотной модуляции, а также любые другие узкополосные помехи практически полностью давятся в ВПП с допустимым ухудшением С/Ш (не более 6 дБ), оправдывая использование данного устройства в составе помехозащищенной НАП ГНСС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 29.12.2008 г. № 1036-55 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009–2015 годы)».
2. Радионавигационный план Российской Федерации и проблемы развития радионавигационного обеспечения / В. М. Царев, Ю. В. Лукьянюк, Ю. А. Соловьев, Г. А. Фешин // Новости навигации. 2009. Вып. 1. С. 5–10.
3. Иванов А. М., Немов А. В. Подавление внутридиапазонных узкополосных помех в GPS/ГЛОНАСС // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2008. Вып. 2. С. 55–65.

A. I. Losev, A. V. Nemov, D. Y. Tyufiyakov, D. A. Shubin

FREQUENCY JAMMING EXCISION DEVICE FOR GNSS NAVIGATION USER EQUIPMENT

In the following article the device for suppressing narrowband interference is described. It based on the time-frequency interference suppression method by using the fast Fourier transform with the median rejection threshold. The device operates at a rate of filling of Fourier transform "window". Results of the computer model of the suppressor in various interferences are representing.

GNSS, GLONASS, interference immunity, jamming excision, narrowband interference, fast Fourier transform, fast sorting, excision threshold



УДК 004.891.3, 616.155.194

Е. В. Садыкова, А. О. Шабиев

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ АНЕМИЙ

Описаны этапы разработки автоматизированной системы диагностики анемий для врача общей практики. Представлен пример алгоритма и блок-схемы диагностики анемий, а так же обобщен принцип работы с программным приложением.

Автоматизированная система, алгоритмы диагностики анемий, аналитические исследования, программный продукт

В настоящее время широкое распространение анемии отмечено во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения на 2005 г., от анемии разной степени выраженности страдает около 1,5...1,7 млрд чел. на Земле¹.

Анемией называется состояние, характеризуемое снижением содержания в крови гемоглобина и в большинстве случаев уменьшением концентрации эритроцитов. Разнообразная клиническая симптоматика анемии, основным проявлением которой является анемический синдром, требует от врачей различных специальностей, и прежде всего врачей-терапевтов, своевременной и правильной диагностики природы анемического синдрома.

Проявления анемии не всегда являются клинически специфичными и характеризуются различными синдромами, знание которых необходимо врачу-терапевту независимо от его узкой специализации. Большое разнообразие факторов, лежащих в основе развития анемий, делает очень важной проблему их дифференциальной диагностики².

Широкий спектр самых разнообразных заболеваний, приводящих к анемии, наряду с различными механизмами развития анемического синдрома позволяет считать целесообразным осуществление диагностического поиска в определенной последовательности с решением конкретной диагностической задачи на каждом из этапов поиска. Для этого врачами-специалистами разрабатываются алгоритмы диагностики заболеваний.

¹ Всемирная организация здравоохранения: http://www.who.int/vmnis/anaemia/prevalence/summary/anaemia_data_status_t2/en/index.html.

² Куриляк О. А. Еще раз об анемии... Точная дифференциальная диагностика – залог успешного лечения: <http://unimedao.ru/articles/6826/9671/item/52>.

В настоящее время существуют технологии, позволяющие создавать автоматизированные системы диагностики заболеваний на основе методологии искусственного интеллекта.

Авторами разработана автоматизированная система диагностики анемий для врача общей практики, управляемая диагностическими алгоритмами анемий, полученными совместно с врачами-экспертами отделения гематологии СПбГМУ им. И. П. Павлова.

Технология разработки автоматизированной системы диагностики анемий состоит из нескольких этапов:

- идентификация (определяются задачи, которые подлежат решению; выявляются цели разработки; определяются эксперты и типы пользователей);
- концептуализация (проводится содержательный анализ проблемной области; выявляются используемые понятия и их взаимосвязи; определяются методы решения задач);
- формализация (выбираются и определяются способы представления всех видов знаний; формализуются основные понятия; определяются способы интерпретации знаний; моделируется работа системы; оценивается адекватность целям системы зафиксированных понятий, методов решений, средств представления и манипулирования знаниями);
- выполнение (организация знаний, обеспечивающих эффективную работу системы, и представление знаний в виде, понятном техническому специалисту);
- реализация (выбор инструмента реализации, программная реализация автоматизированной системы);
- тестирование (определение соответствия программы заданным задачам).

Цель разработки автоматизированной системы – помощь врачу в дифференциальной диагностике анемий и выявлении причины патологии анемического синдрома.

Для разработки автоматизированной системы диагностики анемий необходимо знать их классификацию. Наибольший интерес для практического врача представляет патогенетическая классификация анемий:

1. Анемии вследствие кровопотери.
2. Анемии вследствие нарушения образования эритроцитов и гемоглобина.
3. Анемия вследствие усиленного кроворазрушения.
4. Анемии смешанного генеза.

Наряду с патогенетической классификацией существует морфологическая классификация анемий, в которой основным признаком является размер эритроцита:

1. Макроцитарная.
2. Микроцитарная.
3. Нормоцитарная.

Определенное клиническое значение сохраняет классификация анемий по цветовому показателю:

1. Гипохромные анемии.
2. Гиперхромные анемии.

Указанная классификация позволяет врачу в определенной мере сузить круг диагностического поиска и ускорить дифференциальную диагностику заболеваний [1, с. 1–5].

При диагностике анемий необходимо использовать данные, основывающиеся на клинической картине, лабораторных и инструментальных исследованиях [1, с. 1–5]. Таким образом, врач сталкивается с проблемой оценки большого количества показателей, которые достаточно трудоемко обобщить для комплексной картины заболевания и постановки диагноза.

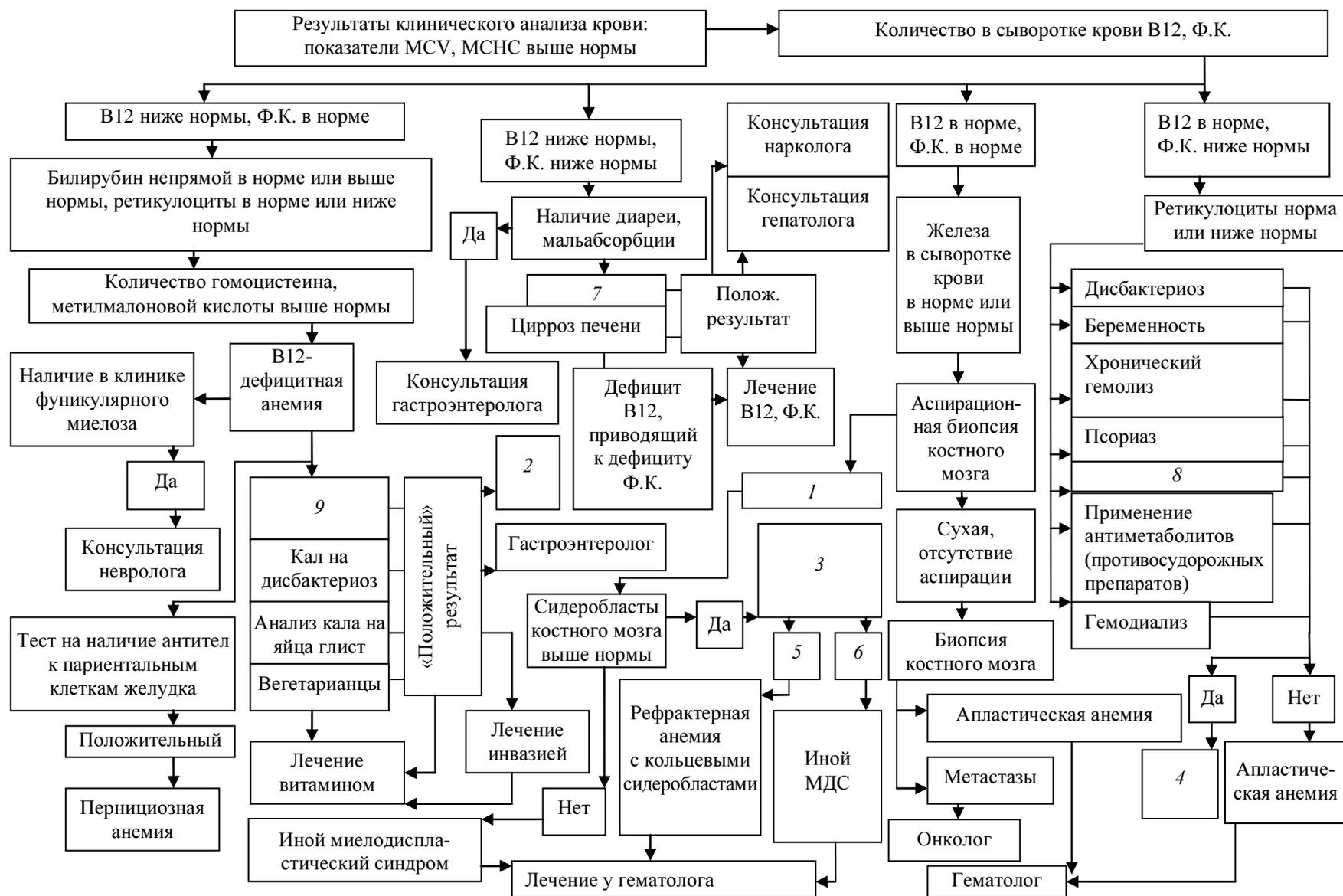


Рис. 1

На рис. 1 приведен пример алгоритма диагностики макроцитарных анемий. Основной целью работы с алгоритмами является определение так называемого патогенетического варианта анемии, т. е. основного механизма, обуславливающего снижение уровня гемоглобина у конкретного пациента. Фактически речь идет о диагностике синдрома, так как каждый из патогенетических вариантов представляет собой лишь отдельный анемический синдром. Варианты анемического синдрома отражают лишь ведущий патогенетический механизм, в то время как причины развития анемии при каждом патогенетическом варианте могут быть различными. Например, причиной железодефицитной анемии могут быть хронические кровопотери из ЖКТ, патология кишечника с нарушением всасывания и др. Миелодиспластический синдром может развиваться у больных с повышенным содержанием сидеробластов костного мозга на фоне отрицательной реакции на адекватную терапию препаратами железа, витамина В12, фолиевой кислотой (Ф.К.). После определения патогенетического варианта анемии задачей врача является распознавание заболевания или патологического процесса, лежащего в основе имеющегося анемического синдрома, т. е. выявление причины анемии у конкретного больного. Данный этап диагностического поиска может быть условно обозначен, как нозологическая диагностика. Последняя приобретает важное значение, поскольку позволяет во многих случаях проводить не только патогенетическую терапию анемии, например препаратами железа, но и воздействовать на основное заболевание (устранение хронической кровопотери при железодефицитной анемии, купирование инфекционно-воспалительного процесса и т. д.)¹.

На рис. 1 так же обозначены: 1 – аспират богатый, нормоклеточный; 2 – онколог; 3 – отсутствие кольцевых сидеробластов; 4 – фолиеводефицитная анемия; 5 – нет; 6 – да; 7, 8 – алкоголизм; 9 – фиброгастродуоденоскопия.

Для автоматизации алгоритмов диагностики анемий необходимо представить их в формализованном виде. Пример блок-схемы алгоритма диагностики анемий представлен на рис. 2, и 3, где введены обозначения: 1 – количество витамина В12 ниже нормы, Ф.К. в норме; 2 – В12 ниже нормы, Ф.К. ниже нормы; 3 – В12 в норме, Ф.К. в норме; 4 – В12 в норме, Ф.К. ниже нормы; 5 – количество билирубина непрямого в норме или выше нормы, ретикулоцитов – в норме или ниже нормы; 6 – количество гомоцистеина, метилмалоновой кислоты выше нормы; 7 – диарея, мальабсорбция; 8 – наличие в клинике фуникулярного миелоза; 9 – количество железа в сыворотке крови в норме или выше нормы; 10 – аспират богатый, нормоклеточный; 11 – количество сидеробластов костного мозга выше нормы; 12 – наличие кольцевых сидеробластов; 13 – сухая, отсутствие аспирации; 14 – количество ретикулоцитов в норме или ниже нормы; 15 – применение антималярийных препаратов; 16 – хронический гемолиз; 17 – пациент на гемодиализе, 18 – выше нормы; 19 – псориаз; 20 – алкоголизм; 21 – цирроз печени; 22 – консультация гастроэнтеролога; 23 – дефицит витамина В12, приводящий к дефициту фолиевой кислоты; 24 – наличие; 25 – париентальные клетки желудка; 26 – аспирационная биопсия костного мозга; 27 – сидеробласты костного мозга; 28 – дисбактериоз; 29 – беременность; 30 – рефрактерная анемия с кольцевыми сидеробластами; 31 – биопсия костного мозга; 32 – метастазы; 33 – лечение лекарственными препаратами; 34 – фолиеводефицитная анемия.

¹ Дворецкий Л. И. Алгоритмы диагностики и лечения анемий: <http://ykol.ru/medic/article-14281/>.

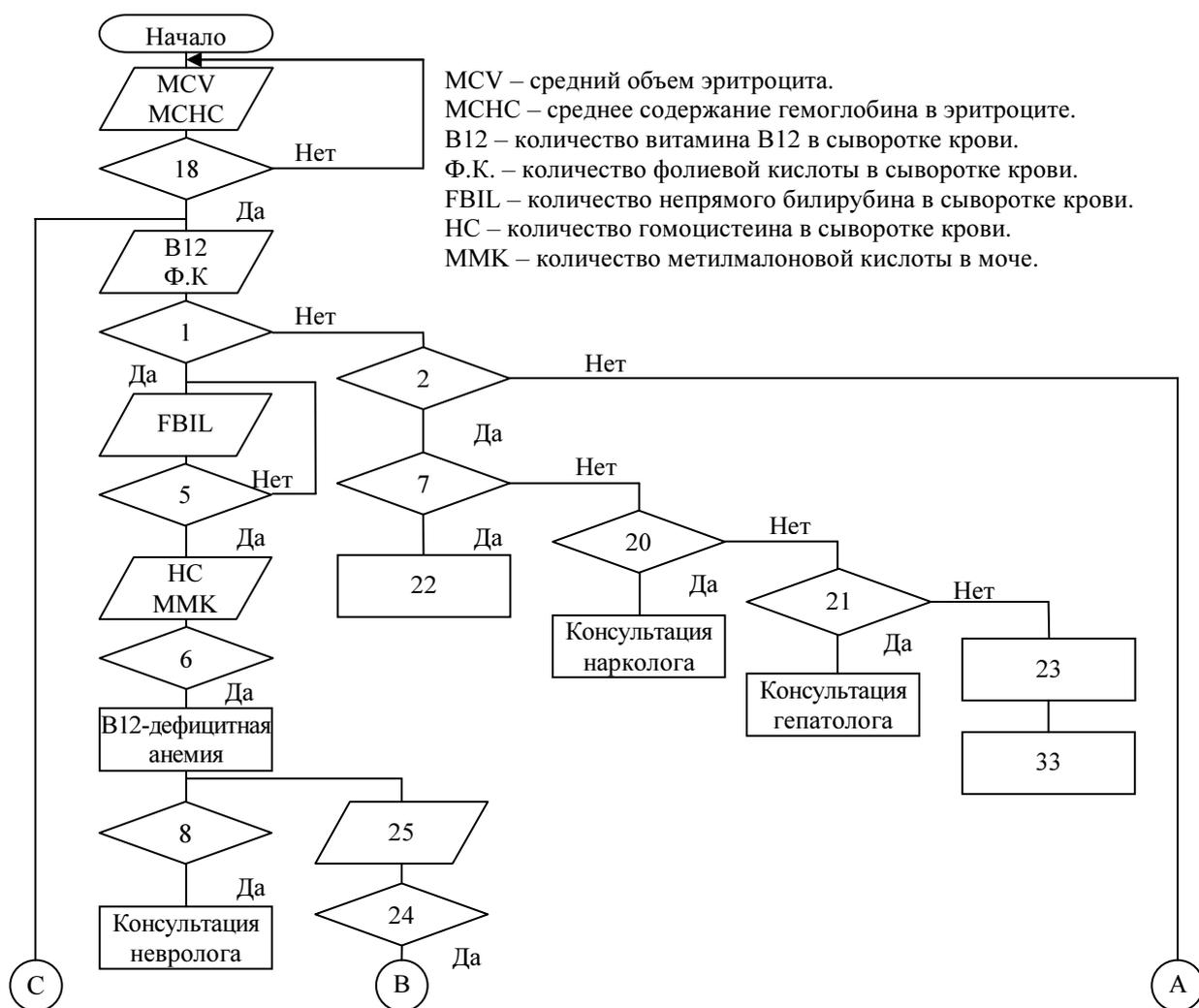


Рис. 2

Для программной реализации мы выбрали систему C++ Builder – программный продукт, использующий язык C++ для разработки программного обеспечения. Достоинства C++ Builder в том, что это – система быстрой разработки приложений RAD (Rapid Application Development). В ней используется технология объектного проектирования, а также она совместима с приложением Database Desktop, необходимым для создания баз данных.

