



Пузанков Д. В. (*председатель*)
Кутузов В. М. (*заместитель
председателя*)

Мейев В. А. (*ответственный
секретарь*)

Малышев В. Н. (*«Радиоэлек-
троника
и телекоммуникации»*)

Соломонов А. В.
*(«Физика твердого тела
и электроника»)*

Герасимов И. В. (*«Информа-
тика, управление и компью-
терные технологии»*)

Путов В. В.
*(«Автоматизация
и управление»)*

Прокофьев Г. И. (*«Электро-
техника»*)

Филатов Ю. В. (*«Приборо-
строение и инфор-мационно-
измерительные технологии»*)

Попечителев Е. П. (*«Биотех-
нические системы в медицине и
экологии»*)

Степанов С. А.
*(«Управление качеством, инно-
вационный и антикризисный
менеджмент»)*

Маркова О. Ю. (*«Гуманитар-
ные науки»*)

Вендик О. Г.
*(«История науки, образования
и техники»)*

Лысенко Н. В.
*(«Современные технологии
в образовании»)*

197376, Санкт-Петербург,
 ул. Проф. Попова, 5
 СПбГЭТУ "ЛЭТИ"
 тел.: 234-02-23

СОДЕРЖАНИЕ

Сафин В. Г. Метрологические характеристики
 устройства дистанционного измерения параметров
 контактного провода "Телекс-2"..... 3

Игнатьев Ф. В., Ипатов В. П., Флотская И. Ю. Об эквивалентной ли-
 нейной сложности последовательностей Кердока 11

Бабичев Д. А., Тутик В. А. Влияние протяженности
 границы излучения фрактальной микрополосковой антенны
 на ее характеристики 18

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Соломонов А. В., Феопентов А. В. Исследование
 и оптимизация параметров мощного белого светодиода 22

**ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ
И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Вельмискин Ф. С., Солодовников А. И.
 Метод диагностирования технических объектов 28

Бурков Е. А. Определение субъективности и надежности
 экспертных оценок на основе анализа статистических данных 33

Герасимов И. В., Кузьмин С. А., Лозовой Л. Н., Никитин А. В. Компь-
 ютерные информационные технологии в контексте
 автоматизации проектирования изделий электроники 38

Водяхо А. И., Жукова Н. А., Пантелеев М. Г., Пузанков Д. В. Исполь-
 зование онтологических контекстов
 в интеллектуальных проблемно-ориентированных
 информационно-управляющих системах 46

Горячев А. В. Архитектура корпоративного
 портала проектной организации 51

Кравчук Д. К., Новакова Н. Е. Моделирование
 QoS-мультиплексора на основе алгоритма маркерной корзины 56

Куприянов М. С., Першин А. В. Методика моделирования
 агентных поисковых систем 61

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Путов В. В., Шелудько В. Н., Путов А. В., Ружсева Т. Л.
 Автоматически управляемая буксируемая
 электромеханическая установка для измерения коэффициента
 сцепления аэродромных и автодорожных покрытий ИСК-1 67

Бубнов Е. А. Первичная обработка входной информации
 в корабельных системах информационной поддержки 74

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Горев М. В., Новиков В. А. Исследование динамических
 характеристик электроприводных систем резательных станков 79

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 декабря 2006 г.
выдано Управлением Федеральной
службы по надзору за соблюдением за-
конодательства в сфере массовых ком-
муникаций и охране культурного насле-
дия 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 12.11.10 г.

Формат 6084 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 18,5

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–110 экз.)

Заказ 68

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

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

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Алексеев В. В., Орлова Н. В., Иващенко О. А. ИИС контроля
состояния природных объектов на основе геоинформационных
технологий. Формирование нормированных шкал для простых,
сложных и комплексных оценок. Часть 287

Петров Г. А., Паишков П. В. Способы обработки сигналов автома-
тизированных ультразвуковых дефектоскопов
с применением вейвлет преобразования96

Южаков А. А. Lon Works - технология построения
автоматизированной системы диспетчерского
контроля и управления 102

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ**

Попечителев Е. П. Метод анализа погрешностей
двухволновых биофотометров с двухлучевой оптической схемой ... 106

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Котова Е. Е., Падерно П. И. Оценка уровня
компетентности специалиста и анализ динамики
его становления в процессе обучения 115

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ
И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

Мардас А. Н., Кадиев И. Г., Гуляева О. А. О возможностях
и методах прогнозирования инновационных процессов 122

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Константинова А. П. Социально-философская
рефлексия медиатехнологий 130

Соболева К. В. Фотографирование как коммуникативная практика
..... 135

Сведения об авторах 141

Правила представления рукописей авторами 145

**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 на-
учных 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 621.3.088.3

В. Г. Сафин

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА «ТЕЛЕКС-2»

Описаны устройства, предназначенные для измерения параметров контактного провода электрифицированных железных дорог. Предложен метод определения углов визирования наблюдаемых объектов в приборе «Телекс-2». Оценены характеристики чувствительности прибора к абберациям оптической системы и внешним воздействующим факторам.

Средства измерений, погрешности измерений, код Баркера, медианный фильтр

В настоящее время для оценки состояния подвески контактного провода (КП) на электрифицированных участках железных дорог России используется семейство средств измерений (СИ), разработанных сотрудниками кафедры радиоэлектронных средств «ЛЭТИ» в соавторстве с сотрудниками ООО «МСД Холдинг».

К ним, в первую очередь, относится система, базирующаяся на основе измерительного вагона контактной сети «ВИКС ЦЭ», который осуществляет регулярные объезды главных путей электрифицированных железнодорожных магистралей.

Для оценки состояния подвески КП на станциях и неосновных участках электрифицированных путей используется комплекс «Визир», устанавливаемый на автотрассах типа АДМ Тихорецкого машиностроительного завода. Данный носитель позволяет одновременно с контролем состояния подвески производить и ее ремонт и наладку.

Третьим устройством в данном семействе является переносной измеритель параметров КП «Телекс-2», который, в свою очередь, позволяет оперативно измерять соответствующие параметры в ручном режиме, сохранять результаты измерений с привязкой к местности и выводить их при помощи дополнительного программного обеспечения на ЭВМ для дальнейшей обработки и накопления.

Все перечисленные системы и устройства производятся предприятием ООО «МСД Холдинг», имеют Свидетельства об утверждении типа средств измерений и допущены к применению в Российской Федерации.

Основными параметрами подвески КП являются высота его подвески относительно уровней головок рельсов (УГР) и смещения относительно оси токоприемника. Так рабочей зоне соответствует высота подвески КП в диапазоне от 5400 до 6900 мм относительно УГР и смещение КП относительно оси токоприемника от –600 до 600 мм.

Описанные ранее СИ хоть и имеют аналогичные структурные схемы трактов измерения геометрических параметров КП, однако обладают различными функциональными возможностями. Структурная схема устройства «Телекс-2», представленная на рис. 1, состоит из следующих узлов:

- трех телевизионных камер, построенных на координатно-чувствительных ПЗС-линейках, установленных в фокальной плоскости объективов камер и оснащенных автоматической регулировкой усиления за счет изменения размера электронного затвора, что обеспечивает постоянное значение отношения сигнал/шум выходного сигнала;

- контроллера управления, осуществляющего прием и обработку изображений, получаемых с выхода телевизионных камер, с использованием медианной фильтрации и с последующим расчетом геометрических параметров КП;

- аккумуляторного блока питания устройства, оснащенного монитором уровня заряда батареи;

- радиочастотного трансивера, предназначенного для обмена данными с пультом дистанционного управления устройством. Для повышения помехоустойчивости канала связи в трансивере используется кодирование последовательностью Баркера, обладающей минимальным уровнем боковых лепестков автокорреляционной функции и наилучшими среди известных псевдослучайных последовательностей свойствами шумоподобности, что обуславливает его широкое применение в цифровых системах передачи информации.

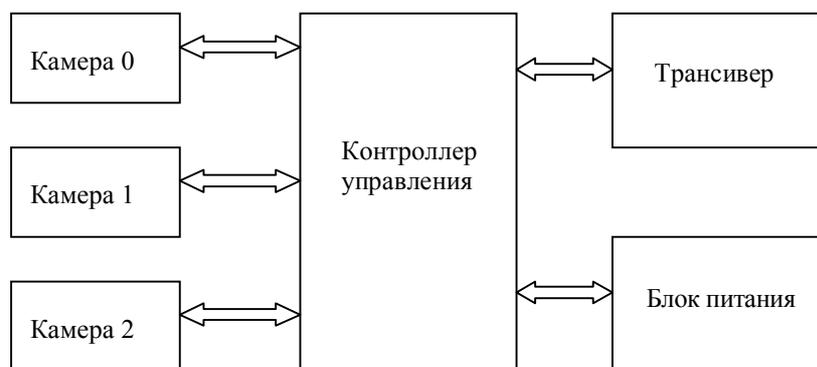


Рис. 1

Данная структурная схема устройства при соответствующем выборе элементов его оптической схемы позволяет реализовать требуемые технические характеристики прибора, к которым, прежде всего, относят диапазон измеряемых значений высоты и смещения КП. Однако его метрологические характеристики, т. е. характеристики одного из свойств СИ, влияющие на результат измерений и на его погрешность, будут определяться не только схмотехническими решениями, лежащими в его основе, и конструкцией устройства, но и методом расчета соответствующих геометрических параметров КП. Цель данной статьи – описать метод определения геометрических параметров КП и характеристик чувствительности СИ к влияющим величинам, т. е. метрологических характеристик.

Предлагаемый метод определения геометрических параметров КП, основанный на использовании триангуляционного метода измерения расстояний, поясняется на рис. 2.

Отличие от классического метода в данном случае заключается в наличии дополнительной телевизионной камеры (камера 0), предназначенной для селекции виртуальных объектов, возникающих при наблюдении двух и более объектов в рабочей зоне.

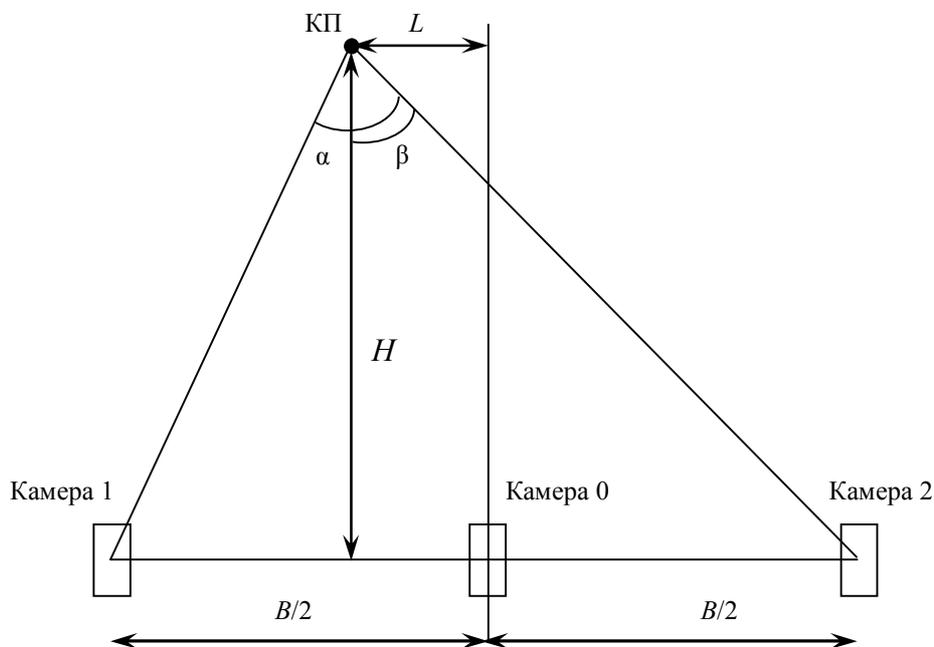


Рис. 2

Параметры КП (высота и смещение) в данном случае определяются исходя из следующих соотношений:

$$H = \frac{B}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}; \quad L = \frac{H(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta)}{2}$$

и являются функцией тангенсов углов визирования КП α и β при фиксации базового расстояния между камерами B .

Углы визирования α и β в камерах 1 и 2 измеряются при помощи координатно-чувствительных ПЗС-линейек, установленных в фокальной плоскости объективов камер. Результатом обработки изображения, поступающего с выхода ПЗС-линейки, является номер пиксела, соответствующего середине наблюдаемого на фоне неба КП.

В простейшем случае найти значения тангенсов углов визирования можно по следующим соотношениям:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{B}{2} + L}{H} = \frac{N_1 \cdot \Delta}{F}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\frac{B}{2} - L}{H} = \frac{N_2 \cdot \Delta}{F}, \quad (1)$$

где N_1 и N_2 – номера пикселов, соответствующих середине наблюдаемого на фоне неба КП, для камеры 1 и камеры 2 соответственно; Δ – длина пиксела используемой ПЗС-линейки; F – фокусное расстояние объектива.

Соотношения (1) справедливы в случае параллельности фокальной плоскости камеры плоскости УГР, как показано на рис. 2, и идеальности характеристик используемой оптической системы (объектива).

На практике и первое, и второе условия, при которых справедливы соотношения (1), не выполняются. Первое – ввиду необходимости обеспечить максимальное использование ПЗС-линейки в пространстве визирования контактного провода, что требует развернуть камеры в сторону зоны возможных положений КП. Второе условие не выполняется из-за возникновения aberrаций оптической системы, которые в плоскости изображения приводят к искажениям измеряемых параметров. Кроме того, погрешность значения фокусного расстояния объектива, входящего в соотношения (1), в серийном производстве составляет 1 % [1].

Исходя из этого возникла необходимость в методе расчета тангенсов углов визирования КП, не зависящем от углов поворота камер 1 и 2 относительно УГР, и в оценке степени влияния реальных характеристик оптической системы и условий эксплуатации прибора на точность определения геометрических параметров КП.

Для того чтобы установить аналитическую связь между тангенсами углов и номерами пикселей, соответствующих серединам наблюдаемых на фоне неба КП (координатно-угловая характеристика – КУХ), поступим следующим образом.

Расположим в нижней части рабочей зоны прибора на одинаковом расстоянии друг от друга K имитаторов КП таким образом, чтобы в фокальной плоскости всех трех камер изображение имитаторов занимало максимально возможную часть ПЗС-линейки. Зная реальные значения высоты H_k ($k = 1, \dots, K$) и смещения L_k каждого из имитаторов КП и номера пикселей N_{k1} и N_{k2} , соответствующих серединам наблюдаемых имитаторов КП, установим связь между значениями тангенсов углов визирования и номерами пикселей ПЗС-линейки, расположенной в фокальной плоскости оптической системы телевизионной камеры, а именно $\operatorname{tg} \alpha_k = F(N_{k1})$ и $\operatorname{tg} \beta_k = F(N_{k2})$.

При $K \rightarrow N_{\max}$ появляется возможность табличного определения углов визирования и, соответственно, определения параметров подвески КП с предельно достижимой точностью. Однако в этом случае процедура настройки потребует больших затрат времени на установку имитаторов и измерение их высоты и смещения эталонными измерительными средствами. Ускорить процесс настройки позволит аппроксимация полученной характеристики любым из существующих методов на основе ограниченного числа имитаторов КП. Погрешность расчета тангенсов углов визирования и погрешность измерений прибора при этом будут зависеть от вида аппроксимирующего полинома и количества точек аппроксимации.

В первом приближении указанную выше КУХ для каждой из камер удобно аппроксимировать, например, степенным полиномом. Требуется лишь определить максимальную степень аппроксимирующего полинома и количество имитаторов КП, используемых при настройке, для чего необходимо рассмотреть вопрос о характере aberrаций, возникающих в объективах камер.

Вследствие aberrаций точка объекта изображается в виде фигур рассеяния, а прямые линии – нерезкими и искривленными. Aberrации делятся на 2 основных вида – хроматические и монохроматические. Монохроматические aberrации можно разбить на aberrации широкого пучка и полевые aberrации (астигматизм, кривизна поля и дисторсия). Среди указан-

ных видов aberrаций наибольший интерес в данном случае представляет дисторсия, приводящая к нарушению подобия в геометрической форме между предметом и его изображением и, следовательно, к погрешностям измеряемых параметров.

При расчете оптических систем широко применяется теория aberrации третьего порядка [2], [3]. При аналитическом описании дисторсии в этом случае используют следующее соотношение:

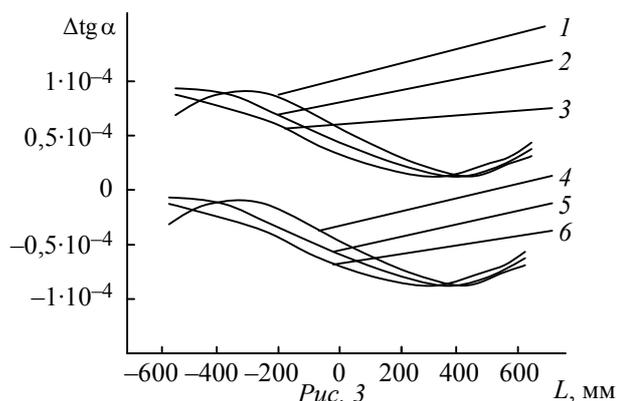
$$\Delta g = -\frac{\omega^3}{2n} S_V, \quad (2)$$

где ω – угол визирования объекта; n – показатель преломления среды; S_V – поверхностный коэффициент дисторсии третьего порядка.

Учитывая, что значение функции тангенса для малых углов равно величине угла и прямо пропорционально длине противолежащего катета, а также на основании (2) можно сделать вывод о том, что для эффективной коррекции геометрических искажений, вызванных дисторсией, можно использовать полиномиальную аппроксимацию КУХ с максимальной степенью используемого полинома не более трех, а количество точек аппроксимации при этом должно быть равно четырем.

В ходе математического моделирования прибора «Телекс-2» были получены зависимости, характеризующие метрологические характеристики прибора при аппроксимации КУХ камер полиномом Чебышева третьей степени без учета влияния искажений оптической системы прибора.

На рис. 3 приведены зависимости максимума (кривые 1–3) и минимума (кривые 4–6) погрешности определения тангенсов углов визирования камеры 1 ($\Delta \text{tg } \alpha$) для трех случаев расположения КП в функции от его смещения. На рисунке приняты следующие обозначения. Кривые 1 и 4 построены для высоты расположения КП $H = 5400$ мм, 2 и 5 – для высоты $H = 6200$ мм, 3 и 6 – для высоты $H = 6900$ мм.



Погрешности определения тангенсов углов визирования камеры 2 ($\Delta \text{tg } \beta$) будут аналогичны приведенным на рис. 3, с той лишь разницей, что они будут развернуты справа налево.

Исходя из данных, приведенных на рис. 3, были получены зависимости погрешности измерения высоты (рис. 4, а) и смещения КП (рис. 4, б) в функции от его смещения.

Здесь, как и на рис. 3, кривые 1–3 соответствуют максимуму соответствующей величины, кривые 4–6 – минимуму. Кривые 1 и 4 построены для высоты расположения КП $H = 5400$ мм, 2 и 5 – для высоты $H = 6200$ мм, 3 и 6 – для высоты $H = 6900$ мм.

Далее был проведен анализ aberrаций, вносимых оптической системой прибора, представляющей собой объектив «Индустар-90У». В спецификациях на фотографические объективы обычно отсутствует параметр, позволяющий оценивать его дисторсию. Ввиду этого была оценена дисторсия применяемого в приборе объектива Индустар-90У. Объем анализируемой выборки составил 120 объективов. Установлено, что дисторсия в указанной партии объективов не превысила значения 1,3 %. Кроме того, в указанной выборке контролировалось значение фокусного расстояния, погрешность которого составила ± 1.5 %.

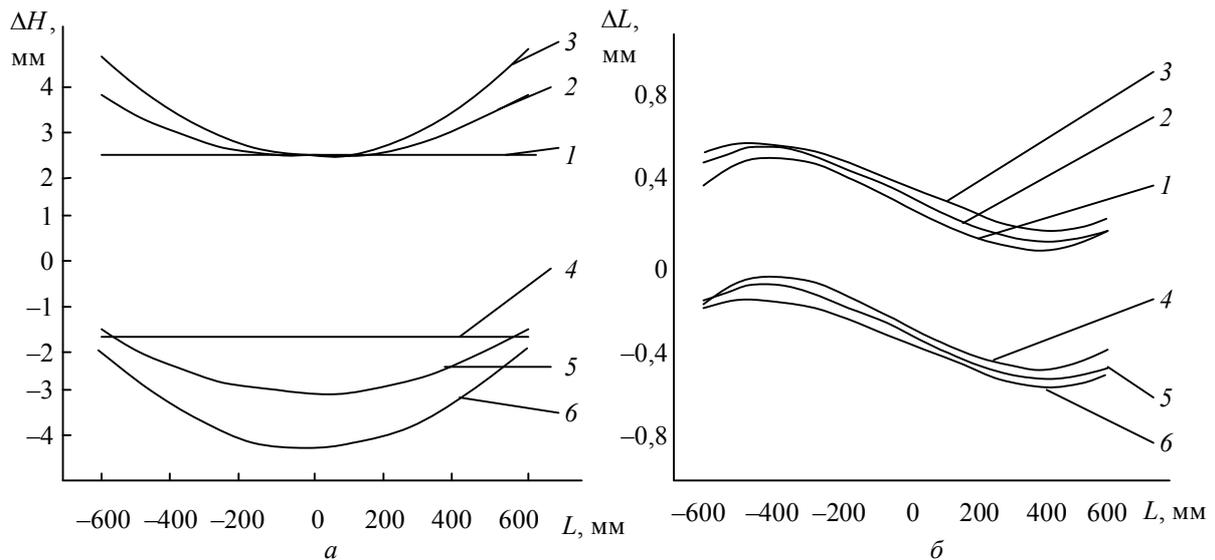


Рис. 4

Опираясь на полученные экспериментальные значения дисторсии, был проведен анализ погрешностей измерения параметров подвески КП, результаты которого представлены на рис. 5. Здесь приняты аналогичные обозначения, но, в отличие от характеристик на рис. 4, приведены только отклонения измеряемой высоты КП в связи с малостью отклонений измеряемых значений смещения.

На следующем этапе анализа точности предложенного метода аппроксимации КУХ телевизионных камер проверялась чувствительность погрешности измерений прибора к внешним механическим воздействиям.

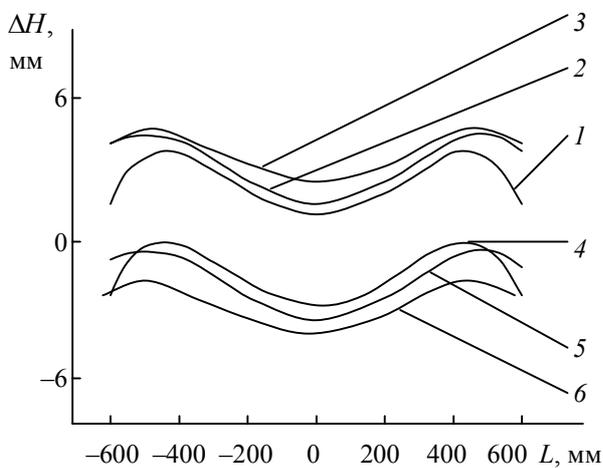


Рис. 5

При проведении измерений прибор устанавливается горизонтально таким образом, что опоры, расположенные по краям прибора, опираются на головки рельсов. Корпус прибора при этом будет прогибаться в направлении силы тяжести, что приведет к дополнительному повороту камер 1 и 2.

Задавшись характеристиками материалов, используемых при изготовлении корпуса прибора, и его полной массой, приведенной в ТУ на изделие, была рассчитана величина прогиба корпуса [4] и определены дополнительные углы разворота камер 1 и 2.

Далее путем математического моделирования были вычислены погрешности измерений прибора, вызванные данным прогибом корпуса прибора. Результаты расчетов приведены на рис. 6, аналогично рис. 4 и 5.

Анализ воздействия на прибор внешних климатических воздействий, к которым, в первую очередь, следует отнести температуру окружающей среды, проводился в 2 этапа. На первом оценивалось влияние изменения геометрических размеров прибора, а на втором – свойств оптической системы на точность измерений параметров КП прибора.

Для диапазона рабочих температур $-20...+50$ °С можно считать, что температура прибора может меняться в диапазоне $\pm 35^\circ$ относительно нормальной температуры, составляющей $+15$ °С.

Изменение базы прибора в зависимости от температуры окружающей среды описывается следующим соотношением:

$$\Delta B = \alpha \cdot \Delta T \cdot B,$$

где α – коэффициент линейного расширения материала; ΔT – изменение температуры; B – база прибора.

В качестве материала при изготовлении корпуса прибора, согласно конструкторской документации, используется прямоугольная труба сечением $80 \times 50 \times 4$ из сплава АД31 с коэффициентом линейного расширения $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

База прибора составляет 1500 мм. Таким образом, изменение базы во всем диапазоне рабочих температур составит не более

$$\Delta B = \pm 23 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 1500 = \pm 1,207 \text{ мм.}$$

Очевидный расчет показывает, что точность определения высоты КП не превысит значения

$$\Delta H = \Delta B \frac{H_{\max}}{B_{\min}} = \pm 1,207 \frac{6900}{1498,793} = \pm 5,55 \text{ мм.}$$

Основной характеристикой оптической системы, влияющей на КУХ, можно считать согласно (1) значение фокусного расстояния F , поэтому оценку влияния температуры окружающей среды на точность измерений прибора можно рассматривать через призму ее влияния на F .

Так как объектив является сложной оптической системой, состоящей из нескольких линз, достаточно сложно рассчитать изменение его фокусного расстояния в зависимости от температуры окружающей среды, а подобные характеристики в спецификациях не приводятся. Однако характер этой зависимости должен совпадать с аналогичной характеристикой одиночной линзы.

Согласно [5] фокусное расстояние тонкой линзы определяется следующим соотношением:

$$F = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n - 1)^2}{n} \frac{d}{r_1 r_2}, \quad (3)$$

где n – показатель преломления материала линзы; r_1 и r_2 – радиусы кривизны поверхностей линзы; d – толщина линзы.

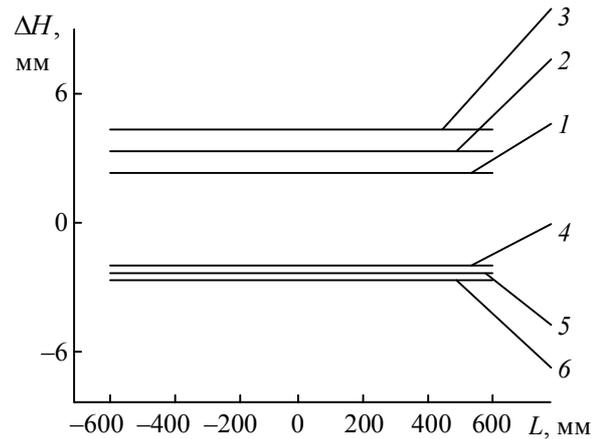


Рис. 6

Известно, что как показатель преломления материала линзы, входящий в (3), так и геометрические размеры линзы зависят от температуры окружающей среды. Интегральная термооптическая постоянная V_t , учитывающая влияние температуры линзы на ее фокусное расстояние, определяется ГОСТ 13659–78, исходя из чего расчет относительного изменения фокусного расстояния в диапазоне температур не представляет сложности и согласно [1]

$$\Delta F = -FV_t\Delta t,$$

где Δt – диапазон изменения температур; $V_t = \frac{\beta_\lambda}{n-1} - \alpha$ – термооптическая постоянная; β_λ – температурное приращение показателя преломления для длины волны света λ .

Таким образом, полученное в диапазоне рабочих температур прибора (± 35 °С) $\Delta F = \pm 6,75 \cdot 10^{-3}$ мм соответствует типовому значению $V_t = 30 \cdot 10^{-7}$ °С⁻¹.

Как показали расчеты, погрешности определения высоты и зигзага КП, вызванные влиянием температуры окружающей среды на характеристики оптической системы прибора, составили ± 2 и $\pm 0,5$ мм соответственно.

Описанный метод определения тангенсов углов визирования контактных проводов позволяет с учетом всех рассмотренных факторов обеспечить теоретическую точность измерений высоты и зигзага КП не хуже ± 12 и ± 2 мм соответственно. Полученные значения погрешностей измерения параметров контактного провода удовлетворяют требованиям ТУ на прибор – погрешность измерения высоты и смещения КП не более ± 20 мм.

Следует отметить, что сертификационные испытания на подтверждение типа средств измерений подтвердили полученные результаты.

Данный метод анализа метрологических характеристик может быть использован и при анализе соответствующих характеристик комплексов «ВИКС ЦЭ» и «Визир», а также других аналогичных СИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латыев С. М. Компенсация погрешностей в оптических приборах. Л.: Машиностроение, 1985.
2. Слюсарев Г. Г. Методы расчета оптических систем. Л.: Машиностроение, 1969.
3. Турыгин И. А. Прикладная оптика: В 2 ч. М.: Машиностроение, 1966.
4. Саргсян А. Е. Сопrotивление материалов, теория упругости и пластичности. Основы теории с примерами расчетов: Учеб. для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк., 2000.
5. Панов В. А., Андреев Л. Н. Оптика микроскопов (Расчет и проектирование). Л.: Машиностроение, 1976.

V. G. Safin

METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DEVICE «TELEX-2» OF REMOTE MEASUREMENT OF PARAMETERS OF THE OVERHEAD LINES

The devices intended for measurement of parameters of a overhead lines of electrified railways are described. The method of definition of corners of vising of observable objects in device "Telex-2" is offered. The estimation of characteristics of sensitivity of the device to aberrations of optical system and external influencing factors is made.

Measuring apparatuses, errors of measurements, barker code, median filter

ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЛИНЕЙНОЙ СЛОЖНОСТИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ КЕРДОКА

Относительно недавно открытые множества Кердока неоспоримо выигрывают в объеме у других известных бинарных минимаксных ансамблей. Для ряда приложений в дополнение к метрическим характеристикам важен и такой показатель, как эквивалентная линейная сложность, свидетельствующий о степени криптозащищенности ансамбля. В статье приводятся найденные на основе алгоритма Берлекэмп–Мессе и табулированные значения этого параметра для ансамблей практически интересных длин.

Минимаксные ансамбли, дискретные последовательности, криптозащищенность, ансамбли Касами, бент-функций, Кердока, эквивалентная линейная сложность

В многопользовательских сетях с кодовым разделением, далее обозначаемым стандартной аббревиатурой CDMA (*code division multiple access*), каждый из K абонентов передает или принимает данные с помощью некоторого индивидуального кода, именуемого *сигатурой*. При этом выбор ансамбля из K сигатур должен быть таким, чтобы уровень помехи множественного доступа (ПМД) удерживался в приемлемых пределах.

В отсутствие взаимных доплеровских сдвигов базовые характеристики ансамбля K сигналов $\dot{S}_k(t)$, $k = 1, 2, \dots, K$, одного периода T выражаются в терминах нормированной взаимной корреляционной функции (ВКФ) $\rho_{kl}(\tau, F)$, характеризующей степень сходства k -го и l -го сигналов, смещенных друг относительно друга по времени на τ секунд:

$$\rho_{kl}(\tau) = \frac{1}{E} \int_0^T \dot{S}_k(t) \dot{S}_l^*(t - \tau) dt, \quad k, l = 1, 2, \dots, K, \quad (1)$$

где E – энергия каждого из сигналов за период T . В случае CDMA комплексные огибающие сигналов, входящие в (1), имеют вид

$$\dot{S}_k(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_{k,i} S_0(t - i\Delta),$$

где $S_0(t)$ описывает форму элементарного импульса (*чипа*) длительностью Δ , а $\{a_{k,i} : i = \dots, -1, 0, 1, \dots; k = 1, 2, \dots, K\}$ – специфическая для каждого пользователя кодовая последовательность (сигатура), модулирующая непрерывный поток чипов. С учетом последнего равенства можно прийти к соотношению [1]

$$|\rho_{kl}(\tau)| = \left| \sum_{m=-\infty}^{\infty} \rho_{c,kl}(m) \rho_0(\tau - m\Delta) \right|, \quad k, l = 1, 2, \dots, K,$$

связывающему ВКФ (1) с автокорреляционной функцией чипа $\rho_0(\tau, F)$ и ВКФ кодовых последовательностей

$$\rho_{c,kl}(m) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} a_{k,i} a_{l,i-m}, \quad (2)$$

где $N = T / \Delta$ – длина сигнатуры в числе чипов. Величина (2) есть мера сходства k -й и l -й сигнатур при их относительном временном сдвиге на m позиций. Физически (1) выражает отклик на l -й сигнал фильтра, согласованного с k -м сигналом, отнесенный к реакции на полезный сигнал.

В теории асинхронных CDMA-систем [1], [2] за меру интенсивности ПМД в ансамбле сигналов нередко принимается максимальный выброс

$$\rho_{\max}^c = \max_{k \neq l, m} |\rho_{c,kl}(m)| \quad (3)$$

абсолютного значения ВКФ сигнатур (2) по всем парам последних и всем их взаимным временным сдвигам. Понятно, что требование снижения уровня ПМД означает минимизацию показателя (3). Наряду с этим для нейтрализации многолучевых эффектов и снижения риска ложных захватов при начальной синхронизации полезно удерживать малым и наибольший по всем сигнатурам максимальный боковой лепесток автокорреляций последних:

$$\rho_{\max}^a = \max_{k, m \neq 0} |\rho_{c,kk}(m)|. \quad (4)$$

Рассматриваемые совместно, показатели (3), (4) устанавливают распространенный критерий оптимальности сигнатурного ансамбля, предполагающий минимизацию максимальной из всех нежелательных корреляций (*корреляционного тика*) на множестве последовательностей:

$$\rho_{\max} = \max \{ \rho_{\max}^c, \rho_{\max}^a \} = \min .$$

Последняя величина ограничена снизу фундаментальным неравенством (*границей Велча*) [1], [3], [4]

$$\rho_{\max} \geq \sqrt{\frac{K-1}{KN-1}} \approx \frac{1}{\sqrt{N}},$$

где приближение справедливо при большом объеме ансамбля $K \gg 1$. Понятно, что ансамбли, достигающие (хотя бы асимптотически, при $N \rightarrow \infty$) границы Велча, следует считать оптимальными, объединив их общим названием *минимаксные*.