Автоматизированная система диагностики разработана в виде программного продукта и названа DofA.

Программа DofA состоит из нескольких форм («карта пациента», «диагностика», «статистическая оценка»), связанных между собой, имеет в своем составе базу знаний и базу данных (так как необходимо хранить личные данные пациента, даты посещения врача, результаты его обследований, результаты диагностики). На рис. 4 представлена структурная схема базы данных системы диагностики анемий для врача общей практики, основываясь на методологии IDEF1X.

Работа с системой диагностики анемии врача общей практики начинается с интерпретации клинического анализа крови (КАК). КАК должен включать в себя помимо общеизвестных параметров (концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов и др.) подсчет количества ретикулоцитов и тромбоцитов, поскольку это дает информацию о состоянии

эритроидного и мегакариоцитарного ростков костного мозга [2, с. 23]. Для начальной обобщенной оценки анемии КАК должен включать в среднем 8 параметров. Причем важными являются все показатели: концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, значения среднего объема эритроцитов и средней концентрации гемоглобина в эритроците.

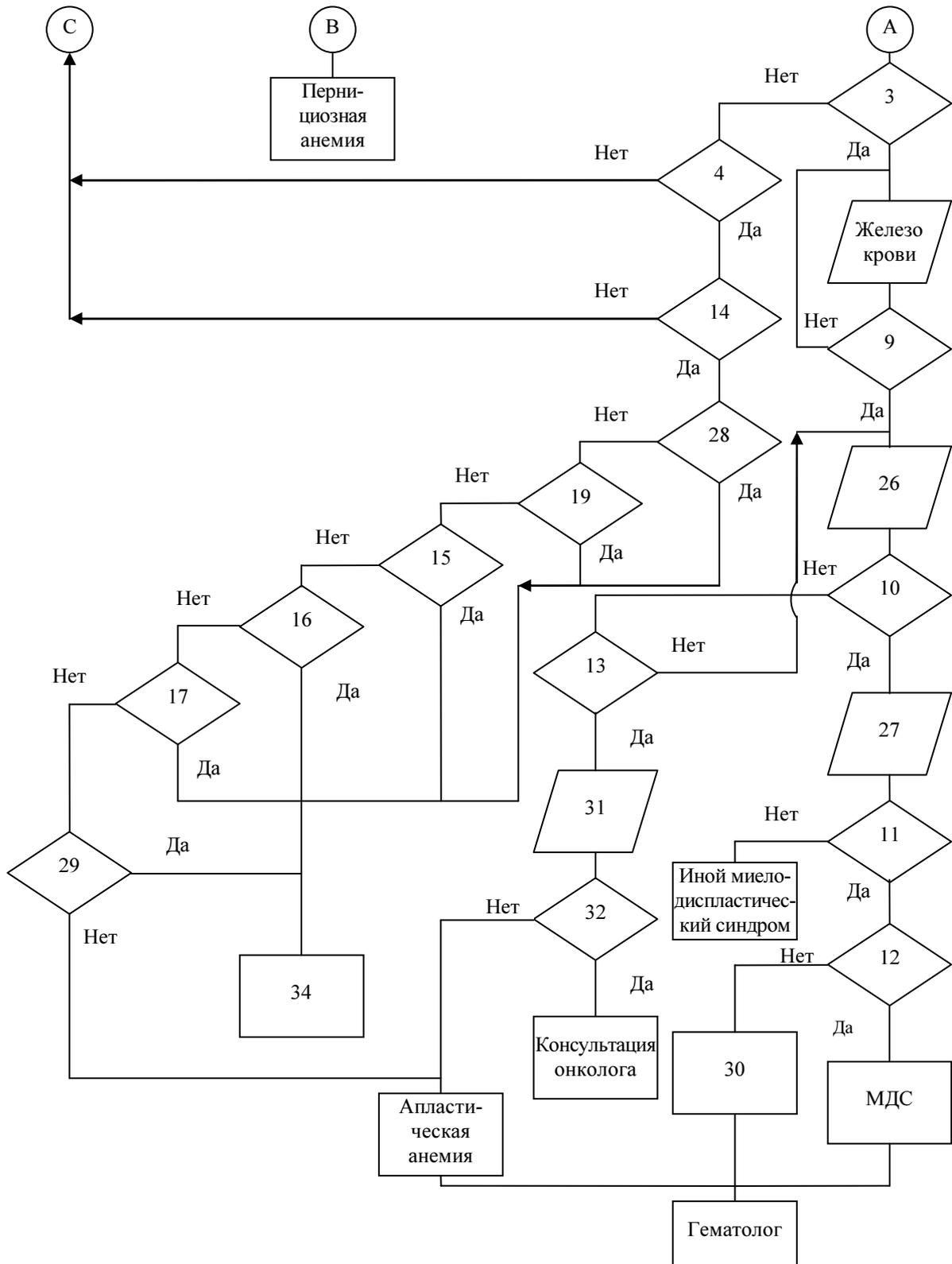


Рис. 3

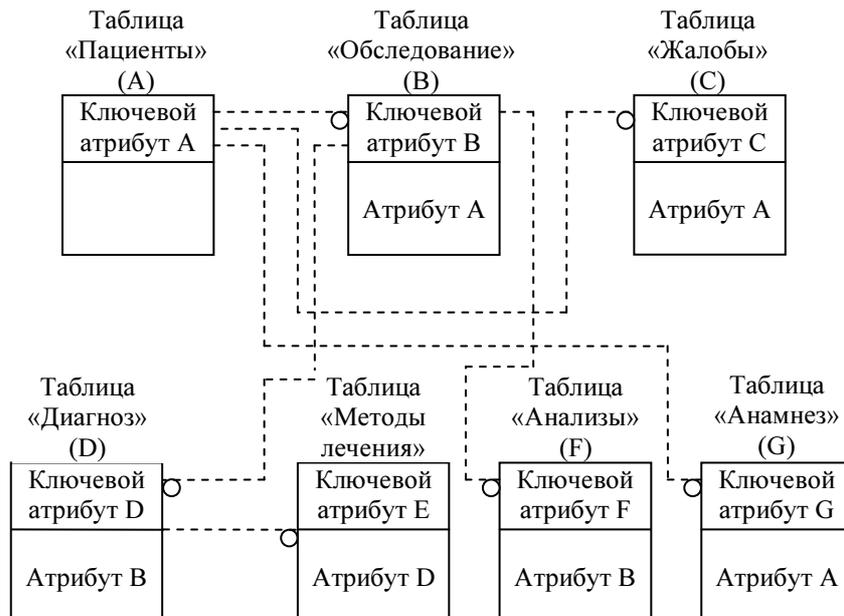


Рис. 4

При сравнении введенных значений параметров клинического анализа крови программа определяет наличие анемии, и в случае «положительного» результата предлагает перейти к более углубленной диагностике анемии.

Так как значения лабораторных показателей могут меняться в зависимости от региона проживания или специфики заболевания пациента системы DofA позволяет пользователю менять нормы аналитических исследований, которые находятся в справочнике норм. Встроенные алгоритмы в программе DofA представляют собой последовательные этапы оценки определенных параметров, значения которых выбирает оператор (значения могут быть как числовые, так и строковые, предлагаемые из списка). Оператор при использовании алгоритма выбирает на экране или вводит с клавиатуры необходимые значения в виде цифр (например, лабораторных аналитических исследований), постепенно продвигаясь по «дереву решений».

Рис. 5

Представленный на экране (рис. 5) результат диагностики (вид анемии, или рекомендации) позволяет врачу-терапевту выбрать необходимый тип лечения, или направить пациента к врачу-гематологу для более точного выяснения его состояния и схемы адекватного лечения.

В статье описаны этапы разработки автоматизированной системы диагностики анемий для врача общей практики, приведены примеры разработанных алгоритмов диагностики, описаны общие принципы работы с программным продуктом.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (государственный контракт № П1081 от 31.05.2010).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огороков А. Н. Диагностика болезней внутренних органов. Т. 4. Диагностика болезней системы крови. М.: Мед. лит., 2001.
2. Основы клинической гематологии: Справочное пособие / под. ред. В. Г. Радченко. СПб.: Диалект, 2003.

E. V. Sadykova, A. O. Shabiev

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED DIAGNOSTIC SYSTEM ANEMIAS

The article describes the stages of developing an automated system to diagnose anemia GP. The example of the algorithm and flowchart diagnosis of anemia, as well as a general principle of working with implemented software application.

An automated system for diagnosing anemia, algorithms, analytical research, a software product



УДК 004.032.6

И. Р. Кузнецов

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ЗАНЯТИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Рассматриваются понятие интерактивности, использование различных форм активных и интерактивных занятий для технических дисциплин вуза и применение на этих занятиях электронных образовательных мультимедиа-ресурсов.

Образовательная технология, активные и интерактивные формы обучения, интерактивность, мультимедиа-ресурсы, коммуникативное взаимодействие

В соответствии с новыми ФГОС ВПО третьего поколения, реализующими компетентностный подход к обучению, широкое использование в учебном процессе должны найти активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования профессиональных навыков обучающихся, навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и развития лидерских качеств.

В стандартах перечислены некоторые примеры подобных форм занятий: чтение интерактивных лекций; проведение групповых дискуссий и проектов; анализ деловых ситуаций и имитационных моделей; проведение ролевых игр, тренингов, семинаров в диалоговом режиме, компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр; разбор конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов, групповых дискуссий; обсуждение результатов работы студенческих исследовательских групп; проведение вузовских и межвузовских телеконференций.

В педагогике интерактивность рассматривается как основной принцип реализации личностно-ориентированной модели обучения, обеспечивающий развитие социально востребованных современным обществом качеств личности: ее способности к дальнейшему саморазвитию, самообразованию, взаимодействию и сотрудничеству. Интерактивные обучающие технологии широко применяются при изучении различных гуманитарных дисциплин, однако далеко не все из них могут быть использованы при изучении дисциплин технического характера. Рассмотрим, каковы их возможности в этом случае, учитывая, что новые ФГОС устанавливают ограничения на количество аудиторных занятий в традиционных неинтерактивных формах.

Интерактивность – понятие, которое раскрывает характер и степень взаимодействия между объектами. Следует отметить, что этот термин появился как раз в таких технических областях, как теория информации, информатика и программирование, системы теле-

коммуникаций, а позже стал использоваться в социологии, промышленном дизайне и др. Интерактивности можно дать следующее обобщенное определение – *это такой принцип организации системы, при котором цель достигается информационным обменом между элементами этой системы.*

Коммуникативное взаимодействие между людьми, а учебный процесс строится именно на его основе, является предметом изучения нескольких наук: психологии, лингвистики, социологии и др. – и как единое направление исследований не существует. Набор правил коммуникативного взаимодействия между людьми понимают как способ общения. Так, на примере речевого обмена можно выделить три группы правил подобного взаимодействия:

- *правила ведения беседы*, которыми определяются: прагматическое содержание сказанного, степень приемлемости отдельных высказываний для ситуации разговора, «права» и «обязанности» собеседников. Они вырабатываются в самом начале взаимодействия, а их несогласованность приводит к прекращению разговора либо созданию нового набора правил;

- *правила переработки речевой информации*, заключающиеся в использовании правил синтаксиса и семантики для интерпретации и генерирования речевых высказываний. Они обычно детерминируются автоматически производимой каждым говорящим оценкой интеллектуальных способностей собеседника, его интересов, социального статуса и т. д.;

- *правила формирования речевых высказываний*, в основе которых лежат мотивы, интересы, ценности и прошлый опыт собеседников. Цель и мотивы могут при этом не осознаваться, однако именно они присутствуют в высказываниях субъектов.

Поскольку учебный процесс в вузе также строится на коммуникации, то в нем можно выделить несколько видов интерактивности:

- интерактивность обратной связи, т. е. возможность задать вопрос и получить ответ или проконтролировать процесс усвоения материала;

- интерактивность во времени, когда обучаемый сам определяет продолжительность процесса обучения и скорость продвижения по учебному материалу;

- порядковая интерактивность, при которой самостоятельно определяется очередность использования фрагментов информации;

- содержательная интерактивность, т. е. возможность обучаемого самостоятельно изменять или дополнять объем содержательной информации;

- творческая интерактивность, при которой обучаемый имеет возможность реализовать свою креативную деятельность¹.

Применение электронных образовательных мультимедиа-ресурсов расширяет возможности реализации интерактивных форм проведения учебных занятий, создавая «интерактивно насыщенную образовательную среду». В этом случае уровень интерактивности информационной системы и пользователя определяется степенью их взаимодействия и выступает одним из показателей качества электронных образовательных мультимедиа-ресурсов. В литературе [1] рассмотрено несколько уровней взаимодействия, обеспечивающих различные формы обучения – это условно пассивные, активные, деятельностные и исследовательские формы. Комбинации подобных типов взаимодействия позволяют оп-

¹ Титова С. В. Интерактивность как основное свойство дидактического процесса, основанного на применении информационных технологий. <http://titova.ffl.msu.ru>.

ределить уровень интерактивности электронных мультимедиа-ресурсов. При этом высшим уровнем можно считать использование недетерминированных форм взаимодействия пользователя с учебными объектами, причем необходимым условием является использование в электронных мультимедиа-ресурсах имитационных моделей, обеспечивающих адекватное представление фрагментов изучаемой предметной области.

Если раньше основной упор в обучении техническим дисциплинам делался на лекции, представлявшие монологическое сообщение, при котором потери воспринимаемой информации могли достигать 50 %, а в некоторых случаях и 80 % от ее исходного объема, то сейчас в качестве наиболее эффективной формы общения рассматривается диалог. В основе диалога лежит умение задавать вопрос себе и другим. Уже сам факт вопроса демонстрирует желание участвовать в общении, обеспечивает его дальнейшее течение и углубление. Однако в диалогических отношениях существуют две формы: внутренний диалог и диалог внешний.

Для реализации нужной формы диалога необходимо создание педагогом специальных условий. Внутренний диалог реализуется через ситуативные задачи следующего характера: выбор решения из альтернатив; разрешение проблемных ситуаций; поиск суждений относительно определенного факта или явления; решение задач, не имеющих однозначного решения; выдвижение гипотез и предположений.

Для внешнего диалога нужно проектировать ситуативные задачи другого характера: вопросительный образ общения; обмен мнениями, идеями, позициями; дискуссии; коллективная генерация идей; оппонирование идей, предложений, доказательств; полифункциональный анализ идей и гипотез; творческие мастерские. При этом каждый участник имеет возможность дать оценку рассматриваемому вопросу, выразить свою точку зрения.

Дискуссия в педагогическом процессе – это обмен мнениями в соответствии с некоторыми правилами и с участием всех или большинства присутствующих на занятии. Дискуссия считается эффективным способом убеждения, так как ее участники сами приходят к тому или иному выводу.

Групповая дискуссия заключается в обсуждении вопросов перед аудиторией специальной выделенной группой. Цель групповой дискуссии – представить возможное решение проблемы или обсудить противоположные точки зрения по спорным вопросам. Но она не разрешает спора и не склоняет аудиторию к какому-либо единообразию действий.

Полилог представляет собой обмен мнениями по какой-либо определенной теме, где каждый участник высказывает свою точку зрения. Участники разговора задают друг другу вопросы, чтобы узнать точку зрения собеседника или прояснить непонятные моменты обсуждения. Эта форма общения особенно эффективна в том случае, если возникает необходимость разъяснить какой-либо вопрос или осветить проблему.