В ряде приложений на сигнатурные ансамбли налагаются определенные требования по степени криптозащищенности. Предметом статьи как раз и является анализ криптографического потенциала одного из новых и весьма привлекательных классов минимаксных сигнатурных семейств – ансамблей Кердока. Поскольку в учебно-монографической литературе названные семейства пока не нашли освещения, далее приводятся краткие сведения об их месте в иерархии минимаксных ансамблей и алгоритме формирования.

Бинарные минимаксные сигнатурные ансамбли. Для практических применений наибольшую ценность представляют бинарные сигнатурные ансамбли, алфавитом которых служит пара противоположных символов $\{\pm 1\}$. Набор длин, для которых известны минимаксные бинарные ансамбли, относительно небогат. Табл. 1 содержит перечень подобных ансамблей с конкретизацией значений их параметров [5]. Для компактности в таблице намеренно опущены множества, отличающиеся от приведенных лишь тонкой структурой, но не параметрами N, K, ρ_{\max} . Как свидетельствует табл. 1, на фоне остальных минимаксных се-

мейств ансамбли Кердока следует признать уникальными в силу их рекордно больших объемов. Так, ансамбль Кердока длины $N = 4094$ насчитывает 2048 сигнатур, тогда как лучший среди остальных по этому показателю (объединение множеств Касами и бент-последовательностей) при ближайшей длине $N = 4095$ содержит лишь 127, т. е. примерно в 16 раз меньше последовательностей.

Таблица 1

Ансамбль	Длина N	Объем K	Корреляционный пик ρ_{\max}
Касами	$2^n - 1$, n – четное	$\sqrt{N+1}$	$\frac{\sqrt{N+1}+1}{N} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}}$
Объединение Касами и бент-последовательностей	$2^{2n} - 1$, n – четное	$2\sqrt{N+1}-1$	$\frac{\sqrt{N+1}+1}{N} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}}$
Камалетдинов-1	$p(p-1)$, $p \equiv 3 \pmod{4}$, простое	$p+1 \rightarrow \sqrt{N}$	$\frac{p+3}{N} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}}$
Камалетдинов-2	$p(p+1)$, $p \equiv 3 \pmod{4}$, простое	$p-1 \rightarrow \sqrt{N}$	$\frac{p+1}{N} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}}$
Кердок	$2(2^n - 1)$, n – нечетное	$\frac{N+2}{2}$	$\frac{\sqrt{N+2}+2}{N} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}}$

Несмотря на то что помехоустойчивые коды Кердока входят в арсенал базовых конструкций классической теории кодирования, в источниках, посвященных CDMA, они долгое время не фигурировали. Причина в том, что помехоустойчивый код с хорошими дистанционными характеристиками интересен как сигнатурный ансамбль для асинхронных CDMA-приложений только тогда, когда он циклически замкнут, т. е. наряду с любым своим словом содержит и все его циклические сдвиги. Оригинальная конструкция Кердока подобным свойством не обладала, и лишь в опубликованной в 1989 г. работе Нечаева [6] был вскрыт механизм преобразования кода Кердока в циклически замкнутый эквивалент.

Схема генератора последовательностей Кердока (рис. 1) может быть составлена исходя из алгебраических построений работы [6]. Основой ее служит n -каскадный регистр сдвига с обратной связью, формирующий четверичную линейную последовательность длины $N = 2(2^n - 1)$, где n – нечетное. Каждая ячейка регистра имеет 4 состояния, т. е. содержит две стандартные двоичные ячейки, а операции в петле обратной связи выполняются по правилам кольца \mathbf{Z}_4 , т. е. попросту по модулю 4. Структура петли обратной связи задается четверичным характеристическим полиномом

$$f(x) = x^n + f_{n-1}x^{n-1} + \dots + f_1x + f_0, \quad f_i \in \mathbf{Z}_4, \quad i = 0, 1, \dots, n-1,$$

а перевод четверичной последовательности в бинарную осуществляется считыванием состояния только старшего из двух двоичных разрядов четверичной ячейки и стандартным преобразованием символов $\{0, 1\}$ к алфавиту $\{\pm 1\}$: $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow -1$. Полученная таким образом бинарная последовательность порождает пару сигнатур Кердока, вторая из которых получается из исходной посимвольным умножением на знакопеременную последовательность (мемандр) $\dots, -1, 1, -1, 1, \dots$. Переход от одной пары последовательностей Кердока к другой сводится лишь к смене начального состояния регистра. Общее число возможных ненулевых

состояний регистра, очевидно, равно $4^n - 1$, причем при начальной записи в ячейки регистра только элементов 0 или 2 генерируемая им последовательность будет целиком состоять лишь из этих символов и исчерпает все подобные состояния за укороченный период $2^n - 1$. Любая четверичная последовательность, генерируемая регистром при начальном состоянии, содержащем элементы 1 и 3, имеет полный период $N = 2(2^n - 1)$, в течение которого регистр перебирает $2(2^n - 1)$ состояний. Тем самым, меняя начальное состояние, можно получить $[(4^n - 1) - (2^n - 1)] / 2(2^n - 1) = (N + 2) / 4$ четверичных

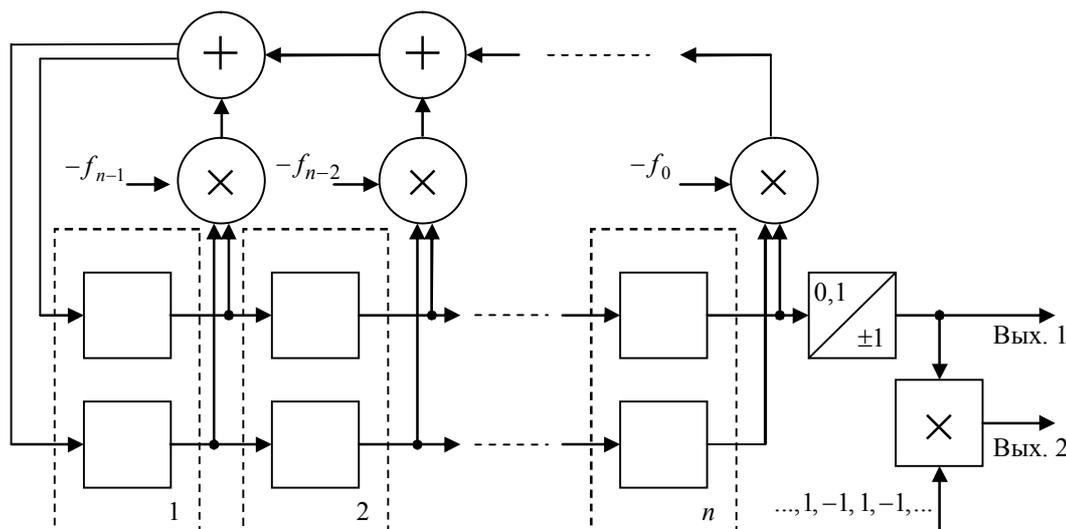


Рис. 1

последовательностей периода N , не являющихся циклически сдвинутыми репликами друг друга. Поскольку каждая четверичная последовательность порождает пару бинарных, в итоге набирается множество из $K = (N + 2) / 2$ бинарных сигнатур.

Эквивалентная линейная сложность последовательностей Кердока. В приложениях, связанных с информационной безопасностью, зачастую необходимы сигнатуры, закон манипуляции которых защищен от несанкционированного воспроизведения. В качестве примера можно сослаться на 2G- и 3G CDMA-стандарты мобильной связи (cdmaOne, cdma2000), в которых сигнатуры попутно используются для поточного шифрования, или спутниковую радионавигационную систему GPS, где доступ к сигналам высокой точности разрешен лишь авторизованным потребителям. За один из первичных показателей криптозащищенности часто принимается эквивалентная линейная сложность (ЭЛС) [4], под которой понимают минимальную длину двоичного регистра сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС), воспроизводящего данную бинарную последовательность. Интерес к этому параметру объясняется тем, что от потенциального перехватчика естественно в первую очередь ожидать попыток взлома закона формирования принимаемой последовательности, базирующихся на гипотезе о простейшем механизме ее генерирования, основанном именно на использовании РСЛОС. Разумеется, любую бинарную последовательность заданной длины N можно сгенерировать с помощью двоичного РСЛОС, поэтому с точки зрения защищаемой системы желательно иметь длину этого РСЛОС, т. е. ЭЛС, как можно ближе к длине самой последовательности N .

Значение ЭЛС заданной последовательности одновременно со структурой петли обратной связи соответствующего двоичного РСЛОС можно найти с помощью известного алгоритма Берлекэмп–Мессе [7] – итеративной процедуры, отыскивающей среди большого числа линейных структур, генерирующих заданную последовательность, РСЛОС наименьшей длины. На r -й итерации этого алгоритма, начиная с $r = 1$, строится регистр сдвига минимальной длины, генерирующий первые r элементов последовательности. На следующей итерации проверяется, генерирует ли полученный РСЛОС наряду с r элементами и $(r + 1)$ -й. При отрицательном ответе длина и петля обратной связи РСЛОС модифицируются так, чтобы вновь получить регистр наименьшей длины, генерирующий уже $r + 1$ элемент последовательности, и т. д. Изложенное поясняется блок-схемой алгоритма на рис. 2.

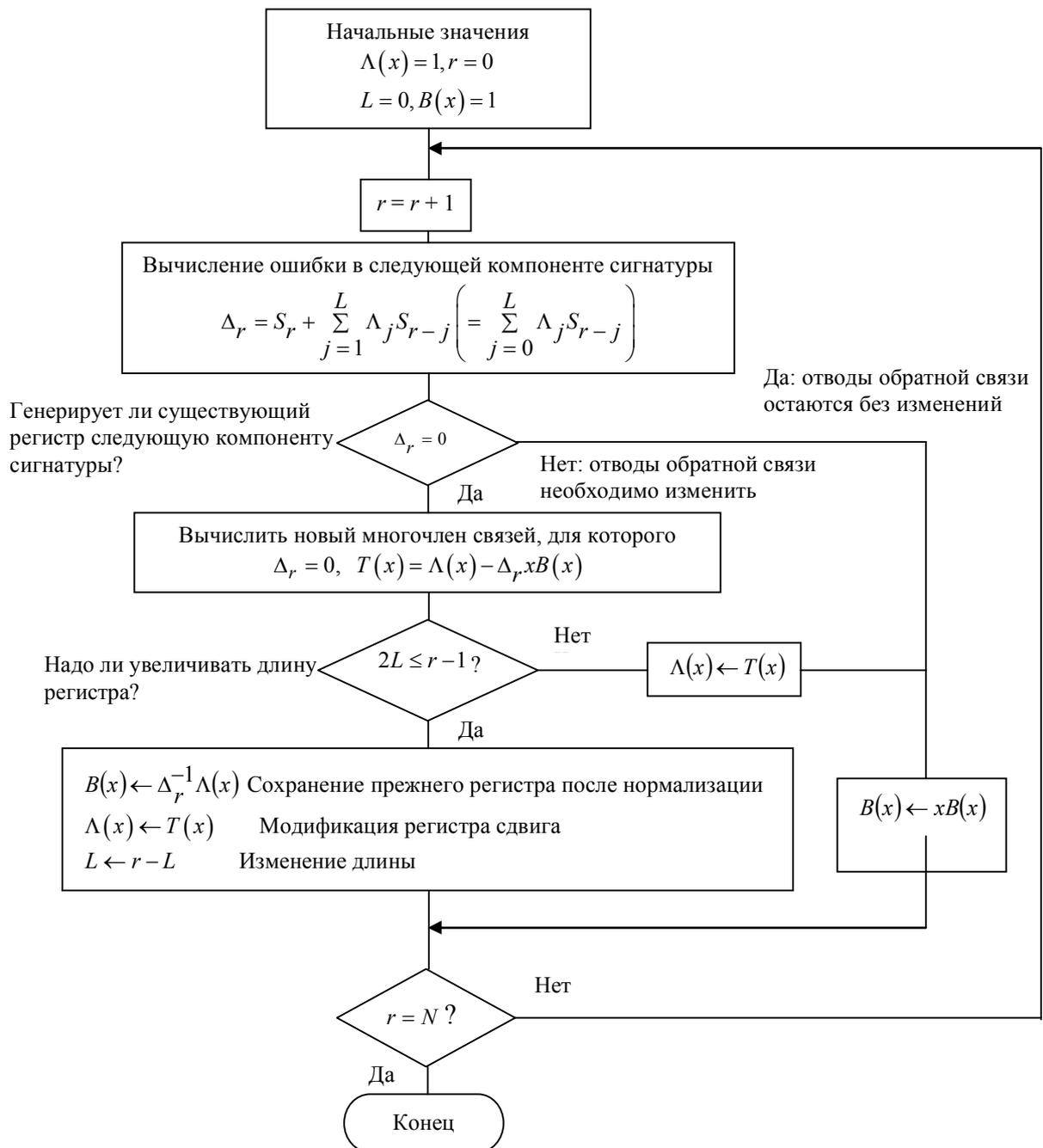


Рис. 2

Применение алгоритма к исследуемым ансамблям Кердока показало, что все последовательности, снимаемые с выхода 1 (рис. 1), имеют одинаковую ЭЛС L_1 и генерируются одним и тем же двоичным РСЛОС с различными начальными состояниями. Полученные значения L_1 сведены в табл. 2, из которой видна их связь с числом каскадов исходного четверичного регистра n :

$$L_1 = \frac{n(n+3)}{2}, n = 3, 5, 7, \dots$$

Понятно, что столь простое равенство должно иметь аналитическое доказательство, которое, впрочем, пока найти не удалось.

Таблица 2

Память четверичного регистра n	Период $N = 2(2^n - 1)$	ЭЛС L_1
3	14	9
5	62	20
7	254	35
9	1022	54
11	4094	77
13	16 382	104

Подчеркнем, что характеристические полиномы, задающие структуру петли обратной связи двоичного регистра, формирующего последовательности Кердока, факторизуются на $(n-1)/2$ неприводимых сомножителей степени n и квадрат неприводимого полинома той же степени. Для $n = 3, 5, 7$ соответственно подобные разложения имеют вид:

$$f_3(x) = (x^3 + x + 1)^2 (x^3 + x^2 + 1),$$

$$f_5(x) = (x^5 + x^2 + 1)^2 (x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + 1)(x^5 + x^4 + x^2 + x + 1),$$

$$f_7(x) = (x^7 + x + 1)^2 (x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + 1)(x^7 + x^5 + x^3 + x + 1)(x^7 + x^3 + x^2 + x + 1).$$

Из общей теории линейных последовательностей [8] известно, что при сложении двоичных последовательностей с взаимно простыми характеристическими полиномами последние перемножаются. В связи с этим выявленная закономерность указывает на альтернативный исходному способ генерирования последовательности Кердока как суммы $(n-1)/2$ двоичных m -последовательностей длины $N_1 = 2^n - 1$ с двоичной линейной рекуррентной последовательностью не максимальной (четной) длины $N = 2(2^n - 1)$, характеристический полином которой равен квадрату неприводимого. Начальные установки двоичных РСЛОС, формирующих все перечисленные компоненты, должны подбираться индивидуально. Для пояснения изложенного в табл. 3 представлены 4 последовательности Кердока длины $N = 14$ вместе с парами их двоичных компонент, включающих m -последовательность длины $N_1 = 7$ и двоичную линейную последовательность длины $N = 14$.

Последовательность, снимаемая с выхода 2 (рис. 1), есть результат сложения (до перевода в алфавит $\{\pm 1\}$) исходной с меандром $\dots, 0, 1, 0, 1, \dots$, характеристический полином которого $x^2 + 1$ взаимно прост с полиномом исходной. В связи с этим ЭЛС L_2 последовательности на выходе 2, согласно изложенному ранее, найдется как $L_2 = L_1 + 2$.

Таблица 3

Последовательность	Вид последовательности													
	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
1 Кердок	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Линейная	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
<i>m</i> -посл.	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
2 Кердок	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
Линейная	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
<i>m</i> -посл.	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
3 Кердок	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
Линейная	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
<i>m</i> -посл.	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
4 Кердок	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
Линейная	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>m</i> -посл.	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1

Выводы. Как можно видеть, ЭЛС ансамблей Кердока в сопоставлении с длиной достаточно мала: отношение L_1 / N уже при $N = 1022$ близко к 0,05 и быстро убывает с ростом N . В итоге, несмотря на изначально нелинейный алгоритм формирования последовательностей этого класса, они не обладают выдающимися криптографическими свойствами. Отмеченный факт, однако, не умаляет привлекательности ансамблей Кердока для CDMA-приложений, так как на фоне других бинарных минимаксных множеств их объем уникально велик, и в любом случае их ЭЛС заметно выше, чем, например, у популярных ансамблей Касами той же длины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ипатов В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение. Принципы и приложения. М.: Техносфера, 2007.
2. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Связь, 1985.
3. Welch L. R. Lower bound on the maximum cross-correlation of signals // IEEE Trans. Inform. Theory. 1974. Vol. 20. P. 397–399.
4. Ипатов В. П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами М.: Радио и связь, 1992.
5. Варианты дополнения пользовательского интерфейса СРНС ГЛОНАСС дальномерными сигналами с кодовым разделением / С. Б. Болошин, Д. В. Гайворонский, В. П. Ипатов и др. // Новости навигации. 2009. № 3. С. 9–16.
6. Нечаев А. А. Код Кердока в циклической форме // Дискретная математика 1989. Т. 1, вып. 4. С. 123–139.
7. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролируемых ошибки / Пер с англ. М.: Мир, 1986.
8. Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля / Пер. с англ. М.: Мир, 1988.

F. V. Ignatiev, V. P. Ipatov, I. Yu. Flotskaya

ON THE EQUIVALENT LINEAR COMPLEXITY OF KERDOCK SEQUENCES

Recently discovered Kerdock sets beat decisively all the other known binary minimax ensembles in the set size. For numerous applications along with metric characteristics such a parameter is also important as the equivalent linear complexity, indicating the degree of information security of the sequence set. In the paper this parameter is found and tabulated basing on the Berlecamp-Massey algorithm for a whole range of practically interesting lengths.

Minimax ensembles, discrete sequences, information security, ensembles of Kasami, bent-functions, Kerdock, equivalent linear complexity

ВЛИЯНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ГРАНИЦЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ НА ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ*

Рассматривается влияние геометрических факторов на характеристики излучения антенны. Проводится математический анализ характеристик антенны, анализ влияния увеличения количества итераций фрактальной микрополосковой антенны на характеристики излучения антенны, а также сравнение с существующими фундаментальными теоретическими положениями о взаимосвязи параметров антенны с характеристиками излучения.

Фрактальная антенна, электрически малая антенна, добротность, полоса пропускания

Приемопередающие модули средств мобильной связи, приемники сигналов спутниковых навигационных систем и другие приложения микроэлектроники становятся все более миниатюрными. Вот почему уменьшение габаритов антенных устройств и интеграция их в одном корпусе с системами на кристалле – весьма актуальная задача. Предложенные в данной статье конструкции микрополосковых фрактальных антенн относятся к электрически малым антеннам (ЭМА) [1], размеры которых меньше половины длины волны принимаемых ими электромагнитных колебаний. Первая теоретическая работа о фундаментальных пределах параметров электрически малых антенн датируется еще 1946 г., однако за последние 60 лет эти фундаментальные положения изменялись и пересматривались не менее четырех раз. Сравним выводы о влиянии геометрических характеристик фрактальных антенн на характеристики излучения, сделанные в [1], с существующими фундаментальными теоретическими положениями об электрически малых антеннах, к классу которых относятся исследуемые фрактальные антенны.

Начало исследованию свойств таких антенн положил Гарольд Вилер [2], который связал

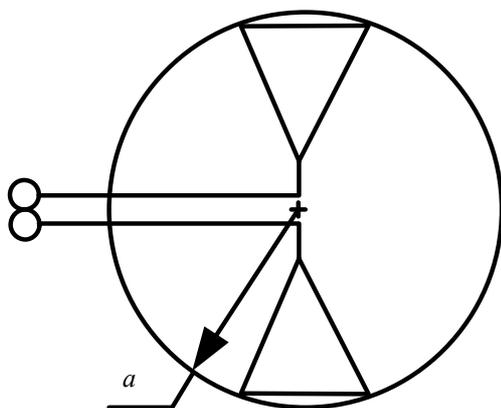


Рис. 1

определение электрически малой приемной антенны с ее максимальным размером. Для описания таких антенн он ввел понятие условной сферы, описанной вокруг ЭМА, соответствующей ее максимальному размеру (рис. 1). Здесь a – радиус условной сферы, описывающей антенну. В 1948 г. Чу (Chu) удалось получить верхнюю границу коэффициента усиления ненаправленных электрически малых антенн с линейной и круговой поляризациями излучения, вписанных в радианную сферу [3]. При этом антенна рассматривалась как источник сферических электромагнитных волн, расположенный в свободном

пространстве. Распределение амплитуды и фазы тока вдоль антенны предполагалось равномерным.

Коэффициент усиления

$$G \approx \frac{2}{\pi} \frac{2\pi a}{\lambda} = \frac{4a}{\lambda},$$

* Окончание. Начало см. в № 8.

$$\partial f_{VSWR=2} \approx \frac{1}{Q\sqrt{2}}, \quad (1)$$

где λ – длина волны; $\partial f_{VSWR=2}$ – полоса пропускания антенны по уровню коэффициента стоячей волны по напряжению (Voltage Standing Wave Ratio) $VSWR = 2$; Q – добротность антенны. Соотношение (1) показывает, что чем меньше размеры электрически малой антенны, тем больше ее добротность и тем сложнее обеспечить широкополосный прием сигналов. Добротность – это мера резонансных свойств антенны. Связь добротности с полосой пропускания антенн и стала основой для дальнейшего развития теории ЭМА в направлении исследования их предельной добротности. Отличительной особенностью начального этапа исследования электрически малых антенн было то, что для исследования предельных параметров использовалась аппроксимация эквивалентными RLC -цепями. Отход от такого представления антенн и описание антенн во временной области (time-domain) стало новым шагом в развитии теории ЭМА. Однако и такой подход недостаточен для использования на практике, так как предполагает большое число допущений, в то время как разработчикам необходимы точные границы, задаваемые выбором параметров реальных антенн. Р. Колин, С. Ротшильд, Р. Харрингтон, Г. Виллер, Р. Адамс, П. Хансен, Г. Ванг внесли огромный вклад в определение границы добротности через внешний размер антенны. Г. Маклин предложил использовать для определения фундаментального предела добротности свободно расположенной в пространстве электрически малой антенны выражение [4]

$$Q_A \approx \frac{1}{k^3 a^3} + \frac{1}{ka}, \quad (2)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число. Зависимость предельной добротности Q_A (2) от радиуса окружающей антенну условной сферы a наглядно представлена на рис. 2.

Для описываемых в [1] фрактальных антенн радиус сферы вычисляется по формуле

$$a = \frac{l\sqrt{2}}{2} = \frac{4,15 \cdot \sqrt{2}}{2} = 0,029 \text{ м},$$

где l – сторона антенны. Тогда $k = 2\pi/\lambda = 2\pi/0,078 = 8,06 \text{ м}^{-1}$ и по формуле (2)

$$Q_A \approx \frac{1}{8,06^3 \cdot 0,029^3} + \frac{1}{8,06 \cdot 0,029} = 82,6.$$

Добротность, рассчитанная по результатам численного моделирования, существенно меньше граничной, что допускается теорией, однако делает формулу вычисления граничной добротности слишком приближенной:

$$Q \approx \frac{1}{\partial f_{VSWR=2}\sqrt{2}} = \frac{1}{6,7 \cdot 10^9 \sqrt{2}} = 1,06 \cdot 10^{-10}.$$

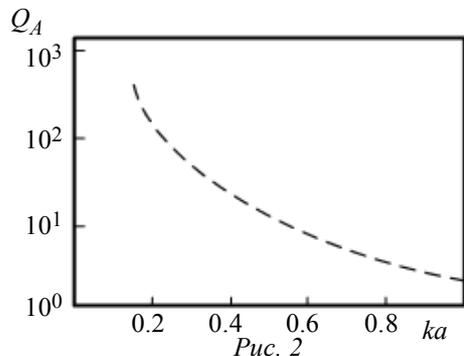


Рис. 2

Несоответствие двух результатов в очередной раз затрагивает проблему применения существующей теории ЭМА для вычисления добротности широкополосных антенн. Эту проблему выделил впервые Г. Ванг при расчете спиральной антенны [5]. Важной особенностью данного конкретного случая также является то, что исследуемая антенна – фрактальная. Применительно к фрактальным антеннам необходимо отметить, что с увеличением итераций добротность антенны растет, тогда как объем окаймляющей фигуры не меняется, что делает применение подобных ограничений на добротность еще более приближенным.

Ввиду того, что потраченный впустую объем существенно искажает теоретический предел добротности, в последнее время наметился отход от вычисления границы добротности антенны через размер окружающей ее сферы. Сделанный в [1] вывод о влиянии протяженности границы излучающей поверхности на значение коэффициента усиления и добротности в данном контексте приобретает фундаментальный характер. Однако вывод нуждается в проверке на практике и дополнительных исследованиях. Особенность этого подхода состоит в том, что предложенный метод оперирует протяженностью границы излучения, а не объемом сферы или любой более сложной аппроксимированной фигуры. Дело в том, что сложная аппроксимация объема фигуры, окаймляющей антенну, существенно усложняет аналитическое выражение для вычисления добротности геометрическими зависимостями. При выборе граничной поверхности можно воспользоваться альтернативным подходом, учитывающим направленные свойства ЭМА, в частности диаграмму направленности, полученную численным моделированием. В этом случае можно попытаться оценить граничную добротность антенны с использованием окаймляющей границы в виде трехмерной диаграммы направленности антенны. Однако и этот подход имеет свои минусы применительно к фрактальным антеннам. В частности, стоит отметить, что в настоящее время не существует численных методов моделирования антенн, адаптированных к вычислению напряженностей на геометрических фигурах фрактальной формы, а потому и диаграмма направленности, рассчитанная подобным образом, может существенно отличаться от экспериментальной.

Анализ результатов, полученных в [1], показал, что существующие фундаментальные положения о взаимосвязи граничных параметров излучения антенны, в частности добротности, и ее радиуса нуждаются в существенной доработке, так как не вносят конкретики в получение характеристик излучения антенны по заданным геометрическим параметрам. Кроме того, подобные методики не применимы к получению характеристик излучения фрактальных антенн, так как с увеличением фрактальности радиус остается постоянным, тогда как добротность возрастает. В этом контексте важнейшим определяющим фактором характеристик фрактальных антенн становится протяженность излучающей поверхности. В связи с этим новым подходом к вычислению параметров излучения таких антенн является представление их с точки зрения фрактальной геометрии. Характеристики таких антенн, как выяснилось, прямо пропорциональны протяженности излучающей поверхности. Однако использование фрактального подхода всегда должно происходить с учетом теории электромагнитных полей и волн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабичев Д. А., Тупик В. А. Влияние протяженности границы излучения фрактальной микрополосковой антенны на ее характеристики // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. Вып. 8. С. 8–11.
2. Wheeler H. A. Fundamental limitations of small antennas // Proc. of the IRE. 1947. Dec.
3. Chu L. J. Physical limitations of omnidirectional antennas // Jour. of Applied Physics. 1948. Dec.

4. McLean J. S. A reexamination of the fundamental limits on the radiation Q of electrically small antennas // IEEE Trans. Ant. Prop. 1996. May. P. 672–676.

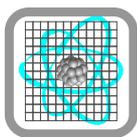
5. Wang J. J. H. A Critique and New Concept on Gain Bandwidth Limitation of Omnidirectional Antennas // Progress In Electromagnetics Research. Hangzhou, 2005.

D. A. Babichev, V. A. Tupik

INFLUENCE EXTENSION OF RADIATION BOUNDARY FRACTAL MICROSTRIP ANTENNA BY ITS CHARACTERISTICS

It is considered influence geometric factors of the microstrip antenna on its emission characteristics. It is executed mathematical analysis antenna characteristics. It is executed analysis of influence increasing iteration fractal microstrip antenna on its emission characteristics. It is considered comparison with existent abstract theorems about correlation geometrical characteristics antenna and its emission characteristics.

Fractal antenna, short electrical antenna, good gain, bandwidth



УДК 621.382.23

А. В. Соломонов, А. В. Феопентов

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОЩНОГО БЕЛОГО СВЕТОДИОДА

Исследованы зависимости экспериментальной и теоретической эффективностей преобразования энергии излучения в белом светодиоде от цветности излучения. На основе ранее разработанной теории определения эффективности преобразования проведена оптимизация световых и цветовых характеристик светодиода. Найден оптимальный в отношении светового потока и цветовой температуры диапазон цвета излучения.

Белый светодиод, эффективность преобразования, световой поток, цвет излучения

Актуальность рассматриваемой тематики обусловлена непрерывно возрастающим интересом к светодиодам белого цвета излучения (или иначе – к белым светодиодам), который, в свою очередь, основывается на известных перспективах их применения в ходе дальнейшего усовершенствования источников света, используемых для целей общего освещения. В настоящее время имеются все причины рассматривать белые светодиоды в качестве наиболее энергетически эффективных устройств для применения в освещении [1].

Собственно высокоэффективные белые светодиоды появились сравнительно недавно, после 2000 года. В процессе их развития выяснилось, что наиболее перспективными для массового производства и применения в общем освещении являются те варианты конструктивного исполнения, в которых основу светодиода составляет полупроводниковый чип, излучающий в синей области спектра. Излучение такого чипа обеспечивается процессами рекомбинации носителей заряда в квантовых ямах, существование которых обусловлено строением гетероструктуры, сформированной на основе твердых растворов системы Ga–In–N. Физика явлений, обуславливающих и сопровождающих излучение гетероструктуры, в настоящее время изучается достаточно подробно различными коллективами на базе ведущих научных центров мира [2].

На фоне активности в изучении проблем излучательной рекомбинации гетероструктуры вопросы, связанные с преобразованием уже излученной энергии в светодиоде, остаются несколько в стороне. Между тем, именно взаимодействие энергии, излученной полупроводниковым чипом с другими компонентами белого светодиода и, в первую очередь, с люминофором, определяет конечные характеристики изделия. В этом ключе основное внимание привлекают

процессы, связанные с преобразованием энергии синего излучения чипа в излучение люминофора. Но процессы превращения энергии в люминофорном слое и вывода преобразованной энергии из светодиода на сегодняшний день мало исследованы.

Цель работы, результаты которой представлены настоящей статьей, состояла в оптимизации параметров белого светодиода, заключающейся в сбалансированном улучшении его основных световых и цветовых характеристик, на основе созданной теории определения эффективности преобразования энергии излучения.

Оптимизация была проведена на светодиоде ИРС-50 (рабочий ток 350 мА, потребляемая мощность около 1 Вт), который был разработан и серийно выпускается ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника». Его типичные основные характеристики приведены в публикации [3]. Это светодиод с металлическим теплоотводом и линзой из поликарбоната, заполненной силиконовым гелем. Люминофорный слой светодиода, размещенный поверх светоизлучающего чипа, состоит из собственно люминофора и силиконового эластомера. Схематично конструкция светодиода представлена на рис. 1. В процессе эксперимента варьировался цвет излучения посредством изменения концентрации люминофора в люминофорном слое. Хотя для практических целей было необходимо изучить характер изменения светового потока только в диапазонах теплого и нейтрального белого цвета, исследование проводилось в более широком диапазоне с включением области холодного белого цвета с тем, чтобы достичь лучшего понимания закономерностей изменения эффективности преобразования энергии излучения. При этом концентрацию люминофора изменяли от 30 до 55 мас. % (относительно всей массы люминофорной смеси).

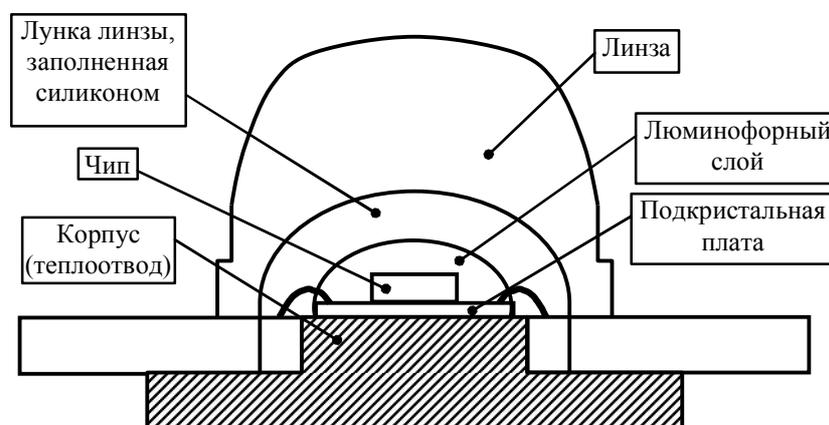


Рис. 1

В качестве люминофора был использован материал Y4750 производства компании «Intematix». Это силикатный люминофор, излучающий в желтой области спектра при возбуждении синим излучением. При длине волны возбуждения 460 нм его квантовая эффективность составила 80 %, коэффициент отражения – 23 %, пиковая длина волны излучения – около 570 нм, а координаты цветности (x , y , МКО1931) – (0,469; 0,520). Для формирования люминофорного слоя данный материал размещали в силиконовом компаунде (эластомере) LS-6257 производства компании «NuSil», обеспечивая равномерное распределение зерен люминофора по объему слоя. В светодиоде был установлен чип типоразмера $1 \times 1 \times 0,1$ мм, размещенный на подкристалльной плате размером $3 \times 3 \times 0,25$ мм. Средняя эффективная длина волны излучения использованных чипов составила 458 нм, а внешняя квантовая эффективность – 30 % (при токе 350 мА).