Применение в обучении информационных компьютерных технологий на основе электронных образовательных мультимедиа-ресурсов позволяет реализовать интерактивные формы занятий как в аудиторных часах, так и в процессе самостоятельной работы обучаемых. Под интерактивными мультимедиа-ресурсами понимаются системы, управляемые событиями, так как по определению [2] в мультимедиа используется представление информации в цифровом виде, а компьютерные программы позволяют манипулировать ею по командам пользователя.

Сложные мультимедийные среды позволяют определять собственные действия, используя язык подготовки сценариев. В качестве такого языка может выступать простой язык программирования, содержащий средства управления элементами пользовательского интерфейса и мультимедийными компонентами.

Одной из причин соотнесения действий с событиями в мультимедиа-ресурсах является обеспечение их интерактивности: если система может отвечать на события, генерируемые пользователем, значит, он может контролировать поведение этой системы. События, которые происходят в определенные моменты, являются другой причиной для использования соотнесенных действий: они позволяют вводить контролируемое по времени поведение и синхронизацию в такие системы, как World Wide Web, которые не поддерживают их непосредственно как часть модели мультимедиа. И наоборот, действия, внедренные во временную шкалу синхронизированной мультимедийной продукции, можно использовать для реализации ветвления и других форм нелинейного поведения.

Анализ способов взаимодействия с мультимедиа-ресурсами, учитывающий степень эффективности использования активных элементов их архитектуры и соответствующих устройств ввода информации, позволяет определить несколько типов интерактивности, включающих дискретное, продолжающееся, конкретизированное, ролевое и резонансное взаимодействия [3].

Дискретное взаимодействие часто используется разработчиками компьютерных программ. В нем типичными элементами являются кнопки, меню, панели, палитры, наборы фигур, штампов, вид курсора. Интерактивность этого типа наиболее ярко выражена и хорошо работает с медиасоставляющими, которые представлены фиксированными порциями, такими как страницы, или имеют ярко выраженное состояние (воспроизведение или остановка). Дискретная интерактивность хорошо проявляет себя в тех случаях, когда каждая кнопка имеет четко выраженную, ожидаемую функцию.

К продолжающемуся взаимодействию принадлежат такие элементы интерфейса, как полосы прокрутки, слайдеры, анимированные курсоры, служащие для пространственной или временной навигации. Взаимодействия данного типа лучше всего применять с потоковыми медиасоставляющими. В продолжающемся взаимодействии пользователи обычно управляют курсором для воздействия на устройство, которое, в свою очередь, воздействует на медиасоставляющую, или же управляют непосредственно медиасоставляющей с помощью курсора. Траектория движений курсора напрямую зависит от содержания и плавно отслеживает его изменения. По сравнению с дискретным этот вид интерактивности идеально подходит для работы с материалами, носящими эмоциональный или познавательный характер.

Конкретизированное взаимодействие предоставляет возможность участнику действовать от первого лица. Пользователь может стать действующим лицом, которое погружается в навигационное пространство контента, расширяя свои возможности с помощью курсора манипулятора, взаимодействуя с контентом так, как если бы он был физической реальностью. Одним из примеров интерактивности этого типа можно назвать различные кисти, перья, ластик, спрейеры в программах компьютерной графики. Как и в случае с дискретной интерактивностью, элементы интерфейса также приглашают пользователя к воздействию на содержание в кинестатической форме, которое оказывается пользователем напрямую, явственно представляя результат этого воздействия.

В случае ролевого взаимодействия участник как бы становится игроком, исследующим виртуальный мир, проходя через него самостоятельно или с персонажем, который обитает в контентном пространстве, зачастую манипулируя действиями этого персонажа. Этот тип зачастую привлекает детей, так как может трансформироваться в простое, достоверно анимированное действие. В ролевом взаимодействии контентное пространство, где находится персонаж, представляет собой сюжетную линию, других персонажей, объекты и окружающую обстановку, что делает взаимодействие этого типа наиболее вариабельным по сравнению с интерактивностью других типов. Специфические атрибуты персонажей и вещи, с которыми они встречаются, определяют природу взаимодействия.

Резонансный вид взаимодействия поддается алгоритмизации и может быть назван причинным. В этом случае интерактивность может быть добавлена уже после того, как создана медиасоставляющая, позволяя изменять содержание во время продвижения обучаемого по контенту или даже при его неподвижности (т. е. суммируется количество затраченного времени в отдельно взятом месте действия). Для манипуляции медиасоставляющей нет необходимости в видимых элементах интерфейса. Резонансная интерактивность, по существу, более комплексна, чем взаимодействие продолжающегося типа, поскольку медиасоставляющая способна изменяться во времени. Двустороннего временного потока, возможности возвращения на предыдущие позиции при ее использовании не требуется.

Таким образом, выбор соответствующего вида взаимодействия для электронных образовательных мультимедиа-ресурсов определит уровень интерактивности информационной системы и пользователя и будет служить одним из показателей ее качества.

Какие же виды занятий по техническим дисциплинам в вузе можно отнести к категории активных или интерактивных?

Согласно работам по проблемам информатизации образования самый высокий уровень интерактивности имеют электронные средства доставки информации или телекоммуникационные технологии Интернета¹. Поэтому таковыми являются занятия в виде вузовских и межвузовских телеконференций.

Проведение семинаров в диалоговом режиме и групповых дискуссий также носит интерактивный характер. Сюда же можно отнести и обсуждения результатов работы студенческих исследовательских групп.

Большинство лабораторных занятий в технических дисциплинах использует компьютерные симуляции, анализ имитационных моделей, а также тренинги по работе с различными технологическими установками, т. е. известные интерактивные технологии обучения. К ним же относятся выполнение групповых проектов, проведение деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций – те виды, которые можно реализовать на аудиторных практических занятиях.

Существенно уменьшенный в новых ФГОС ВПО объем лекционных занятий, тем не менее, также может использовать интерактивные технологии. К интерактивным лекциям можно отнести те, в которых применяются аудиовизуальные технологии представления информации с использованием различных способов обратной связи между студентами и преподавателем.

¹ Чепель Т. Л., Яковенко Т. Д. Интерактивные методы в высшем педагогическом образовании как условие его интенсификации. <http://www.concord.websib.ru/page.php>.

Важным компонентом таких лекций являются трехмерные визуализации процессов, которые нельзя увидеть обычным образом, а также виртуальные модели сложных математических или физических теорий, позволяющие продемонстрировать их характерные свойства.

Как отмечает Е. И. Ярославцева, «экспериментальное изучение содержит в себе потенцию постоянного изменения, трансформации всех своих составляющих и поэтому представляется наиболее эффективной формой, раскрывающей творческие способности учащихся» [4]. Поэтому одним из ведущих признаков современного высшего образования является переход к экспериментально-исследовательским стандартам, каковыми и являются ФГОС ВПО третьего поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осин А. В. Открытые модульные мультимедиа-системы. М.: Агентство «Издательский сервис», 2010.
2. Кузнецов И. Р. Основы мультимедиа: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008.
3. Искусство мультимедиа. Мультимедиа и техника / Под науч. ред. Т. Е. Шехтер. СПб.: Изд-во СПбГУП, 2010.
4. Ярославцева Е. И. Интерактивный человек: межкультурные и образовательные коммуникации: сб. тр. междунар. науч. конф. «Трансформации культуры в глобальном информационном обществе». М.: МосГУ, 2009. С. 358–371.

I. R. Kuznetsov

INTERACTIVE FORMS OF TRAINING IN TECHNICAL UNIVERSITY

The concept of interactivity, use of various forms of active and interactive forms of training for technical disciplines in high school and application in these training of electronic educational multimedia resources are considered.

The educational technology, active and interactive forms of training, interactivity, multimedia resources, communicative interaction



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 658.562

Л. Н. Глебова, В. И. Круглов, С. А. Степанов

О ПОДХОДАХ К ФОРМИРОВАНИЮ НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Описывается опыт работ в области гарантий качества образования, актуальность формирования системы независимой оценки качества образования. Предложен проект структуры системы независимой оценки качества образования. Представлены ее основные элементы и их функции с учетом стандартов и рекомендаций ENQA и стандартов по оценке соответствия серии ИСО 17 000.

Качество образования, оценка качества образования, система независимой оценки качества образования, система гарантии качества образования

Качество высшего образования имеет определяющее значение для успешного развития любой страны, в особенности России, в наступившем веке.

Система гарантии качества образования должна строиться в соответствии с основополагающими документами, определяющими общие пути к построению общеевропейской системы образования, основанной на единых подходах и стандартах качества.

Болонская декларация является естественным результатом развития тенденций к интеграции европейского и мирового образования. Она предполагает создание общеевропейской системы высшего образования, основанной на единых стандартах качества. При этом понятие «качество образования» охватывает преподавание, научно-исследовательскую работу и управление образовательным учреждением (ОУ), способность ОУ удовлетворять потребности студентов и предоставлять обществу дополнительные услуги.

Берлинская декларация, подписанная 19.09.2003 г. министрами образования стран-участниц Болонского процесса, отмечает, что качество высшего образования является краеугольным камнем в создании общеевропейского образовательного пространства. В связи с этим страны берут на себя обязательство поддерживать дальнейшее развитие систем гарантии качества образования на уровне каждого вуза, а также на национальном и европейском уровнях. Особенно подчеркивается необходимость создания общих критериев и методик оценки качества образования.

Согласно Берлинской декларации национальные системы гарантии качества образования должны обеспечивать:

- определение ответственности организаций и институтов, участвующих в образовательном процессе;
- оценку программ вузов, в том числе внутреннюю оценку, внешние отзывы, оценку со стороны студентов и опубликованные данные по этому вопросу;
- аккредитацию, сертификацию и другие подобные процедуры;
- свидетельства международного сотрудничества в области создания и оценки качества образования.

В соответствии с Берлинской декларацией Европейская ассоциация гарантии качества в высшем образовании (European Association for Quality Assurance in Higher Education – ENQA) разработала стандарты и руководства по гарантии качества высшего образования в Европейском пространстве (Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area – ESG ENQA) [1], являющиеся основой для построения систем внутренней и внешней оценки качества образования, а также для аккредитации европейских агентств по оценке качества образования.

В 2009 г. Еврокомиссия констатировала необходимость создания инфраструктуры гарантирования качества образования и повсеместное распространение ESG ENQA.

В Российской Федерации традиционно гарантии качества образования ассоциировались с контролем и государственным надзором. Министерством образования и науки (Минобрнауки) осуществляется единая государственная политика в области образования, непосредственно связанная с повышением качества подготовки специалистов и эффективным использованием бюджетных средств. Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) осуществляется контроль и надзор за качеством высшего профессионального и среднего специального образования.

Однако, как показывает мировой опыт, внешней оценки качества образования со стороны государства оказывается недостаточно. Требуются внутренние механизмы гарантирования качества образования, обеспечиваемые самими ОУ, с одной стороны, и независимые механизмы внешней оценки качества образования для осуществления международного признания образовательных программ и институтов, с другой стороны.

В настоящее время мировые тенденции в сфере гарантий качества образования сводятся к созданию, развитию и гармонизации национальных систем аккредитации образовательных программ и разработке и внедрению систем качества ОУ на базе различных моделей, включая ESG ENQA, требования и рекомендации международных стандартов серии ИСО версии 2008 г.

В июне 2010 г. в РФ был создан Общественно-государственный совет (ОГС) независимой оценки качества профессионального образования. Основным направлением ОГС является развитие работ по вопросам:

- оценки квалификаций;
- качества образовательных программ профессионального образования и профессиональной подготовки;
- оценки деятельности организаций, реализующих программы профессионального образования.

Россия, взявшая на себя обязательство выполнять болонские договоренности, должна обеспечить создание национальной системы гарантий качества высшего профессионального образования.

В предыдущие годы (2008–2010) с целью создания такой системы в ряде российских ОУ проводились работы в области гарантий качества образования, в их числе: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Государственный технологический университет «МИСиС», Томский политехнический университет. Всего в работах принимали участие более 60 образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования.

Интеграция опыта этих образовательных учреждений привела:

- к созданию типовой модели системы качества (СК) ОУ с учетом стандартов и руководств по гарантиям качества образования ENQA [2]–[5];

- модернизации методики самооценки деятельности ОУ в области менеджмента качества [3];

- разработке терминологического словаря в области качества профессионального образования [4];

- разработке и апробации методики оценки систем качества ОУ [6], [7];

- выпуску сборника документов, содержащего лучшие практики создания систем качества ОУ [8];

- созданию межвузовского центра на базе СПбГЭТУ и региональных центров по содействию внедрения типовой модели СК ОУ во всех федеральных округах РФ при следующих университетах: Сибирском государственном технологическом университете, Уральском государственном техническом университете – УПИ имени первого Президента Б. Н. Ельцина, Государственном технологическом университете «МИСиС», Владивостокском государственном университете экономики и сервиса, Рязанском государственном радиотехническом университете, Мордовском государственном университете им. Н. П. Огарева, Ставропольском государственном аграрном университете;

- апробации и внедрению типовой модели СК в российских ОУ;

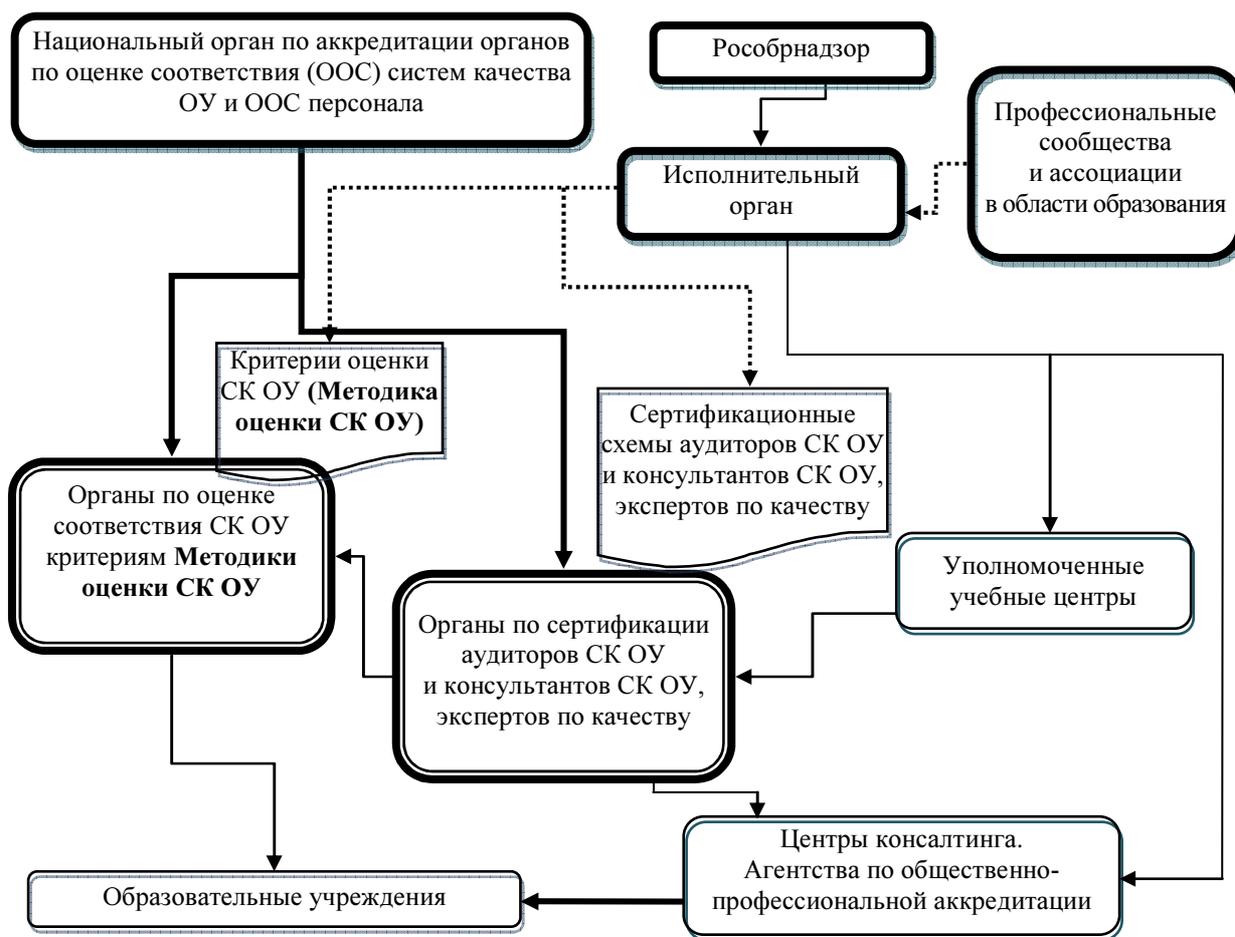
- разработке программ повышения квалификации и фактическому повышению квалификации сотрудников ОУ по вопросам создания, внедрения и оценки СК на основе типовой модели;

- разработке и введению в действие документов по вопросам экспертной оценки СК ОУ, сертификации соответствующих экспертов-аудиторов и аттестации СК ОУ.