Результаты исследования эффективности преобразования энергии излучения представлены на рис. 2. Здесь и далее для построения зависимостей энергетических и световых параметров от цвета излучения в качестве аргумента используется параметр C , который рассчитывается как отношение потоков излучения желтой и синей составляющих в энергетическом спектре излучения белого светодиода [4]. Это отношение однозначно соответствует цвету излучения светодиода. Экспериментальная эффективность преобразования была определена как отношение потоков излучения белого и синего светодиодов (P_{WL}/P_L), а теоретическая эффективность (η) – как то же отношение, но при условии, что потери энергии излучения минимальны. Согласно теории, подробно изложенной в работе [4], теоретическая эффективность преобразования представляет собой эффективность такого варианта конструктивного исполнения белого светодиода, в котором отсутствуют по сравнению с синим светодиодом потери энергии, кроме тех, что связаны с рассеянием синего излучения люминофором, безызлучательным рассеянием энергии в самом люминофоре и стоксовским сдвигом. В реальных условиях наблюдаются отклонения от максимальной эффективности преобразования в меньшую сторону. Эти отклонения связаны с различными конструктивными факторами белого светодиода, обуславливающими дополнительные потери энергии излучения.

Увеличение теоретической и экспериментальной эффективностей при сдвиге цвета излучения к синей области (уменьшении параметра C) обусловлено тем, что при таком изменении уменьшается доля преобразованного люминофором излучения и, соответственно, уменьшаются потери энергии при этом преобразовании.

Более интересным представляется наблюдаемое здесь увеличение отклонения экспериментальной эффективности от теоретической при сдвиге цветности излучения к желтой области (рис. 2). Это означает, что возрастают дополнительные потери энергии излучения, обусловленные особенностями конструктивного исполнения светодиода.

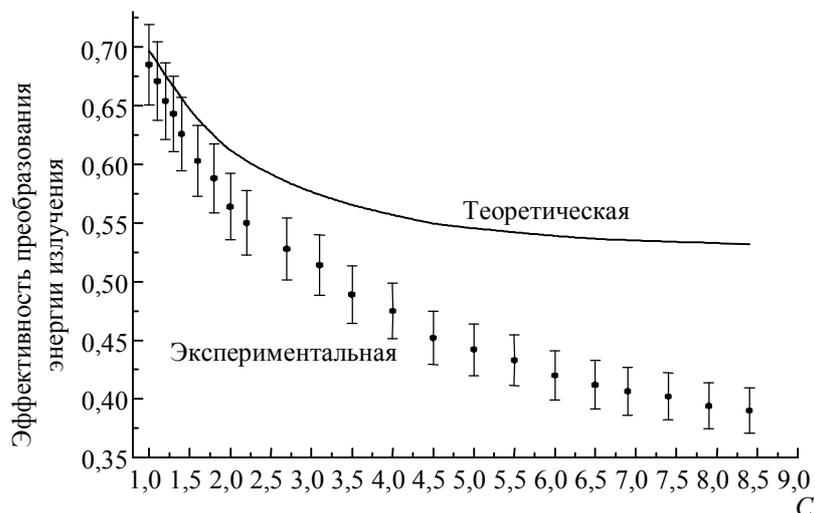


Рис. 2

Сдвиг цвета в данном случае определяется увеличением концентрации люминофора, а возрастание дополнительных потерь описывается с помощью закона Бугера–Ламберта–Бера, согласно которому интенсивность выходящего из слоя излучения падает экспоненциально при увеличении концентрации диспергированного вещества. Хотя этот закон изначально был выведен для гомогенных систем, сейчас известно, что он может применяться и для коллоид-

ного раствора высокой дисперсности [5], частным случаем которого является рассматриваемый люминофорный слой. Кроме того, при увеличении концентрации характер поглощения и рассеяния энергии в виде тепла все больше и больше отклоняется от поведения, описываемого законом Бугера–Ламберта–Бера; при этом потери энергии возрастают. В данном случае причиной этого является увеличение безызлучательного поглощения люминофором собственного излучения. Интенсивность этого процесса заметно возрастает при переходе в область больших концентраций (в случае рассматриваемого люминофорного слоя – более 40 мас. %) и дальнейшем повышении концентрации.

Результаты исследования показывают, что зависимости теоретической и экспериментальной эффективностей преобразования от цветности излучения имеют разный характер. Зависимость теоретической эффективности определяется исключительно физическими свойствами люминофора и собственно цветом излучения. А на экспериментальную эффективность, кроме этого, заметное влияние оказывают особенности конструкции светодиода, в данном случае – концентрация люминофора в люминофорном слое. При этом, что закономерно, разница между теоретической и экспериментальной эффективностями увеличивается при повышении концентрации, т. е. при возрастании влияния конструктивного фактора.

Однако целевым параметром белого светодиода является не мощность излучения, а световой поток. Поэтому при оптимизации основных характеристик светодиода имеет смысл перейти от энергетической эффективности к эффективности преобразования, выраженной в световых единицах (ЭПСЕ). Экспериментальную ЭПСЕ [лм/Вт] можно определить следующим образом:

$$\text{ЭПСЕ}_{\text{экс}} = \text{СЭ} \times (P_{WL}/P_L). \quad (1)$$

Таким образом, экспериментальная ЭПСЕ может быть определена как произведение экспериментальной энергетической эффективности преобразования (P_{WL}/P_L) и световой эффективности (СЭ), показывающей интегральную чувствительность глаза к спектру излучения светодиода.

При условии, что потери энергии излучения минимальны, получаем выражение для расчета теоретической [лм/Вт], или предельной, ЭПСЕ:

$$P_{WL}/P_L \rightarrow \vartheta, \text{ ЭПСЕ}_{\text{экс}} \rightarrow \text{ЭПСЕ}_{\text{теор}}, \text{ ЭПСЕ}_{\text{теор}} = \text{СЭ} \times \vartheta.$$

Отсюда, теоретическая ЭПСЕ равна произведению теоретической эффективности преобразования (ϑ) и световой эффективности (СЭ).

Зависимость экспериментальной ЭПСЕ от цвета излучения может иметь максимум, поскольку она определяется, согласно формуле (1), как произведение двух непрерывных монотонных функций цветности излучения (световой эффективности и энергетической эффективности преобразования), характеризующихся положительным и отрицательным наклоном. Поскольку световой поток прямо пропорционален ЭПСЕ, положение ее максимума на шкале цветности излучения будет соответствовать и положению максимума светового потока. Зависимости экспериментальной и теоретической ЭПСЕ от цвета излучения представлены на рис. 3.

В рассматриваемом диапазоне цветности излучения максимум наблюдается только на зависимости экспериментальной ЭПСЕ. Максимум теоретической ЭПСЕ в данном случае, очевидно, сдвинут далеко в желтую область цветности, а его положение связано с выходом зависимости све-

товой эффективности на постоянный уровень значений. Выход на постоянный уровень при смещении цвета излучения к желтому неизбежен, поскольку спектр излучения светодиода, в котором количество люминофора избыточно, соответствует спектру излучения люминофора. Если не меняется спектр излучения, то остается постоянной и световая эффективность.

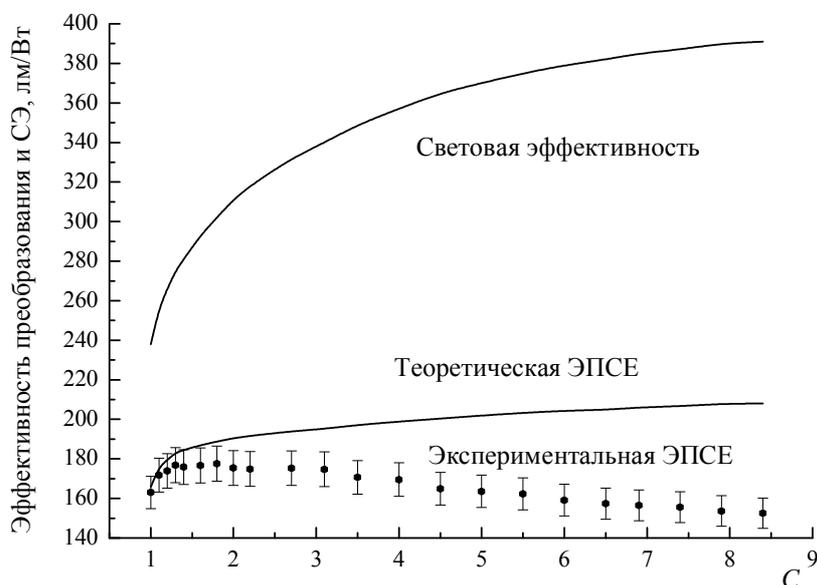


Рис. 3

Наличие максимума на зависимости экспериментальной ЭПСЕ обусловлено хорошо выраженным падением экспериментальной энергетической эффективности преобразования при сдвиге цвета излучения к желтой области (см. рис. 2). Результаты, представленные в виде зависимости от цвета излучения экспериментальной ЭПСЕ, показывают, что наибольший световой поток для рассматриваемого конструктивного исполнения светодиода лежит в диапазоне цвета излучения, выраженного через параметр C , от 1,3 до 3,1. Это соответствует диапазону коррелированной цветовой температуры излучения от 9000 до 4400 К.

Типичный уровень светового потока светодиода ИРС-50 в данном эксперименте при токе 350 мА составил 70 лм для цвета излучения, характеризуемого параметром C , равным 4,5, и коррелированной цветовой температурой 3900 К. Экспериментальная ЭПСЕ в полученном диапазоне цветности превысила типичную (для 3900 К) на 8 %. Соответственно, и максимальный световой поток светодиода ИРС-50 превысил типичный на 8 % и составил около 76 лм.

Примем во внимание граничные условия задачи оптимизации. Светодиод ИРС-50 предназначается для применения в системах освещения производственных зданий. При создании систем освещения для обеспечения выполнения большинства видов зрительных работ [6], [7], а также с точки зрения потребительских свойств, преимущественно требуются источники света, характеризующиеся теплым или средним цветовосприятием. Это соответствует диапазонам теплого и нейтрального белого цвета с коррелированной цветовой температурой не выше 5200 К (или, что то же самое, с цветностью C не ниже 2,2).

Поэтому для общего случая в качестве окончательного результата оптимизации был выбран диапазон цветности C от 2,2 до 3,1 (от 5200 до 4400 К), который, с одной стороны, позволяет оставаться в границах области комфортного нейтрального белого цвета, а с другой стороны, характеризуется повышением светового потока на 6 % относительно типичного значения, получаемого при параметре C , равном 4,5.

Для тех применений, в которых цветовосприятие не является критическим потребительским свойством, например, в уличном освещении, оптимальный диапазон цветности излучения C лежит в диапазоне от 1,3 до 2,0 (от 9000 до 5500 К), в области холодного белого цвета. В этом диапазоне располагаются максимум экспериментальной ЭПСЕ и, соответственно, светового потока.

Результаты проведенной работы позволяют сделать следующие выводы.

1. Увеличение отклонения экспериментальной эффективности преобразования от теоретической при сдвиге цветности излучения к желтой области обусловлено возрастанием дополнительных потерь энергии излучения, связанных с особенностями конструктивного исполнения светодиода.

2. Возрастание дополнительных потерь при увеличении концентрации люминофора описывается с помощью закона Бугера–Ламберта–Бера в применении к коллоидному раствору высокой дисперсности. При дальнейшем повышении концентрации механизм потери энергии излучения все больше отклоняется от закона Бугера–Ламберта–Бера. Причиной этого является возрастание безызлучательного поглощения люминофором собственного излучения.

3. Зависимости теоретической и экспериментальной эффективностей преобразования от цветности излучения имеют разный характер. Максимум теоретической ЭПСЕ сдвинут далеко в желтую область цветности, а его положение связано с выходом зависимости световой эффективности на постоянный уровень значений. Наличие же максимума на зависимости экспериментальной ЭПСЕ обусловлено хорошо выраженным падением экспериментальной энергетической эффективности преобразования при сдвиге цвета излучения к желтой области.

4. Для светодиода ИРС-50 в общем случае оптимальным является диапазон цветности излучения C от 2,2 до 3,1 (от 5200 до 4400 К), в котором световой поток на 6 % превышает типичный; а для некоторых применений с нестрогими требованиями к цветовосприятию – диапазон цветности излучения C от 1,3 до 2,0 (от 9000 до 5500 К), в котором световой поток превышает типичный на 8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туркин А. Н. Перспективы применения мощных светодиодов Cree для освещения // Новости электроники. 2009. № 9. С. 26–28.
2. Uncovering the LED's darkest secret / M. Schubert, M. H. Kim, J. K. Kim, E. F. Schubert // Compound Semiconductor. 2008. Vol. 14, № 10. P. 19–21.
3. Богданов А. А., Васильева Е. Д., Зайцев А. К. Мощные светодиоды и светотехнические изделия на их основе // Светотехника. 2007. № 3. С. 12–19.
4. Феопентов А. В., Богданов А. А. Эффективность белых светодиодов // Светотехника. 2007. № 4. С. 32–34.
5. Щукин Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 1992.
6. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. М., 1995.
7. ГОСТ ИСО 8995-2002. Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений. М.: Изд-во стандартов, 2002.

A. V. Solomonov, A. V. Feopentov

RESEARCH AND OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF POWER WHITE LIGHT-EMITTING DIODE

The relationships between experimental and theoretical efficiencies of light energy conversion in white LED and its emission color were investigated. The optimization of luminous and color parameters of LED was made on the base of earlier theory developed for the estimation of conversion efficiency. The range of emission color was found which is optimal in respect of the luminous flux and the color perception.

White LED, conversion efficiency, luminous flux, emission color



УДК 621.391.24

Ф. С. Вельмискин, А. И. Солодовников

МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Рассматривается структура математической обработки диагностических данных с формированием спектральных информативных признаков и применением статистического и спектрального эталонов. Показано, что такой подход к решению задачи позволяет существенно повысить достоверность классификации анализируемых данных о состоянии диагностируемого объекта.

Диагностические данные, информативные признаки, ортогональное преобразование, статистический и спектральный эталоны, классификация

Одной из важнейших в проблеме обеспечения надежности разного рода технических объектов (в энергетике, транспорте) является задача диагностирования их состояния. К основным известным методам решения задачи диагностирования можно отнести статистический [1] и спектральный [2]. Первый из них требует значительного накопления реализаций диагностических данных в каждом их классе для получения соответствующего классифицирующего статистического эталона, что зачастую затруднительно из-за ограничения длительности проведения экспериментов на диагностируемом объекте. К другому более существенному недостатку этого метода следует отнести сравнительно низкий показатель по достоверности классификации анализируемых данных, который не превышает в среднем 80 %.

Спектральный метод по структуре обработки данных не отличается от статистического. В его основе лежит спектральное преобразование Фурье, которое из всех известных ортогональных преобразований инвариантно к временному сдвигу анализируемой выборки сигнала, что отвечает реальным условиям при диагностировании объектов. Селективное же свойство преобразования Фурье способствует повышению достоверности классификации диагностических данных, показатель которой для этого метода в среднем составляет 85 %.

Из приведенных данных с очевидностью следует необходимость совершенствования методов обработки диагностической информации с целью повышения качества ее анализа.

Далее излагается подход к задаче диагностирования, обеспечивающий более эффективное ее решение. Он отличается применением двух эталонов: статистического и спектрально-

го классифицирующего, вычисляемых для каждого класса анализируемых сигналов на этапе обучения системы диагностики. Соответствующая структура операций цифровой обработки сигнала, регистрируемого при заданном i -м состоянии объекта, показана на рис. 1.

Предполагаем, что для операции по выборке реализаций сигнала представительность их временных интервалов заранее установлена [3]. В данном случае статистический эталон, являющийся носителем информативного содержания анализируемого сигнала, вычисляется в виде усредненной и нормированной корреляционной функции, выражаемой вектором

$$\hat{\mathbf{R}}_{\text{эт}i} = [r_0, r_1, \dots, r_{N-1}]^T,$$

где i – номер заданного состояния объекта и соответствующего ему класса диагностических сигналов; $N = 2^n$ – размерность вектора.

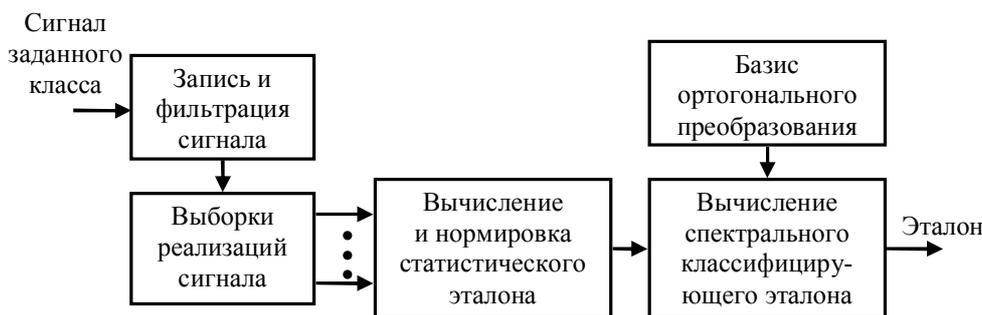


Рис. 1

Возможно также использование и других статистических характеристик [1].

Отметим, что введенный в систему обучения статистический эталон является не только информативным носителем, но и однозначно закрепляет интервал вычислений на последующих операциях обработки, обеспечивая их инвариантность к временному сдвигу выборок реализаций анализируемого сигнала.

Процесс обучения системы диагностики при заданном классе сигнала завершается вычислением спектрального классифицирующего эталона, формируемого из статистического путем его ортогонального преобразования, которое может выполняться в рассматриваемой структуре в любых базисах, в том числе и неинвариантных к временному сдвигу сигнала. Это позволяет выбрать из них наиболее приспособленный к решаемой задаче.

На рис. 2 представлена структура операций обработки анализируемого диагностического сигнала, выполняемых при диагностировании объекта согласно предлагаемому методу. В рассматриваемой схеме из выборки анализируемого сигнала $\mathbf{X}_i = [x_0, x_1, \dots, x_{N-1}]^T$ с размерностью N вычисляется оценка статистической (здесь – корреляционной) характеристики $\hat{\mathbf{R}}_i$, которая подвергается нормировке и ортогональному преобразованию в выбранном базисе:

$$\mathbf{Y}_i = \mathbf{H} \cdot \hat{\mathbf{R}}_i,$$

где \mathbf{H} – квадратная матрица оператора ортогонального преобразования размером $N \times N$; $\mathbf{Y}_i = [y_1, y_2, \dots, 0, 0]^T$ – вектор спектральных коэффициентов.

В результате этой операции в спектральной области формируются информативные признаки $\mathbf{Y}_{\text{инф}}$, выражаемые взаимно независимыми (некоррелированными) компонентами и инвариантными к временному сдвигу анализируемой выборки сигнала, делимость которых на завершающем этапе их классификации повышается.

Применение быстрых вычислительных процедур, реализующих ортогональные преобразования, например алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ) [4], [5], повышает оперативность обработки данных, что важно при диагностировании объектов и обеспечивается благодаря факторизованному представлению матричного спектрального оператора \mathbf{H} [2]:

$$\mathbf{H} = \mathbf{G}_n \dots \mathbf{G}_2 \mathbf{G}_1 = \prod_{i=1}^n \mathbf{G}_i,$$

где \mathbf{G}_i – разреженная нулями и далее неразложимая матрица размером $N \times N$.

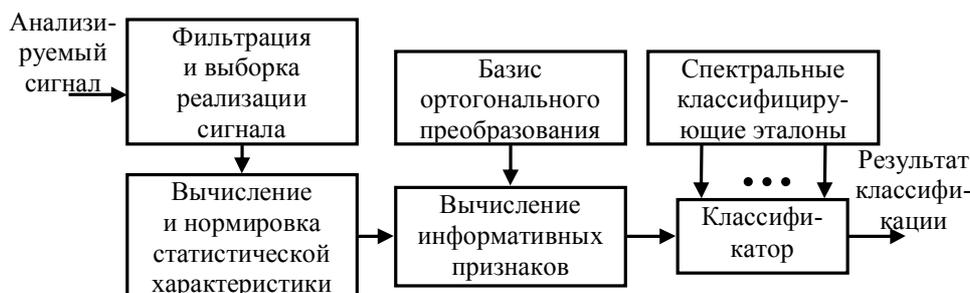


Рис. 2

Декоррелирующее свойство, определяемое ортогональностью применяемого преобразования, в области ортогонального отображения преобразуемых данных обеспечивает взаимонезависимость спектральных компонент, пропорционально энергетическим уровням которых за счет свойства релевантности [4] распределяется количественное содержание исходной информации. Рассмотренные свойства позволяют производить отбор (селекцию) информативных признаков в спектральной области несколькими способами. Появляется возможность выбором базисной системы ортогонального преобразования (селективное свойство), наиболее соответствующей типу анализируемых сигналов, существенно сокращать их размерность без потери их общего информативного содержания. При этом можно исключить малозначимые спектральные компоненты. Также размерность информативных признаков сокращается выделением наиболее информативных участков (областей) в первоначальном спектре.

Ниже приводятся результаты экспериментальной проверки предлагаемой системы диагностики для примеров вибрационного (*a*) и стохастического (*b*) сигналов, показанных на рис. 3, с применением различных базисных систем для ортогонального преобразования. При этом набор исследованных классов сигналов не был ограничен указанными. В операции классификации использовался среднеквадратический критерий.

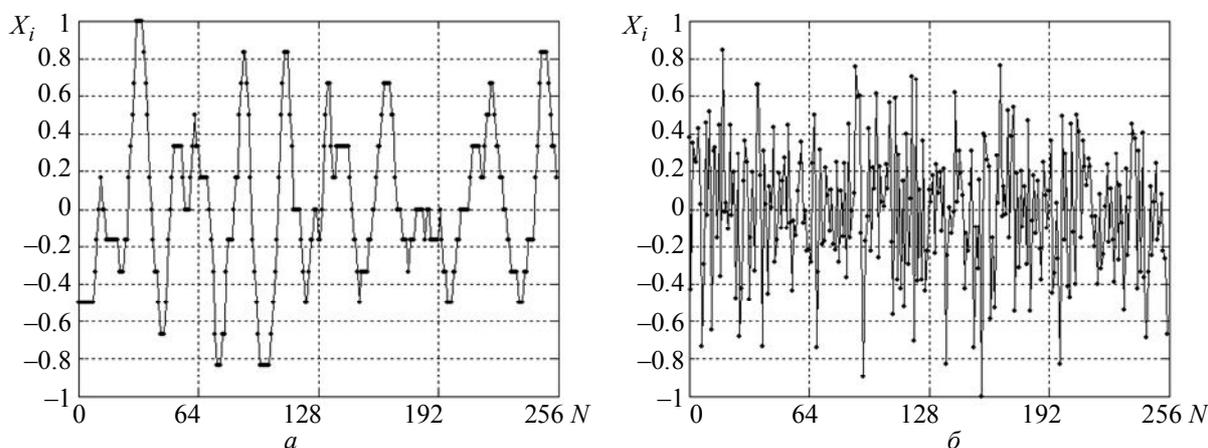


Рис. 3

Размерность выборок рассмотренных сигналов $N = 2^n = 256$. На рис. 4 приведены их корреляционные функции (a и b соответственно). В качестве вычислительного инструмента при выполнении экспериментов по обработке анализируемых данных использовался программный пакет MATLAB 6.5 [4].

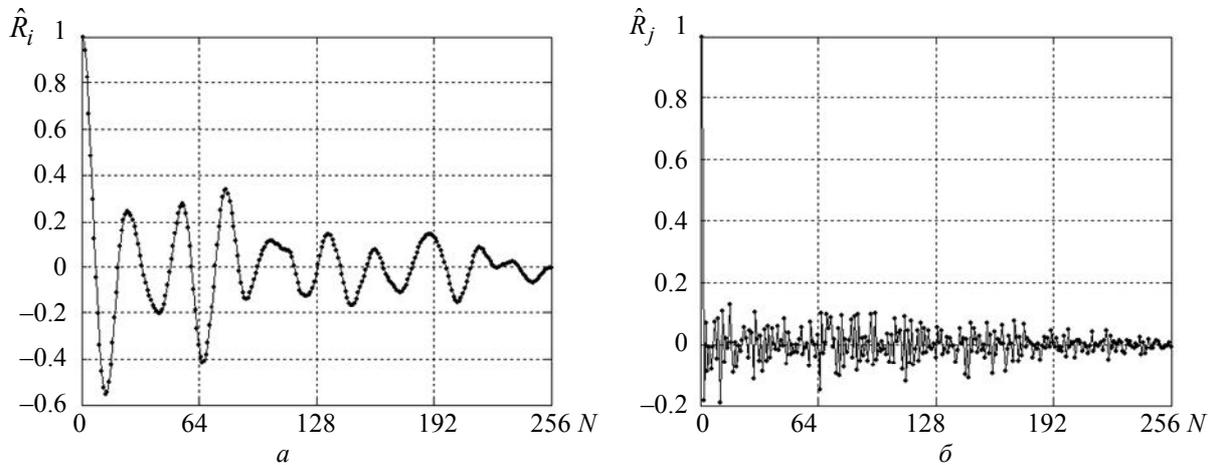


Рис. 4

Ниже представлены спектры корреляционных функций вибрационного и стохастического сигналов в различных базисах: на рис. 5 – в косинусном базисе (a и b), а на рис. 6 – в вейвлет-базисе для модификации Добеши-8 (a и b) соответственно, где V – количество наиболее значимых спектральных компонент, которые выбираются в качестве информативных признаков.

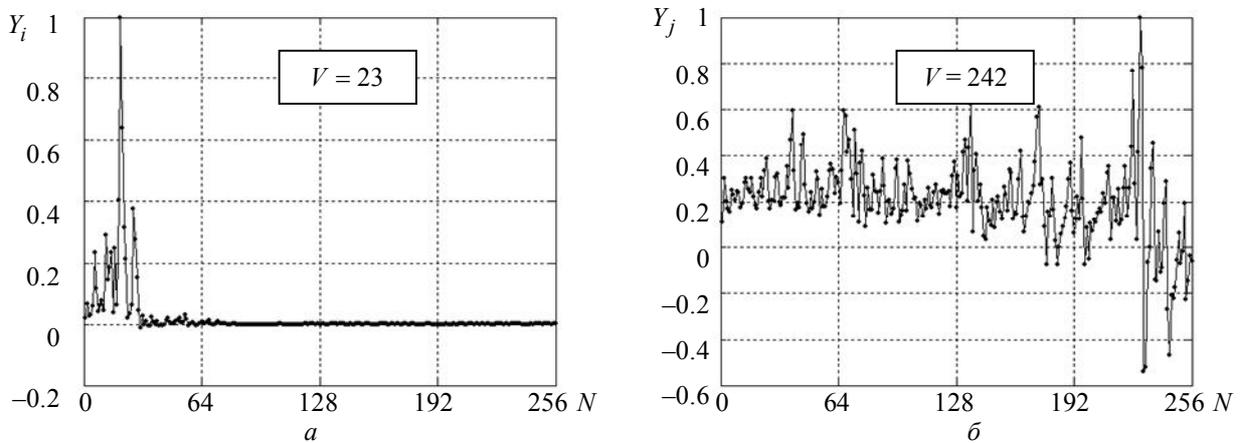


Рис. 5

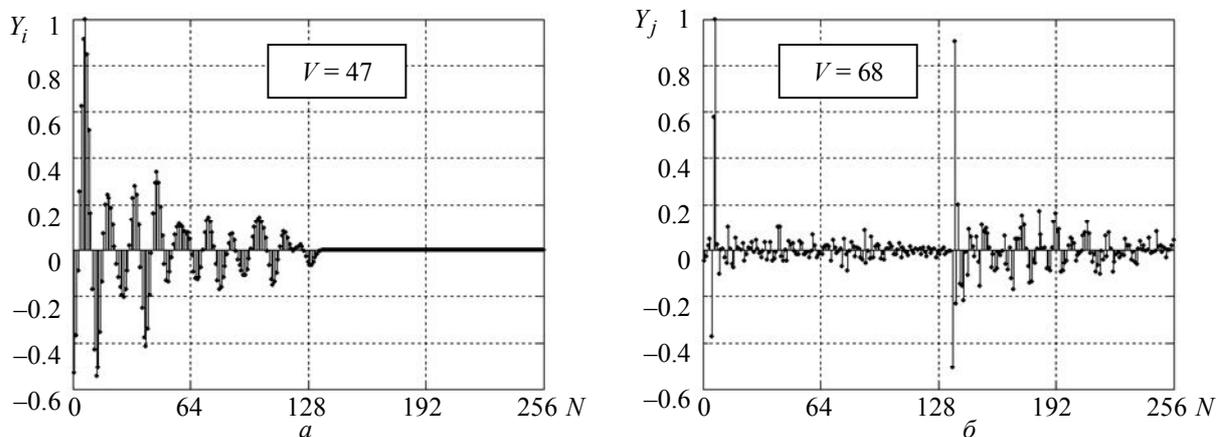


Рис. 6

Из этих рисунков следует, что наиболее приспособлены к ортогональному преобразованию статистических характеристик сигналов разного вида (близких к детерминированным и стохастическим) базисы вейвлет-функций, что определено их свойствами [4], [5] и проявляется в сокращении размерности информативных признаков более, чем в 3...4 раза.

При экспериментальном исследовании системы диагностики использовалось не менее 20 вариантов сигналов каждого исследуемого класса. Усредненные показатели классификации сигналов предлагаемой системой с применением различных базисов ортогональных преобразований представлены в таблице.

Базисы преобразования	Достоверность классификации сигналов, %
Фурье	81
Косинусный	84
Хаара	87
Вейвлет Симлет-2 и 8	92...95
Вейвлет Добеши-4 и 8	92...95

Как видно из таблицы, вейвлет-преобразование явно превосходит другие ортогональные преобразования по достоверности классификации анализируемых сигналов. Однако при анализе только тех сигналов, которые близки к детерминированным, вейвлет-базисы заметно уступают косинусному по компактности (локализованности или сосредоточенности) представления информативного содержания в спектральной области, а размерность информативных признаков уменьшается в случае применения косинусного базиса более, чем в 8 раз. Базис преобразования Фурье проигрывает остальным исследованным базисам как по показателю компактности спектрального отображения, соответствующего анализируемым сигналам разного вида, так и по достоверности классификации их информативных признаков.

Приведенные результаты исследования позволяют заключить следующее. За счет свойства декоррелируемости ортогонального преобразования информация о дефекте диагностируемого объекта может распределяться по одному или нескольким коротким интервалам в спектральной области. Благодаря же селективному свойству, выбором базиса, наиболее приспособленного к ортогональному преобразованию статистической характеристики, минимизируется количество спектральных компонент, из которых при формировании информативных признаков с учетом релевантности указанных преобразований отбрасываются составляющие с малой энергией. По результатам эксперимента существенное сокращение числа выборок сигналов на этапе обучения до 6–10 в зависимости от особенностей анализируемых сигналов не приводило к заметному снижению достоверности классификации. Лучшие показатели получены для вейвлет-преобразования, что и позволяет рекомендовать его для применения в рассмотренном методе решения задачи диагностирования, который может использоваться не только в области безразборной функциональной диагностики для технических объектов, но и в неинвазивной медицинской диагностике, например при анализе электрокардиограмм и электроэнцефалограмм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В. С., Мокийчук В. М. Исследование диагностических признаков в статистической диагностике изделий методом низкоскоростного удара // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2004. № 5. С. 58–60.

2. Алексеев А. А. Солодовников А. И. Диагностика в технических системах управления: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Б. Яковлева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1997.
3. Бендат Дж., Пирсол Л. Прикладной анализ случайных данных / Пер. с англ. М.: Мир, 1989.
4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: Учеб. для вузов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2007.
5. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. 2-е изд., перераб. и доп. М.: СОЛОН-Пресс, 2004.

F. S. Velmiskin, A. I. Solodovnikov

METHOD FOR DIAGNOSTING TECHNICAL OBJECTS

The structure of the mathematical processing of diagnostic data with the formation of spectral informative features and application of statistical and spectral standards is reviewed. It is shown that this approach to solving the problem allows to significantly improve the trustworthiness of classification of analyzed data about the state of diagnosed object.

Diagnostic data, informative features, orthogonal transformation, statistical and spectral standards, classification

УДК 519.81

Е. А. Бурков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУБЪЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Представлен подход, направленный на выявление субъективности и надежности оценок экспертов. Подход основан на анализе статистических данных с использованием интервальных оценок, а также теории случайных множеств.

Нечеткие множества, субъективность, погрешность оценивания, экспертные оценки

Основная гипотеза, лежащая в основе методологии экспертного оценивания, состоит в том, что оценка некоторой величины X , вычисленная агрегированием оценок множества экспертов, стремится к истинному ее значению.