Результаты этой работы направлены прежде всего на обеспечение эффективной помощи ОУ в создании тесной и гибкой связи качества подготовки выпускников с запросами рынка труда. Это дает возможность выпускникам ОУ стать высококвалифицированными и конкурентоспособными специалистами.

Система гарантии качества профессионального образования должна решать задачи, связанные с независимой оценкой качества образовательной и научной деятельности.

Один из подходов по созданию Системы гарантии качества профессионального образования базируется на понимании того, что наряду с государственными механизмами аккредитации программ и институтов должны присутствовать элементы независимой системы оценки качества. Схема примерной структуры Системы независимой оценки качества образования (Система) в таком случае может выглядеть следующим образом.



В Системе присутствуют следующие основные элементы:

- формирующие требования и, таким образом, осуществляющие контроль и надзор за Системой. К этим элементам относятся Рособрнадзор и профессиональные сообщества;
- осуществляющие оценку соответствия – органы по оценке соответствия;
- осуществляющие экспертно-методическое сопровождение работ по гарантиям качества образования и подготовку объектов, подлежащих оценке соответствия: Центры консалтинга (подготовка систем качества ОУ), учебные центры (подготовка аудиторов СК ОУ и консультантов СК ОУ), образовательные учреждения (подготовка специалистов – выпускников ВПО, СПО и НПО).

Функцию центрального органа Системы гарантии качества образования предлагается возложить на Рособрнадзор, который осуществляет контроль и надзор в Системе, обеспечивая формирование следующих требований:

- к компетенциям аудиторов СК ОУ;
- компетенциям консультантов Центров консалтинга;
- составу установленной документации, необходимой для регистрации Центров консалтинга в Системе;
- сертификационные требования, относящиеся к определенным категориям специалистов.

Требования разрабатываются при непосредственном участии Исполнительного органа и Комитетов по сертификационным схемам, в качестве которых могут выступать профессиональные ассоциации, сообщества и другие заинтересованные лица и организации.

Исполнительный орган Системы (Головной межвузовский центр по сопровождению внедрения типовой модели СК ОУ), осуществляющий экспертно-методическое сопровождение работ формирует и актуализирует фонд нормативных и инструктивных документов, обеспечивающих функционирование элементов Системы; осуществляет методическую поддержку Центра консалтинга, а также других членов и участников Системы.

В Системе функционирует два вида органов по оценке соответствия: органы по сертификации персонала (ОСП) и органы по оценке соответствия (ООС) СК ОУ установленным критериям.

В международной практике деятельность органов по сертификации персонала осуществляется в соответствии с требованиями стандарта EN ISO/IEC 17024:2003 «Оценка соответствия. Общие требования к органам по сертификации персонала» [9]. Разнообразие сертифицируемых категорий персонала в области качества образования обеспечивается наличием сертификационных схем, разрабатываемых специальными комитетами, которые могут либо непосредственно входить в состав ОСП, либо быть автономными от ОСП организациями при соблюдении последними условий, определенных в стандарте EN ISO/IEC 17024:2003.

Деятельность органов по ООС СК ОУ осуществляется в соответствии с требованиями ISO/IEC 17021:2006 «Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента». В РФ этот стандарт принят в качестве национального в 2008 г. – ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021–2008 [10].

Соблюдение этих требований позволяет гарантировать, что органы по оценке осуществляют оценку систем качества ОУ компетентным, последовательным и беспристрастным образом, способствуя, тем самым, признанию выданных ими документов. Оценка СК ОУ должна проводиться на соответствие требованиям отраслевого стандарта, гармонизированного со стандартами ESG ENQA. Предварительно должен быть проведен комплекс работ по подготовке текста стандарта, его одобрению со стороны ENQA и приданию ему официального статуса.

Таким образом, оценка системы качества ОУ обеспечит независимое свидетельство того, что система:

- соответствует установленным критериям;
- способствует последовательной реализации установленной политики и целей в области гарантии качества;
- эффективно внедрена.

Оценка соответствия СК ОУ придает ценность образовательному учреждению для его потребителей и заинтересованных сторон.

Ключевым элементом ООС СК ОУ является сертифицированный аудитор систем качества образовательных учреждений.

На сегодняшний день для организации комплекса работ по оценке качества образования подготовлены 164 эксперта, обладающих необходимыми компетенциями для оценки СК ОУ на основе типовой модели. С 2006 по 2010 гг. прошли повышение квалификации около 3000 специалистов, работающих в системе высшего и среднего профессионального образования. Таким образом, можно констатировать, что в РФ проведено повсеместное распространение ESG ENQA и разработан проект инфраструктуры гарантии качества в соответствии с требованием международных стандартов серии ISO 17000 и стандартов и руководств ESG ENQA.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандарты и рекомендации для гарантии качества высшего образования в Европейском пространстве. Йошкар-Ола: ООО «Редакция журнала “Аккредитация в образовании”», 2008.
2. Типовая модель системы качества образовательного учреждения. Руководство по качеству / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, Е. А. Рябинина и др. СПб.: ООО «Технолит», 2009.
3. Методические рекомендации по внедрению типовой модели системы качества образовательного учреждения / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, Д. В. Пузанков и др. СПб.: ПИФсом, 2007.
4. Краткий терминологический словарь в области управления качеством высшего и среднего профессионального образования / В. В. Азарьева, О. А. Горленко, В. М. Григорьев и др. СПб.: ПИФсом, 2007.
5. Степанов С. А. Типовая модель системы качества образовательного учреждения // Материалы междунар. симпози. «Качество, инновации, образование и CALS-технологии». М.: Фонд «Качество», 2007. С. 13–15.
6. Оценка системы качества образовательного учреждения экспертами-аудиторами при проведении комплексной проверки / В. В. Азарьева, Е. Н. Геворкян, В. И. Круглов и др. // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Экономика и менеджмент организации. 2007. Вып. 2. С. 3–15.
7. Методика оценки систем качества образовательных учреждений / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, Д. В. Пузанков и др. СПб.: ООО «Балтияр», 2010.
8. Системы качества образовательных учреждений. Лучшие практики / В. В. Азарьева, В. И. Круглов, Е. А. Рябинина и др.; под ред. С. А. Степанова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.
9. EN ISO/IEC 17024:2003. Оценка соответствия. Общие требования к органам по сертификации персонала. Электронные ресурсы: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm, <http://www.standards.ru/>
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021–2008. Оценка соответствия. Требования к органам, осуществляющим аудит и сертификацию систем менеджмента. М.: Изд-во стандартов, 2008.

L. N. Glebova, V. I. Kruglov, S. A. Stepanov

APPROACH TO FORMING THE EDUCATION QUALITY ASSESSMENT

The article describes the experience in the area of education quality assurance as well as the urgency of building up the education quality assessment system. The draft of the structure of the education quality assessment system is proposed. The basic elements of the system as well as their functions are given taking into account ENQA standards and guidelines as well as ISO 17000 conformity assessment standards.

Education quality, education quality assessment, education quality assessment system, education quality assurance system

УДК 338.26

И. Г. Кадиев, А. С. Шабалина

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ВЕНЧУРНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Обсуждаются вопросы анализа инвестиционной привлекательности венчурных проектов. Предложена комплексная методика анализа инвестиционной привлекательности инновационных венчурных проектов, основанная на введении интегрального показателя привлекательности венчурного проекта.

Венчурный инновационный проект, инвестиции, рисковая составляющая, ставка дисконтирования, интегральный показатель, метод панельных данных

Еще не так давно было очень сложно представить, что российские венчуры будут выходить на международную арену, поскольку даже в стране объем ежегодных венчурных инвестиций оценивался лишь в десятки миллионов. Но в течение последних двух-трех лет объем венчурных инвестиций значительно увеличился. На рынке появились как новые российские команды, так и иностранные игроки.

Вместе с тем, в условиях нестабильной и сложно прогнозируемой экономики проблема выбора инновационного проекта, в который инвесторы готовы вложить свои финансовые активы, становится все более сложной, а степень сопутствующих рисков все бо-

лее высокой. Одновременно следует отметить, что существующие на данный момент методы анализа инвестиционной привлекательности венчурных проектов перестают отвечать необходимым требованиям, а сложившиеся принципы оценки их эффективности часто вообще не соответствуют специфике инновационного бизнеса.

Очевидно, что проекты или компании, создающие большую стоимость, представляют больший интерес для венчурных инвесторов. Именно поэтому в условиях открытой экономики мировой рынок капитала перераспределяет ресурсы в области их наиболее выгодного приложения.

Для обоснования формируемой стоимости эксперты должны применять методы, учитывающие природу проекта, факторы и обстоятельства его осуществления. Приоритетность венчурной инвестиции должна также быть определена с учетом доходности инвестиционного портфеля в целом. Разрешая эту проблему, потенциальные инвесторы используют различные методы оценки и анализа венчурных проектов¹, прежде всего для установления доходности инвестиций.

Во-первых, это *цена последней инвестиции*. Со временем, однако, точность такой оценки уменьшается, поскольку она отражает влияние условий, существовавших в момент совершения соответствующей сделки. С учетом динамично меняющихся рыночных условий, возможных изменений в стратегии поведения инвестора становится очевидным, что данный метод адекватен лишь в течение ограниченного срока после совершения последней сделки.

Второй метод – это *расчет мультипликатора прибыли*. Он более всего уместен в случае инвестиций в установившиеся компании, с хорошо определяемым и постоянно сохраняющимся потоком денежных поступлений. В данном подходе может использоваться целый ряд мультипликаторов: как цена/прибыль (P/E), стоимость предприятия/прибыль до выплаты процентов и налогов (EV/EBIT), а также последний с учетом уценки и амортизации (EV/EBITDA).

Метод *чистых активов* удобен в применении, если речь идет об оценке доходности инвестиции в компанию, обладающую значительной собственностью. В данном случае компания даже может нести убытки, но доходность конкретной инвестиции будет вычисляться не из текущей прибыли, а на основе стоимости ее активов.

Метод *дисконтированных денежных потоков*. Техника данного метода является достаточно гибкой и может быть применима к широкому классу денежных потоков, образующихся в проекте. Недостатки же метода проявляются в необходимости достоверного прогноза денежных потоков для установления «конечной стоимости» и выбора подходящего (скорректированного с учетом риска) коэффициента дисконтирования. Эти входные данные в значительной степени субъективны, и полученная таким образом величина текущей стоимости часто оказывается чувствительной к небольшим изменениям в них.

В целом ряде отраслей в качестве подхода к оценке применяются специфичные, так называемые *контрольные показатели оценок* стоимости проекта. Использование таких контрольных показателей может быть надежным и, вследствие этого, подходящим для оценивания обоснованной стоимости только в ограниченном числе случаев. Скорее данный подход будет полезным в качестве дополнительного критерия при выборе проекта со стоимостью, вычисленной другими методами.

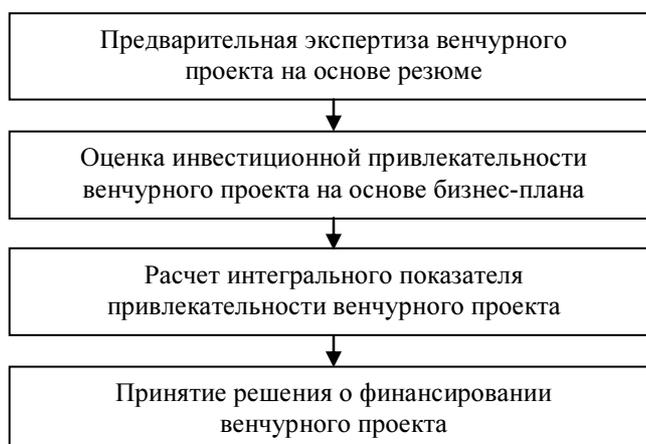
¹ Международные директивы по оценкам прямых и венчурных инвестиций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.allventure.ru/lib/5/#replies_page1.

Данное краткое рассмотрение показывает, что при оценке инвестиционной привлекательности венчурных проектов инвесторы должны разрешить, как минимум, следующие проблемы:

- выбор подходящего способа оценки доходности из множества существующих;
- обеспечение адекватности методов, разработанных и используемых за рубежом, условиям современной российской действительности;
- обеспечение соответствия выбранных методов конкретной отрасли и текущей рыночной ситуации;
- качество и надежность данных, используемых в каждом методе;
- учет особенностей проекта на каждой отдельной стадии его развития;
- частные проблемы конкретного проекта.

По сути это означает, что при принятии решения о вложениях в венчурный проект более важным будет не способ формальной оценки прогнозной доходности, а анализ команды проекта и составляющих его технологий. Эти аспекты характеризуют целесообразность инвестирования на разных этапах развития проекта. В итоге, процедура выбора инвестиционного проекта для венчурного финансирования требует гораздо более сложной модели оценки, нежели простое дисконтирование денежных потоков.

Для венчурных инновационных проектов авторы статьи рекомендуют применять комплексную методiku анализа инвестиционной привлекательности, включающую четыре этапа (рисунок).



Для принятия решения о финансировании венчурного инновационного проекта предлагается использовать интегральный показатель, учитывающий наиболее значимые факторы его реализуемости с соответствующим удельным весом:

$$G = \sum_{i=1}^n P_i F_i,$$

где G – критерий инвестиционной привлекательности проекта; n – количество принятых к рассмотрению факторов; P_i – удельный вес фактора реализуемости; F_i – количественная оценка фактора реализуемости проекта как результат экспертной оценки.

При выборе из ряда альтернатив предпочтение следует отдавать проекту с наибольшим значением интегрального показателя.

Особое внимание учету рисков следует уделять при оценке инвестиционной привлекательности социально-значимых венчурных проектов с государственным участием. Традиционно в инвестиционном менеджменте это осуществляется изменением ставки дисконтирования денежных потоков. Дисконтирование – процедура приведения разновременных денежных потоков (поступлений и платежей) к единому моменту времени [1]. В частности, в работе [2] предлагается следующая формула для расчета индивидуальной ставки дисконтирования кумулятивным методом:

$$R = r + s + \sum_{j=1}^n g_j,$$

где r – реальная безрисковая ставка ссудного процента; s – инфляционные ожидания; g_j – премия за отдельный риск по фактору с порядковым номером j . При этом величина премии определяется исходя из субъективных взглядов аналитика.

Для объективизации представления рисков составляющей авторами предлагается процедура ее оценки эконометрическими методами. Процедура основана на панельных данных об индикаторах риска. В качестве таковых целесообразно учесть отраслевой риск, риск ненадежности участников проекта, территориальный риск и риск неполучения предусмотренных проектом доходов. Базой данных для определения количественных значений индикаторов могут служить ретроспективные и текущие документы отраслевого (государственного) управления, содержащие информацию о параметрах ранее реализовывавшихся инновационных проектов.

Суть методики сводится к следующему.

На основе данных о ставках дисконтирования y_{it} ($i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$) по уже осуществляемым проектам строится модель с фиксированными эффектами [3] вида

$$y_{it} = \bar{\mu} + \sum_{k=1}^4 d_{ki} \tilde{\mu}_{ki} + x'_{it} \beta + u_{it}, \quad (1)$$

где d_{ki} – фиктивная переменная, принимающая значение, равное единице для составляющей риска с номером k и равное нулю – для остальных; x_{it} – переменная, отражающая величину безрисковой ставки в конкретном проекте с номером i (ставка рефинансирования Центробанка, ставка по кредитам, цена капитала фирмы и т. п.) в момент времени t ; u_{it} – случайный компонент.