Пусть имеется ряд экспертных оценок v_1, v_2, \dots, v_n некоторой величины X , прямое измерение значений которой невозможно, где v_i – оценка величины X , выставленная i -м экспертом. Тогда

$$\bar{v} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} x,$$

где $\bar{v} = z(v_1, v_2, \dots, v_n)$ – агрегированная оценка n экспертов; x – истинное значение величины X .

Предположим, что эксперт может достаточно точно оценить значение величины X с поправкой на погрешность (ошибку), т. е.

$$\varepsilon_i = v_i - x, \tag{1}$$

где ε_i – случайная величина, представляющая собой погрешность оценивания i -го эксперта.

Будем считать, что данная погрешность имеет две составляющие:

$$\varepsilon_i = \theta_i \pm \xi_i, \tag{2}$$

где θ_i – систематическая ошибка оценивания, вызванная субъективными особенностями данного эксперта и представляющая собой математическое ожидание величины ε_i ; ξ_i – случайная ошибка, обусловленная воздействием ряда случайных факторов и представляющая собой центрированную случайную величину.

Пусть задача экспертов состоит в оценке объекта экспертизы по определенному показателю качества. В результате опроса всех n экспертов будет получен набор экспертных оценок – v_1, v_2, \dots, v_n . По выражению (1) вычисляются численные значения ошибок, допущенных экспертами при оценивании объекта данной экспертизы. Истинное значение оцениваемого параметра объекта экспертизы неизвестно, поэтому в соответствии с основной гипотезой экспертного оценивания следует подставить \bar{v} вместо x в выражение (1) (\bar{v} может быть вычислено, например, как средняя оценка по множеству экспертов):

$$\varepsilon_i = v_i - \bar{v}.$$

Как правило, объекты экспертизы оцениваются не по одному, а по нескольким показателям качества, которые могут иметь различные шкалы, поэтому для исключения зависимости погрешности от шкалы необходимо перейти к приведенной погрешности оценивания:

$$\delta_i = \frac{\varepsilon_i}{r} = \frac{v_i - \bar{v}}{r}, \quad (3)$$

где r – ширина шкалы оценок показателя качества, по которому вычисляется погрешность эксперта. Таким образом, могут быть вычислены приведенные погрешности всех экспертов: $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$.

Обозначим погрешность i -го эксперта при оценивании j -го объекта через δ_{ij} . Тогда по результатам оценивания i -м экспертом набора из m объектов можно с помощью (3) найти $\delta_{i1}, \delta_{i2}, \dots, \delta_{im}$, которые представляют собой конкретные значения случайной величины Δ_i , т. е. погрешности оценивания i -го эксперта по рассматриваемому показателю качества. Зная $\delta_{i1}, \delta_{i2}, \dots, \delta_{im}$, можно используя непараметрический подход [1] вычислить интервальную оценку математического ожидания погрешности эксперта по данному показателю качества, которое будем считать систематической составляющей погрешности. Нижняя доверительная граница математического ожидания погрешности эксперта имеет вид

$$\bar{\delta}_{i\text{low}} = \bar{\delta}_i - U(p) \frac{D_i}{\sqrt{m}}, \quad (6)$$

где p – доверительная вероятность нахождения истинного значения математического ожидания погрешности эксперта между нижней и верхней доверительными границами; $U(p)$ – число, заданное равенством $\Phi(U(p)) = (1+p)/2$, а $\Phi(t)$ – функция стандартного нормального распределения с математическим ожиданием, равным нулю, и дисперсией, равной единице¹;

$D_i = \sum_{j=1}^m (\delta_{ij} - \bar{\delta}_i)^2 / (m-1)$ – выборочная дисперсия погрешности эксперта.

¹ Например, при $p = 0,95$ имеем $U(p) = 1,96$. Таблицу значений функции $U(p)$ можно найти в большинстве источников по теории вероятностей и математической статистике (см., например, [3]).

В свою очередь, верхняя доверительная граница математического ожидания погрешности эксперта имеет вид

$$\bar{\delta}_{i\text{up}} = \bar{\delta}_i + U(p) \frac{D_i}{\sqrt{m}}. \quad (5)$$

Выражения (4) и (5) получены исходя из центральной предельной теоремы (ЦПТ) теории вероятностей и теоремы о наследовании сходимости [2]. Данные выражения являются асимптотическими, т. е. становятся тем точнее, чем больше объем выборки (число объектов экспертизы m). При этом вероятность попадания истинного значения математического ожидания погрешности эксперта между нижней и верхней доверительными границами асимптотически приближается к доверительной вероятности. Главным достоинством использованного непараметрического подхода является то, что его можно применять независимо от того, подчиняется рассматриваемая случайная величина (в данном случае погрешность оценивания) нормальному закону распределения (что далеко не всегда выполняется на практике) или нет.

Аналогичным образом можно найти интервальную оценку среднего квадратического отклонения (СКО) погрешности эксперта по рассматриваемому показателю качества. Нижняя доверительная граница СКО погрешности эксперта имеет вид

$$\sigma_{i\text{low}} = \sqrt{D_i - U(p)((\mu_4 - (D_i^{1/2}(m-1)/m)^4)/m)^{1/2}},$$

где μ_4 – выборочный четвертый центральный момент, т. е.

$$\mu_4 = \sum_{j=1}^m (\delta_{ij} - \bar{\delta}_i)^4 / m.$$

Верхняя доверительная граница СКО погрешности эксперта имеет вид

$$\sigma_{i\text{up}} = \sqrt{D_i^2 + U(p)((\mu_4 - (D_i^{1/2}(m-1)/m)^4)/m)^{1/2}}.$$

Таким образом, получаем, что с доверительной вероятностью p математическое ожидание погрешности эксперта лежит на интервале между $\bar{\delta}_{i\text{low}}$ и $\bar{\delta}_{i\text{up}}$, а СКО погрешности эксперта – между $\sigma_{i\text{low}}$ и $\sigma_{i\text{up}}$, т. е.

$$\bar{\delta}_i^* \in [\bar{\delta}_{i\text{low}}; \bar{\delta}_{i\text{up}}], \quad (6)$$

$$\sigma_i^* \in [\sigma_{i\text{low}}; \sigma_{i\text{up}}]. \quad (7)$$

Зная интервальные оценки математического ожидания (6) и СКО (7) погрешности эксперта можно в свою очередь, воспользовавшись теорией нечетких множеств², количественно оценить такие характеристики эксперта, как внутренняя субъективность, определяющая значение и знак систематической составляющей погрешности эксперта, и подверженность влиянию внешних случайных факторов, или стабильность эксперта, которая определяет значение случайной составляющей погрешности.

Введем нечеткое множество реалистичных оценок:

² Теория нечетких множеств представляет собой расширение классической теории множеств, предложенное Л. Заде (см. [4]).

$$R = \int_{\bar{\delta}_{i\text{low}}}^{\bar{\delta}_{i\text{up}}} \frac{\mu_R(\bar{\delta}_i)}{\bar{\delta}_i} d\bar{\delta}_i, \mu_R(\bar{\delta}_i) = t(\bar{\delta}_i, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \bar{\delta}_i < a, \\ (\bar{\delta}_i - a)/(b - a), & a \leq \bar{\delta}_i < b, \\ (c - \bar{\delta}_i)/(c - b), & b \leq \bar{\delta}_i < c, \\ 0, & \bar{\delta}_i \geq c, \end{cases}$$

где $\mu_R(\bar{\delta}_i)$ – функция принадлежности нечеткого множества R класса³ t .

Аналогично введем нечеткие множества завышенных (оптимистичных) и заниженных (пессимистичных) оценок:

$$O = \int_{\bar{\delta}_{i\text{low}}}^{\bar{\delta}_{i\text{up}}} \frac{\mu_O(\bar{\delta}_i)}{\bar{\delta}_i} d\bar{\delta}_i, \mu_O(\bar{\delta}_i) = \gamma(\bar{\delta}_i, b, c) = \begin{cases} 0, & \bar{\delta}_i < 0, \\ (\bar{\delta}_i - b)/(c - b), & b \leq \bar{\delta}_i \leq c, \\ 1, & \bar{\delta}_i > c, \end{cases}$$

$$P = \int_{\bar{\delta}_{i\text{low}}}^{\bar{\delta}_{i\text{up}}} \frac{\mu_P(\bar{\delta}_i)}{\bar{\delta}_i} d\bar{\delta}_i, \mu_P(\bar{\delta}_i) = L(\bar{\delta}_i, a, b) = \begin{cases} 1, & \bar{\delta}_i < a, \\ (b - \bar{\delta}_i)/(b - a), & a \leq \bar{\delta}_i \leq b, \\ 0, & \bar{\delta}_i > b. \end{cases}$$

Форма функций $\mu_R(\bar{\delta}_i)$, $\mu_O(\bar{\delta}_i)$ и $\mu_P(\bar{\delta}_i)$ зависит от подбора параметров a , b и c .

Используя функции принадлежности нечетких множеств O , P и R можно рассчитать коэффициенты оптимистичности, пессимистичности и реалистичности оценок i -го эксперта по l -му показателю качества, которые будут характеризовать влияние внутренней субъективности эксперта на оценки по данному показателю:

$$k_{il\text{opt}} = \frac{1}{\bar{\delta}_{i\text{up}} - \bar{\delta}_{i\text{low}}} \int_{\bar{\delta}_{i\text{low}}}^{\bar{\delta}_{i\text{up}}} \mu_O(\bar{\delta}_i) d\bar{\delta}_i,$$

$$k_{il\text{pess}} = \frac{1}{\bar{\delta}_{i\text{up}} - \bar{\delta}_{i\text{low}}} \int_{\bar{\delta}_{i\text{low}}}^{\bar{\delta}_{i\text{up}}} \mu_P(\bar{\delta}_i) d\bar{\delta}_i,$$

$$k_{il\text{real}} = \frac{1}{\bar{\delta}_{i\text{up}} - \bar{\delta}_{i\text{low}}} \int_{\bar{\delta}_{i\text{low}}}^{\bar{\delta}_{i\text{up}}} \mu_R(\bar{\delta}_i) d\bar{\delta}_i.$$

Если известна относительная значимость⁴ показателей качества, по которым оценивались объекты экспертизы, то для каждого i -го эксперта можно рассчитать обобщенные коэффициенты оптимистичности, пессимистичности и реалистичности:

$$\bar{k}_{i\text{opt}} = \sum_{l=1}^q w_l k_{il\text{opt}}, \bar{k}_{i\text{pess}} = \sum_{l=1}^q w_l k_{il\text{pess}}, \bar{k}_{i\text{real}} = \sum_{l=1}^q w_l k_{il\text{real}}, \sum_{l=1}^q w_l = 1,$$

³ Различные классы функций принадлежности нечетких множеств подробно рассмотрены в [5].

⁴ Для нахождения коэффициентов относительной значимости показателей качества может быть использован разработанный Т. Саати метод анализа иерархий (см. [6]).

где w_l – коэффициент относительной значимости l -го показателя качества. Таким образом, каждому эксперту будут поставлены в соответствие коэффициенты $(\bar{k}_{i\text{opt}}, \bar{k}_{i\text{pess}}, \bar{k}_{i\text{real}})$, характеризующие влияние внутренней субъективности эксперта на выставляемые им оценки. Эта информация может быть использована при решении задачи определения состава экспертной группы. В том случае, если для проведения экспертизы необходимо из g кандидатур отобрать $1 < m < g$ экспертов, которые войдут в экспертную группу, то должна быть решена задача минимизации:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^g (\bar{k}_{i\text{opt}} - \bar{k}_{i\text{pess}})x_i \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^g x_i = m, \\ x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й эксперт включается в группу,} \\ 0, & \text{если } i\text{-й эксперт не включается в группу.} \end{cases} \end{cases} \quad (8)$$

Целевая функция в (8) обеспечивает повышение достоверности результатов экспертизы за счет взаимного «погашения» внутренних субъективностей экспертов группы.

Если же для проведения экспертизы необходимо отобрать только одного эксперта из s рассматриваемых кандидатур, то в этом случае рационально выбрать того эксперта, у которого коэффициент реалистичности имеет наибольшее значение:

$$\bar{k}_{i\text{real}} = \max_j \{\bar{k}_{j\text{real}}\}.$$

Рассмотрим получение количественной оценки степени подверженности эксперта влиянию различных внешних случайных факторов, т. е. стабильности эксперта. Будем считать, что чем меньше значение СКО погрешности эксперта, соответствующей случайной составляющей погрешности оценивания в выражении (2), тем менее он подвержен воздействию случайных факторов и тем более достоверны выставленные им оценки. Введем нечеткое множество стабильных оценок:

$$S = \int_{\sigma_{i\text{low}}}^{\sigma_{i\text{up}}} \frac{\mu_S(\sigma_i)}{\sigma_i} d\sigma_i, \mu_S(\sigma_i) = \begin{cases} 0, & \sigma_i < 0, \\ 1 - 2(\sigma_i / c')^2, & 0 \leq \sigma_i < b', \\ 2((\sigma_i - c') / c')^2, & b' \leq \sigma_i < c', \\ 0, & \sigma_i \geq c'. \end{cases}$$

С помощью функции принадлежности нечеткого множества S можно рассчитать коэффициент надежности оценок i -го эксперта по l -му показателю качества:

$$k_{il\text{st}} = \frac{1}{\sigma_{i\text{up}} - \sigma_{i\text{low}}} \int_{\sigma_{i\text{low}}}^{\sigma_{i\text{up}}} \frac{\mu_S(\sigma_i)}{\sigma_i} d\sigma_i.$$

Используя коэффициенты относительной значимости показателей качества w_l для каждого i -го эксперта можно найти обобщенный коэффициент надежности его оценок и проверить выполнение следующего условия:

$$\bar{k}_{i\text{st}} = \sum_{l=1}^q w_l k_{il\text{st}} > \alpha_{\text{st}}, \quad (9)$$

где α_{st} – пороговое значение коэффициента надежности оценок, которое выбирается исходя из требований к надежности экспертных оценок в данной экспертизе⁵. Если условие (9) для рассматриваемого i -го эксперта не выполняется, то это значит, что данный эксперт не соответствует требованиям, предъявляемым к экспертам и к надежности их оценок. Следовательно, такого эксперта не следует включать в состав экспертной группы, так как это негативно отразится на надежности результатов экспертизы.

Предложенный в данной статье подход к анализу и обработке экспертных оценок призван снизить влияние субъективных особенностей экспертов на результаты экспертизы и тем самым повысить их объективность и достоверность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов А. И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2004.
2. Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях. М.: Наука, 1979.
3. Большев Л. Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983.
4. Zadeh L. A., Fuzzy sets // Information and Control. 1985. Vol. 8. P. 338–353.
5. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2004.
6. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь. 1991.

E. A. Burkov

DETERMINATION OF SUBJECTIVITY AND RELIABILITY OF EXPERT ESTIMATIONS BASED ON ANALYSIS OF STATISTICAL DATA

The paper presents an approach aimed at identifying the subjectivity and reliability of the estimates of experts. The approach is based on the analysis of statistical data using interval estimates and the theory of fuzzy sets.

Fuzzy sets, subjectivity, estimation error, expert estimations

УДК 658.512

***И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин,
Л. Н. Лозовой, А. В. Никитин***

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Рассмотрены текущее состояние и проблемы развития компьютерных информационных технологий в контексте задач автоматизированного проектирования изделий электроники (EDA). Дана оценка маршрутам проектирования компаний Cadence Design Systems и Synopsys с позиций создания наукоемких изделий электроники. Приведены отдельные примеры использования свойство-ориентированного языка описания аппаратуры (HW) на базе SystemC.

Автоматизация проектирования в электронике, свойство-ориентированный язык описания аппаратуры, система на кристалле, блоки многократного использования, инструментальная среда, управляемая разработкой (СУР)

Текущее состояние. Проблемы развития. Сформировавшаяся к настоящему времени стратегия развития компьютерных информационных технологий (КИТ) и систем EDA (Electronic Design Automation) как их составной части обладает множеством серьезных недостатков. Остановимся на ключевых.

⁵ В зависимости от строгости требований к надежности экспертных оценок в конкретной экспертизе можно рекомендовать брать пороговое значение коэффициента надежности оценок α_{st} в пределах от 0,5 до 0,75.

- *Проблемы синтеза, интеграции взаимодействия и комплексирования программных систем.* При решении проблем синтеза и интеграции множества созданных и применяемых информационных и вычислительных систем стали наиболее актуальными и острыми проблемы их осознанного взаимодействия – семантической интероперабельности (Semantic Interoperability), в частности организация обмена данными между информационными системами и полная автоматическая интерпретация принимающей системой смысла полученной информации.

В сегменте EDA наглядным примером такого подхода является программный комплекс, разрабатываемый и поставляемый компанией Cadence Design Systems. Отдельные его компоненты приобретались действующим поставщиком в разное время у различных разработчиков, затем производилась их стыковка, при этом в качестве интерфейса в основном использовались различные промежуточные файлы и базы данных со своими форматами. Все это привело к появлению системы с достаточно рыхлой структурой, которую Cadence старается описать различными способами.

Очевидно, эксплуатацию подобных универсальных систем EDA с поддержкой сквозного цикла проектирования могут позволить себе только очень крупные разработчики изделий электронной техники и вычислительных устройств, располагающие серьезными финансовыми ресурсами и содержащие большой штат высококвалифицированных специалистов.

- *Несоответствие этапов жизненного цикла создания программных систем реальным потребностям.* В настоящее время программные системы не успевают за изменениями реальной жизни. И пропасть эта растет: конкуренция заставляет ускорять сроки разработки, а сложность программных систем делает их все менее адаптивными.

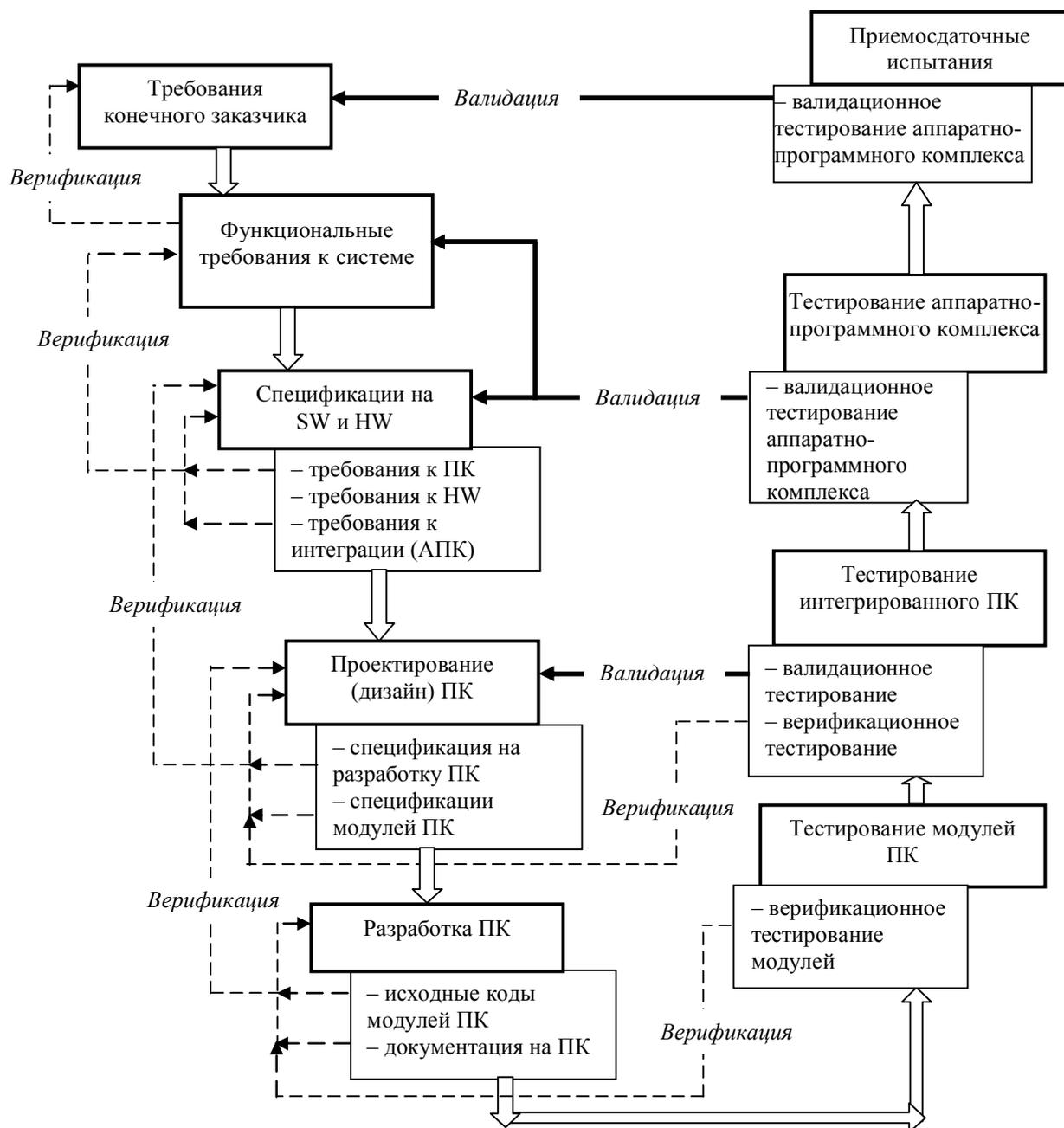
Многоэтапный традиционный жизненный цикл создания информационных систем (стандарты ИСО, ГОСТ [1], [2] и т. д.) (рисунок) принципиально не может обеспечить адекватности информационной системы динамично изменяемым требованиям. В частности, слабо учитывается итерационный характер разработки, что также сказывается на сроках и стоимости разработки программных комплексов.

Все это в полной мере относится и к рынку систем EDA. Первые версии многих модулей, входящих в состав систем основных разработчиков и поставщиков EDA (Synopsys, Cadence, Mentor Graphics), появились еще в 80-х или начале 90-х гг. XX в. Теперь эти поставщики вынуждены тратить значительные средства и содержать персонал для постоянного внесения изменений в действующие модули, приспособливаясь под новые технологии проектирования, новые вычислительные среды, выросшие габариты проектируемых устройств и т. п.

- *Несоответствие новых технологий производства изделий электронной техники и существующих технологий проектирования.* Появление новых технологий производства СБИС, новых проектных норм и правил, рост рабочих частот проектируемых изделий приводят к необходимости пересмотра технологий проектирования и разработки новых программных модулей.

Пример от компании Synopsys [3]: модуль Design Compiler использовался в течение многих лет для работы на уровне логических элементов (см. далее *Сквозные маршруты проектирования*). Однако Design Compiler может работать только на технологических проект-

ных нормах не менее 0,25...0,18 мкм. На технологиях следующего уровня, с разрешением менее 0,18 мкм, начинают проявляться более тонкие физические эффекты. Для работы на этих субмикронных технологических уровнях компании пришлось разработать заново новый модуль – Physical Compiler. В отличие от Design Compiler этот инструмент использует библиотеки топологического уровня и синтезирует не только список цепей (Netlist), но и реальное размещение элементов на кристалле.



А ведь сегодня актуальными являются технологические проектные нормы 45 нм, на которых уже начинают проявляться очень тонкие эффекты атомного уровня, а в перспективе – разработка и внедрение вычислительных систем с использованием квантовых эффектов (системы на квантовых ячейках или квантовые компьютеры). Подходящего ПО промышленного уровня для поддержки квантовых технологий пока нет, оно еще только разрабатывается, хотя дискуссии о квантовых вычислениях ведутся уже в течение ряда лет.

- *Проблема роста сложности проектируемых объектов и ограниченной масштабируемости существующих систем EDA.* Начиная с 1965 г. в электронной промышленности достаточно стабильно выполняется так называемый закон Мура (Гордон Мур – один из основателей Intel), а именно: количество транзисторов на кристалле удваивается каждые 2 года, т. е. налицо экспоненциальный рост сложности проектируемых изделий. Так, современные кристаллы процессоров (Dual-Core Itanium 2, Quad-Core Itanium Tukwila, GT200, RV770) содержат свыше одного миллиарда транзисторов.

Очевидно, что для проектирования кристаллов такой сложности необходимо использовать чрезвычайно мощные вычислительные ресурсы, на сегодняшний день недоступные в виде централизованной вычислительной системы. Необходимо реализовать распределенную обработку и перейти к сетевцентрической парадигме построения систем EDA. В качестве базы для построения новой парадигмы могут быть использованы GRID-инфраструктуры (в которых объединенные в сеть вычислительные ресурсы распределяются между потребителями на арендной основе) или же проекты типа @home, в которых тысячи энтузиастов участвуют в различных проектах и предоставляют вычислительные мощности своих компьютеров, подключенных к Интернету, для совместных расчетов.

Очевидно также, что такая распределенная разработка возможна только посредством реализации технологий распараллеливания вычислительных операций и процедур. Проще всего параллельные вычисления реализуются с использованием технологий функционального программирования (языки Haskell, OCaml, F#). Внедрению параллельных вычислений способствует также тот факт, что синхронные цифровые устройства имеют ярко выраженный параллельный характер своего функционирования, поэтому алгоритмы их моделирования также могут быть распараллелены.

- *Проблемы развития и использования Интернет-технологий (семантических сетей, онтологий, web-сервисов и т. д.).* Интернет – замечательное инфраструктурное коммуникационное решение. Однако именно Интернет многократно повысил эффективность формирования информационно-контентного хаоса, обострил информационную аллергию и ухудшил перспективы интеграции различных программных объектов и сетей. Растущая энтропия науки становится реальностью.

Использование сервис-ориентированных архитектур (SOA – Service-Oriented Architecture), семантических и социальных сетей, онтологий формирует очередные субъективные принципы представления одних и тех же данных и функций. По-прежнему остаются нерешенными вопросы динамического изменения их структуры, неуправляемой избыточности, интеграции и взаимодействия.

Все вышеперечисленное ограничивает возможности организации взаимодействия разработчиков и экспертов в распределенных средах и резко снижает возможности как получения новых знаний, так и реализации уже имеющихся и доступных по сети проектов (прежде всего, готовых IP-блоков, находящихся в открытом доступе).

- *Резюме.* Очевидно, что если существует проблема взаимодействия N фрагментарно созданных систем, то ее невозможно решить, добавив к ним еще M таких же разрозненных интеграционных систем. Так проблема только усугубляется. Торможение прогресса в КИТ в целом и в вопросах проектирования и использования САПР в частности обусловлено не

только технологическими проблемами и уже сделанными колоссальными вложениями, но и человеческими и корпоративными локальными интересами в получении дальнейшего финансирования, власти, влияния, приоритетов, авторства, информации и т. п.

Перспективные направления развития систем EDA. Ранее был перечислен ряд проблем, присущих современному состоянию рынка систем EDA. Рассмотрим 4 тенденции, показывающие перспективные направления развития таких систем.

1. *Использование свойство-ориентированного языка описания аппаратуры на примере SystemC.* При разработке таких сложных электронных систем, как, например, SoC – система на кристалле, приходится создавать программную и аппаратную части. Возникает необходимость в универсальном языке программирования, пригодном для описания как поведенческих моделей системы, так и оборудования и программ, работающих на нем.

В качестве начального шага был разработан язык, позволяющий описывать «железо», используя синтаксис C/C++. Такой шаг позволит упростить разработку аппаратуры, так как разработчику не придется изучать специальный язык HDL. А при наличии поведенческой модели на C++ возможно использование готового кода с минимальными изменениями.

Изначально библиотека SystemC разрабатывалась для реализации полного цикла разработки, начиная от модели системы и физических объектов и заканчивая моделью ОС реального времени и аппаратной части. Так же, как и для других высокоуровневых языков HDL, для синтеза может быть использован только ограниченный набор конструкций языка. Для того чтобы ознакомиться с этим подмножеством, лучше всего воспользоваться описанием синтеза с SystemC от Synopsys [4].

Независимо от языка RTL-описания результатом синтеза является список соединений между триггерами, защелками и логическими элементами, поэтому синтезируемые подмножества Verilog, VHDL и SystemC совпадают по смыслу и отличаются только синтаксисом описания. Возможно, что разработка поведенческого синтеза расширит возможности SystemC для описания аппаратуры, но в настоящее время следует ориентироваться на привычные и широко используемые RTL-описания.

Для понимания синтаксиса SystemC следует разбираться в C++, так как любая конструкция SystemC является синтаксически верной конструкцией C++, особое внимание следует обратить на классы и шаблоны (templates).

В качестве примера приведем описание триггера с синхронным сбросом на SystemC:

```
#include <system.h>
SC_MODULE (dffsr)
[
  sc_in<bool> in_data, reset;
  sc_out<bool> out_q;
  sc_in<bool> clock; // clock port
  // Method for D-flip-flop
  void dff();
  // Constructor
  SC_CTOR(dffsr)
  [
    SC_METHOD(dff);
    sensitive_pos << clock;
  ]
];
```

```

void dffsr::dff()
[
  if (reset.read()) out_q.write(0);
  else out_q.write(in_data.read());
]

```

В дополнение к RTL-синтезу в будущем предполагается наличие поведенческого синтеза, который не требует от пользователя знаний об элементарных ячейках (триггерах, защелках и логических элементах) и автоматически разбивает проект на соответствующие модули, создает тактовые сигналы и т. п. Возможно, что это направление будет очень полезным.

При моделировании цифровых схем (или любых других систем) отсутствуют ограничения, накладываемые на описание RTL-кода.

Для моделирования систем передачи информации существуют каналы и интерфейсы. Это позволяет моделировать различные слои протоколов обмена.

Для моделирования вычислений с фиксированной точкой существуют классы SystemC, позволяющие проводить вычисления с фиксированной точкой с любой разрядностью и любой позицией десятичной точки.

При моделировании ОС реального времени используются потоки вычислений (THREAD), семафоры, очереди и модель невытесняющей многозадачности.

SystemC выглядит удачной альтернативой известным языкам HDL и может использоваться в качестве системного языка разработки от модели до готового изделия. В библиотеке реализовано много классов для моделирования различных этапов разработки SoC, в особенности для систем связи и обработки сигналов. К плюсам следует отнести то, что для моделирования не требуется симулятор, а к минусам – то, что средства синтеза для SystemC распространены меньше, чем для специализированных HDL-языков. Однако производители начинают поддерживать RTL SystemC – в настоящее время продается компилятор CoCentric от Synopsys или продукция Forte Design Systems.

2. Сквозные маршруты проектирования. Возможности построения сквозного маршрута проектирования сложного современного устройства (типа SoC, или FPGA) с применением свойство-ориентированного языка описания оборудования SystemC рассмотрим на примере маршрута компании Synopsys (в настоящее время является лидером разработки и поставки программных комплексов на рынке EDA, у компаний Cadence Design Systems и Mentor Graphics 2-е и 3-е места соответственно).

Маршрут проектирования Synopsys [3] включает в себя системный уровень (разработка и отладка системы на концептуальном и функциональном уровнях, отработка ТЗ системы как для аппаратной, так и для программной ее частей, совместная верификация ПО и аппаратуры), уровень регистровых передач RTL (разработка синтезируемого описания аппаратной части СБИС), уровень логических элементов (разработка логического проекта СБИС) и топологический уровень (разработка топологического проекта размещения и трассировки на кристалле). Synopsys предоставляет свыше 50 различных инструментов разработки и верификации СБИС.

Аналогичные маршруты проектирования предлагают и другие основные игроки рынка EDA, например компания Cadence Design Systems.

3. *Использование IP-блоков.* IP-блоки – готовые блоки для построения различных цифровых устройств. Аббревиатура IP (часто возникает путаница с названием IP-протокола стека TCP/IP) произошла от Intellectual Property, что обозначает интеллектуальную собственность, принадлежащую фирме-разработчику.

IP-блок – это некий законченный фрагмент RTL-описания, netlist или топологии кристалла, который лицензируется фирмой-разработчиком, спроектировавшим его, для возможности использования сторонними разработчиками при создании других цифровых устройств (см., например, [5]). При этом стоимость первичной разработки делится на всех заказчиков, использующих данный IP-блок, что приводит к ускорению разработок новых IP-блоков с одной стороны, и к экономии ресурсов сторонних разработчиков – с другой, так как отпадает необходимость в повторных разработках.

Аналогами IP-блоков являются стандартные библиотеки в программировании.

IP-блоки представляют собой яркий пример организации распределенной совместной разработки, тем более что часть этих блоков является лицензионно открытой (аналог программ с открытым исходным кодом, GPL-лицензия) и находится в свободном доступе в Интернете для всех заинтересованных пользователей.

4. *DDF.* На кафедре САПР СПбГЭТУ «ЛЭТИ» авторами предложен ряд оригинальных проектных решений «инструментальных сред», управляемых разработкой (СУР) с использованием технологий виртуализации (VI-технологий), английская аббревиатура – DDF (Design Driven Framework). СУР – это инструменты проектирования уровня middleware, способные взять на себя определенную работу по генерации описания более низкого уровня, исходя из высокоуровневого представления объекта проектирования, а также генерации поведенческой модели из описания объекта проектирования с ее последующей реализацией в виде исполняемого модуля. При этом вычислительная модель опирается не на стандартные для объектно-ориентированных языков взаимодействия типа «метод–сообщение», а на взаимодействие «событие–обработчик», свойственное СОА – сервис-ориентированной архитектуре.

Резюме. Очевидно, что используемая сегодня парадигма проектирования в современных промышленных системах EDA завела в тупик и требует серьезного пересмотра. Предлагаемая авторами концепция комплементарного проектирования, опирающаяся на опыт, накопленный разработчиками по ряду перспективных направлений развития систем EDA, позволяет прорвать возникший замкнутый круг и создавать и настраивать распределенную среду проектирования параллельно с разработкой самого объекта проектирования.