Таким образом, в модели отдельная составляющая риска отражается отклонением $\tilde{\mu}_{ki}$ от среднего значения $\bar{\mu}$ общей рискованной составляющей в ставке дисконтирования по всем N включенным в рассмотрение проектам на горизонте T .

Целесообразный порядок расчетов представим в виде соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{\beta}_W = W_{xx}^{-1} W_{xy}; \\ \hat{\mu}_i = \overline{y_{i\bullet}} - \hat{\beta}'_W x_{i\bullet}; \\ i = 1, N, \end{array} \right. \text{ где } \left\{ \begin{array}{l} W_{xx} = \sum_{i=1}^N W_{xx, i} = x' W x; \\ W_{xy, i} = \sum_{i=1}^N W_{xy, i} = x' W y; \\ W_{yy, i} = \sum_{i=1}^N W_{yy, i} = y' W y. \end{array} \right. \quad (2)$$

Здесь использованы следующие обозначения:

$$y_{i\bullet} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}, \quad x_{i\bullet} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it},$$

а Wx (Wy) есть векторы соответствующих отклонений индивидуальных наблюдений от своих средних значений по времени, т. е.

$$\begin{matrix} W \\ (NT, NT) \end{matrix} \cdot \begin{matrix} y \\ (NT, 1) \end{matrix} = \left(E_N \otimes \left(E_T - \frac{J_T}{T} \right) \right) y = \begin{bmatrix} \left(E_T - \frac{J_T}{T} \right) y_1 \\ \vdots \\ \left(E_T - \frac{J_T}{T} \right) y_t \\ \vdots \\ \left(E_T - \frac{J_T}{T} \right) y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left. \begin{matrix} y_{11} - y_1 \\ \vdots \\ y_{1T} - y_1 \end{matrix} \right\} \text{для 1-го инд.} \\ \vdots \\ \left. \begin{matrix} y_{i1} - y_i \\ \vdots \\ y_{iT} - y_i \end{matrix} \right\} \text{для 2-го инд.} \\ \vdots \\ \left. \begin{matrix} y_{N1} - y_N \\ \vdots \\ y_{NT} - y_N \end{matrix} \right\} \text{для } N\text{-го инд.} \end{bmatrix},$$

причем \otimes – символ кронекерова произведения матриц; E – единичная матрица.

Для упрощения вычислений вначале целесообразно получить оценку $\hat{\beta}_W$ из соотношений (2), а затем рассчитать оценку для соответствующего эффекта (в данном случае вида риска)

$$\hat{\mu}_{ki} = \bar{y}_{i\bullet} - \bar{x}_{i\bullet} \hat{\beta}_W.$$

Значимость $\hat{\mu}_{ki}$, а следовательно, и обоснованность включения в ставку дисконтирования соответствующей добавки на риск выявляются с помощью F -тестов [4] для модели (1).

Если оцениваемый проект при аудите показал соответствие установленным критериям народно-хозяйственной (социальной) эффективности и правильно учитывает риск в ставке дисконтирования при оценке экономической эффективности, то его можно рекомендовать в качестве кандидата на государственную поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завлин П. Н., Васильев А. В. Оценка эффективности инноваций. СПб.: Бизнес-пресса, 1998.
2. Царев В. В. Оценка экономической эффективности инвестиций. СПб.: Питер, 2004.
3. Эконометрика / Под ред. И. И. Елисевой. М.: Финансы и статистика, 2005.
4. Мардас А. Н. Эконометрический анализ инновационных процессов. СПб.: Элмор, 2007.

I. G. Kadiev, A. S. Shabalina

TECHNIQUES OF COMPLEX EVALUATION OF INVESTMENT APPEAL OF VENTURE INNOVATIVE PROJECTS

Issues of investment appeal of venture projects. Proposed a structure of the complex analysis techniques of the investment appeal of the innovative venture projects, based on introduction of an integral indicator.

The venture innovative project, investments, risk component, the discounting rate, an integrated indicator, a method of the panel data

МЕХАНИЗМ ОРГАНИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СФЕРЕ БАНКОВСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Представлен механизм организации и внедрения системы управления рисками в деятельности банков. Описаны принципы, цели, задачи и функции данного механизма.

Система управления, риски, коммерческий банк, механизм организации

Банковское предпринимательство, особенно в условиях кризиса, требует качественного уровня оценки и управления рисками. Объектом управления является вся деятельность банка. Через систему управления рисками (СУР) осуществляется достижение основных целей и задач всей банковской политики. Поэтому очень важно иметь собственный механизм организации и внедрения системы управления рисками для эффективного и качественного управления.

Рассматривая вопрос методологии организации и внедрения системы управления рисками, нельзя не отметить первостепенную необходимость применения эффективных принципов управления. В наиболее общем виде принципы управления можно определить как изначальные по отношению к процессу управления нормы, правила и закономерности, вытекающие из сущности и уровня развития банковского предпринимательства.

К известным принципам управления рисками в сфере банковского предпринимательства относят: целостность; открытость; иерархичность построения; структуризацию; системность; устойчивость; регламентированность; приоритетность; согласованность; адаптивность; информированность; непрерывность и цикличность [1]–[3].

Первые пять вышеуказанных принципов вытекают из необходимости системного подхода к управлению рисками и в сумме с остальными позиционируются как руководящая основа деятельности риск-менеджмента в банковском предпринимательстве. Но в то же время нельзя забывать и об интегрированном подходе к управлению банковскими рисками, который позволяет учитывать все рискообразующие факторы и обеспечивает более эффективное управление рисками. Исходя из этого, к основным принципам, которые являются основополагающими при организации и внедрении системы управления рисками, относят следующие: осознанность принятия рисков; возможность сокращения рисков; возможность передачи рисков; возможность уклонения от рисков; наличие утвержденной политики управления рисками; наличие положения об управлении конкретным банковским риском; возможность уклонения от рисков; наличие утвержденной политики управления рисками; наличие положения об управлении конкретным банковским риском.

Схематично основные принципы механизма организации системы управления рисками представлены на рис. 1.

Если принять во внимание первые четыре принципа: осознанность принятия рисков; возможность сокращения рисков; возможность передачи рисков; возможность уклонения от рисков, то самым простейшим образом механизм управления рисками в сфере банковского предпринимательства может быть представлен в виде схемы (рис. 2).



Рис. 1

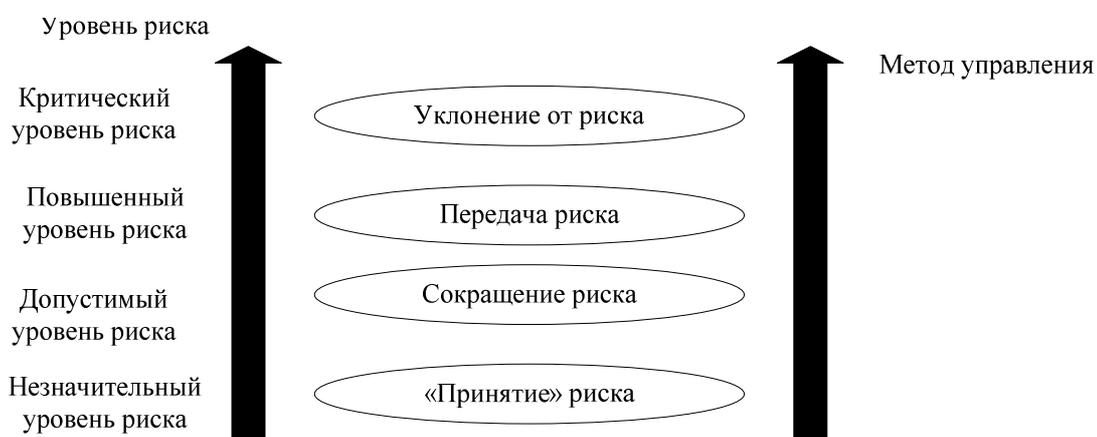


Рис. 2

В то же время, если рассматривать следующие три принципа управления: наличие утвержденной политики управления рисками; наличие положения об управлении конкретным банковским риском; наличие методики управления конкретным риском и регламента взаимодействия структурных подразделений, следует учитывать, что любая система управления рисками зависит и от политики Центрального Банка России – на государственном уровне, и от политики отдельно взятого банка – на микроуровне.

Управление на государственном уровне осуществляется через законодательство и инструктивные материалы. В частности, банки обязаны создавать резервы, порядок формирования которых устанавливается Банком России; обязаны соблюдать нормативы обязательных резервов, депонируемых в Банке России [4], [5]; обязаны соблюдать экономические нормативы, установленные Инструкцией Банка России от 16.01.2004 № 110-И «О обязательных нормативах банка», Письмо ЦБ РФ от 24.05.2005 № 76-Т «Об организации управления операционным риском в кредитных организациях», Письмо ЦБ РФ от 02.11.2007 № 173-Т «О рекомендациях Базельского комитета по банковскому надзору».

На микроуровне управление банковскими рисками осуществляется банками самостоятельно, на основе собственной политики.

Таким образом, важным аспектом в управлении банковскими рисками на микроуровне, принимая во внимание три основных принципа управления: наличие утвержденной политики управления рисками; наличие положения об управлении конкретным банковским риском; наличие методик управления конкретными рисками и регламента взаимодействия структурных подразделений, является четкая систематизация внутренней нормативной базы. Другими словами, документы, регламентирующие деятельность банка, должны соответствовать законодательству в сфере банковского предпринимательства, иметь строгую иерархию.

В то же время важным аспектом создания внутренней нормативной базы по управлению рисками является полное соответствие действующему законодательству, а также методическим рекомендациям и нормативным актам Банка России.

Следующие два принципа механизма: наличие в структуре банка органа, ответственного за выработку и утверждение стратегических планов; наличие в структуре банка департамента риск-менеджмента, определяют структуру процесса управления рисками.

Принципы механизма организации и внедрения системы управления рисками формируют цели и задачи данного механизма. Цель механизма – повышение эффективности управления банком в целом, что особенно важно в условиях кризиса. В то же время механизм организации и внедрения системы должен обеспечивать решение следующих основных задач:

- обеспечивать стратегическое управление банком данными систематического анализа внешних и внутренних факторов риска;
- идентифицировать и описывать факторы риска, классифицировать, оценивать и ранжировать риски;
- оптимизировать соотношение потенциальных возможностей, рисков, размера капитала и темпов роста банка;
- реализовывать системный подход к оценке и управлению интегрированными рисками;
- разрабатывать мероприятия по управлению рисками;
- проводить анализ показателей эффективности управления рисками, формировать отчеты об управлении рисками;
- улучшать управляемость банка с помощью создания адекватной структуры контроля рисков;
- разрабатывать рекомендации по изменению общей системы управления банком для снижения влияния факторов риска.

В то же время методология риск-менеджмента предусматривает поэтапное рассмотрение процесса управления рисками. Используя данный прием, необходимо иметь в виду, что наличие первого и последнего этапов отнюдь не означает, что процесс управления рисками заканчивается на последнем этапе. Скорее наоборот, главным принципом осуществления управления рисками в сфере банковского предпринимательства является взаимосвязанность комплексного процесса, где каждый из этапов неразрывно связан с остальными как функционально, так и организационно. В рамках данной методологии управление рисками представляется как процесс, последовательно проходящий следующие этапы: идентификация риска; оценка последствий наступления рисков; принятие решений об управляющем воздействии и последующем контроле над изменениями параметров рискообразующих факторов [6], [7].

Также при разработке механизма организации и внедрения системы управления рисками особо уделяется внимание методам управления рисками.

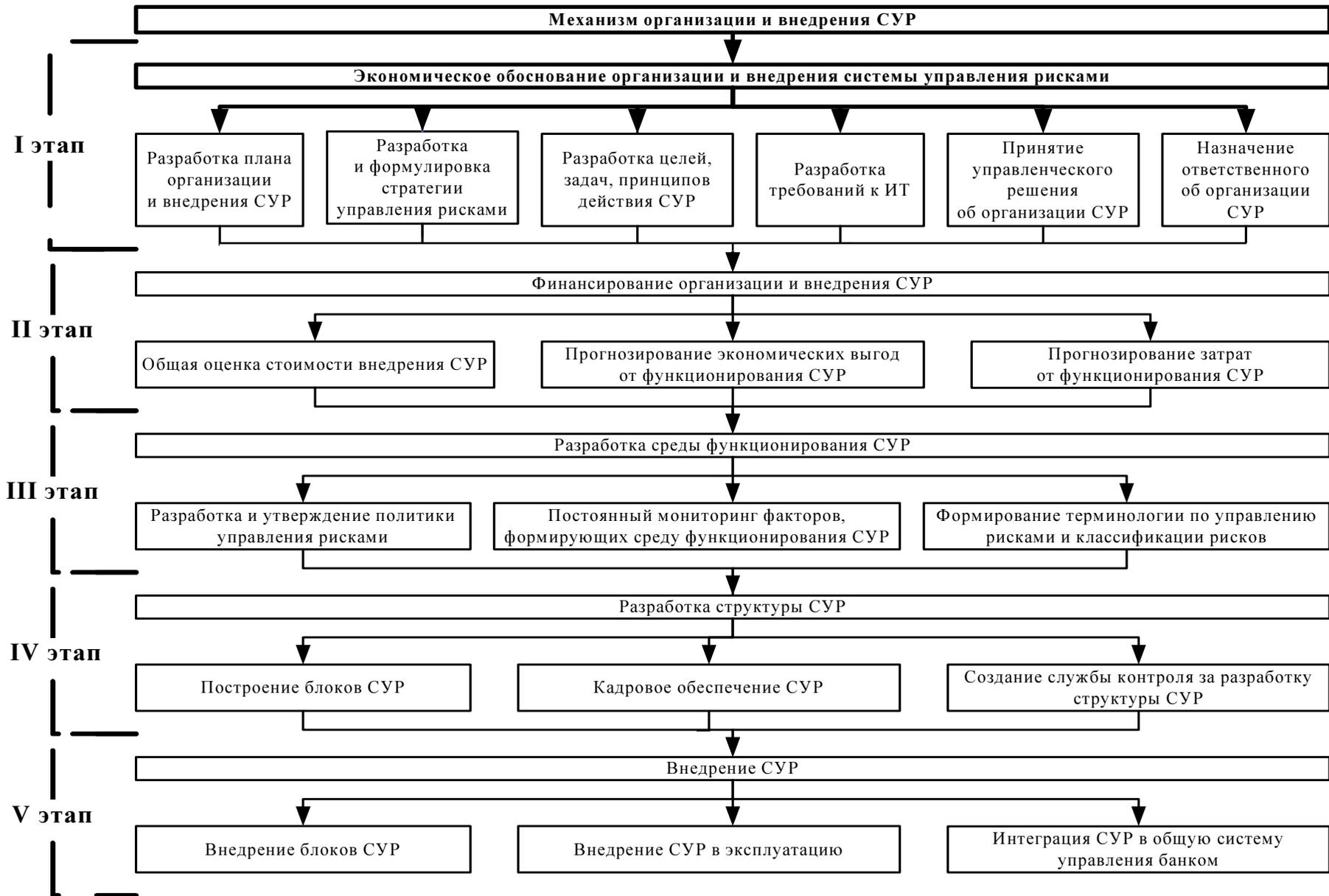


Рис. 3

Из достаточно большого количества известных методов управления рисками можно выделить наиболее часто используемые в риск-менеджменте банковского предпринимательства: дифференциальный, интегральный, логарифмический, индексный метод, метод простых чисел, корреляционный, регрессионный анализы, дисперсионный, кластерный, факторный анализы, линейное, стохастическое программирование и т. д.

Необходимо также выделить основные функции механизма организации и внедрения системы управления рисками в сфере банковского предпринимательства. К ним относятся: анализ; прогнозирование; принятие управленческих решений; планирование; организация; координация; коммуникация; мотивация и контроль. Данные функции определяют эффективность данного механизма.

Определив принципы, цель, задачи, методы и функции механизма организации и внедрения системы управления рисками в сфере банковского предпринимательства, его можно представить в виде схемы (рис. 3).