Выводы. Используемая сегодня парадигма проектирования в современных промышленных системах EDA требует серьезного пересмотра. Развиваемая авторами на кафедре САПР концепция комплементарного проектирования, опирающаяся на опыт, накопленный разработчиками по ряду перспективных направлений развития систем EDA, и достижения фундаментальной и прикладной наук, имеет следующие отличительные особенности:

– ведущим принципом является принцип дополнительности, предполагающий сочетание несочетаемых в традиционном смысле признаков и требующий применения идеологии последовательных метасистемных переходов в проектной деятельности;

– отход от инструментов в рамках ОАП, где фундаментальным средством абстракции является класс, к инструментам, где в этом качестве выступает более «крупное» понятие – специфическая для отдельного приложения DDF. DDF предлагает разработчику номенклатуру вопросов, отвечая на которые в диалоге, он автоматически получает фрагмент работоспособного проекта;

– компоненты-модули не просто инкапсулируют функциональность и данные, но могут быть динамически встраиваемыми. Принципиальным является динамическая природа возникающей ситуации: функциональность системы формируется и предоставляется на арендной основе тогда, когда у исполнителя возникла в ней потребность, при этом немедленно осуществляется исполнение. Как следствие, на первый план выходят динамически компилируемые и исполнимые на различных платформах языки с компонентами в качестве базисных сущностей и методами-обработчиками событий, а также соответствующие предметным областям языки функциональных спецификаций с привлечением неаристотелевой логики и квантовой математики;

– параллельно реальной эволюции создаваемого изделия, но несколько опережая его, те же фазы жизненного цикла претерпевает его прототип, материально воплощенный в VI-среде, и в соответствующие периоды жизненного цикла имеющий свои названия: концепция (замысел, функциональная спецификация, технические требования, эскизный проект и т. п.), техническое задание, проект объекта, проект анализа поведения и развития, проект заключительных стадий жизненного цикла объекта. На каждой фазе жизненного цикла вырабатываются свои типовые проектные процедуры;

– проектирование имеет возможность одновременно рассматривать несовместимые стороны объекта, формировать только некоторые его фрагменты (подсистемы), оставляя без внимания остальные, при этом создаются разрозненные описания, отражающие отдельные стороны объекта, выполняемые этими подсистемами функции, принципы структуризации и функционирования объекта. Разрабатываемые варианты сопоставляются между собой и объединяются проектировщиком в единое целое на основе собственных предпочтений, что позволяет ему формировать свое видение создаваемого прототипа объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 16326-2002.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99.
3. Кравченко В., Радченко Д. САПР компании Synopsys. Основные средства и возможности // ЭЛЕКТРОНИКА: наука, технология, бизнес. 2003. № 5. С. 31–33.
4. Емец С. Использование языков программирования С или С++ для HDL-описания - будущий стандарт или неудачный эксперимент? // Компоненты и технологии. 2002. № 9. С. 1–6.
5. Иванов А. Среда проектирования компании Cadence. Общий обзор // ЭЛЕКТРОНИКА: наука, технология, бизнес. 2003. № 5. С. 28–30.

I. V. Gerasimov, S. A. Kuzmin, L. N. Lozovoy, A. V. Nikitin

COMPUTER INFORMATION TECHNOLOGIES IN CONTEXT OF ELECTRONICS PRODUCTS DESIGN AUTOMATION

Current state and development problems of computer information technologies in context of electronics products design automation (EDA) problems are considered. The evaluation of design routes of companies Cadence Design Systems and Synopsis from positions of high-technology electronics products creation is given. Some examples of using the hardware (HW) description property-oriented language based on SystemC are given.

Electronic Design Automation (EDA), SystemC, System on Ship (SoC), Intellectual Property (IP)-blocks, Design Driven Framework (DDF)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ КОНТЕКСТОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

Описывается подход к проектированию проблемно-ориентированных информационных систем, основанный на использовании онтологических контекстов, рассматриваются возможные варианты использования контекстного подхода.

Проблемно-ориентированные информационные системы, контекстный подход, онтология

Понятие контекста. Словарь Вебстера определяет контекст как совокупность взаимосвязанных условий, в которых что-то существует или происходит. Имеются и более полезные с практической точки зрения определения понятия «контекст», например: контекст – это любая информация, которая может быть использована для характеристики ситуации, в которой может находиться некоторая сущность. Контекст может содержать такую информацию, как место, время, доступные вычислительные и телекоммуникационные ресурсы. Следует отметить, что имеется ряд других определений. Можно выделить 2 основных альтернативных подхода к использованию контекстов в рамках информационных систем (ИС). Первый подход предусматривает применение контекстов в процессе функционирования ИС, а второй – при проектировании ИС, например в качестве инструмента настройки САПР. В первом случае речь идет о системах, реализующих контекстно-зависимое поведение (context-aware systems), или о контекстно-ориентированном программном обеспечении (context-aware software), а во втором – о контекстно-ориентированных методологиях проектирования (context-aware development).

Контекстно-зависимое программное обеспечение можно определить как программные системы, в которых механизм использования контекстной информации прозрачен для пользователя [1].

Идея, связанная с использованием контекстов, известна достаточно давно и развивается в основном применительно к системам, реализующим контекстно-зависимое поведение. Существенные успехи в области построения контекстно-ориентированных систем достигнуты в процессе выполнения европейского проекта CONTEXT [1]. Применительно к системам искусственного интеллекта начало использованию контекстного подхода положила Тьринговская лекция Дж. МакКарти (J. McCarty) 1971 г., основная идея которого заключается в использовании оператора *ist*. Выражение *ist (i, p)* читается как «*p* истинно в контексте *i*».

Использование контекстного подхода. На сегодняшний день известно множество вариантов интерпретации понятия «контекст» и использования контекстно-ориентированного (context-aware) подхода [1], [2]. Данный подход находит применение в таких областях, как системы управления компьютерными сетями, системы поддержки принятия решений, системы e-learning, многоагентные системы. Одна из основных проблем при практическом использовании контекстного подхода – это сложности, связанные с получением, представлени-

ем и обработкой контекстной информации (контекстного знания). Наиболее широко контекстно-ориентированный подход применяется в системах мобильной связи, для работы с которыми создан ряд фреймворков, таких, как SOCAM (Service-Oriented Context-Aware Middleware, CoBrA (Context Broker Architecture и Context Toolkit [2]. Имеются работы, посвященные применению онтологий для построения информационно-управляющих систем (ИУС), работающих с контекстами и, в частности, с онтологическими контекстами [3].

Предлагаемый подход. Предлагаемый контекстно-онтологический подход ориентирован на использование в интеллектуальных ИУС (Management Information Systems) на всех основных этапах их жизненного цикла включая этап разработки. Под интеллектуальными ИУС понимаются системы, использующие механизмы работы со знаниями, обеспечивающие выдачу консолидированных данных, которые могут использоваться для поддержки принятия решений и формирования отчетов на основе данных из различных независимых источников [4].

Отличительные особенности предлагаемого подхода:

- использование контекстных описаний на этапах проектирования и эксплуатации;
- применение многоуровневого контекста;
- использование онтологического описания для описания контекста;
- использование при работе с контекстами трех базовых понятий: контекст, контент и контракт, при этом под контентом понимается исходная онтология, под контекстом – добавляемая, а под контрактом – результирующая онтология.

В процессе проектирования и эксплуатации предполагается использование трех основных типов онтологий: доменная (domain ontology), онтология задач (problem ontology), онтология методов (method ontology). Их совокупность образует рабочую онтологию (application ontology): $O_a = \{O_d, O_p, O_m\}$, где O_a – рабочая онтология, O_d – доменная онтология, O_p – онтология задач, O_m – онтология методов. При этом O_d описывает сущности, относящиеся к рассматриваемой предметной области, и отношения между ними; O_p – задачи, относящиеся к рассматриваемой предметной области. Описание задачи включает описание ее структуры, т. е. подзадач, на которые можно разложить решаемую задачу, а также исходные данные и результаты; O_p можно рассматривать как совокупность множества контекстов и условий их применения; O_m содержит знания о способах решения задач. В узком смысле O_m можно рассматривать как реестр, содержащий описания интерфейсов компонентов, а также описания сервисов в терминах, например, UDDI, OWL-S и др.

Онтологический контекст (ОК). ОК C можно определить как $C = \{E, L, R, D\}$, где E – множество сущностей; L – множество отношений (связей) между ними; R – множество правил, включая правила использования контекста; D – множество данных.

Типы ОК. ОК можно классифицировать по следующим признакам: источнику данных, формирующим контекст, изменямости, ограничениям, накладываемым на структуру ОК.

ОК может формироваться из данных, поступающих от разных источников (приборный контекст, сетевой, пользовательский, географический и т. д.). С точки зрения изменямости ОК можно разделить на перманентный (неизменяемый) и темпоральный, который, в свою очередь, подразделяется на статический (медленно изменяющийся) и динамический (быстро изменяющийся).

Статические контексты остаются неизменными на протяжении рассматриваемых этапов жизненного цикла, динамические могут изменяться или формироваться в ходе решения задачи.

С точки зрения ограничений, накладываемых на структуру ОК, можно выделить следующие типы: вырожденный контекст, дополняющий, углубляющий, произвольный (смешанный) контекст.

Вырожденный контекст содержит только данные, дополняющий – расширяет онтологию «в ширину», а углубляющий – «в глубину». Произвольный контекст расширяет онтологию как «в глубину», так и «в ширину».

ОК, не содержащий данных, именуется абстрактным, иначе – прикладным.

Контекстный стиль программирования. Если рассматривать предлагаемый контекстно-онтологический подход с точки зрения программной архитектуры, то его можно классифицировать как частный случай архитектурного стиля «конвейер и фильтры» (pipes and filters) [5]. Обобщенная структура контекстно-онтологической обработки показана на рис. 1. Конвейер обработки может содержать любое число ступеней. На каждой ступени выполняется операция по слиянию контента и контекста. Результатом взаимодействия является контракт. На первой ступени в качестве контекста выступает запрос, хотя, по существу, запрос включает контекст. Обычно на всех ступенях обработки, кроме последней, используется абстрактный контекст, а на последней ступени добавляются данные, преобразующие абстрактный контекст в оперативный.



Рис. 1

Операции с ОК. В самом общем виде работа с контекстом выглядит следующим образом:

1. Процесс инициализируется при поступлении события. В общем случае событие содержит данные и знания и может рассматриваться как рабочий (прикладной) контекст. При поступлении события с помощью операции разделения (Split) из запроса выделяются знания (абстрактный контекст) и данные.

2. Абстрактный контекст события используется для поиска и выбора из онтологии задач релевантного абстрактного контекста, описывающего решаемую задачу. Результатом выборки может быть один или несколько абстрактных контекстов. Если контекстов несколько, то они сливаются с помощью операции слияния (Merge).

3. Полученный абстрактный контекст задачи позволяет сформировать срезы O_d , имеющие отношение к решаемой задаче, посредством операции формирования срезов (cut). Прикладная абстрактная онтология O_d формируется слиянием отдельных срезов.

4. Прикладная абстрактная онтология наполняется данными (для этого могут использоваться pull-, pop- или poll-подходы), и к ней можно обращаться с запросами с помощью, например, SPARQL.

Таким образом, можно выделить следующие основные операции для работы с контекстом:

1. Разделение (split) – выделение из запроса абстрактного контекста и данных.
2. Поиск (search) в репозитории контекстов, релевантных абстрактному контексту запроса.
3. Слияние контекстов (merge) – объединение контекстов.
4. Формирование срезов (cut) – выделение из O_d множества срезов, описывающих сущности, имеющие отношение к решаемой задаче.
5. Загрузка данных (load) – наполнение данными O_a .

Основная операция при работе с ОК – добавление контекста в контент.

В результате получаем контракт, в качестве которого выступает контент следующего уровня. Структура контекста такова, что всегда имеется возможность бесконфликтного слияния контекста и контента.

Типовые варианты использования контекстного подхода. Рассмотрим 4 типовых варианта использования контекстно-онтологического подхода: системы поддержки принятия решений, адаптивное поведение веб-сервиса, системы e-learning, проектирование интеллектуальных ИУС.

В качестве первого примера данного класса систем можно рассматривать систему поддержки принятия решений в системах ликвидации чрезвычайных ситуаций. В рамках системы диспетчер принимает решение о ликвидации последствий, например, крупной транспортной аварии, сопровождаемой пожаром. Система выполняет функции советующей системы. Подобная система может функционировать следующим образом.

Система поддержки принятия решений доступна как веб-служба. Информация о происшествии поступает в форме SOAP-сообщения, в котором содержится информация о типе и месте происшествия. Из SOAP-послания извлекается информация о типе и месте события. По типу события из репозитория извлекается абстрактный контекст (контексты), имеющий отношение к данному типу происшествий. Может потребоваться, например, вызов «скорой помощи» и эвакуатора. Каждому из этих событий соответствует собственный контекст. Контексты сливаются, и запускается бизнес-процесс (бизнес-процессы) наполнения контекста данными [3].

В качестве второго примера рассмотрим функционирование веб-сервиса, реализующего адаптивное поведение [1]. Допустим, что поведение некоторого веб-сервиса зависит, например, от загруженности сети и (или) отдельных серверов, а также от типа выполняемой операции. При поступлении запроса из SOAP-пакета извлекаются код запроса и исходные данные. По коду запроса из репозитория берется релевантный абстрактный контекст, который наполняется данными. Наполнение данными происходит с учетом времени жизни контекста.

В качестве третьего примера рассмотрим систему e-learning [6]. Использование ОК в данном случае позволяет предлагать пользователю образовательный контент с учетом перечня компетенций, которые требуется получить в результате обучения, пререквизитов и оперативной информации о ходе обучения. В общем виде система функционирует следующим образом. На вход системы поступает запрос с перечнем компетенций, которые требуется получить, и ограничениями, накладываемыми на процесс обучения. Из репозитория извлекается контекст обучения и контекст обучаемого. Контекст обучения – это набор срезов онтологии, описывающей учебный контент. Контекст обучаемого содержит описание компетенций, которыми уже владеет обучаемый. Кроме того используется оперативный контекст, который аккумулирует знания о ходе обучения. Все перечисленные контексты сливаются и используются для выбора очередного задания.

Предлагаемый контекстно-ориентированный подход может быть использован на этапе проектирования, в частности, при проектировании множества семейств программных продуктов, относящихся к некоторому классу (проблемно-ориентированный подход) [7]. В самом общем виде проблемно-ориентированный подход к проектированию можно представить в виде трехуровневой эталонной модели (фреймворка), структура которой показана на рис. 2.

В рамках данного подхода предлагается выделить 3 уровня описания: уровень проблемной области, уровень семейства продуктов, уровень приложения.



Рис. 2

На каждом из уровней используют 2 параллельных и взаимодополняющих описания: MDA-UML-описание и описание в терминах знаний (онтологическое описание).

Основными артефактами уровня 1 являются эталонная платформенно независимая эталонная модель и доменная онтология, описывающая предметную область.

Основными артефактами уровня 2 являются множество эталонных платформенно зависимых эталонных архитектур и онтологические описания, описывающие множество возможных архитектурно-структурных решений, относящихся к конкретному семейству продуктов. Описание осуществляется применительно к конкретной платформе (сервисно-ориентированные архитектуры, грид, мультиагентные архитектуры).

Основными артефактами уровня 3 являются описания в терминах UML-описаний и онтологий, ориентированных на использование в процессе функционирования, сопровождения и модернизации системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fast and Efficient Context-Aware Services. / D. Raz, A. Juhola, J. Serrat-Fernandez, A. Galis. NG: John Wiley & Sons, 2006.
2. Loke S. Context-aware pervasive systems: architectures for a new breed of applications. FL: Auerbach Publications, Boca Raton, 2007.
3. Формирование контекста задачи для интеллектуальной поддержки принятия решений / А. В. Смирнов, М. П. Пашкин, Н. Г. Шилов и др. // Ин.-т системного анализа Рос. акад. наук. 2004. Т. 9. С. 125–138.
4. Duffy D. Domain Architectures: Models and Architectures for UML Applications. NJ: John Wiley & Sons, 2004.
5. Shaw M., Garlan D. Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline. NJ: Prentice-Hall, 1996.
6. Edmonds B., Norling E. Integrating Learning and Inference in Multi-agent Systems Using Cognitive Context // Multi-Agent-Based Simulation VII. Berlin: Springer, 2007.
7. Онтологический подход к проектированию проблемно-ориентированных информационных систем / А. И. Водяхо, Н. А. Жукова, А. Р. Лисс и др. // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. Вып. 5. С. 42–46.

A. I. Vodyaho, N. A. Zhukova, M. G. Panteleev, D. V. Puzankov

USAGE OF ONTOLOGICAL CONTEXTS IN DOMAIN-ORIENTED INTELLIGENT MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS

The paper discusses an approach to domain-oriented information system development based on usage of ontological contexts. Possible aspects of context aware information management systems are discussed.

Domain oriented information systems, context aware, ontology

АРХИТЕКТУРА КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Рассмотрены проблемы формирования архитектуры подсистемы коллективного взаимодействия в САПР. Предложен вариант архитектуры на основе портального решения.

САПР, процесс проектирования, совместная работа, корпоративный портал, онтология, документооборот

В настоящее время особое значение для процесса автоматизированного проектирования приобретает организация средств коллективного взаимодействия проектировщиков в процессе работы над проектом и внедрение систем электронного документооборота.

Усложнение проектируемых объектов, требующее участия в процессе проектирования большого коллектива проектировщиков, выдвигает на первый план задачи организации процесса проектирования и повышения его эффективности [1].

Разработка портала отличается от разработки корпоративного сайта или Интранет-портала. Разрабатываемый портал представляет собой автоматизированную информационную подсистему САПР. Эта подсистема предназначена для автоматизации управления проектной деятельностью компании на базе современных информационных технологий.

Для формирования архитектуры портала предлагается применить онтологический подход [2]. Для построения онтологии целесообразно использовать многоуровневую модель. Обычно в онтологии верхний уровень представлен метазнаниями или знаниями общего назначения, справедливыми в различных областях человеческой деятельности и характеризующими универсальные понятия и методы решения задач. В данном случае на верхнем уровне представлены знания о процессе автоматизированного проектирования. Этот уровень инвариантен к предметной области САПР. Знания второго уровня – это собственно профессиональные знания о работе с проектными документами, представленные в базе экспертных знаний. Знания нижнего уровня представляют информацию о текущей проектной ситуации, включая понятия, отношения и процедуры, с которыми проектировщик имеет дело непосредственно в момент проектирования и являющиеся конкретным выражением знаний второго уровня [3].

Анализ перечисленных типов знаний, а также способов их использования в процессе проектирования подсистем документооборота определил две основные составляющие онтологической базы знаний этой области – декларативную и процедурную [4]. Модель предметной области содержит декларативные и процедурные компоненты знаний различных уровней общности. Декларативные знания предметной онтологии представляют собой структуру фактов, описывающих предметную область проектирования и выраженных утверждениями, интерпретируемыми понятиями данной предметной области. В основе описания различных аспектов проектирования информационных потоков лежат семантические отношения, определяющие структуры объектов проектирования, совокупность свойств, характеризующих эти объекты, степень взаимовлияния этих свойств и т. д.

Декларативные знания в базе знаний системы представлены в виде онтологии. Выбор онтологии в качестве модели предметной области обусловлен следующими причинами:

– модель позволяет наглядно отображать взаимосвязи между объектами предметной области;

– онтология обладает хорошими классификационными свойствами;

– онтология обладает высокой смысловой выразительностью, что обеспечивает прямое моделирование семантики предметной области и позволяет пользователю общаться с системой на уровне понятий естественного языка;

– онтология предоставляет возможность эффективно модифицировать представленные данные.

Рассмотрим основные типы отношений, которые используются при построении онтологии. Первый тип отношений – это родовидовые отношения. Использование этого типа связей в онтологии позволяет организовать компоненты системы работы с документами в иерархию. Наличие иерархии объектов обеспечивает хорошие классификационные свойства онтологии. При поиске объектов, представленных в базе знаний, доминирующими являются именно родовидовые отношения, главная особенность которых заключается в «наследовании» свойств понятий. Второй тип составляют отношения, играющие в процессе поиска вспомогательную роль и позволяющие соотнести одно решение с множеством других, являющихся компонентами первого, связать решения, относящиеся к разным классам, но имеющие какие-либо общие свойства.

Первый тип отношений играет главную роль в процессе выделения участка онтологии, так как с их помощью в онтологии образуются иерархические структуры. Взяв за основу одну такую иерархическую структуру, т. е. выбрав одно из отношений классификационного типа, проектировщик с помощью известных ему понятий указывает путь в рассматриваемой иерархической структуре к понятиям конкретного уровня. Отношения второго типа используются для конкретизации поиска в выделенном участке онтологии.

В этом ряду важное место в базе знаний (БЗ) занимают метазнания – по сути управляющая структура, определяющая способы использования информации, представленной в БЗ в виде декларативных утверждений и процедур, в условиях конкретных проектных ситуаций, а также ситуаций, возникающих при формировании и сопровождении БЗ. Метазнания также играют важную роль в рассуждениях эксперта, они же, в конечном счете, определяют уровень компетентности всей системы в целом.

Метазнания могут выступать в разнообразных формах и применяться в различных направлениях:

– для адекватного выбора активного правила при текущей проектной ситуации;

– для обеспечения информации архивного типа о правилах и знаниях, такой, как, например, насколько быстро работает то или иное правило, кто ввел новые данные и т. д.;

– для помощи в обнаружении и коррекции ошибок;

– для усиления возможностей системы давать объяснения;

– для облегчения ввода в систему новых знаний (фактов, правил) с использованием демонстрации основных конструкций знаний аналогичного типа.

Разработка онтологий отличается от проектирования классов и отношений в объектно-ориентированном программировании. Объектно-ориентированное программирование сосредоточивается главным образом на методах классов – программист принимает проектные ре-

шения, основанные на операторных свойствах класса, тогда как разработчик онтологии принимает эти решения на основе структурных свойств класса. В результате структура класса и отношения между классами в онтологии отличаются от структуры подобной предметной области в объектно-ориентированной программе.

Ниже перечислены некоторые компоненты, представляющие собой ключевые части инфраструктуры портала: контент узла (библиотеки документов или списки), семейство узлов, web-приложения, базы данных с информацией о проекте, серверы баз данных, web-серверы, серверы поиска и индексирования, серверы приложений, поставщики совместно используемых служб. На рис. 1 приведен фрагмент многоуровневой иерархии компонентов корпоративного портала САПР в виде диаграмм классов. Применение объектно-ориентированного подхода к моделированию базы знаний САПР обеспечивает все преимущества объектно-ориентированного проектирования приложений.

Архитектура корпоративного портала совместной работы над проектами показана на рис. 2. Корпоративный портал содержит следующие модули:

- модуль интеграции со сторонними информационными системами. Модуль обеспечивает импорт/экспорт внешних данных в базу данных портала;
- модуль оперативного персонализированного оповещения пользователей (отправка пользователям определенной группы электронных сообщений);
- модуль администрирования и управления порталом;
- модуль управления учетными записями пользователей, предназначенный для создания, редактирования, удаления учетных записей пользователей и назначения ролей;
- универсальный механизм конфигурирования нормативно-справочной информации и шаблонов документов для организации различных потоков движения информации;
- универсальный механизм конфигурирования и контроля регламентов движения и обработки документов;
- администрирование ресурсов;
- модуль поиска: поиск, индексирование, фильтры и сортировка;
- хранилище данных портала;
- модуль авторизации и идентификации пользователей, обеспечивающий проверку имени пользователя и пароля, а также доступ пользователя к функционалу портала;
- модуль разграничения доступа к данным. Работа модуля основана на механизме ролей. Пользователям назначается роль, для которой определяются права: доступ к разделу, возможность редактировать, добавлять, удалять информацию;
- модуль информационного и документарного обмена: подсистема иерархической организации доступа к документам и их вложениям;
- модуль автоматизации процесса потокового утверждения документов;
- помощь и обратная связь;
- модуль поддержки нормативно-справочной информации;
- репозиторий корпоративной информации;
- поиск;
- новости;
- архив проектов, предназначенный для хранения файлов различных типов;
- форумы и доски обсуждений (организация обсуждений, сообществ или накопление базы знаний внутри компании).

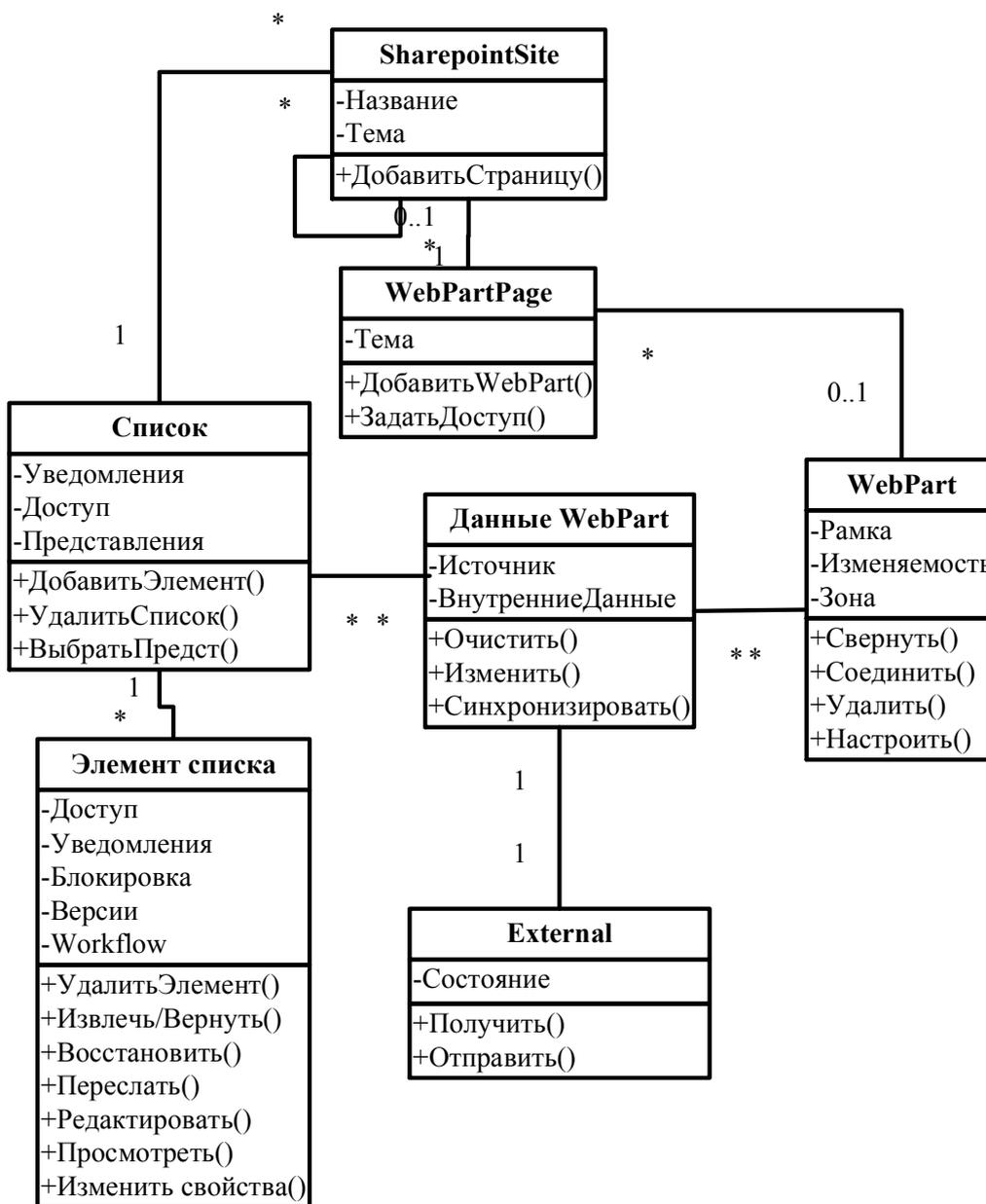


Рис. 1

Таким образом, разработанная архитектура является основой для создания общесистемного ядра корпоративного портала, инвариантного к используемым проблемно-ориентированным подсистемам САПР.

В результате применения корпоративного портала в процессе автоматизированного проектирования достигаются следующие экономические и организационные эффекты:

- *Повышение производительности.* Использование современных технологий позволяет организовать целевую доставку информации и своевременное оповещение ее получателей, обеспечив при этом необходимый уровень конфиденциальности.

- *Улучшение корпоративного взаимодействия.* Портал играет роль центрального информационного ресурса для руководства и сотрудников компании. Оперативный обмен необходимой информацией обеспечивает более тесную связь между всеми группами сотрудников и подразделениями.

- *Управление корпоративными знаниями.* Использование корпоративного портала позволит в полной мере применить технологию управления знаниями (Knowledge Management), которая во всем мире признана наиболее эффективной формой взаимодействия сотрудников. Накопление и сортировка всей информации позволяет создать и использовать «базу знаний» компании, охватывающую большую часть корпоративной информации.

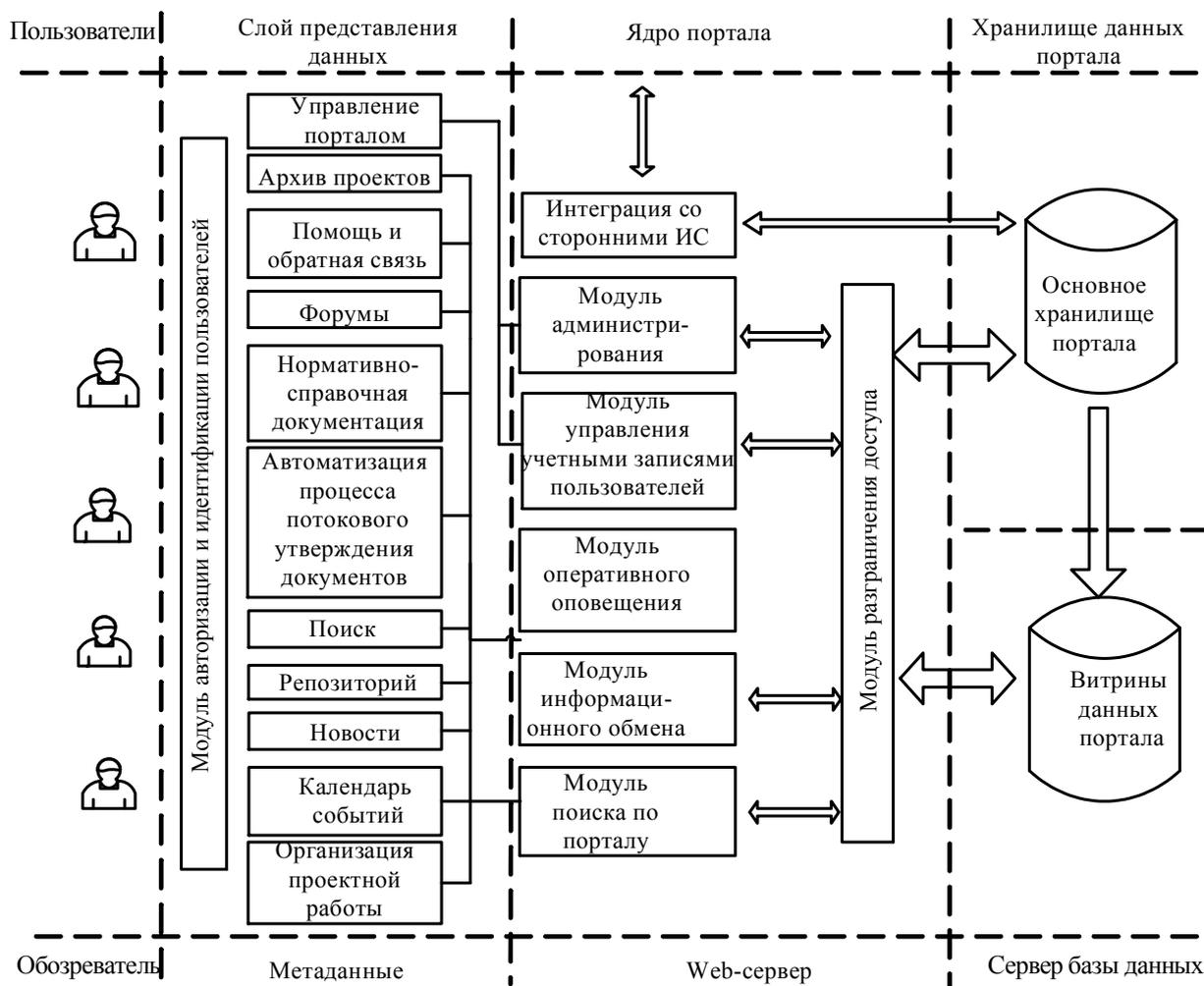


Рис. 2

- *Оптимизация процесса управления.* Интеграция корпоративного портала с другими компонентами информационной системы (ИС) предприятия (финансово-учетные и сбытовые программы, хранилища данных, электронный документооборот и т. п.) открывает новые возможности анализа деловой информации, сегментирования рынка и позиционирования, планирования и прогнозирования, выполнения ряда иных функций.

- *Оптимизация инвестиций в информационные ресурсы.* Использование для визуализации информации «тонкого клиента» (обычного web-браузера) позволяет экономить на обучении персонала и одновременно дает возможность не устанавливать клиентские приложения на множестве компьютеров. Сокращение затрат на приобретение и обслуживание клиентского программного обеспечения и оборудования – один из основных ресурсов снижения издержек при использовании корпоративного портала. Также важно упомянуть о минимизации затрат на аренду интернет-канала за счет того, что наиболее значительная часть информации, необходимой для пользователей портала, размещается в корпоративной сети.