Представленный механизм организации и внедрения системы управления рисками дает следующие преимущества управлению рисками:

- Система управления рисками удовлетворяет требованиям целостности, целенаправленности, гибкости.
- Ведение непрерывного мониторинга факторов, которые формируют среду функционирования СУР, позволяет выделить и оценить последствия рисков, снизить уровень неопределенности и время принятия решения в каждом случае.
- Механизм учитывает динамическое развитие банковского предпринимательства.
- Механизм рассматривает риск-менеджмент как элемент управленческой стратегии банка, предшествующий ей и внедряемый на всех этапах ее реализации.

Главным принципом функционирования данного механизма остается четкая регламентация целей, задач, функций и полномочий всех структурных подразделений и коллегиальных органов, задействованных в процессе управления рисками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банковские риски: Учеб. пособие / Под ред. д-ра экон. наук, проф. О. И. Лаврушина и д-ра экон. наук проф. Н. И. Валенцевой. М.: КНОРУС, 2007.
2. Ермаков К. М. Принципы и факторы организации системы риск-менеджмента в коммерческом банке // Банковские услуги. 2010. № 3. С. 32–39.
3. Литвиненко Н. П. Место и роль управления рисками в системе управления компанией. М.: Макс-Пресс, 2003.
4. Федеральный закон от 10 июля 2002 года № 86-ФЗ «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)» (ред. от 22.09.2009). [Электронный ресурс] / Режим доступа – http://www.cbr.ru/today/status_functions/law_cb.pdf.
5. Федеральный Закон РФ от 02.12.1990 № 395-1 «О банках и банковской деятельности» (ред. от 27.12.2009). [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://www.consultant.ru/popular/bank/>.
6. Хомякова Л. И. Управление рисками в платежных системах // Банковское дело. 2008. № 9. С. 81–86.
7. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / Под ред. А. А. Лобанова и А. В. Чугунова. М.: Альпина Паблицер, 2003.

N. V. Lashmanova, O. Y. Malova

MECHANISM OF THE ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION RISK MANAGEMENT IN THE FIELD OF BANKING BUSINESS

The mechanism of organization and implementation of risk management in banking activities is presented in the article. The principles, goals, objectives and functions of this mechanism are described.

Management system, risks, commercial bank, controlling mechanism



УДК:340.12

Н. И. Кудринская

ИДЕИ СПРАВЕДЛИВОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УСТРОЙСТВА В ТВОРЧЕСТВЕ И. А. ИЛЬИНА

Изложены идеи русского философа И. А. Ильина о справедливом государственном устройстве в России. Философский анализ наследия И. А. Ильина показывает, что высокое качество формы государственного устройства – гораздо менее важный фактор в справедливом правлении, чем уровень правосознания народа и наличие мудрых людей на постах власти. Обращается внимание на то, что справедливое государственное устройство в России – это не проблема механическая, но проблема правосознания.

Справедливость, государственное устройство, демократия, национальная диктатура, правосознание, новая элита, мудрость

Важнейшей частью любой социально-философской теории является обсуждение проблем общественного идеала, т. е. такого идеального устройства общества, к которому сознательно должны стремиться люди и сама государственная власть. В России в силу особенностей ее исторического развития эта тема, начиная с конца XIX в., пользовалась особым вниманием. Данную проблему исследовал и И. А. Ильин.

И. А. Ильин – выдающийся отечественный социальный мыслитель. В дар потомкам он оставил многогранное научное наследие, которое охватывает философские, правовые, социально-политические, экономические, этические проблемы.

В разностороннем научном творчестве И. А. Ильина значительное место уделено и философскому осмыслению проблемы справедливого государственного устройства. И. А. Ильин исследует справедливость в связи с анализом проблем России – ее прошлого, современного ему настоящего и возможных путей будущего развития.

В будущей России, считал он, необходимо возродить справедливое содержание политики как этически оправданной деятельности во имя национального блага. «Политика требует большой идеи, чистых рук и жертвенного служения... Государственная и политическая деятельность требует не ловкого проходимца и не хитрящего интригана, а человека с религиозно и нравственно сильным характером... Отсюда в высоком смысле аристократическая природа государства» [1, с. 73].

Акцентируя свое внимание на анализе будущей справедливой государственности России, И. А. Ильин совершенно абстрагируется от современной ему советской России. В его произведениях советская власть представлена исключительно в негативном виде. Он размышляет о времени, когда советской власти не будет, и тогда станет возможно духовное возрождение России. То, что это время наступит, И. А. Ильин был убежден, но как это произойдет, он не пишет. «Нам не дано предвидеть грядущего хода событий. Мы не знаем, когда и в каком порядке будет прекращена коммунистическая революция в России», – заявляет он [2, с. 287].

Отправной точкой рассуждений мыслителя по этой проблеме является утверждение о том, что восстановить Россию, заживить раны революционных разрушений и последующих войн, укрепить величие нашей Родины можно, только исходя из духа справедливости и служа ему. А для этого, пишет И. А. Ильин: «...Необходимо прежде всего непременно уверить весь русский народ, что новый, послереволюционный порядок искренно хочет и практически ищет справедливости; и далее необходимо воспитывать и укреплять в самом народе волю к справедливости, здоровое христианское правосознание и чувство всенародного, сверхклассового и сверхсословного братства» [2, с. 259].

Самой главной задачей в деле возрождения России после падения советской власти И. А. Ильин считал точную оценку уровня народного правосознания. «Справедливость есть живое и чуткое правосознание, которое готово поступиться своим и отстаивать чужое» [2, с. 259]. Именно от того, насколько верно будет оценено состояние духа справедливости у народа, должны зависеть будущие шаги власти по восстановлению справедливого государственного устройства России.

Ильин выступал против введения готовых форм управления, пусть и хорошо зарекомендовавших себя в разное время в разных странах: «Прежде всего: государственная форма есть не “отвлеченное понятие” и не “политическая схема”, безразличные к жизни народов, а *строй жизни и живая организация народа*. Необходимо, чтобы народ понимал *свой жизненный строй*, чтобы он *умел* – именно “так” – *организовываться*; чтобы он *уважал* законы этого строя и *вкладывал свою волю* в эту организацию» [2, с. 71]. Иными словами, именно правосознание народа дает государственной форме существование, жизнь и силу; государственная форма зависит, прежде всего, от исторически нажитого народом политического опыта, от силы его воли и от национального характера. Все это, по И. А. Ильину, надо воспитывать, нелепо вводить в стране государственную форму, не считаясь с уровнем и с навыками народного правосознания. Далее, подчеркивает он, государственная форма «...должна считаться с территориальными размерами страны и с ее численностью, ...с климатом и природой страны и ...многонациональным составом населения страны» [2, с. 72].

Будущее справедливое государственное строительство должно, по его мнению, исходить из специфики создавшегося положения и уровня правосознания народа, «должно быть живым и верным выводом из русской истории и из этих христианских заповедей, но с тем, чтобы не стремиться воплотить эти аксиомы вслепую, в меру утопического максимализма, но в меру их исторической востребованности в живую ткань современной русской народной жизни [3, с. 164].

Главной доминантой бытия совместной жизни людей, утверждает И. А. Ильин, является справедливость. Он связывает справедливость с верой в Бога. Так, философ отмечает: «Воспитывать людей к справедливости нельзя без веры и религии, ибо вера в Бога есть главный и глубочайший источник чувства ранга и воли к качеству. Справедливость

есть не что иное, как любовное и художественное вчувствование в живого человека с желанием верно видеть его и верно обходиться с ним. Справедливость есть совестное доброжелательство. Справедливость есть всенародное братство» [2, с. 259].

Так, справедливость, по И. А. Ильину, драгоценна и необходима в жизни народа, но она отнюдь не является высшей ценностью жизни и последней целью государства. «Справедливость есть существование и драгоценное начало в жизни народа. Но она не есть ни высшая, ни последняя ценность человеческого духа. Естественно желать своему народу справедливости для того, чтобы открыть свободную дорогу творчеству и качеству – честности, совести, уму, таланту, гению; но не естественно разжигать в народе завистливую химеру равенства, для того чтобы “погасить высшие способности”» [2, с. 264].

Справедливость нельзя смешивать с равенством; а требовать всеобщего уравнивания – противоестественно и несправедливо. «Равенство – однообразно. Оно не считается с жизненной сложностью и человеческими различиями. Но именно поэтому оно отвлечено, формально и мертво... Справедливость же многообразна. Она знает, что жизнь бесконечно сложна и одинаковых людей нет. Именно поэтому она не отвлечена и не формальна, а конкретна и жизненна», – отмечает И. А. Ильин [2, с. 257].

Важней всего, чтобы правительство и народ искренне хотели справедливости и взаимно верили друг другу в том, что это искренне и жизненно. «Как только народ почувствует дух справедливости, он поверит новой национальной власти и раскроет свое сердце» [2, с. 259].

Необходимо, по И. А. Ильину, чтобы люди ценили справедливость выше того, чего она стоит, и не задавались задачей «немедленно» добиться «полной справедливости». «Но так как “полная справедливость” – есть бесконечное задание, то все народы творили и будут творить свою духовную культуру – при отсутствии полной справедливости... Мы не должны скрывать этого от нашего народа; напротив, мы должны открыть ему глаза на то, что “полную” справедливость надо самому искать и творить в течение своей жизни, а не требовать ее “немедленно” от других; и что с этим надо навсегда примириться» [2, с. 264].

Надо воспитывать в народе государственно-патриотический дух, готовый во имя единого и общего блага Родины не настаивать на немедленном удовлетворении собственного справедливого интереса. Кроме того, надо воспитывать христианское понимание справедливости, а именно – настойчивое искание ее для других и жертвенную щедрость в перенесении несправедливостей, выпадающих на собственную долю. И. А. Ильин подчеркивает: «Это новое воспитание должно не только будить в народе волю к справедливости, но и укреплять в нем дух жертвенности, т. е. согласие во имя общего, национально-государственного дела отдавать свое и не добиваться во что бы то ни стало справедливости для себя. Истинная христианская и гражданская доблесть ищет справедливости для других и охотно жертвует «своим» сверх всякой справедливости. И чем сильнее и живее этот дух в народе, тем могущественнее государство: ибо жертвенность народа есть источник настоящей политической силы» [2, с. 260].

И. А. Ильин совершенно осознанно отказывается от конкретных рекомендаций, так как не может знать точного расклада событий и явлений в постсоветской России, но он предлагает основные правила строительства справедливой грядущей России.

Основополагающие идеи, которыми должны руководствоваться люди в будущем справедливом государственном устройстве сводятся к следующему.

Основную задачу русского национального спасения и строительства после революции И. А. Ильин видит в том, что править государством должны лучшие и мудрые люди России. «Править государством должны лучшие люди страны, а народ нередко выбирает не лучших, а угодных ему льстецов и волнующих его бессовестных демагогов. Править государством должны именно лучшие, а они нередко выходят из государственно-воспитанных и через поколение образованных слоев народа» [2, с. 179].

В другой своей статье И. А. Ильин замечает: «Нам не дано предвидеть грядущего хода событий, мы не знаем, когда и в каком порядке будет прекращена коммунистическая революция в России. Но мы знаем и понимаем основную задачу русского национального строительства после революции: она будет состоять *в выделении кверху лучших людей*, людей преданных России, национально чувствующих, государственно мыслящих, волевых, идейно-творческих, несущих народу не месть и распад, а дух освобождения, справедливости и сверхклассового единения» [2, с. 287]. «То, в чем Россия будет нуждаться прежде всего – будет новый ведущий слой. Эта новая элита, – эта новая русская национальная интеллигенция... Ведущий строй не есть замкнутая “каста”, ни наследственное или потомственное “сословие”. По составу своему он есть нечто живое, подвижное, всегда пополняющееся новыми, способными людьми и всегда готовое освободить себя от неспособных» [2, с. 294].

Далее И. А. Ильин отмечает, что если отбор «этих русских людей» удастся и совершится быстро, то «Россия восстановится в течении нескольких лет» [2, с. 287]; если же нет, – то Россия перейдет из революционных бедствий в долгий период деморализации, распада и международной зависимости.

По мнению И. А. Ильина, наиболее удачной формой государства является синтез всего лучшего, что содержится в монархии и демократии: «Единовластие примирится с множественностью самостоятельных изволений; сильная власть сочетается с творческой свободой; личность добровольно и искренно подчинится сверхличным целям; и единый народ найдет своего личного Главу, чтобы связаться с ним доверием и преданностью. И все это должно совершиться в вековых традициях русского народа и русского государства» [2, с. 461].

Однако, И. А. Ильин понимал, что после свержения советской власти необходим будет переходный период авторитарной власти, который постепенно создаст условия для дальнейшего развития государства. «После большевиков Россию может спасти – или величайшая государственная дисциплинированность русского народа; или же *национально-государственно-воспитывающая диктатура*. Какая же психологическая наивность нужна для того, чтобы “верить”, будто русский народ, всегда страдающий недостатком характера, силы воли, дисциплины... найдет в себе *именно после этих долгих лет рабства и растления* эту сверх-выдержку и сверх-солидарность для осуществления демократического строя?» [2, с. 196, 197]. Так как после советского тоталитарного режима «дисциплинированность» народа не может осуществиться самостоятельно, то И. А. Ильин предлагает третий исход: «...это твердая, национально-патриотическая и по идеи либеральная диктатура, помогающая народу выделить кверху свои подлинно лучшие силы и воспитывающая народ к трезвению, к свободной лояльности, к самоуправлению и к органическому участию в государственном строительстве. Только такая диктатура и может спасти Россию от анархии и затяжных гражданских войн» [2, с. 199]. Только на этом пути, считает И. А. Ильин, мы восстановим справедливое государственное устройство в России. Только этим укрепим ее.

Социально-политическая трансформация постсоветской России подтвердила справедливость прогноза И. А. Ильина о необоснованности строительства государства навязанными извне «демократическими формами» без восстановления из порабощения и возобновления своей хозяйственной и духовной жизни на основе органических национальных традиций.

Резюмируя изложенное, можно утверждать, что успех в развитии российского общества для И. А. Ильина – это его движение по пути справедливости.

Безусловно, современная Россия значительно изменилась по сравнению с тем, что было во времена И. А. Ильина. Но его формула справедливого государственного устройства, представляющая собой органическое единство инноваций и традиций, актуальна и сегодня.

В целом же для И. А. Ильина – идеолога российского общества – справедливость есть отправная точка и итог его глубочайших размышлений о человеке и государстве. В этом смысле он выступает как великий гуманист нашего Отечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин И. А. Наши задачи. М., 2008. Т. 2.
2. Ильин И. А. Наши задачи. М., 2008. Т. 1.
3. Ильин И. А. Путь к очевидности. Собр. соч. М., 1998. Т. 3.

N. I. Kudrinskaya

THE IDEAS OF A FAIR STATE SYSTEM IN THE WORKS OF I. A. ILYIN

In this article the author states the ideas of Russian philosopher I. A. Ilyin about a fair state system in Russia. As a result of the philosophical analysis of a heritage of I. A. Ilyin, it is shown that high quality of the form of a state system is much less important factor in fair board, than the level of sense of justice of the people and presence of wise people on the power posts. The attention is paid on the fact that a fair state system in Russia is not a mechanical problem, but a problem of sense of justice.

Justice, state system, democracy, national dictatorship, sense of justice, new élite, wisdom

УДК 316

К. В. Соболева

РАКУРСЫ ПЕТЕРБУРГА: СОЦИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ

Представлены результаты социологического исследования изображений Санкт-Петербурга в газетах, рекламе, на открытках и в социальной сети vkontakte.ru. Анализ рекламных кампаний в петербургском метро, более чем 300 открыток, 19 городских карт и путеводителей, а также групп в социальной сети vkontakte.ru, посвященных городу, позволяет сделать вывод о том, что географические границы города не совпадают с Петербургом, запечатленным на фотографиях, открытках и даже картах. В тиражируемых визуальных версиях город предстает не как современный мегаполис, но как исторический и архитектурный памятник. Автор обращается к контент-анализу и семиотическому анализу с целью исследовать диапазон символов и объектов, с которыми идентифицируется Петербург. К числу наиболее культивируемых визуальных образов современного Санкт-Петербурга можно отнести следующие три: парадный, романтический и мистический Петербург.

Санкт-Петербург, социология города, фотография, фотожурналистика, образ города, визуальная коммуникация, семиотический анализ, визуальные репрезентации

Петербург с давних пор обладает специфическим визуальным рядом, представленным в открытках, сувенирной продукции и путеводителях. С недавнего времени образы города тиражируют изготовители наружной рекламы, многочисленные группы социальной сети vkontakte.ru, коммерческие организации. Те или иные изображения города ре-

конструируются или превращаются в популярные образы, но только в редких случаях они становятся полноценными визуальными репрезентациями Петербурга. Анализу того, как и почему это происходит (или не происходит), и посвящена данная статья.

Объектом настоящего исследования стали визуальные образы Петербурга, тиражируемые различными способами в течение последних десяти лет. В поле нашего зрения оказались рекламные кампании в петербургском метрополитене в 2008–2009 гг., более 300 открыток, выпущенных в 1999–2009 гг., 19 туристических карт (в том числе включенные в путеводители), тематические группы социальной сети vkontakte.ru, объединенные темой Петербурга и его визуальных образов. На примере этих изображений рассмотрены процессы производства визуальных образов города, отбора мест и объектов, выступающих символами города, групповые стереотипы восприятия образов Петербурга горожанами и их влияние на социальное поведение и ролевую идентификацию горожан.

Нас интересовала визуальная среда Петербурга, данная обыденному восприятию, а не механизмы производства дискурса об этом городе. Проводя экспертные интервью с билд-редакторами ведущих петербургских газет («Невское время», «The St. Petersburg Times», «Коммерсантъ») и руководителем фото- и видеослужбы ФК «Зенит», анализируя историю производства наружной рекламы, туристические карты и самопрезентации тематических групп vkontakte.ru, мы стремились выявить роль тех или иных социальных акторов в производстве и первичном отборе визуальных репрезентаций.

В современной социологии тема образа города вызывает неизменный интерес. По мысли К. Линча, город можно читать как текст, и структура его приближается в каком-то смысле к художественному произведению [1]. Это становится возможным благодаря хорошо читаемым – видимым, заметным, опознаваемым – объектам, которые способны вызвать сильный образ в сознании любого наблюдателя и «навязывают себя чувствам обостренно и интенсивно» [1, с. 9]. С. Милграм в своем эссе «Городская жизнь как психологический опыт» отмечает, что «визуальные компоненты» города оказывают влияние на его общую атмосферу [2, с. 32–53]. «Кое-кто даже склонен считать, что визуальные компоненты вообще играют решающую роль в формировании общего впечатления о городе и что «облик» Парижа или Нью-Йорка в принципе отождествим с их общей атмосферой» [2, с. 48].

И хотя визуальное пространство города привлекло к себе внимание отечественных социологов относительно недавно, большинство исследователей разделяют представление о том, что городская среда в силу своей общедоступности, неизбежности контакта в определенной мере задает тот образ реальности, который формирует мотивационные и поведенческие стратегии горожанина, что «...ее (городской среды) визуальное восприятие позволяет осознанно или подсознательно считывать и усваивать модели поведения, а также влияет на настроение людей, живущих, работающих или проводящих досуг в определенном городском пространстве» [3, с. 221].

Под визуальными образами в настоящей работе мы имеем в виду «феноменологически понятую пространственность, т. е. пространство процессов, взятых вместе с мыслью о них, с практикой» [4, с. 15]. Образ окружения, обобщенная мысленная картина окружающего материального мира в сознании человека имеют ключевое значение. «Люди живут в мире, создавая, используя и трансформируя образ мира. В любом обществе существуют системы знаков,

с помощью которых они идентифицируют себя и понимают окружающий мир. Мир воплощает не просто сырые данные, но нечто, что переживается, и чему приписываются значения, и что в этом смысле является человеческой конструкцией» [5, с. 1].

Влияние изображений и различного рода визуальных символов на социальное самочувствие и ролевую идентификацию горожан принципиально важно для всех исследований городского пространства, так как «репрезентации в визуальной культуре (кинематограф, живопись, фотография, реклама, медиа) влияют на социальные представления, направляя и оформляя повседневные социальные практики людей» [6, с. 1]. Кроме того, «визуальные образы по своей природе ближе к социальной реальности, чем вербальные тексты, выполненные с помощью научных категорий... Образ говорит гораздо больше, чем понял автор» [7, с. 135]. Образы города, возникающие, создаваемые и транслируемые посредством разнообразных каналов коммуникации, в логике интеракционизма можно рассматривать как необходимое условие осмысленного обустройства городской среды, формирования городской культуры, личностного самоопределения жителем города себя в качестве горожанина, как «точку роста» социального пространства. Функционирующие образы города содержат признаки одновременно реального и символического городского пространства.

П. Штомпка, один из пионеров изучения визуальных образов в социологии, обращал внимание на методическую сложность «схватывания» визуального объекта. «Фотография сама является элементом социальной реальности в тройном смысле: она создана людьми, представляет социальную жизнь и является предметом общественного восприятия» [8, с. 78]. При этом необходимо учитывать, что визуальный текст не является простым «зеркалом» той эпохи, реальности, которая становится объектом изображения, но представляет собой более или менее автономную смысловую реальность, и важно сохранить особенность «визуального», в противном случае оно «лишается специфики и редуцируется к текстовым формам...» [9, с. 6]. Потому фотографический образ может быть подвергнут герменевтическому анализу, семиотической, структурной и дискурсивной интерпретации.

В данной статье семиотический анализ изображений направлен на выявление групповых стереотипов восприятия, через которые воспринимают визуальный образ Петербурга различные социальные общности (туристы, участники групп vkontakte.ru), а также символов, метафор, которые несут определенную смысловую нагрузку (например, соборы, колонны, купола, разводные мосты, береговые линии, дворы-колодцы и т. д.).

Визуальное пространство Санкт-Петербурга можно условно разделить на три области: «Петербург», «Петроград», «Ленинград». Особенно выукло подобное видение города обнаружено в интервью с бильд-редакторами. Наиболее интересным представляется «Петербург», или исторический центр. Именно его называют достойным внимания фотографы-профессионалы, к нему в основном привлечено внимание и фотографов-любителей.

Наибольшее неприятие вызывает «Ленинград» (новая застройка), он признается безвкусным, «ужасающим» и «страшным». «Никто не любит снимать новую застройку, она скучна и неинтересна, она банальна и уныла»¹, «обычно все ограничивается городом Петербургом, дальше идет Петроград, чуть дальше еще – Ленинград... в Ленинграде уже никто не снимает»². На страницы газеты «Коммерсантъ» чаще всего попадают кадры с изображением

¹ Интервью с Беленьким А., бильд-редактором газеты «The St. Petersburg Times» (рукописный протокол).

² Там же.

центра, исторической части и ее сочетание с новой застройкой. Впрочем, по словам бильд-редактора данной газеты, среди опубликованных фотографий нередко «...встречаются наиболее скандальные, т. е. объекты, которые либо сносятся, либо о них будут писать, либо пишут, либо они строятся... достаточно скандальные последние истории, как с Охта-Центром, так и с Новой Голландией»¹. Личное отношение к Петербургу самого редактора очень эмоционально: «Я здесь родился... лично мой город не изменится никогда... он всегда со мной... но мой город не имеет никакого отношения к моей работе... в Ленинград я не езжу – мне там страшно... для меня чудовищность этой геометрии непостижима. Меня это однообразие настолько сдавливает... Там Ленин живет. Там другие люди, другие ценности»².

Состояние города признается фотографами-экспертами скорее неудовлетворительным: краны, высотные постройки в центре портят его внешний облик. Отдельной темой в газете, как правило, проходят скандальные примеры того, как город «уродуют» новыми постройками, мансардами и т. д. В интервью с бильд-редактором газеты «Невское время» И. Павловой наиболее частотными оценками общего состояния города оказались «ужасный» и «печальный» (например, «новая архитектура у нас ужасная», «горестные, печальные кадры»)³.

Однако, как отмечает С. Мельшиор-Бонне, «в зеркало не смотрятся, нет, это зеркало всматривается в нас, это зеркало диктует свои законы и служит нормативным орудием» [10, с. 55]. Социальная история фотографии продолжает социальную историю зеркала. В зеркало смотрят не только для того, чтобы разгадать свое непонятное Я, но и для того, чтобы сделать реальным тот образ, который другие желают увидеть, пишет французская исследовательница. Фотографы, выполняя «социальный заказ», транслируют образ Петербурга в его исторических границах.

Репрезентации города как музея и как памятника архитектуры наиболее востребованы у горожан и гостей города. Так, в социальной сети vkontakte.ru среди групп, связанных с городом, преобладают объединения, посвященные истории города, или те, в которых Санкт-Петербург рассматривается как исторический центр («Любимый Санкт-Петербург», «Два великих города Москва и Санкт-Петербург. Давайте объединим», «Мой Санкт-Петербург», «Я люблю тебя, Санкт-Петербург!», «Санкт-Петербург», «Петербургский андеграунд» и др.) Вторая категория – это группы посвященные охране, сохранению исторического облика города («СКАЖЕМ НЕТ ГАЗПРОМ-СИТИ», «Нет газоскребу!», «Против строительства башни Газпром-Сити», «Сохраним исторический облик Петербурга!», «Защитим наше историческое наследие!!!», «Мы против катка на Дворцовой площади», «Живой город»).

Символично, что группа с названием «Живой город», которая «объединяет людей, любящих Санкт-Петербург и неравнодушных к его судьбе», своей целью ставит не развитие публичных городских пространств или решение практических проблем, а «сохранение уникального архитектурного облика города». При этом группа эта далеко не номинальная, ее участники ведут активную деятельность, устраивают встречи, проводят собрания каждую среду, имеют свой счет, деньги из которого, как сказано в группе, «идут только на дело», т. е. на восстановление облика города.

¹ Интервью с Семеновым С., бильд-редактором газеты «Коммерсантъ» (рукописный протокол).

² Там же.

³ Интервью с Павловой И., бильд-редактором газеты «Невское время» (рукописный протокол).

Активна и группа «Город безруких атлантов». Ее участники фотографируют все «разваливающиеся» здания и «дергают», как указано в описании, комитет по охране памятников. Данная группа предлагает экспрессивные лозунги, побуждающие людей вступать в нее и непременно действовать. На страничке группы приводятся характеристики тех, кто в нее входит, с кем она «воюет» и кого хочет обязательно видеть в своих рядах: «Мы – информационные бомбисты, словесные снайперы, эпистолярная артиллерия и фотодесант! С кем или с чем воюем? С разрухой. С цинизмом. С равнодушием. Со жлобством. Если здесь есть журналисты – коллеги, подключайтесь! Реставраторов тоже ждем с хлебом-солью, искусно изваянными из гипса:) Фотографы тоже остро нужны. Да и просто неравнодушные люди тоже».

Свои границы города и специфический набор социальных объектов транслируют туристические карты. Границы представленной на картах части города варьируются в зависимости от того, на кого та или иная карта Санкт-Петербурга рассчитана. Если для отечественных пользователей в большинстве случаев картографы охватывают пространство (по диагонали) от дороги на Каменку до станции метро «Рыбацкое», то в картах для иностранцев представлен, как правило, так называемый исторический центр Петербурга – от станции метро «Спортивная» до Лиговского проспекта (по диагонали).

Объекты, обозначаемые на картах, ориентированных на отечественных и иностранных туристов, также различаются. В большинстве случаев на картах, ориентированных как на одну, так и на другую группу туристов, обозначаются архитектурные доминанты, важнейшие объекты города, выдающиеся здания, церкви и соборы, гостиницы, музеи, выставочные залы, концертные залы. Однако набор указанных объектов варьируется.

Выделяя особенности карт, ориентированных на отечественных туристов, следует отметить, что на них часто более подробно дается информация практического характера. На картах такого рода обозначаются все улицы и переулки, маршруты общественного транспорта, рынки, кассы аэрофлота, железнодорожные кассы, стоянки, администрация города и районов, больницы, аптеки (работающие круглосуточно), бани, заводы, овощебазы и отделения милиции.

Что касается карт, ориентированных на иностранных туристов, то особенным в их содержании является то, что здесь отмечены только респектабельные гостиницы (например, «Астория», гранд-отель «Европа», «Невский палас»), элитные рестораны, сувенирные магазины, а в качестве средств передвижения, «характерных» для Санкт-Петербурга, указываются трамвай, прогулочный катер, «Метеор» и карета с кучером. Можно предположить, что их составители ориентировались, в первую очередь, на состоятельных туристов, желающих получить общее представление о городе как о культурной столице, поэтому такого рода карты и ограничиваются охватом лишь исторического центра, представляющего собой сосредоточение достопримечательностей.

Памятники архитектуры, расположенные в историческом центре города, встречаются и на подавляющем большинстве рассмотренных нами открыток, а также в наружной рекламе. Самыми частыми архитектурными изображениями на открытках являются Петропавловская крепость и Собор Св. Петра и Павла, Исаакиевский собор и виды Исаакиевской площади, Зимний дворец. В этом ряду также изображения Летнего сада, Дворцового моста, Дворцовой площади, Медного всадника, стрелки Васильевского острова и Адмиралтейства.

Из 32 насчитанных нами архитектурных объектов, включенных в изобразительный ряд плакатов в метро, наиболее излюбленными стали Исаакиевский собор, Александровская колонна, Дворцовая площадь, Адмиралтейство, Медный всадник, Зимний дворец и Казанский собор. Популярным «петербургским» объектом на рекламных плакатах в метро оказался профиль А. С. Пушкина.

Сходная ситуация в СМИ. «Адрес – это ландмарк, какая-то значимая, известная в мире точка, – рассказывает фотограф газеты «The St. Petersburg Times» А. Беленький. – У нас это и Петропавловская крепость, и Колонна Монферана, и Эрмитаж, и Исаакиевский собор»¹. Среди чаще всего снимаемых объектов представлены Летний сад, Миллионная улица, Невский проспект.

Впрочем, в последнее время начинают пользоваться бóльшим спросом ранее не культивируемые архитектурные объекты. К ним можно отнести Никольский собор, Смольный собор и другие соборы и церкви города, не представленные на открытках 70–90-х годов прошлого века. Следует отметить, что популярное ныне изображение Спаса-на-Крови до 2000-го г. практически не встречалось. В этом явлении не трудно видеть влияние на формирование визуального образа города политических и идеологических изменений: названные храмы не переставали оставаться известными архитектурными сооружениями, но изменилось отношение к православной церкви и ее символам.

По мнению В. Круккина, когда происходят идеологические подвижки и меняется язык, на фотографиях проявляется то, чего там прежде не было [10, с. 59]. Именно поэтому старые фотографии часто «забавны», тогда как прежде они скорее были «патетичными». Фотографирование несет черты социальной ритуальности, скрепляющей группы, ритуалы работают до той поры, пока люди в них верят. Так, на открытках 1970–1990-х гг. были популярны изображения памятников В. И. Ленину, памятника «Шалаш» в Разливе с большим числом людей, находящихся рядом с ними. Прозрачный символ огромного интереса к личности или месту.

Аналогично можно истолковать и большое количество открыток с изображением административных зданий и мест, имевших в тот период важное политическое значение. Например, здание Исполкома Ленгорсовета депутатов трудящихся, площадь Пролетарской диктатуры, здание Смольного института, в котором до 1991 г. располагался Ленинградский городской Совет депутатов трудящихся и городской комитет ВКП(б)/КПСС. Очевидно, что эти объекты стали изобразительной темой открыток 70–90-х гг. XX в. не столько потому, что являются выдающимися памятниками архитектуры или частью культурного наследия Петербурга, но в силу их административного значения, тем самым выступая как символы, кодирующие идеи патриотизма, уважения к власти и ее истории.

На открытках периода 1980-х гг. встречается гостиница «Ленинград» (ныне «Санкт-Петербург»). Если рассмотреть подобные изображения с семиотической точки зрения, можно сделать вывод о том, что само здание гостиницы является символом той эпохи, связанным с понятиями гостеприимства, престижа и роскоши. Гостиница была построена в 1970-х гг. и сразу стала одной из самых популярных в городе, именно там часто останавливались российские и зарубежные звезды эстрады и другие уважаемые гости города,

¹ Интервью с Беленьким А., бильд-редактором газеты «The St. Petersburg Times» (рукописный протокол).