• *Единая платформа для ведения электронного бизнеса.* Внедрение корпоративного портала и обеспечение доступа к нему внешних пользователей способствуют укреплению деловых связей с заказчиками, партнерами, поставщиками и повышают качество обслуживания заказчиков и партнеров за счет предоставления им дополнительных возможностей и услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячев А. В., Касасбех З. Организация коллективной работы проектировщиков на основе портала знаний // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2006. № 2. С. 28–30.
2. Горячев А. В., Новакова Н. Е. Управление знаниями в проектной деятельности // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2004. Вып. 1. С. 74–84.
3. Горячев А. В., Новакова Н. Е. Управление знаниями в распределенной информационной среде: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009.
4. Горячев А. В., Касасбех З. Применение портала знаний для организации процесса автоматизированного проектирования // Сб. докл. Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям, 27-29 июня 2006. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. Т. 2. С. 91–94.

A. V. Goryachev

ENTERPRISE PORTAL ARCHITECTURE OF PLANNING ORGANIZATION

The problems of creation CAD information collaboration subsystem architecture are considered. Creation portal-based method of architecture is offered.

CAD-system, collaboration, design process, enterprise portal, ontology, documents circulation

УДК 37.014.1

Д. К. Кравчук, Н. Е. Новакова

МОДЕЛИРОВАНИЕ QoS-МУЛЬТИПЛЕКСОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА МАРКЕРНОЙ КОРЗИНЫ

Рассмотрены вопросы управления трафиком с целью обеспечения качества сетевого обслуживания. Предложены динамические модели фильтра на основе алгоритма маркерной корзины и мультиплексора, поддерживающего контроль качества обслуживания.

Сетевой трафик, сетевые ресурсы, пропускная способность сети, качество сетевого обслуживания, мультиплексор, моделирование, алгоритм маркерной корзины

При разработке средств автоматизации проектирования инфраструктуры информационных технологий (ИТ) должны учитываться различные аспекты ее функционирования. ИТ-инфраструктура предприятия – это комплекс взаимосвязанных информационных систем и сервисов, обеспечивающих функционирование и развитие средств информационного взаимодействия предприятия. Составными частями ИТ-инфраструктуры являются корпоративные информационные системы и корпоративная сеть. Одним из важнейших показателей корпоративной сети является ее пропускная способность.

По своей сути практически все существующие в настоящее время сети (в том числе и Интернет) являются интегрированными, т. е. многосервисными [1]. Сети выполняют разные функции, состав которых, к тому же, может меняться. Меняются использующие сети приложения, а следовательно, возникают новые требования к сетевому обслуживанию. Естественно, что при создании таких многофункциональных сетей необходимо добиться приемлемого уровня сервиса для каждого приложения – приложения должны разделять используемую ими сеть так, чтобы каждое из них находилось в приемлемых для данного приложения условиях.

Широко распространенные в последнее время сетевые приложения реального времени – такие, как программы для IP-телефонии и видеоконференций – предъявляют еще более жесткие требования к качеству сетевого обслуживания. Использование сетевых ресурсов этими приложениями является нерегулярным, однако для них критичным параметром является постоянство параметров сети. Обработка всего трафика на равных условиях приводит к серьезным проблемам для таких сервисов.

Следующие параметры сети требуют особого контроля:

- пропускная способность сети;
- потери пакетов;
- задержка доставки пакетов;
- варьирование времени задержки доставки («джиттер»);
- ошибки (неверное направление, повреждение пакетов).

Таким образом, управлять сетевыми ресурсами необходимо так, чтобы гарантировать время реакции, пропускную способность и другие параметры сети. Совокупность технологий, призванных добиться этой цели, получила название Quality of Service (далее QoS) – «качество обслуживания». Используя механизмы управления трафиком, механизмы QoS назначают разный приоритет разным приложениям, пользователям или потокам данных так, чтобы добиться приемлемого уровня производительности для каждого потока данных*.

Традиционно маршрутизаторы и другое сетевое оборудование, используемое в локальных сетях и в Интернете, не поддерживали QoS. Ввиду этого оборудование было дешевле, быстрее и позволило Интернету стать популярнее, чем более сложные технологии, поддерживающие QoS (например, X.25). Интернет использовал принцип «best effort», когда все потоки данных имеют одинаковый приоритет**. IP-пакеты содержат 4 бита, определяющие тип сервиса, и 3 бита приоритета, которые, однако, всегда игнорировались. Лишь с появлением IP-телефонии и IP-телевидения механизмы QoS стали использоваться шире.

В настоящее время QoS реализуется рядом протоколов, среди которых:

- IP Differentiated services (DiffServ);
- IP Integrated services (IntServ);
- Resource reSerVation Protocol (RSVP);
- Multiprotocol Label Switching (MPLS);
- IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q, IEEE 802.11e.

Все эти технологии так или иначе задействуют механизм, называемый «Token Bucket», или маркерная корзина**. Token Bucket – это, по сути, фильтр трафика. Концептуально он представляет собой «корзину» с «маркерами» («токенами») (рис. 1). Управление проходящим через маркерную корзину трафиком осуществляется на основании количества токенов в корзине.

Маркерная корзина имеет 2 параметра: размер корзины и скорость поступления токенов в нее [4]. Размер определяет максимально возможное число доступных токенов. Число токенов увеличивается с заданной скоростью, и при достижении максимального числа новые токены просто отбрасываются. При прохождении пакета через маркерную корзину число то-

* Cisco Internetworking Technology Handbook – Quality of Service (QoS). <http://www.cisco.com/en/US/docs/>.

** Cisco IOS Quality of Service Solutions Configuration Guide: Policing and Shaping Overview. <https://www.cisco.com/en/US/docs/>.

кенов в нем уменьшается на величину, равную размеру пакета. Если количества доступных в данный момент токенов недостаточно для передачи пакета, он либо отбрасывается, либо маркируется специальным образом (пакеты с такой отметкой отбрасываются первыми при перегрузке сети).

Маркерная корзина выполняет различные функции на различных уровнях обеспечения QoS [5]. Ее параметры используются для принятия решения о передаче или отклонении потоков данных путем сравнения требуемой и реальной пропускных способностей сети. Приняв поток, маркерная корзина выполняет функции шейпера, регулируя скорость поступления трафика в сеть. Если трафик нестабилен, то требуется постоянная динамическая подстройка параметров.

Изменять параметры сети можно, варьируя параметры маркерной корзины. Рассмотрим динамическую модель входящего трафика, а также участка сети, содержащего несколько маркерных корзин, соединенных с мультиплексором трафика. Эта модель может использоваться для тестирования эффективности разрабатываемых алгоритмов путем проведения имитационных экспериментов.

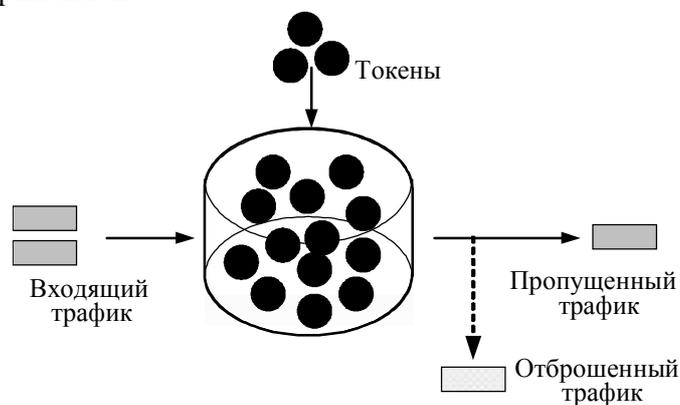


Рис. 1

Имитационная модель должна отражать структуру и поведение сети и позволять оценивать ее производительность. Поскольку потоки данных на входе системы все время изменяются, то для обеспечения приемлемого качества обслуживания элементы системы должны непрерывно подстраиваться под эти изменения. Хотя рассматриваемый объект реально функционирует в непрерывном времени, на более высоком уровне абстракции возможно рассмотрение системы, в которой переходы из одного состояния в другое происходят мгновенно. Для отдельных элементов системы возможно построение аналитических моделей, дополненных логико-семантическими операциями.

Входным воздействием в модели сети является, очевидно, трафик, генерируемый хостами сети. Таким образом, для построения модели системы необходимо разработать модель поступающего в нее трафика.

Так как в сети для передачи данных используются различные сервисы, то и характер трафика различен. Он может иметь как постоянную, так и переменную скорость. Первый тип трафика описывается числом пакетов в единицу времени. Резервирование для таких потоков данных пропускной способности, равной этому значению, гарантирует отсутствие потерь.

Для трафика с переменной скоростью определить требуемую пропускную способность гораздо сложнее: средняя скорость таких потоков данных может быть во много раз меньше пиковой. Рассмотрим подробнее моделирование этого вида трафика.

Входящий трафик определяется вектором $\{T(t_k), k = 0, 1, 2, \dots\}$. По сути, это случайный процесс, наблюдаемый в моменты времени t_k . Результатом наблюдения является размер передаваемого пакета или фрейма $T(t_k)$. Интервалы времени $[t_{k-1}, t_k)$ можно принять равными и достаточно короткими для того, чтобы максимум один пакет или фрейм мог поступить на вход.

Введем обозначения для характеристик маркерной корзины:

- s – размер корзины;
- $r(t_k)$ – скорость пополнения токенами (число токенов за отрезок времени $[t_{k-1}, t_k)$);
- $T(t_k)$ – поступающий на вход трафик.

В начале каждого очередного временного отрезка $[t_{k-1}, t_k)$ в корзину поступает число токенов $r(t_k)$. Результирующее число токенов в корзине ограничено ее размером s . Далее обрабатывается поступающий на вход трафик $T(t_{k-1})$. Таким образом, к моменту времени t_k весь входящий трафик обработан и фильтр переходит к следующему состоянию.

Состояние корзины в момент времени t определяется количеством токенов в ней. Обозначим его $a(t_k)$. В каждый промежуток времени $[t_{k-1}, t_k)$ этот параметр увеличивается на

$$g(t_k) = \min \{r(t_k), s - a(t_{k-1})\}.$$

Корзина либо пропускает через себя весь поступающий на вход трафик (если содержит достаточное количество токенов), либо полностью его отбрасывает. Таким образом, объем трафика, проходящего через корзину к моменту t_k , будет равен:

$$p(t_k) = T(t_k)I(T \leq a(t_{k-1}) + g(t_k)),$$

где $I(x)$ – индикаторная функция:

$$I(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \text{ истинно,} \\ 0, & \text{если } x \text{ ложно.} \end{cases}$$

Объем отброшенного на k -м интервале времени трафика равен, очевидно, разности между поступившим на вход и пропущенным трафиками:

$$l(t_k) = T(t_k) - p(t_k).$$

Изменение числа токенов в маркерной корзине во времени определяется разностным уравнением

$$a(t_k) = a(t_{k-1}) + g(t_k) - p(t_k). \quad (1)$$

Первое слагаемое в правой части (1) определяет число токенов в предыдущий момент времени t_{k-1} , второе – число токенов, полученных в данный промежуток времени $[t_{k-1}, t_k)$, а последнее – число токенов, потраченных к моменту t_k .

Для имитации работы участка сети построим модель с n источниками трафика (рис. 2), обслуживаемыми n соответствующими маркерными корзинами. Все они подключены к одному мультиплексору трафика, соединенному с внешней сетью.

Мультиплексор характеризуется, во-первых, максимальной длиной очереди (размером буфера) S , а во-вторых, скоростью R пересылки данных во внешнюю сеть.

Обозначим длину очереди в момент t_k как $Q(t_k)$. Значение длины очереди в начале очередного интервала времени $[t_{k-1}, t_k)$ равно разности длины очереди в момент t_{k-1} и части очереди, которая освобождается на этом интервале (т. е. скорости пересылки во внешнюю сеть):

$$O(t_k) = \max\{0, Q(t_{k-1}) - R\}.$$

Трафик, поступающий от всех маркерных корзин на вход мультиплексора на интервале времени $[t_{k-1}, t_k)$, равен суммарному трафику, пропущенному всеми маркерными корзинами, т. е.

$$I(t_k) = \sum_{n=1}^N p(t_k),$$

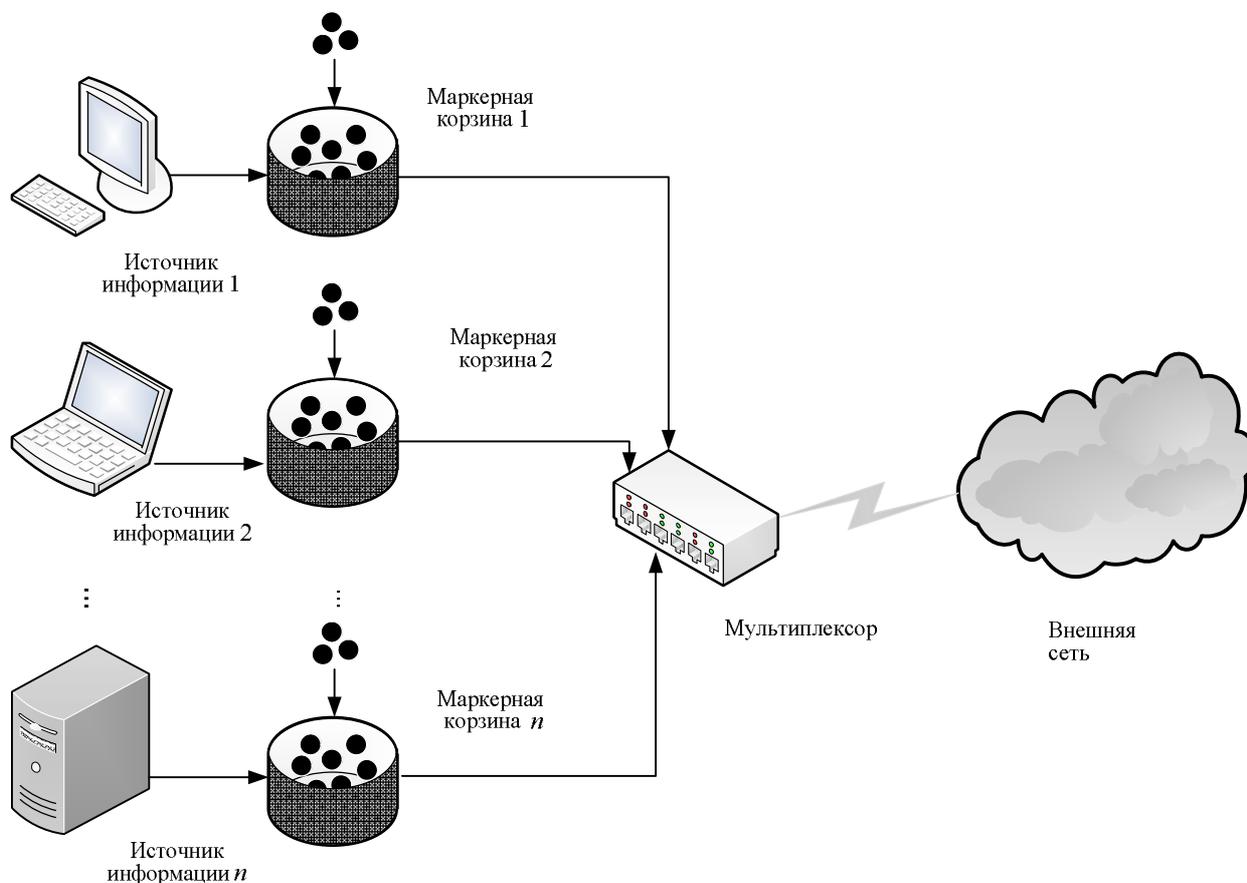


Рис. 2

а объем трафика, который мультиплексор в состоянии обработать, ограничен размером буфера очереди:

$$A(t_k) = \min\{I(t_k), S - O(t_k)\}.$$

Размер потерянных на мультиплексоре пакетов можно найти, вычислив разность трафика, поступающего от всех маркерных корзин, и трафика, добавленного мультиплексором в свою очередь:

$$L(t_k) = I(t_k) - A(t_k).$$

Состояние мультиплексора определяется длиной его очереди, изменение которой во времени можно выразить разностным уравнением (уравнение является разностным, так как $O(t_k)$ содержит $Q(t_{k-1})$):

$$Q(t_k) = O(t_k) + A(t_k).$$

Предложенная модель реализована в подсистеме моделирования сетевого трафика САПР ИТ-инфраструктуры. Для реализации модели использована платформа .Microsoft .NET 3.5 и язык F#.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Evans J., Filsfil C. Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks: Theory and Practice. Morgan Kaufmann, 2007.
2. Ahmed N. U., Qun. Wang, Orozco-Barbosa L. Systems Approach to Modeling the Token Bucket Algorithm in Computer Networks» // Mathematical Problems in Engineering. 2002. № 8. С. 265–279.
3. Ahmed N. U., Bo Li, Orozco-Barbosa L. Modeling and Optimization of Computer Network Traffic Controllers // Mathematical Problems in Engineering. 2005. № 6. С. 617–640.

D. K. Kravchuk, N. E. Novakova

QOS-MULTIPLEXOR MODELING BASED ON THE TOKEN BUCKET ALGORITHM

In this paper, we examine intended to QoS purposes traffic control questions. We propose dynamic models of the Token Bucket traffic filter and QoS-supporting multiplexor.

Network traffic, network resources, network throughput, quality of service, multiplexor, modeling, token bucket algorithm

УДК 681.324

М. С. Курриянов, А. В. Першин

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ АГЕНТНЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ

Представлена методика построения моделей агентных систем поиска, обозначена связь между результатами моделирования и изменением архитектуры системы, которое обеспечивается модульными агентами.

Моделирование агентных систем, распределенные системы поиска, мобильные агенты, модульные агенты, параллельный поиск, степень параллелизма

Моделирование агентных поисковых систем [1] проводится с целью определения оптимальной организации агентной поисковой системы в заданных условиях эксплуатации. В данной статье описываются характеристики производительности организаций агентов при варьировании нагрузки на систему. Критерием оптимальности является выполнение поиска за минимальное время на базе имеющихся сетевых вычислительных ресурсов. Пусть λ – нагрузка на систему, i – организация агентов, I – множество организаций агентов, $\Lambda : \lambda \in [0; l], l \in R, \lambda \in R$ – интервал исследуемой нагрузки, $t(i, \lambda)$ – целевая функция. Поскольку $T \in R$, то целевая функция отображает $t : I \times \Lambda \rightarrow R$, тогда задача оптимизации заключается в нахождении такого i , при котором $t(i, \lambda) \rightarrow \min_{i, k}$.

Дополнительной задачей оптимизации является определение оптимального количества агентов (степени параллелизма) при использовании выбранной организации агентов. Если степень параллелизма $k \in [1, \infty), k \in N$, то целевая функция $t : I \times \Lambda \times N \rightarrow R, t(i, k, \lambda) \rightarrow \min_{i, k}$.

Конечным результатом моделирования является формирование данных, пригодных для автоматического выбора организации агентов в меняющихся условиях работы.

В данном случае для моделирования выбран событийный подход с дискретным временем как наиболее подходящий при моделировании сетевых систем, по сути являющихся системами передачи пакетов, а на более высоком уровне выполняющих действия *запрос–ответ*.

Представленная методика апробирована в системе моделирования Anylogic* при построении моделей для сетевой системы заказа билетов [1]–[3].

Основные этапы:

1. Определить функциональные требования к системе.
2. Определить требования к нагрузочным характеристикам системы.

Основные характеристики: количество запросов пользователей в единицу времени, трудоемкость запросов, среднее время выполнения запроса на одном сервере, количество серверов с распределенной информацией, количество вспомогательных серверов.

3. Задать функции системы, которые будут определять действия агентов.

Базовый агент для выполнения операций сетевого поиска должен реализовывать по крайней мере следующие функции: а) перемещение, чтобы перемещаться на сервер поставщика информации; б) взаимодействие с БД поставщика информации, чтобы производить локальный поиск; в) хранение найденных данных; г) взаимодействие с сервером-интерфейсом для приема параметров поискового запроса и передачи найденной информации.

При более сложной схеме поиска с использованием агента-маршрутизатора необходимы такие функции, как запуск группы агентов, распределение задания между агентами, обработка результатов, полученных от агентов.

Наличие дополнительных функций продиктовано особыми требованиями к системе. Например, если необходимо обеспечить конфиденциальность передаваемой информации, то это потребует от агентов выполнения авторизации, аутентификации и шифрования внутренних данных, а следовательно, подключения дополнительных программных модулей.

4. Определить возможные организации агентов для выполнения поиска.

Возможные организации [2]: группа невзаимодействующих агентов, группа с агентом-маршрутизатором, группа со вспомогательными агентами для балансировки нагрузки и т. д.

5. Для каждой из организаций агентов:

- определить набор функций для каждого типа агентов;
- выявить базовые действия агентов и задать сценарии их работы.

Нужно выделить именно те действия, которые существенны для моделирования, и абстрагироваться от деталей, т. е. сценарий модели агента – это не алгоритм его работы, а лишь базовые действия, определяющие время выполнения поиска агентом. Сценарии работы являются абстракцией, в которой учтены только существенные моменты функционирования агента и отброшены несущественные;

- определить время выполнения базовых действий агента.

Для этого:

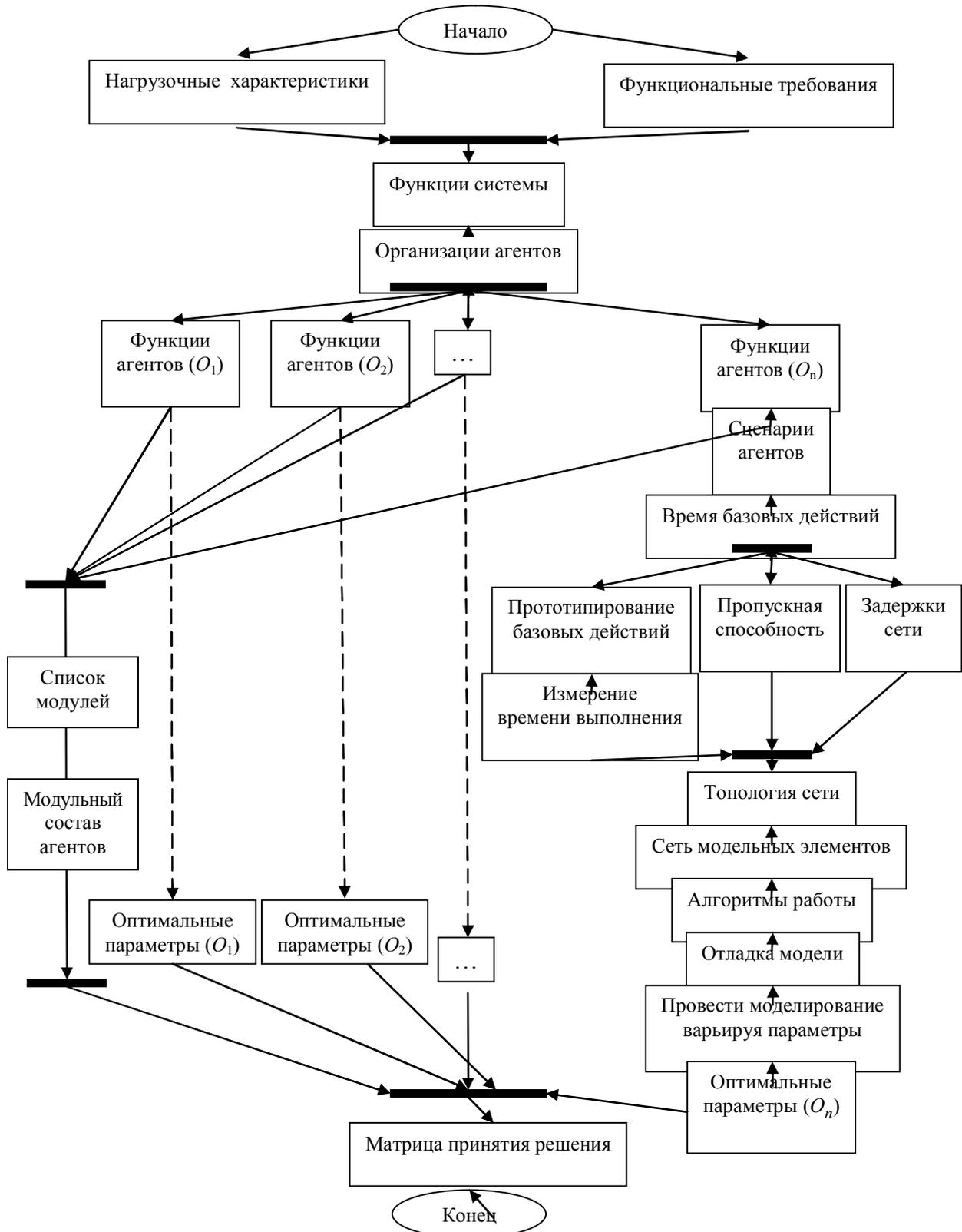
- провести прототипирование и измерить времена выполнения базовых операций;

* AnyLogic Technical Overview (core modeling language), 1992–2005 XJ Technologies Company Ltd, www.xjtcc.com

- определить пропускную способность и задержки системы;
- перевести полученные измерения в модельные единицы.

6. Выявить топологию сети, в которой будут работать агенты:

- Представить сеть в виде функциональных модельных элементов, связанных сетевыми модельными элементами.



В работе [3] описывается компонентная модель сети, которая содержит такие компоненты, как канал данных, сетевой переключатель, главный сервер, генератор подтверждения, терминал потребителя, сервер поставщика. Данные компоненты реализованы в среде моделирования Anylogic. Каждый компонент имеет набор настраиваемых параметров.

- Задать алгоритмы работы модельных элементов, отражающие сценарии работы агентов.

В реализованных моделях [3] поведение описывается с помощью карт состояний, в которых переходы из одного состояния в другое обусловлены событиями, происходящими в системе моделирования. События модели связаны с переходами (дугами) карты состояний и описываются в виде условных выражений на языке Java от набора программных переменных модели. При изменении состояния генерируется управляющее воздействие, которое обуславливает дальнейшее поведение модели. Управляющее воздействие представляет набор действий, также запрограммированных на языке Java.

- Откомпилировать и отладить модель.
- Провести серию модельных экспериментов.

7. Выявить, при каких параметрах та или иная схема взаимодействия достигает наибольшей эффективности.

Основной критерий эффективности – минимальное время выполнения запроса пользователя.

8. Представить результаты в виде матрицы для принятия решения.

В зависимости от интенсивности запросов пользователей система принимает решение о наиболее эффективной организации агентов, способной в данных условиях выполнить запрос за минимальное время. Также определяется количество параллельно работающих агентов (степень параллелизма). Затем производится сборка агента из модулей в зависимости от его функций в выбранной архитектуре.

Перечисленные этапы методики моделирования агентной системы с перестраиваемой архитектурой представлены в виде диаграммы на рисунке.

В случае изменения интенсивности запросов более оптимальной может стать другая организация, соответствующая информация извлекается из матрицы принятия решения, полученной в результате моделирования (табл. 1). Здесь n – количество архитектур, λ – нагрузка, причем $\lambda_1 < \lambda_2 \dots \lambda_{n-1} < \lambda_n$.

Таблица 1

Нагрузка (число запросов в единицу времени)	Арх. 1	Арх. 2	...	Арх. $n - 1$	Арх. n
$(0; \lambda_1]$	+		...		
$(0; \lambda_2]$		+	...		
...
$(0; \lambda_{n-1}]$...	+	
$(0; \lambda_n]$...		+

Данная матрица определяет выбор архитектуры для одного из варьируемых параметров, для n параметров это будет n -мерная таблица.

После выбора архитектуры определяется степень параллелизма, т. е. количество агентов, параллельно выполняющих поиск. Степень параллелизма также является результатом моделирования и представлена в табл. 2, где $a, b \in N, a < b, a > 0$. В результате моделирования были получены U-образные кривые, что позволяет говорить не об оптимальном значении количества агентов, а об оптимальном интервале степеней параллелизма $[a_i; b_i]$.

Таблица 2

Нагрузка (число запросов в единицу времени)	Количество агентов
$(0; \lambda_1]$	$[a_1; b_1]$
$(0; \lambda_2]$	$[a_2; b_2]$
...	...
$(0; \lambda_{n-1}]$	$[a_{m-1}; b_{m-1}]$
$(0; \lambda_n]$	$[a_m; b_m]$

После определения оптимальной организации агентов производится их сборка из функциональных модулей, каждый тип агентов будет иметь свой модульный состав.

В общем случае для разных организаций агентов будут различными не только функции поисковых агентов, но и функции сервиса агентов, который принимает запрос от интерфейса пользователя, инициирует старт агентов, принимает результаты поиска и возвращает их пользователю системы.

Опишем функционально-модульный состав сервиса агентов и поисковых агентов для двух организаций агентного поиска: группой независимых агентов и группой с агентом-маршрутизатором. Подробно механизм для указанных организаций агентов описан в [2].

Независимые агенты. Функционально-модульный состав сервиса агентов: 1) принять запрос от пользователя, 2) дать задание агентам, 3) запустить агентов, 4) принять и обработать результат от агентов.

Функционально-модульный состав поисковых агентов: 1) модуль приема задания, 2) модуль маршрутизации, 3) модуль взаимодействия с сервером-интерфейсом, 4) модуль хранения данных, 5) модуль передачи найденных данных сервису агентов.

Группа с агентом-маршрутизатором. Для рассматриваемой организации функционально-модульный состав сервиса агентов аналогичен случаю с множественными агентами, только запускается всего один агент-маршрутизатор: 1) принять запрос от пользователя, 2) дать задание агенту-маршрутизатору, 3) запустить агента-маршрутизатора, 4) принять и обработать результат от агента-маршрутизатора.

Функционально-модульный состав агента-маршрутизатора: 1) модуль приема задания, 2) модуль маршрутизации на вспомогательный сервер, 3) модуль распределения заданий, 4) модуль консолидации данных от агентов, 5) модуль хранения консолидированных данных, 6) модуль передачи найденных данных сервису агентов.

Функционально-модульный состав поисковых агентов: 1) модуль приема задания, 2) модуль маршрутизации, 3) модуль взаимодействия с агентом-маршрутизатором, 4) модуль хранения данных, 5) модуль передачи найденных данных агенту-маршрутизатору.

Общий список интерфейсов модулей:

1. Модуль приема задания.
2. Модуль маршрутизации (циклический маршрут).
3. Модуль маршрутизации (переход на вспомогательный сервер).
4. Модуль общения с сервером агентов.
5. Модуль хранения данных поискового агента.
6. Модуль хранения и консолидации данных от нескольких агентов.
7. Модуль передачи данных серверу-интерфейсу.

8. Модуль передачи данных агенту-маршрутизатору.
9. Модуль приема данных от агентов.
10. Модуль распределения заданий.
11. Модуль поиска в базе поставщика.

Функционально-модульный состав агентов для различных организаций (архитектур) поиска представлен в табл. 3.

Таблица 3

Организация агентов	Тип агента	Состав агента, модули										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Группа агентов	Поисковый	+	+		+	+		+				+
Агент	Поисковый	+	+			+			+			+
Маршрутизатор	Маршрутизатор	+		+	+		+	+		+	+	

Представленная методика моделирования агентных систем поиска позволяет: 1) получить характеристики различных организаций агентов для поиска в сети; 2) на основе данных характеристик выбрать наиболее эффективную архитектуру в данных параметрах окружения; 3) для выбранной архитектуры определить оптимальную степень параллелизма агентов; 4) применить результаты моделирования для модульных агентных систем поиска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомичев В. С., Першин А. В. Архитектуры сетевых поисковых систем// Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2006. № 3. С. 3–8.
2. Фомичев В. С., Першин А. В. Система мобильных агентов для поиска в сети//Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2007. № 2. С. 30–36.
3. Першин А. В. Модель агентной системы для поиска в сети// Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. № 7. С. 19–24.

M. S. Kupriyanov, A. V. Pershin

METHOD OF MODELING AGENT SEARCHING SYSTEMS

Base steps of method of modeling agent searching system are described. Clarified choice of architecture of agent system, functional-modular composition of agents, calculating of number of agents for faster searching.

Modeling of agent searching systems, distributed searching systems, mobile agents, modular agents, parallel searching, degree of parallelism



УДК 681.5

В. В. Путов, В. Н. Шелудько, А. В. Путов, Т. Л. Русяева

АВТОМАТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ БУКСИРУЕМАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ АЭРОДРОМНЫХ И АВТОДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ИКС-1

Посвящается вопросам создания инновационной разработки – полностью автоматизированной буксируемой электромеханической установки для непрерывного измерения коэффициента сцепления аэродромных и автодорожных покрытий ИКС-1. Обсуждаются принцип построения устройства, его технические и эксплуатационные характеристики и результаты серийного освоения, вопросы гарантийного и послегарантийного обслуживания, обучения персонала и целевой магистерской подготовки.

Измерение коэффициента сцепления аэродромных и автодорожных покрытий, управляемое электромеханическое устройство торможения

Проблема обеспечения авиационной безопасности носит сложный, комплексный характер и связана с общим состоянием авиационной техники, средств наземного обеспечения полетов, состоянием аэродромного комплекса, а также с организацией их обслуживания. Аэродромный комплекс является основным элементом, обеспечивающим безопасность эксплуатации воздушных судов в процессе взлета и посадки. Одним из критериев авиационной безопасности на земле является объективная оценка экипажем воздушного судна и группой руководства полетами состояния аэродромного покрытия, а именно эффективности сцепления колес летательного аппарата с поверхностью взлетно-посадочной полосы (ВПП). Неправильная оценка данного фактора может привести к выкатыванию самолета за пределы ВПП и, как следствие, к повреждению авиационной техники или, что еще хуже, к ранению и гибели пассажиров и членов экипажа. Такое же положение складывается и на автомобильных дорогах с той лишь разницей, что на взлетно-посадочной полосе ответственность за жизнь людей делят между собой экипаж воздушного судна и группа руководства полетами, а на дороге судьба пассажиров полностью находится в руках человека за рулем. Следовательно, информация о состоянии дорожного покрытия для водителя является не менее важной, чем для командира воздушного судна.

Анализ научно-технических, литературных и патентных¹ источников показал, что возможности существующего мирового парка мобильных средств оперативного контроля фрикционных свойств аэродромных и автодорожных покрытий в экстремальных погодных условиях уже не удовлетворяют все возрастающим требованиям обеспечения гарантированной безопасности посадки воздушных судов (и надежного торможения наземных транспортных средств), выдвигаемым официальными органами международных профессиональных сообществ в гражданской авиации [1].

Измерение свойств сцепления поверхности покрытий с колесами воздушного и наземного транспорта при их торможении осуществляется в настоящее время во всем мире прокаткой измерительного колеса по покрытию с задаваемым кинематически постоянным скольжением с помощью буксируемых или самоходных мобильных средств. Техническая эволюция устройств такого назначения преодолела большой путь, начав со сравнительно простых деселерометров и громоздких неуклюжих машин диагонального торможения, и остановилась на современных самоходных или буксируемых установках, осуществляющих непрерывную прокатку измерительного колеса. При этом во всех современных широко эксплуатируемых во всем мире мобильных установках для измерения коэффициента сцепления с поверхностью покрытий измерительное колесо кинематически связывается с транспортными (ведущими) колесами мобильной установки с помощью редуктора, чем обеспечивается его принудительное торможение с постоянным скольжением, равным, например, 0,1. Предполагается, что такому значению скольжения соответствуют наиболее эффективные режимы торможения колес воздушного судна на посадке. Однако пилоты не могут, а автоматы торможения колес не позволяют обеспечить режимы их торможения с постоянным значением скольжения, поэтому расчеты прогнозируемых величин тормозного пути, опирающиеся на результаты измерений в таких установках, могут значительно отличаться от истинных величин, тогда как просчеты здесь недопустимы, так как могут привести к авариям. Привести к авариям могут и устройства, реализующие такой метод непрерывного измерения коэффициента сцепления, наиболее распространены в мире, заполняют подавляющую долю (до 95 %) мирового рынка мобильных средств измерения КС, мировыми лидерами которых являются компании-производители, представленные пятью странами (перечислены в порядке убывания рыночной доли, указанной в скобках): Швеция (50 %), Финляндия (20 %), США (12 %), Великобритания (5 %), Франция (3 %). Наиболее известные компании этих стран выпустили за последние 20...30 лет на мировой рынок более двух десятков моделей буксируемых и встроенных в автомобиль установок такого назначения. Россия до сих пор не представлена на мировом рынке в данной области.

ИКС-1 – буксируемая электромеханическая установка нового поколения. Группой разработчиков кафедры систем автоматического управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» совместно со стратегическим партнером СПбГЭТУ – научно-производственной компанией «Созвездие» (под научным руководством профессора В. В. Путова) выполнила инновационный проект по созданию высокоточной полностью автоматизированной дистанционно управляемой буксируемой электромеханической мобильной установки нового поколения ИСК-1, предназначенной для непрерыв-

¹ Airport Services Manual ICAO Doc/ 9137 – AN/898/1995. Руководство по эксплуатации аэропортов ИКАО. 1995; FAA Advisory Circular 150/5320-12C/ Appendix 3/ Measurement, Construction and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces. 1997.

ного измерения коэффициента сцепления измерительного колеса с поверхностью аэродромных и автодорожных покрытий (рис. 1).

В основу установки положен новый тип управляемого электромеханического устройства торможения измерительного колеса, выполненного путем присоединения к нему электрической машины постоянного или переменного тока, работающей в режиме управляемого тормозного генератора. Предложенный в установке новый способ построения управляемых электромеханических устройств торможения измерительного колеса опирается на общеизвестные свойства электрической машины как обратимого управляемого преобразователя механической энергии в электрическую и обратно – электрической энергии в механическую.



Рис. 1

Поэтому предложение использовать достижения в области автоматизированных электромеханических устройств для создания нового поколения мобильных электромеханических установок для измерения коэффициента сцепления является естественным, хотя и запоздалым на целые десятилетия, актом заполнения ниши в области методов и техники дорожных и аэродромных измерений, которая до сих пор, к сожалению, не была заполнена. Некоторые результаты теоретического обоснования, научных исследований и опытно-конструкторских проработок по созданию семейства управляемых электромеханических устройств торможения и основанных на них электромеханических мобильных установок аэродромного обслуживания изложены авторами в [2]–[6].

Главные конкурентные преимущества новой электромеханической установки.

Они суть следующие:

- Измерительное колесо установки не связано кинематически с ее несущими колесами. Для независимого управления тормозными режимами измерительного колеса его кинематически соединяют с электрической машиной, работающей в режиме тормозного генератора. Управляя моментом (током) торможения генератора, формируют режимы торможения измерительного колеса с любым наперед заданным программным (постоянными изменяющимся во времени) скольжением.

- Применение электромеханического способа торможения создает предпосылки для осуществления гибкого и глубокого автоматического управления тормозными режимами измерительного колеса, приближая их к действительному характеру торможения колес любых типов самолетов и транспортных средств в любых погодных условиях. Это позволяет повысить достоверность и точность вычисления текущих значений и расширить область определения коэффициента сцепления.

- Цифровой информационно-управляющий комплекс, реализованный на базе бортового микроконтроллера и связанного с ним компьютерного переносного пульта управления и индикации установки, обеспечивает полную автоматизацию и дистанционное управление процессами измерения, вычисления, визуализации, протоколирования текущих значений коэффициента сцеп-

ления, вычисления координат и визуализации на карте маршрута движения при измерении, формирования информации о состоянии аэродромного или дорожного покрытия.

Предлагаемая новая установка ИКС-1 полностью автоматизирована и обеспечивает:

- автоматическое поддержание любого наперед заданного скольжения измерительного колеса (из диапазона $0 \dots 0,5$);
- автоматическое непрерывное измерение и вычисление текущих значений коэффициента сцепления (в диапазоне $0 \dots 1,0$);
- автоматическое непрерывное определение текущих координат (с использованием GPS-приемника) движения установки в режиме измерения коэффициента сцепления;
- автоматизированный сбор, экспертный анализ и документирование результатов измерения коэффициента сцепления;
- представление результатов измерения коэффициента сцепления в виде графиков, диаграмм и табличных данных на экране пульта управления и индикации, а также в виде распечаток оперативных протоколов измерений, выполненных на встроенном термомпринтере непосредственно на месте проведения испытаний;
- хранение информации о выполненных измерениях (в памяти компьютера) на протяжении не менее 50 000 км измерительных проездов;
- защиту информации от несанкционированного доступа.

Краткое описание установки ИКС-1. Кинематическая схема механической конструкции установки ИКС-1 изображена в 3D-проекции на рис. 2, на котором обозначены названия ее основных сборочных единиц и узлов, раскрывающие ее устройство.

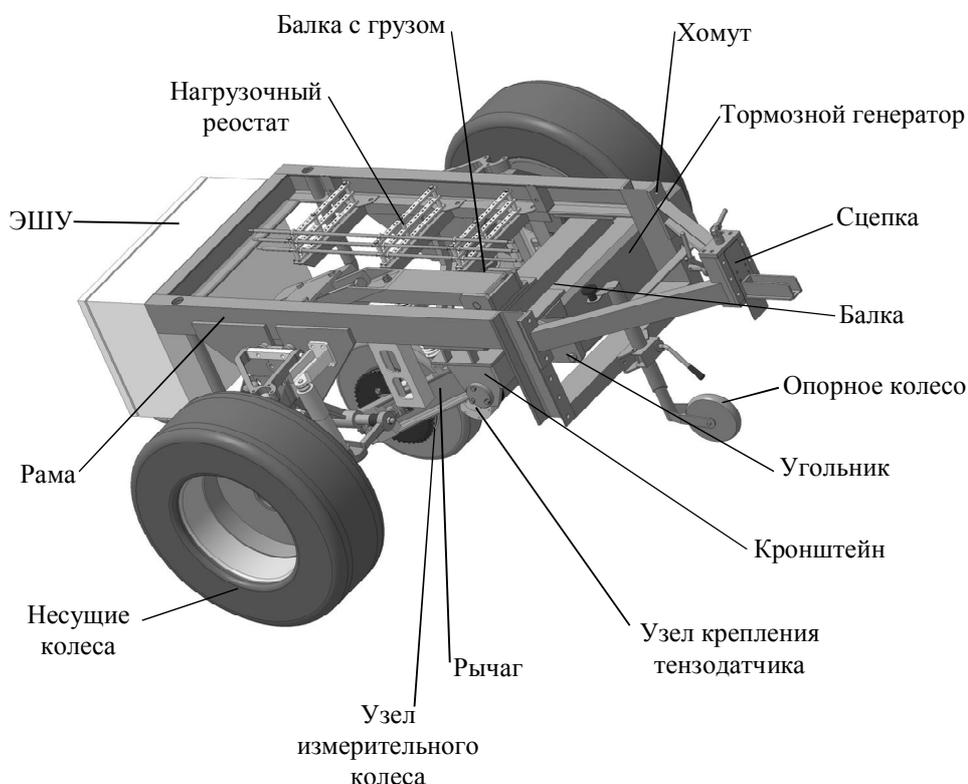


Рис. 2

Электрошкаф управления, выполненный в виде отдельного комплектующего устройства (рис. 3), располагается на борту мобильной электромеханической установки и связан проводной или беспроводной («радиоснуром») связью с компьютерным пультом управления и индикации.

Электрошкаф управления содержит плату управления с микроконтроллером С-164, силовую электронику на базе IGBT-транзисторов, GPS-приемник, плату усилителя сигнала тензодатчика, цифровой термодатчик и другие устройства, необходимые для вычислений и индикации результатов измерений.



Рис. 3

Важной частью установки является компьютерный переносной пульт управления и индикации, выполненный на базе промышленного компьютера ТРС 1261Н и предназначенный для компьютерного управления режимами измерения, вычисления, визуализации, протоколирования текущих значений коэффициента сцепления, визуализации на электронной карте маршрута измерения, формирования и дистанционной передачи по GSM-модему на диспетчерский пункт компьютерной экспертной информации, необходимой для принятия диспетчером решения о безопасной посадке подлетающего воздушного судна (внешний вид пульта управления и индикации мобильной электромеханической установки ИКС-1 показан на рис. 4).



Рис. 4

Компьютерный пульт управления и индикации формирует и представляет информацию об измерении коэффициента сцепления покрытия в различных наглядных видах протоколов, удобных для ее оценки и передачи на контрольно-диспетчерский пункт аэродрома. На основе этой информации диспетчер принимает решение о разрешении или отклонении посадки

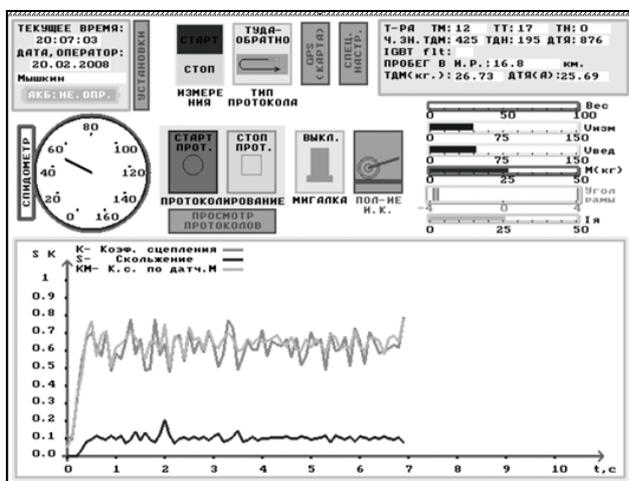


Рис. 5

информацию и передать ее на контрольно-диспетчерский пункт аэродрома. Набирая различные даты (день, месяц, год), можно извлечь из памяти любой протокол с глубиной до 50 000 км проездов, т. е. более 5000 проездов на покрытии взлетно-посадочной полосы в обе стороны (туда и обратно), что составляет не менее двух-трех лет интенсивной работы мобильной установки на аэродромах в условиях Севера. Кроме того, оператор может вызвать электронную карту аэродрома с визуализацией маршрута измерения. Маршрут вычисляется компьютером пульта по показаниям GPS-приемника с точностью ± 5 м.

Вычисление коэффициента сцепления в установке ИКС-1 производится на основе показаний тензодатчика, измеряющего силу натяжения цепи цепной передачи, связывающей тормозной генератор с измерительным колесом. Для периодической проверки тензодатчика используется калибровочный стенд с электронной индикацией, входящий в комплектацию ИКС-1. Калибровочный стенд обеспечивает плавное нагружение измерительного колеса подвески продольной силой, измеряемой первым эталонным тензодатчиком стенда, и одновременно осуществляет взвешивание подвески, контролируя возникающую при нагружении продольной силой вертикальную подъемную силу, измеряемую вторым эталонным тензодатчиком стенда, что обеспечивает более точные результаты калибровки тензодатчика установки ИКС-1, чем в других известных установках подобного назначения. Данные калибровки с помощью специальной программы в автоматическом режиме обрабатываются компьютером пульта и заносятся в обновляемую программу измерений коэффициента сцепления.

Серийное освоение установки ИКС-1 и ее апробация. На установку ИКС-1 выданы сертификат типа изделия № 483 Межгосударственным авиационным комитетом (25.06.2009 г.) и лицензия № 005574-ИР от 10.06.2009 г. на серийный выпуск Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли РФ, а также получено регистрационное удостоверение № 224-06-2009 о включении ИКС-1 в «Государственный перечень специальных средств измерений гражданской авиации РФ» Федерального агентства воздушного транспорта «РОСАВИАЦИЯ» Министерства транспорта РФ.

Установка ИКС-1 (и ее ранние и поздние модификации) участвовала в полигонных испытаниях в составе тринадцати других участниц – национальных измерительных установок подобного назначения, представленных США, Великобританией, Швецией, Финляндией и Францией на международной научно-технической конференции-выставке в НАСА (США, о. Уоллопс, 2006), а также экспонировалась в IX международной научно-практической конференции-выставке «Современные методики контроля и восстановления искусственных покрытий аэродромов и автомобильных дорог» (СПб., 2010), сведения о которой помещены в [8].

Развитие и совершенствование установки. Гарантийное и послегарантийное обслуживание. Целевая подготовка специалистов и обучение обслуживающего персонала аэродромных и автодорожных служб. В Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) на факультете электротехники и автоматики (ФЭА) совместно со стратегическими партнерами факультета – научно-производственной компанией «Созвездие» (г. Санкт-Петербург) и ОАО «Ковровский электро-механический завод» (г. Ковров) создана учебно-научная лаборатория «Мехатронные комплексы подвижных объектов и мобильные установки аэродромного обслуживания». Лаборатория оснащена уникальным оборудованием, в том числе новейшими полностью автоматизированными энергосберегающими мобильными электромеханическими установками нового поколения и их компьютеризированными информационно-управляющими комплексами для проведения комплексных измерений фрикционных свойств аэродромных покрытий, отвечающих международным требованиям в области обеспечения безопасности посадки воздушных судов. В рамках лаборатории создан и запущен в эксплуатацию уникальный многофункциональный электромеханический стенд, позволяющий при проведении сертификационных, ресурсных и метрологических исследований электромеханических установок воспроизводить условия аэродромных и автодорожных испытаний мобильных установок, заменяя дорогостоящие полевые испытания лабораторными.

Установка ИКС-1 является инновационной разработкой, и облик ее механической конструкции, схемотехническое обеспечение силовой и управляющей электроники, структуры систем автоматического управления и программное обеспечение средств автоматизации сложились в процессе научных исследований и опытно-конструкторских работ в этой области и не являются неизменным. Поэтому в лаборатории не прекращается работа по совершенствованию разработки в направлениях:

- повышения точности и стабильности измерений коэффициента сцепления;
- совершенствования систем управления и автоматизации установки;
- улучшения их эксплуатационных качеств и упрощения обслуживания.

В рамках лаборатории создана также производственно-эксплуатационная служба, способная осуществить качественное и своевременное гарантийное и послегарантийное обслуживание установок как в аэродромных условиях, так и на площадях лаборатории.

Важной составляющей деятельности лаборатории является материально-техническая поддержка образовательной деятельности кафедры и факультета в сфере высшего профессионального вузовского и послевузовского образования. На кафедре лицензирована магистерская программа «Управление и автоматизация производственных комплексов подвижных объектов и установок аэродромного обслуживания (науч. руководитель д-р техн. наук, профессор В. В. Путов), осуществляющая двухлетнюю целевую (бюджетную и внебюджет-

ную) подготовку магистров по заказам предприятий (прием от 10 до 25 человек), а также разработаны и сертифицированы четыре программы повышения квалификации и переподготовки обслуживающего персонала аэродромных и автодорожных служб.

Все программы обеспечены учебно-методическими пособиями и материалами для преподавания с привлечением мультимедийных и дистанционных технологий обучения.

Результаты работы получены в рамках выполнения проекта по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94). М.: Воздушный транспорт, 1995.
2. Мобильная электромеханическая установка нового поколения для оперативного контроля аэродромных покрытий/ В. В. Путов, В. Е. Хильченко, А. В. Путов, В. Н. Шелудько // Мехатроника, автоматизация и управление. 2007. № 10. С. 25–30.
3. Путов В. В., Шелудько В. Н., Путов А. В. Современная техника аэродромного обслуживания от «ЛЭТИ» // Вестник авиации и космонавтики. Москва. 2008. № 1. С. 2–5.
4. В. В. Путов, А. В. Путов, В. Е. Хильченко. Устройство измерения коэффициента сцепления колеса с поверхностью аэродромных и дорожных покрытий // Пат. РФ на изобретение № 2369856. Пер. № 2008104925 от 31.01.2008.
5. Шелудько В. Н., Путов А. В., Друян Е. В. Система автоматического управления электромеханическим каскадом торможения буксируемого колеса в задачах исследования аэродромных и автодорожных покрытий // Изв. «АиУ». СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2006. № 1.
6. Автоматически управляемые электромеханические устройства торможения транспортных колес / В. В. Путов, А. В. Путов, Я. Н. Сколяров, В. Н. Шелудько // Изв. СПбГЭТУ. 2010. № 8.
7. Путов В. В., Сколяров Я. Н., Хильченко В. Е. Инновационный подъем «Созвездия» и «ЛЭТИ» // Дорожная держава. 2010. № 27, авг. С. 23–25.

V. V. Putov, V. N. Sheludko, A. V. Putov, T. L. Rusaeva

AN AUTOMATICALLY CONTROLLED TOWED ELECTROMECHANICAL INSTALLATION FOR MEASURING ADHESION AIRPORT AND PAVEMENT SFT-1

It is devoted to questions of creation of innovative working out – completely automated towed electromechanical installation for continuous measurement of factor of coupling of air field and road coverings ASFT. The principle of construction of the device, its technical both operational characteristics and results of serial development, questions guarantee and after guarantee service, training of the personnel and target master preparations are discussed.

Electromechanical braking device, automatic control system braking, electromechanical cascade

УДК 681.518.3.001.24/04

Е. А. Бубнов

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ

Предложена классификация основных типов входной информации в корабельных системах информационной поддержки, обоснован выбор лингвистической шкалы для фаззификации входной информации, выбраны и обоснованы критерии оценки входной информации.

Корабельные системы информационной поддержки, фаззификация, шкалирование входной информации, степень входной неопределенности, степень входной противоречивости

Корабельные системы информационной поддержки (СИП) – это комплекс аппаратных и программных средств, выполненных с использованием новых информационных технологий и предназначенных для поддержки процесса принятия решений оператором по управле-

нию корабельными техническим средствами в нормальных и аварийных режимах функционирования (по [1]).

Одной из важных функций СИП является первичная обработка входной информации о состоянии объекта управления (ОУ).

Под первичной обработкой входной информации понимается ряд преобразований, направленных на определение требуемых параметров сигнала первичного датчика:

- постоянной времени и скорости изменения;
- направления изменения;
- определение факта нахождения в наперед заданном диапазоне (нормальных значений, диагностическом, предупредительной или аварийной сигнализации) и т. п.

Операция первичной обработки входной информации является определяющей для дальнейшего адекватного распознавания текущего состояния объекта управления и формирования советов оператору.

Основными классами входной информации СИП являются параметрическая (или физическая) и непараметрическая (или психологическая) информация [2].

К классу *параметрической* информации относятся текущие значения технологических параметров (ТП) объекта управления. Как правило, текущие значения ТП поступают из канала измерения корабельной информационно-измерительной системы (КИИС), а первичная обработка реализуется непосредственно в СИП [3].

Непараметрическая информация – суть субъективная оценка оператором значений, тенденций изменения признаков состояний ОУ, которые не обрабатываются КИИС либо автоматический контроль которых затруднен, невозможен или нецелесообразен. К таким признакам, например, относят наличие воды, пара в помещениях корабля, интенсивность течи и т. п. Непараметрическая информация в некоторых случаях является важной для адекватного распознавания состояния ОУ и выработки рекомендаций по управлению.

Характерной особенностью большинства корабельных энергетических объектов управления является нечеткость и/или противоречивость проявления признаков их состояний. Нечеткость проявления признака характеризует его свойство находиться в некотором диапазоне в одном и том же состоянии (режиме функционирования) объекта управления. Эта особенность характеризуется численным параметром – степенью интенсивности проявления признака R . Противоречивость проявления признака характеризует свойство отдельных признаков принимать значения, противоположные фактическому состоянию ОУ. Численно эта особенность характеризуется степенью противоречивости проявления признака R^- .

Таким образом, информация о состоянии корабельного объекта управления, поступающая в СИП, является эмпирической системой отношений параметров, которые различаются, во-первых, своей физической природой, во-вторых, способами передачи в СИП, в-третьих, имеют стохастическую, нечеткую природу. Эти обстоятельства определяют еще одну важную и нетривиальную функцию первичной обработки входной информации в СИП – шкалирование входной информации.

Под *шкалированием* входной информации понимается совокупность методов измерения, посредством которых эмпирическая система отношений трансформируется в соответствующую числовую систему, пригодную для дальнейшей обработки единым методом (алгоритмом) функционирования СИП.

В 1965 г. Л. Заде [4] ввел понятие нечеткого множества, которое можно описать в виде так называемой функции принадлежности. Эта функция ставит в соответствие числовым значениям в данном случае признака состояния числа из диапазона шкалы

$$L = \langle R_{\min} < R_{\max} \rangle.$$

В ходе операции фаззификации – преобразования значения признака в нечеткий формат – признаки состояния корабельной энергетической установки, например «температура теплоносителя T высокая» (рис. 1) и «давление в контуре p нормальное» (рис. 2), могут быть приведены к единому обобщенному безразмерному показателю $R = [0; 1]$.

Видно, что в результате фаззификации эти признаки различной физической природы приобретают новое полезное свойство сравнимости между собой.

Основными вопросами шкалирования входной информации являются, во-первых, выбор приемлемой шкалы L , во-вторых, выбор функции принадлежности.

При выборе шкалы необходимо учитывать ряд требований, важнейшие из которых следующие:

- шкала должна быть числовой и безразмерной для обеспечения сравнимости признаков различной физической природы;
- шкала должна быть универсальной, т. е. применимой как к параметрической, так и к непараметрической входной информации;
- шкала должна иметь область определения для всех значений всех признаков состояний объекта управления.

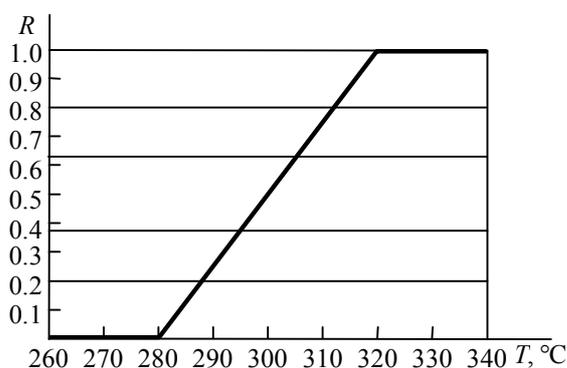


Рис. 1

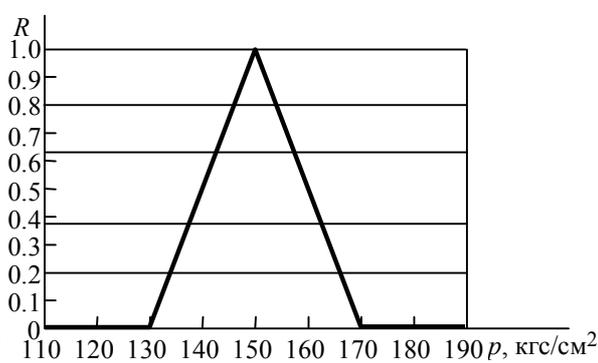


Рис. 2

Так как СИП является человеко-машинной системой с более высокой, чем в обычной АСУ, степенью информативности данных, поступающих от человека, то шкала должна учитывать основные черты оценок признаков, используемых человеком-оператором:

- качественность оценок; использование словесных оценок для измерения свойств, для которых не разработаны количественные шкалы, например: «интенсивно», «чрезвычайно опасно»;
- приближительность оценок; использование их даже тогда, когда свойство может быть измерено по количественной шкале, например: «быстро», «очень быстро»;
- использование противоположных, биполярных оценок: «быстро – медленно», «опасно – безопасно»;
- наличие нейтральной оценки: «средний уровень», «не истинно – не ложно»;
- использование модификаторов оценок: «очень», «чрезвычайно», «почти»;
- симметричность градаций противоположных оценок: «очень быстро – очень медленно»;
- использование 5–7 градаций при оценке свойств.

Отмеченные особенности позволяют выделить обобщенную универсальную структуру для лингвистической оценки степени интенсивности проявления признаков состояний (см. таблицу):

$$L = \langle \text{ЭАС}_{-6} < \text{ПЭАС}_{-5} < \text{ОАС}_{-4} < \text{ПОАС}_{-3} < \text{АС}_{-2} < \text{ПАС}_{-1} < \text{НС}_0 < \text{ПС}_{+1} < \text{С}_{+2} < \text{ПОС}_{+3} < \text{ОС}_{+4} < \text{ПЭС}_{+5} < \text{ЭС}_{+6} \rangle. \quad (1)$$

Обозначение (модификатор)	Значение
С	обладание свойством (признаком)
А	анти
Н	нейтрально
П	почти
О	очень
Э	экстра (очень-очень)

Каждой градации от ЭАС до ЭС может быть поставлен в соответствие ее номер $R_j = [-6...+6]$ (нижние индексы в шкале L). В общем случае шкала является лишь порядковой, но номера градаций используются как балльные оценки интенсивности проявления признаков. При этом «балльность» шкалы может быть произвольной:

$$L = \langle R_{\min}, R_{\min} + 1, \dots, 0, \dots, R_{\max} - 1, R_{\max} \rangle. \quad (2)$$

В некоторых случаях целесообразно использование шкалы с пятибалльными значениями R :

$$R_j = [-5 \dots 0 \dots +5], \quad (3)$$

которые хорошо интерпретируются операторами в ассоциации, – например, со школьными оценками.

С использованием лингвистической шкалы возможно численное определение степени интенсивности и противоречивости проявления признаков. Интенсивность проявления признаков определяет степень входной неопределенности признаков (СВН) DD и степень входной противоречивости признаков (СВП) DU .

Степень входной неопределенности определяется следующим образом:

$$DD = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n |R_j|}{nL}, \quad (4)$$

где n – количество проведенных тестов; R_j – интенсивность проявления признака; L – максимальная балльность шкалы оценки интенсивности проявления признака.

Согласно выражению (4), СВН может изменяться от 0 до 1, где 1 соответствует полной неопределенности, 0 – полной определенности признаков (неопределенность отсутствует).

Если в ходе проведения n тестов интенсивность проявления признаков определена как ЭАС₋₆ или ЭС₊₆, то СВН $DD = 0$; если НС₀, то $DD = 1$.

Например:

1. Проведено 4 теста: $L = 6$; $R_1 = +6$; $R_2 = -6$; $R_3 = +6$; $R_4 = +6$.

$$DD = 1 - \frac{|6| + |-6| + |6| + |6|}{4 \cdot 6} = 0.$$

2. Проведено 5 тестов: $L = 6$; $R_1 = +4$; $R_2 = +3$; $R_3 = -5$; $R_4 = +1$; $R_5 = 2$.

$$DD = 1 - \frac{|4| + |3| + |-5| + |1| + |2|}{5 \cdot 6} = 0.5.$$

Таким образом, степень входной неопределенности признаков DD – комплексная величина, численно определяющая интенсивность проявления признаков в ходе сеанса распознавания.

Степень входной противоречивости проявления признаков:

$$DU = \frac{\sum_{j=1}^n |R_j^-|}{\sum_{j=1}^n |R_j^-| + \sum_{j=1}^n |R_j^+|}, \quad (5)$$

где R_j^+ – интенсивность проявления j -го признака, подтверждающего гипотезу распознавания; R_j^- – интенсивность проявления j -го признака, противоречащего гипотезе.

Согласно формуле (5) СВП может изменяться в диапазоне от 0 до 1. $DU = 0$ означает, что в ходе тестирования признаки, противоречащие гипотезе, принятой в качестве вывода, отсутствовали. При $DU = 1$ все признаки противоречат гипотезе. Под формулировкой «противоречить гипотезе» здесь понимается состояние, когда проявление признака противоположно существующему в базе знаний (например, при течи контура теплообмена давление должно падать, а оно повышается).

Например, проведено 4 теста: $L = 6$; $R_1 = +4$; $R_2 = -3$; $R_3 = +6$; $R_4 = +2$. Признаки R_1 и R_3 противоречат гипотезе, принятой в качестве вывода:

$$DU = \frac{|4| + |6|}{(|4| + |6|) + (|3| + |2|)} = 0,66.$$

Таким образом, *степень входной противоречивости признаков DU* – комплексная величина, численно определяющая противоречивость проявления признаков гипотезе, принятой в качестве вывода в ходе сеанса распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобзев В. В., Мироненко Г. М., Шилов В. А. Военно-морские экспертные системы. СПб.: ВВМИУ им. Дзержинского, 1993.
2. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.
3. Бубнов Е. А. Корабельные информационные системы: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007.
4. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений/ пер. с англ. М.: Мир, 1976.

E. A. Bubnov

PREPROCESSING OF THE ENTRANCE INFORMATION IN SHIP SYSTEMS OF INFORMATION SUPPORT

Classification of the basic types of the entrance information in ship systems of information support is offered, the choice of linguistic scale for fuzzification the entrance information is proved, criteria of estimation of the entrance information are chosen and proved.

Ship systems of information support, fuzzification, scaling the entrance information, degree of entrance uncertainty, degree of entrance discrepancy



УДК 62-83

М. В. Горев, В. А. Новиков

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ СИСТЕМ РЕЗАТЕЛЬНЫХ СТАНКОВ

Рассматриваются динамические характеристики типовых функциональных модулей электроприводных систем резательных станков, из которых формируются динамические и программные блоки-комплексы, адекватные конкретному виду станка. Модельные и промышленные исследования выполнены на примере комплекса продольно-резательного станка.

Электроприводные системы, динамические характеристики, резательные станки

Резательные станки (РС) применяются в производственных системах различных отраслей промышленности, например металлургической, целлюлозно-бумажной (ЦБП), полиграфической. В целлюлозно-бумажной промышленности применяются продольно-резательные станки (ПРС) для смотки бумажного полотна с одного рулона, резки и намотки его на несколько других рулонов и станки поперечной резки (СПР) для резания картонного полотна на листы заданного формата. Основными требованиями к электроприводным системам (ЭПС) станков являются высокая производительность; необходимость поддержания с высокой точностью скоростей механизмов станка и натяжения полотна в статических и динамических режимах работы; управление соотношением нагрузки механически взаимосвязанных электроприводов; обеспечение циклического режима работы станков с оптимальными диаграммами движений.

Разнообразные РС различаются видом полотна, особенностями технологии, установленной мощностью оборудования и др. Для РС требуется исследование динамики много-связной системы управления электроприводами с учетом влияния упругих звеньев в механизмах станка и в натянутом полотне. Исследование динамики необходимо для оптимизации работы станка с целью повышения его производственной эффективности по показателям производительности, качества обработки полотна и энергоэффективности. Задачи оценки динамических характеристик станков существуют на стадии проектирования, при их создании и при модернизации.

Развивая блочно-модульную идеологию построения средств и систем управления РС, можно выделить группы механизмов станков, для которых характерны общие функциональные задачи управления в технологическом процессе (функциональные модули), и в соответствии с этим подготовить динамические и программные модели модулей. Из таких модулей можно формировать динамические и программные блоки-комплексы, адекватные конкретному виду РС.

Динамические характеристики типовых функциональных модулей ЭПС РС. Упрощенные схемы типовые функциональных модулей ЭПС механизмов РС, предназначенные для использования в ЦБП, приведены на рис. 1, а – ж.