соответственно, это место могло ассоциироваться с роскошью, комфортом, гостеприимством и некоторым зарубежным духом. Утрата былого значения в наши дни привела к почти полному исчезновению ее изображения на современных открытках.

По этим же причинам перестали тиражировать изображение памятника «Родина-Мать», как и в целом образа города-героя Ленинграда. Он сейчас практически не встречается, хотя ранее открытки с видами мемориального ансамбля на Пискаревском кладбище, памятников Защитникам Ленинграда на площади Победы, возле которых присутствует большое количество людей, были очень распространены. Возможно, в 1980–1990-е гг. самоидентификация горожан как жителей города-героя была гораздо более очевидной, нежели сейчас, а воспоминания о страшных событиях войны были гораздо ярче.

Анализ изобразительных материалов показал, что визуальные версии современного Санкт-Петербурга позиционируют его как культурную столицу, город-музей, а не как современный мегаполис. При этом фотообразы, создаваемые профессиональными фотографами, реализуют либо символику парадного, романтического и мистического города, либо символику «Петербурга», «Петрограда», «Ленинграда». Наиболее негативно окрашен образ Ленинграда, который признается безвкусным, ужасающим, страшным.

Если интеллектуалы своими суждениями указывают обществу на то, что для него правильно и полезно, то фотографы это делают в форме техногенных изображений, которые предъявляются памяти, воображению, созерцанию и переживаниям людей. И если говорят о власти интеллектуалов, то можно говорить и о власти фотографической [10, с. 43–61].

Анализируя репрезентации города в СМИ, открытках, рекламе и группах vkontakte.ru, невозможно не упомянуть те «лица» города, которые существуют и постоянно проявляют себя в городской повседневности, однако не изображены. Вместе с тем само умолчание о них информативно – оно «работает» на создание определенного представления о городе, отсекая «лишнее».

Не показаны, например, новые спальные районы Петербурга, застроенные типовыми жилыми домами, не попадают в кадр такие виды транспорта, как метро и маршрутные такси, являющиеся неотъемлемой частью повседневности горожан. Практически полностью за кадром остаются работа/учеба, домашние обязанности, быт, семьи горожан. Можно только догадываться, как выглядят их будни. «Мы снимаем какие-то природные состояния... наводнения, или же туманы, какие-то необычные ракурсы... с необычной точки зрения», – рассказывает фотограф газеты «The St. Petersburg Times»¹. Бытовая городская фотография как вид, по мнению респондента, полностью исчезает. Из фотокадров «для души» бильд-редактор газеты «КоммерсантЪ» предлагает «что-нибудь абсолютно безадресное, но чтобы там люди были и было видно, что это питерские люди. Без всяких там Петропавловских крепостей и других исторических объектов...»².

Обратим особое внимание на то, что карты, атласы, книги для пеших походов, электронные версии путеводителей, навигационные системы и прочие массовые информационно-имиджевые источники подключения потребителей к городу также транслируют об-

¹ Интервью с Беленьким А., бильд-редактором газеты «The St. Petersburg Times» (рукописный протокол).

² Интервью с Семеновым С., бильд-редактором газеты «КоммерсантЪ» (рукописный протокол).

раз города как памятника архитектуры, исторической ценности, формируя в качестве цели путешествия – посещение культурных объектов, рассмотрение памятников архитектуры, фотографирование, приобретение сувениров.

Хотя на открытках, картах, наружной рекламе показаны знаковые для Петербурга архитектурные объекты, присутствие этих объектов не настраивает на вовлечение в специфически петербургское смысловое пространство – они представлены именно в качестве «достопримечательностей», говоря иными словами, как объект «взгляда туриста». И лишь это должно придавать городу ценность и значимость в ряду других крупных европейских городов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линч К. Образ города. М., 1982.
2. Милграм С. Городская жизнь как психологический опыт // Эксперимент в социальной психологии. СПб.; М.; Харьков; Минск: Питер, 2001.
3. Филин В. А. Агрессия городской среды: визуальный анализ // Градостроительство: от социальной диагностики к конструктивному диалогу заинтересованных сторон: межотрасл. сб. М.: Институт психологии РАН, 1998.
4. Замятин Д. Н. Феноменология географических образов // Человек. 2001. № 23.
5. Новикова О. С., Черняева Т. И. Социологическая интерпретация места // Вестник Ставропольского гос. ун-та. 2003. № 35.
6. Григорьева Е., Ярская-Смирнова Е. Визуальные исследования: летняя школа и конф., Саратов, 2006.
7. Ильин В. И. Драматургия качественного полевого исследования. СПб.: Интерсоцис, 2006.
8. Штомпка П. Визуальная социология. Фотография как метод исследования: учебник / Пер. с польск. Н. В. Морозовой. М.: Логос, 2007.
8. Запорожец О. Н. Визуальная социология: контуры подхода // INTER. 2007. № 4.
10. Круткин В. Фотографический опыт и его субъекты // Визуальная антропология: новые взгляды на социальную реальность: сб. науч. ст. / Под ред. Е. Ярской-Смирновой, В. Романова, В. Круткина. Саратов: Научная книга, 2007.

K. V. Soboleva

KINDS OF PETERSBURG: SOCIOLOGICAL INTERPRETATION OF VISUAL IMAGES

This article examines, from a social perspective, how visual images of St.Petersburg in newspapers, advertising, postcards and the social network vkontakte.ru are presented to enable dialogic engagement with citizens. An analysis of advertising campaigns of St.Petersburg subway, more than 300 postcards, 19 city guides maps and special groups in social network shows that the city images has certain borders and characteristics. The geographical borders of the city seriously differ from those that are chosen by photographers, citizens and tourists to describe St.Petersburg. Thus the city is seen not as the modern mega city, but as the historical and architectural monument. The author combined content analysis with semiotic analysis to explore a range of symbols and objects that are identified as St. Petersburg. Most popular through the last ten years are the pictures demonstrating the city as magnificent, romantic and mystical place. The research shows how semiotic resources are used to realize these three kinds of St.Petersburg images.

St. Petersburg, sociology of city, photography, photojournalism, city images, visual communication, semiotic analysis, visual representations

Сведения об авторах

Аль-Шайх Хасан Абдулла Ахмед

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 649-92-18. E-mail: shaikh2006@mail.ru.

Абрамкин Сергей Евгеньевич

Аспирант кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 776-71-24. E-mail: abrsergey@yandex.ru.

Васильев Алексей Юрьевич

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (950) 041-38-53. E-mail: orion@pochta.com.

Воронцов Алексей Геннадиевич

Ведущий инженер отдела электропривода в ОАО «Силовые машины».

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

Глебова Любовь Николаевна

Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки, д-р пед. наук.

Тел.: (495) 608-68-38.

Григорьев Юрий Дмитриевич

Профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7 (911) 989-46-79. E-mail: yuri_grigoriev@mail.ru.

Грудяева Елизавета Камаловна

Инженер кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 614-34-00. E-mail: lizayo@yandex.ru.

Давыдов Евгений Игоревич.

Ведущий инженер ОАО «НИИ «ВЕКТОР»». Аспирант кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 612-70-91. E-mail: workdei@gmail.com.

Душин Сергей Евгеньевич

Профессор кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук, доцент.

Тел.: +7 (921) 970-46-31. E-mail: dushins@yandex.ru.

Иванов Сергей Владимирович

Соискатель кафедры физической электроники и технологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 579-61-73. E-mail: yivanov1@rambler.ru.

Кадиев Исмаил Гаджиевич

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

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

Калявин Владимир Петрович

Профессор кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук.
Тел.: (812) 551-62-64.

Коновалов Сергей Ильич

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.
Тел.: (812) 234-37-26. E-mail: SIKonovалov@mail.eltech.ru.

Круглов Виктор Иванович

Заместитель руководителя Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки, д-р техн. наук, профессор.
Тел.: (495) 954-51-27.

Кудринская Наталья Ивановна

Аспирантка кафедры философии СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (921) 928-28-26. E-mail: nata-kudrinskaya@yandex.ru.

Кузин Максим Евгеньевич

Инженер отдела электропривода в ОАО «Силовые машины».
Тел.: +7 (904) 606-58-92. E-mail: Deg-3531@mail.ru.

Кузнецов Игорь Ростиславович

Доцент кафедры радиоэлектронных средств СПбГЭТУ, канд. техн. наук.
Тел.: (812) 234-46-81. E-mail: i_r_kuznetsov@mail.ru.

Кузьменко Андрей Григорьевич

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.
Тел.: (812) 234-37-26. E-mail: SIKonovалov@mail.eltech.ru.

Лашманова Наталья Викторовна

Профессор кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (911) 741-81-28. E-mail: natalasha2007@rambler.ru.

Леньшин Александр Сергеевич

Старший научный сотрудник Воронежского государственного университета, канд. физ.-мат. наук.
Тел.: +7 (920) 407-33-94. E-mail: lenshinas@mail.ru.

Лосев Алексей Иванович

Инженер ОАО «Российский институт радионавигации и времени». Студент магистратуры кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (952) 249-87-98. E-mail: alex.i.losev@gmail.com.

Лячек Юлий Теодосович

Профессор кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент. Почетный работник высшего профессионального образования РФ.
Тел.: +7 (905) 256-30-93. E-mail: ytlyachek@mail.ru.

Малова Ольга Юрьевна

Аспирантка кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (921) 346-24-52. E-mail: malovolga@mail.ru.

Мараева Евгения Владимировна

Аспирантка кафедры микроэлектроники СПбГЭТУ.

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

Миронов Сергей Эльмарович

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-25-03, (812) 234-60-77. E-mail: semironovspb@yandex.ru.

Митягин Сергей Александрович

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (905) 267-25-36. E-mail: smityagin@list.ru.

Молдовян Александр Андреевич

Профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-28-27. E-mail: maa1305@yandex.ru.

Нахди Тарек

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

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

Нгуен Ван Чьен

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (906) 225-98-69. E-mail: qc_etu@yahoo.com.

Нгуен Тиен Тханг

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (952) 216-61-61. E-mail: thanghvktqs416@yahoo.com.

Нгуен Хай Винь

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (960) 234-36-65. E-mail: haivinh@mail.ru.

Нгуен Хьу Тинь

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (952) 223-78-14. E-mail: hatinh3000@yahoo.com.

Немов Андрей Васильевич

Старший научный сотрудник кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (951) 680-48-21. E-mail: mcnemov@gmail.com.

Поляхов Дмитрий Николаевич

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

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

Поляхов Николай Дмитриевич

Профессор кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук.
Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: ndpol@mail.ru.

Приходько Ирина Аркадьевна

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ, канд. техн. наук.
Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: irinaprihodko@mail.ru.

Пронин Михаил Васильевич

Профессор кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук. Начальник бюро отдела электропривода в ОАО «Силовые машины».

Тел.: +7 (921) 305-67-83. E-mail: mpronin1@rambler.ru.

Рубцов Иван Александрович

Аспирант кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.
Тел.: (812) 234-68-18. E-mail: vaners@rambler.ru.

Садыкова Елена Владимировна

Зам. зав. по учебной работе кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 234-01-33. E-mail: elensadykova@yandex.ru.

Соболева Ксения Валерьевна

Аспирантка кафедры социологии и политологии СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (951) 665-43-23. E-mail: ksumitko@yandex.ru.

Степанов Сергей Анатольевич

Декан факультета экономики и менеджмента, заведующий кафедрой менеджмента и систем качества СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 346-47-86. E-mail: SASStepanov@mail.eltech.ru.

Та Тхань Хай

Аспирант кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (906) 225-01-77. E-mail: thanhhai136@yahoo.com.

Титов Григорий Сергеевич

Младший научный сотрудник кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 746-59-89. E-mail: nav73@narod.ru.

Тюфтяков Дмитрий Юрьевич

Аспирант кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.
Тел.: +7 (911) 257-41-54. E-mail: tdu@ieee.org.

Хо Нгок Зуй

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (952) 369-67-89. E-mail: aimezthngocduy207@yahoo.com.

Шабалина Анна Сергеевна

Аспирантка кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 309-55-57. E-mail: samsulechka@yandex.ru.

Шабиев Антон Олегович

Магистрант кафедры биотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 599-49-78. E-mail: antonleader@yandex.ru.

Швыров Игорь Вячеславович

Аспирант кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.

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

Шубин Дмитрий Александрович

Инженер ОАО «Российский институт радионавигации и времени». Студент магистратуры кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (904) 630-92-04. E-mail: shubindmitry@yandex.ru.

Правила представления рукописей авторами

В редакционный совет журнала «Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»» необходимо представить:

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи (статья должна быть объемом 4–8 маш. с., обзорная статья – до 16 маш. с.);
 - сведения об авторе(ах);
 - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
 - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Сведения об авторах должны содержать:

1. Фамилию, имя, отчество (полностью) автора.
2. Основное место работы.
3. Должность.
4. Ученую степень, ученое звание.
5. Контактный телефон, адрес электронной почты.

Все сведения печатаются в строку (без пунктов) на русском и английском языках.

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

- текстовый редактор Microsoft Word версии не ниже 97;
- формат бумаги А4;
- параметры страницы: поля – верхнее 2.5 см, левое и нижнее 2.5 см, правое 2 см, верхний колонтитул 2 см, нижний колонтитул 2 см;
- основной текст статьи: шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по ширине; первая строка с абзацным отступом 1 см; межстрочный интервал «Множитель 1.2».

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Times New Roman» 14 pt; межстрочный интервал одинарный); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Times New Roman» 12 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman» 14 pt; жирный; выравнивание по левому краю; отступы слева и справа 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него – 12 pt; межстрочный интервал одинарный).

Аннотация содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.75 см; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал одинарный).

Ключевые слова состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 6 pt, после него 9 pt; межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок* «Список литературы» набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 6 pt, после него 6 pt; межстрочный интервал «Одинарный»);

➤ *библиографическое описание источника* с порядковым номером ссылки на него по тексту, начиная с первого, выполненное по ГОСТ 7.3–2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004 / Госкомстандарт. М., 2004 (отдельным абзацем; шрифт «Times New Roman» 10 pt; первая строка с абзацным отступом 0.7 см; выравнивание по ширине; межстрочный интервал одинарный).

Библиографический список не должен превышать 10 (для обзорных заказных статей – 20) наименований: приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные и нетиражированные работы не допускаются).

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 8 pt, «символ» 14 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив; интервалы: перед формулой 6 pt, после нее 6 pt.

На каждый рисунок и таблицу в тексте статьи необходимо дать ссылку. Каждый рисунок и таблица должны быть пронумерованы (напр.: Рис. 1, Табл. 3).

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом; интервалы: перед таблице 4 pt, после нее 4 pt.

Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Word или другими программами в черно-белом виде. Цветные рисунки не допускаются. Рисунки не редактируются. Основные линии на рисунках (границы блоков и соединительные линии на схемах, линии графиков) имеют толщину 1.25 pt, вспомогательные (линии-выноски, оси, размерные линии) – 0.75 pt.

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и

обозначения на рисунке даются шрифтом размером 10 pt, индексы 8 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок и номер рисунка даются курсивом. Буквенные обозначения фрагментов рисунка (шрифт «Times New Roman», курсив, 10 pt) ставятся внизу фрагмента; интервалы: перед рисунком 6 pt, после него 6 pt.

При невозможности представить электронные версии рисунков следует представить только твердые копии, обеспечивающие качественное воспроизведение рисунков после их сканирования (графики – черной тушью на белой бумаге, фотографии – на матовой бумаге размером не менее 9 × 12 см, не более 21 × 30 см).

Перечень основных тематических направлений журнала:

- Радиоэлектроника и телекоммуникации.
- Физика твердого тела и электроника.
- Информатика, управление и компьютерные технологии.
- Автоматизация и управление.
- Электротехника.
- Приборостроение и информационные технологии.
- Биотехнические системы в медицине и экологии.
- Управление качеством, инновационный и антикризисный менеджмент.
- Гуманитарные науки.
- История науки, образования и техники.
- Современные технологии в образовании.

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

Технические вопросы можно выяснить по адресу: Izvestiya-leti@yandex.ru.