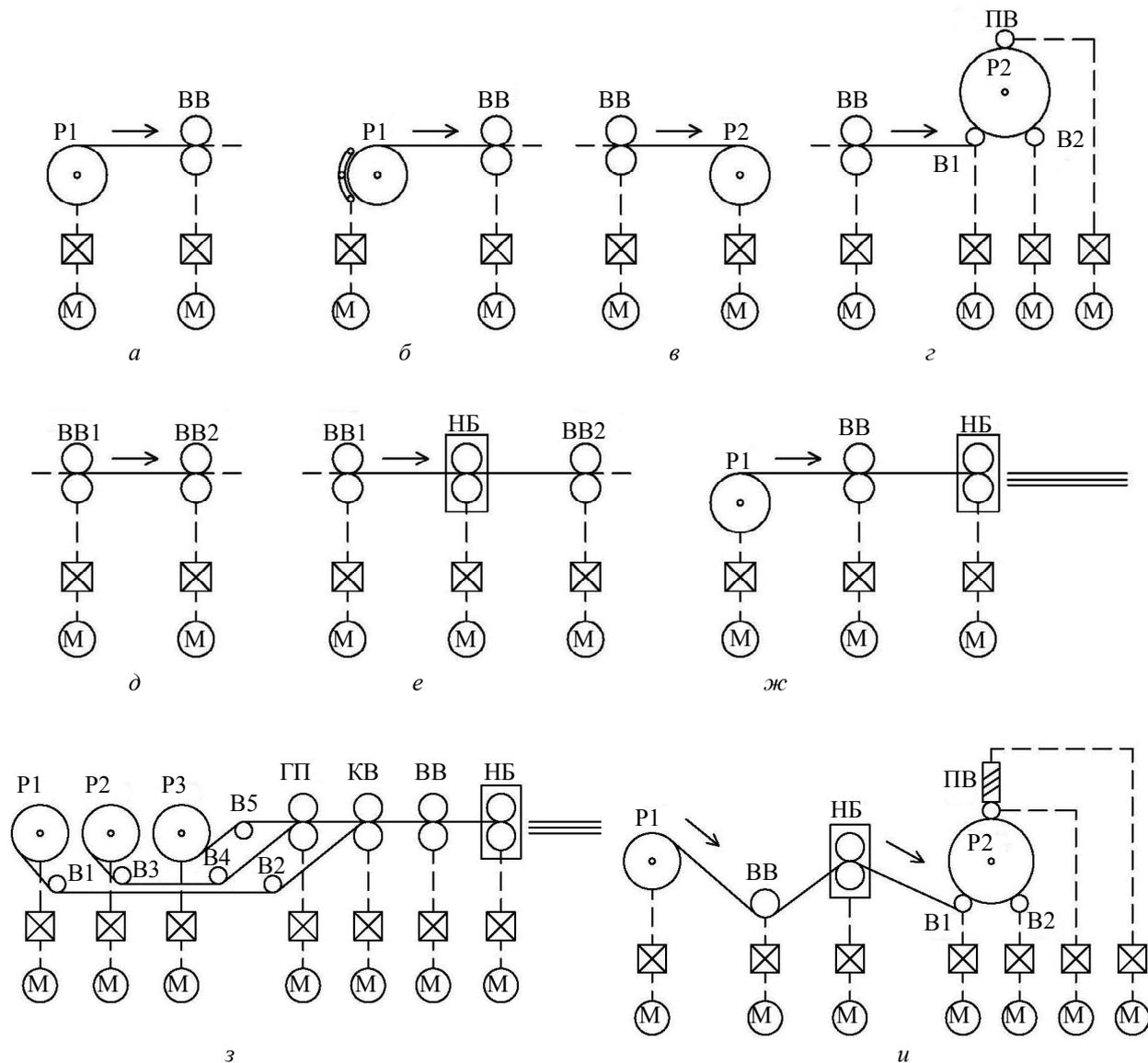


Рис. 1

Для каждого модуля разработаны математическое описание и компьютерные модели с разной степенью детализации динамических процессов. Процессы рассматриваются на механикотехнологическом и электромеханическом уровнях с учетом контуров регулирования технологическими, механическими и электромагнитными переменными.

Модуль 1 (рис. 1, *а*). Осевой раскат рулона P1 через ведущий вал ВВ. Контур регулирования привода рулона P1 замкнут по натяжению в рабочем режиме и по скорости в режиме заправки. Привод ВВ замкнут по скорости. Рассматриваются процессы продольного растяжения полотна. Полное математическое описание динамических процессов в растянутом полотне изложено в [1].

Модуль 2 (рис. 1, *б*). Периферический раскат рулона P1 через ведущий вал ВВ. Используется прижимной транспортер. Контур регулирования переменных в приводах выполняются аналогично модулю 1. Аналогичны и уравнения динамики приводов.

Модуль 3 (рис. 1, *в*). Осевой накат бумаги в рулон P2 через ведущие валы ВВ. Привод ведущих валов и рулона регулируется по контуру скорости с синхронизацией, требуемое значение натяжения задается коэффициентами смещения скорости.

Модуль 4 (рис. 1, *г*). Периферический накат бумаги в рулон P2 через ведущие валы ВВ с помощью несущих валов В1 и В2 и прижимного вала ПВ. Привод ведущих валов регулируется по скорости, привод периферического наката – по скорости с управлением загрузкой каждого электропривода.

Модуль 5 (рис. 1, *д*). Секция последовательного ведения бумаги или картона между двумя ведущими валами ВВ1 и ВВ2, привод регулируется по скорости с синхронизацией.

Модуль 6 (рис. 1, *е*). Секция последовательного ведения бумаги между двумя ведущими валами ВВ1 и ВВ2 с механизмом продольного реза – ножевым блоком НБ, привод регулируется по скорости с синхронизацией.

Модуль 7 (рис. 1, *ж*). Секция поперечного реза картона или бумаги НБ. Полотно сматывается с рулона P1 через ведущие валики ВВ. Привод НБ регулируется по положению, с обратной связью от координаты и скорости ножа. Привод рулона регулируется по натяжению, привод валиков – по скорости.

Из типовых функциональных модулей можно формировать блоки-комплексы. В качестве примера на рис. 1, *з* показан комплекс непрерывной линии по производству трехслойного гофрокартона, включающий в себя СПР с барабанными ножницами, предназначенными для поперечного резания картона. На рис. 1, *и* приведен комплекс ПРС. Более подробно эти комплексы раскрыты в учебнике [2].

В первом комплексе система управления включает в себя систему последовательного ведения приводов линии по скорости и систему управления НБ СПР. Во втором комплексе – следующие сепаратные системы управления: натяжением полотна; скоростью полотна и, соответственно, частотами вращения валов и ножей; соотношением моментов привода наката; усилием нажимных винтов; положением ножей.

Динамические характеристики ЭПС продольно резательного станка. Комплекс ПРС включает в себя функциональные модули, показанные на рис. 1, *а*, *г*, *е*. Основной задачей управления переменными является стабилизация скорости и натяжения на этапе обработки полотна с учетом взаимосвязи механизмов станка через натянутое полотно.

Механическая модель ПРС с учетом упругих свойств электроприводов и натяжений полотна показана на рис. 2 (c_i – жесткость, b_i – коэффициент демпфирования).

При движении полотна с усилиями натяжения $F_{\Pi j}$ кроме внутреннего демпфирования появляется скоростное демпфирование. Ножевой блок в системе не рассматривается.

Динамические процессы в системе управления электроприводом ПРС описываются следующей системой уравнений:

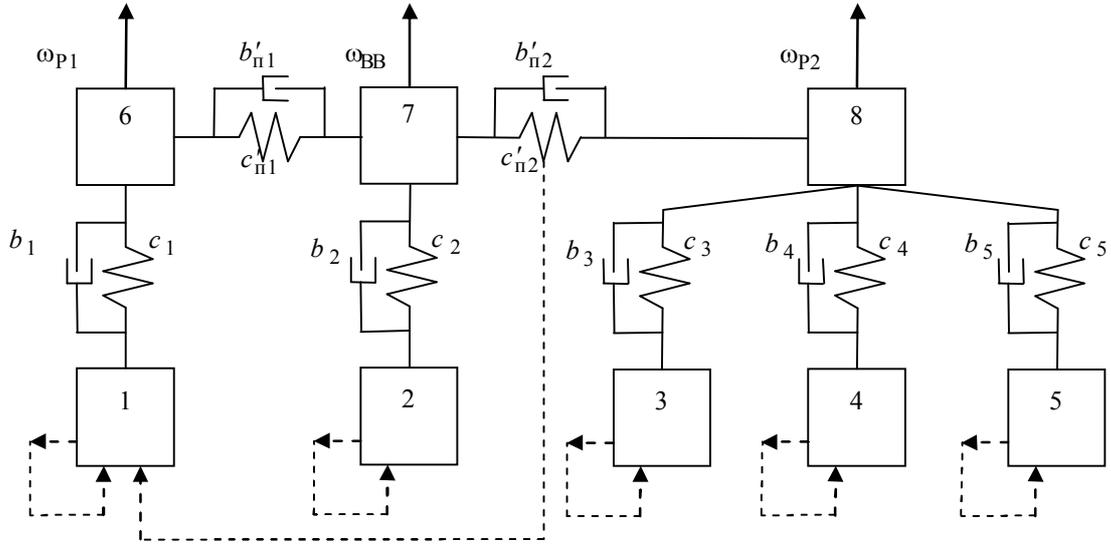


Рис. 2

$$\begin{aligned}
u_{p.H.T} &= W_{p.H.T}(p)(u_f + k_{д.H.T}F_{\pi 1}); \quad u_{p.y} = W_{p.y}(p)(u_{f.p} - k_{д.y}F_{\pi}); \\
u_{p.c1} &= W_{p.c1}(p)(u_{\omega 1} - k_{д.c1}\omega_1 - u_{p.H.T}); \quad u_{p.ci} = W_{p.ci}(p)(u_{\omega i} - k_{д.ci}\omega_i); \quad i = \overline{2, 3}; \\
u_{p.ci} &= W_{p.ci}(p)(u_{\omega i} - k_{д.ci}\omega_i + u_{p.c.Mi}); \quad i = \overline{4, 5}; \\
u_{p.c6} &= W_{p.c6}(p)(u_{p.y} - k_{д.c6}\omega_6); \\
u_{p.c.Mi} &= W_{p.c.Mi}(p)(k_{c.Mj}u_{p.ci-1} - u_{p.ci}); \quad i = \overline{4, 5}; \quad j = \overline{1, 2}; \\
u_{\omega i} &= u_{\omega i-1}k_{c.cj}; \quad i = \overline{3, 5}; \quad j = \overline{1, 3}; \quad T_{\alpha i}p i_i + i_i = R_{\alpha i}^{-1}(u_{\beta i} - c'_{дi}\omega_i); \\
u_{\beta i} &= [W_{p.Ti}(p)k_{\pi i}u_{p.Ti}(t - \tau_i)](u_{p.ci} - k_{д.Ti}i_i); \quad i = \overline{1, 6}; \\
M_i &= c_{дi}i_{pi}i_i; \quad p\omega_i = J_i^{-1}(M_i - M_{yi} - M_{ci}); \quad i = \overline{1, 5}; \quad p\omega_6 = J_6^{-1}(M_6 - M_{c6}); \\
M_{y1} &= c_1p^{-1}(\omega_1 - \omega_{P1}) + b_1(\omega_1 - \omega_{P1}); \quad M_{y2} = c_2p^{-1}(\omega_2 - \omega_{BB}) + b_2(\omega_2 - \omega_{BB}); \\
M_{yi} &= c_i p^{-1}(\omega_i - v_{P2}/r_i) + b_i(\omega_i - v_{P2}/r_i); \quad i = \overline{3, 5}; \\
p\omega_{P1} &= J_{\Sigma 1}^{-1}(F_{\pi 1}r_{P1} - M_{y1} - M_{c\Sigma 1}); \quad p\omega_{P2} = J_{\Sigma 3}^{-1}\left(\sum_{i=3}^5 F_i - F_{\pi 2} + F_{c\Sigma}\right)r_{P2}; \\
p\omega_{BB} &= J_{\Sigma 2}^{-1}(M_{y2} + F_{\pi 2}r_2 - F_{\pi 1}r_{P1} - M_{c\Sigma 2}); \\
F_{\pi 1} &= c_{\pi 1}p^{-1}(v_{BB} - v_{P1} - v_{P1}\varepsilon_1) + b_{\pi 1}(v_{BB} - v_{P1} - v_{P1}\varepsilon_1); \\
F_{\pi 2} &= c_{\pi 2}p^{-1}(v_{P2} - v_{BB} - v_{BB}\varepsilon_2) + b_{\pi 2}(v_{P2} - v_{BB} - v_{BB}\varepsilon_2); \\
v_{P1} &= \omega_{P1}r_{P1}; \quad v_{BB} = \omega_{BB}r_2; \quad v_{P2} = \omega_{P2}r_2; \quad F_{\pi}p = k_f\omega_6;
\end{aligned}$$

$$L_{\Pi i} c_{\Pi i}^{-1} p \varepsilon_i + \varepsilon_i = (L_{\Pi i} c_{\Pi i})^{-1} F_{\Pi i}; \quad i = \overline{1, 2};$$

$$F_i = r_i^{-1} (M_{y_i} - M_{c_{\Sigma i}} - k_{f_i} F_{\Pi}); \quad i = \overline{3, 5},$$

где ω_i – частота вращения двигателя; ω_{P1}, ω_{P2} и $\omega_{ВВ}$ – частоты вращения рулонов P1, P2 и ведущего вала ВВ; v_{P1} и $v_{ВВ}$ – линейные скорости рулонов и ведущего вала; r_{P1} и r_2 – радиусы рулонов и ведущего вала; $r_i, i = \overline{3, 5}$ – радиусы валов В1 и В2 и прижимного вала ПВ; J_i – моменты инерции валов двигателей; $J_{\Sigma i}$ – суммарный момент инерции приведенный к валу двигателя; $M_{c_{\Sigma i}}$ и M_{c_i} – суммарный статический момент приведенный к двигателю и момент сопротивления двигателя; M_{y_i} – момент упругих сил; M_i – момент двигателя; c_i и b_i – коэффициенты жесткости и демпфирования упругой механической системы; $c_{\Pi i}$ и $b_{\Pi i}$ – коэффициенты жесткости и демпфирования полотна; $L_{\Pi i}$ и ε_i – длина и относительное удлинение полотна на заданном участке; $F_{\Pi 1}, F_{\Pi 2}$ – натяжения возникающие в полотне; $F_i, i = \overline{3, 5}$ – усилия валов периферического наката прилагаемые к рулону P2; $F_{c_{\Sigma}}$ – суммарное постоянное усилие, прилагаемое к рулону P2; $u_{p.ti}, u_{p.ci}, u_{p.c.mi}, u_{p.y}, u_{p.n.t}$ – выходные переменные регуляторов тока, скорости, соотношения моментов, усилия прижима и натяжения; $i_i, u_{\beta i}$ – составляющие токов и напряжений статора по оси β в системе векторного управления; $T_{\varepsilon i}, R_{\varepsilon i}$ – постоянная времени статора двигателя и эквивалентное сопротивление; $c_{дi}$ – постоянная двигателя; $k_{д.ti}, k_{д.ci}, k_{д.n.t}, k_{д.y}$ – коэффициенты датчиков тока, скорости, натяжения и усилия прижима; $k_{\Pi i}, \tau_i$ – передаточный коэффициент и время запаздывания преобразователя частоты; $u_f, u_{fp}, u_{\omega i}$ – задания натяжения, усилия прижима и скорости.

На рис. 3 приведена упрощенная структурная схема модели двигателя и преобразователя частоты при постоянстве потокосцепления Ψ_2 .

В рассматриваемом случае: $R_{\varepsilon i} = R_{1i}; T_{\varepsilon i} = \sigma T_{1i}; c_{дi} = (3/2) p_{\Pi} k_2 \Psi_2; c'_{дi} = p_{\Pi} k_2 \Psi_2$, где R_{1i} – сопротивление статора; σ – коэффициент рассеяния двигателя ($\sigma = 1 - L_m^2 / (L_1 L_2)$);

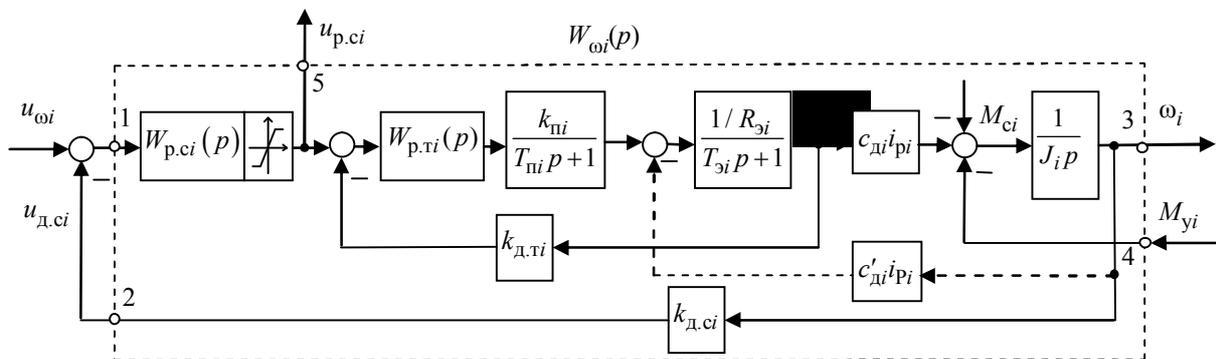


Рис. 3

T_{1i} – постоянная времени статора; $k_2 = L_m/L_2$ – коэффициент; ψ_2 – потокосцепление; p_{Π} – число пар полюсов. Методика расчета параметров и постоянных времени двигателя изложена в [3].

Обобщенная структурная схема динамической модели ПРС, составленная на основе системы уравнений приведена на рис. 4.

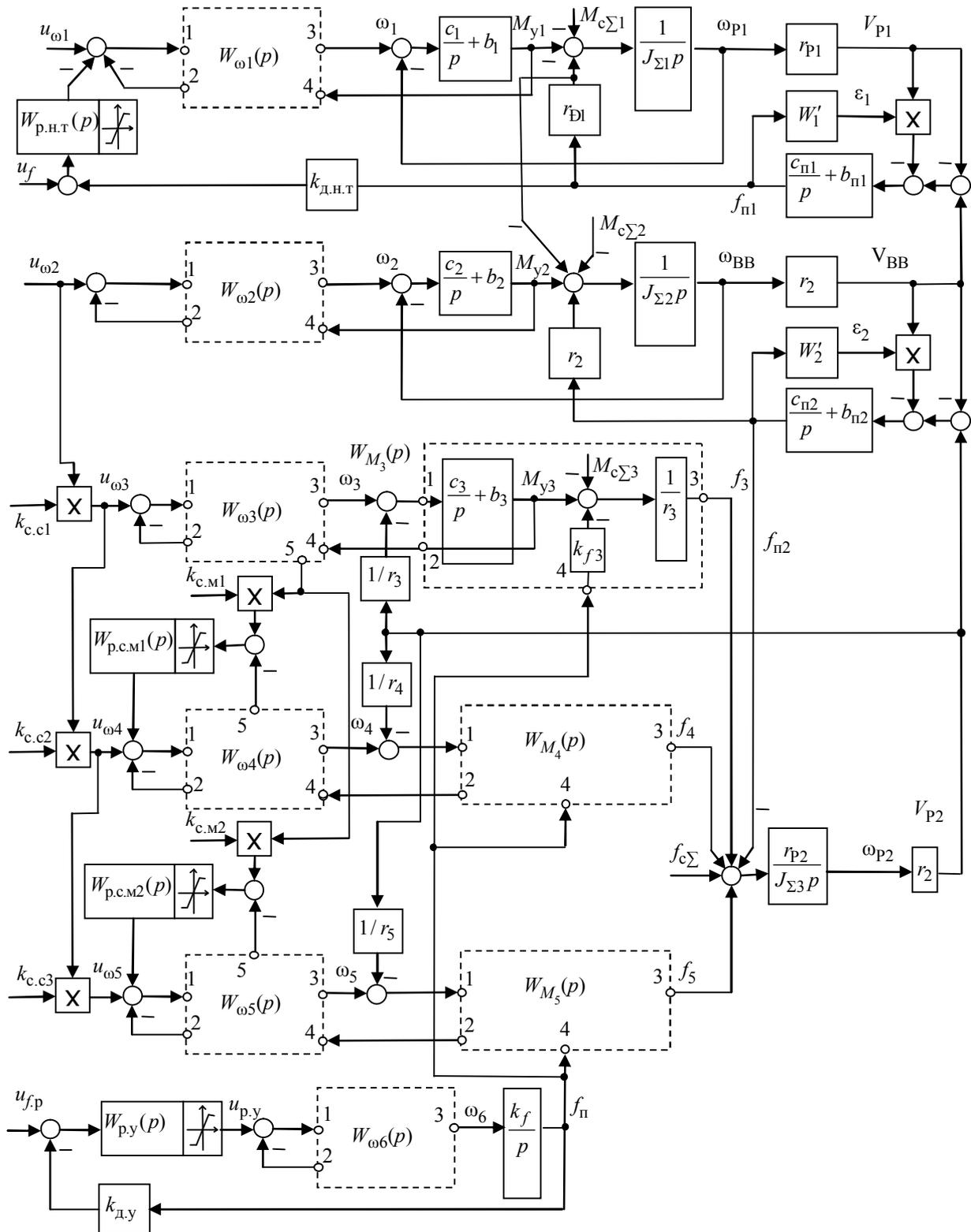


Рис. 4

Для этой модели в среде Matlab Simulink разработана компьютерная модель с учетом изменяющихся радиусов и моментов инерции рулонов P1 и P2 при смотке/намотке полотна. Передаточная функция W_i' (рис. 4) имеет следующий вид:

$$W_i' = \frac{1/L_{\Pi i} c_{\Pi i}}{(L_{\Pi i} / c_{\Pi i})p + 1}; \quad i = \overline{1, 2}.$$

В связи с модернизацией электрооборудования выполнены модельные исследования и промышленные эксперименты ЭПС ПРС фирмы MASSON SCOTT THRISSELL, модель AUTOTORQUE. Общие характеристики: заправочная скорость – 10...25 м/мин; рабочая скорость – до 1500 м/мин; ширина бумажного полотна – 2.5 м; время разгона-торможения – 50 с.

Моделировался полный цикл работы станка при перемотке и резании тамбура раската. На рис. 5 показаны фрагменты результатов моделирования: реакция системы на малое приращение (рис. 5, а); процесс заправки полотна, разгона ПРС и обработки полотна на рабочей скорости с приложенным возмущающим воздействием (рис. 5, б); время заправки и разгона до заданной скорости соответствует 25 и 45 с соответственно.

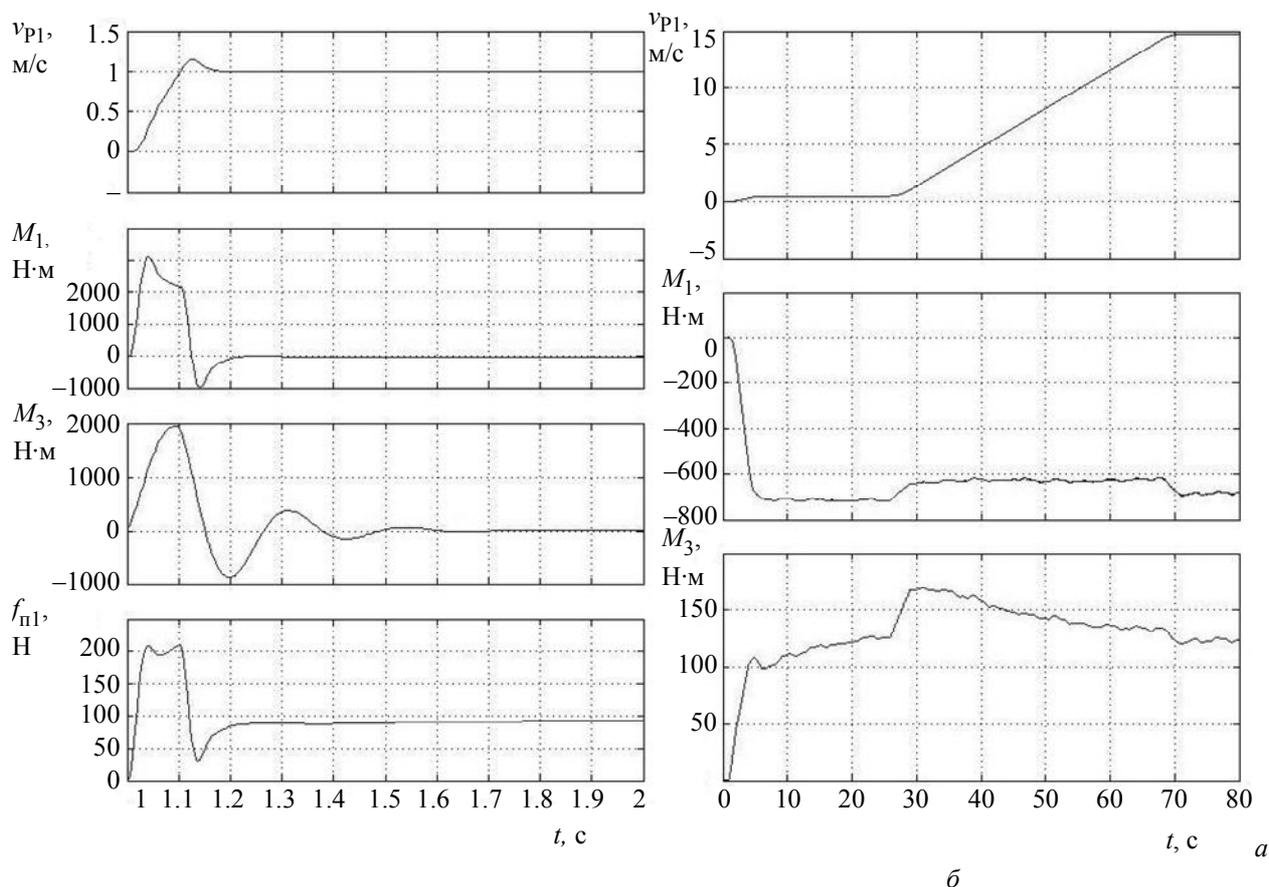
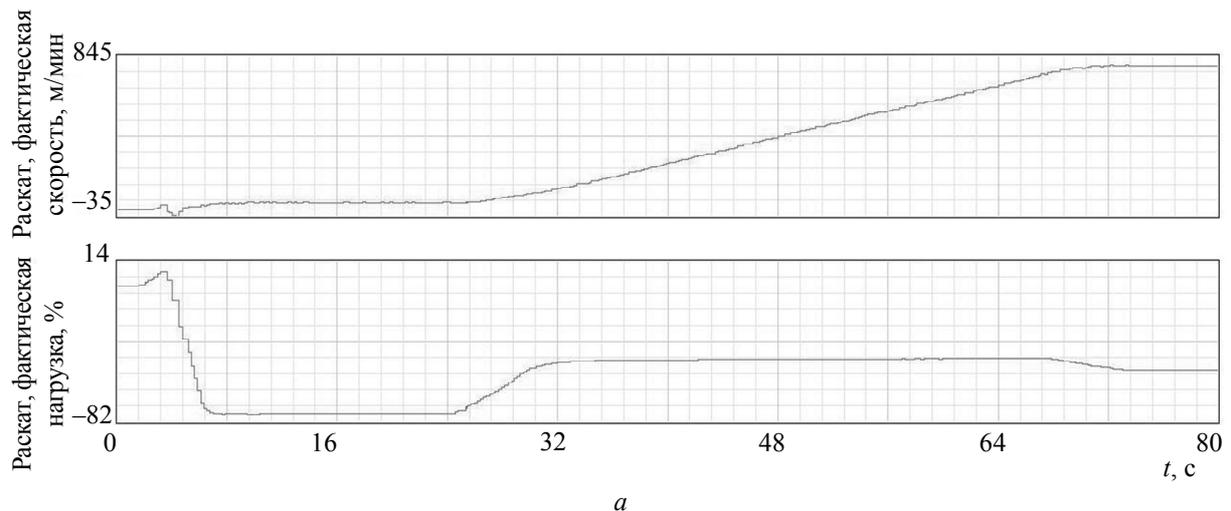
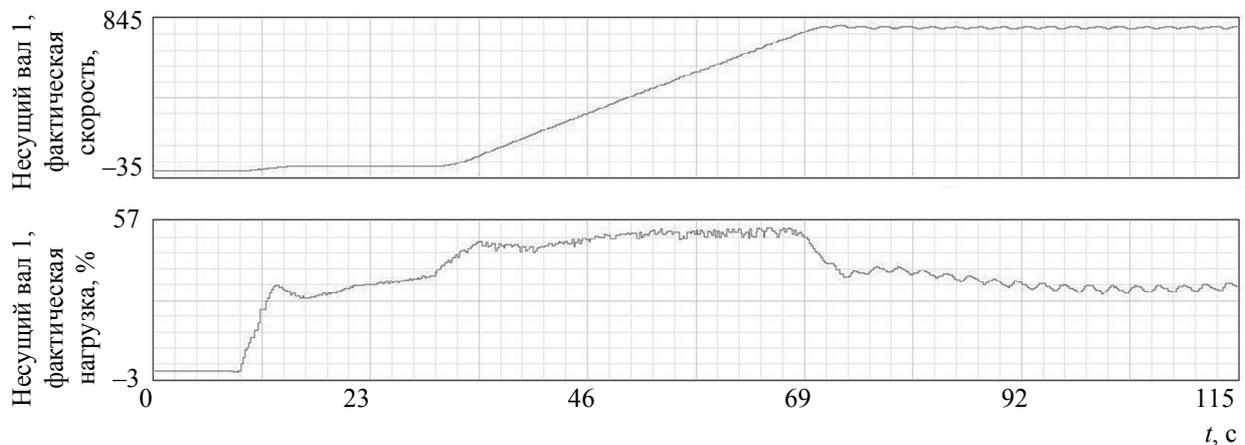


Рис. 5

На рис. 6 показаны промышленные эксперименты процесса заправки полотна, разгона и обработки на раскате (рис. 6, а) и одном из несущих валов (рис. 6, б). Наблюдаемые колебания скорости с частотой 0.3 Гц устранялись настройками регуляторов натяжения и скорости несущего вала.



a



б

Рис. 6

В результате выполненных модельных и промышленных исследований можно отметить хорошие результаты сходимости процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шустов А. Д. Процессы деформации бумажного полотна. М.: Лесная промышленность, 1969.
2. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов технологических комплексов: Учеб. для вузов. М.: Изд. центр «Академия», 2007.
3. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учеб. для вузов. М.: Изд. центр «Академия», 2006.
4. Козярук А. Е., Рудаков В. В. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства: Учеб. пособие / СПбГИ, СПб., 2008.

M. V. Gorev, V. A. Novokov

Research of dynamic characteristics of electric drive systems cutting machine

Dynamic characteristics of typical functional modules electric drive systems cutting machine of which the dynamic and program blocks-complexes adequate to a concrete kind of the machine are formed are considered. Modeling and industrial researches are executed on a complex example is longitudinal slitting machine.

Electric drive systems, dynamic characteristics, cutting machine



УДК 681.20; 547.47

В. В. Алексеев, Н. В. Орлова, О. А. Иващенко

ИИС КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ФОРМИРОВАНИЕ НОРМИРОВАННЫХ ШКАЛ ДЛЯ ПРОСТЫХ, СЛОЖНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ОЦЕНОК¹

Рассматриваются вопросы построения нормированных шкал для разных видов измеряемых величин. Приводятся алгоритмы нормирования простых оценок отдельных физических, химических и других величин, алгоритмы получения сложных и комплексных оценок. Показано, что геоинформационные технологии обеспечивают удобную и эффективную реализацию системы контроля состояния природных объектов, дают возможность автоматизировать процесс контроля и мониторинга состояния природных объектов с целью решения задач рационального природопользования.

Информационно-измерительная система, результаты измерений, нормированная оценка, единство измерений

Нормированные шкалы сложных оценок. Для некоторых наиболее важных характеристик экосистем или природных объектов существуют стандартизованные методики. Методики позволяют получить значение показателя качества на основании контрольных измерений. Как правило, шкалы этих оценок носят специфический характер и не нормированы. Это затрудняет применение этих оценок для более сложного анализа, получения интегральных показателей качества.

Рассмотрим примеры построения нормированных шкал для сложных оценок показателя качества воды и загрязнения воздуха.

Значения сложных оценок определяются по соответствующим сертифицированным методикам. Методики направлены на получение значения некоторого обобщенного показателя качества, для которого определена шкала значений.

Например, контроль качества воды может осуществляться по группам показателей f_j [1] (f_1 – азот аммонийный, азот нитритный; f_2 – хлориды; f_3 – фенолы, СПАВ; f_4 – БПК₅, сульфаты). Для каждого показателя определяются значения показателя $f_j = \sum_{i=1}^N b_{ij}x_i$ и коэффициента

$k_i = \sum_{p=1}^m a_p f_{jp}$. Результаты приведены в табл. 1.

¹ Окончание. Начало в № 8 за 2010 г.

Таблица 1

Параметр	Оценка качества воды					
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
f_j	-3...-1	-1...0	0...+1	+1...+2	+2...+3	> +3 (+3...+4)
k_i	< -3 (-4...-3)	-3...-1	-1...+1	+1...+3	+3...+5	> +5 (+5...+7)

Данная оценка может быть сведена к нормированной шкале. Для этого у односторонних ограничений «>» или «<» определим граничные значения – табл. 1, значения в круглых скобках, и значения шкалы вычислим по выражению

$$x_{iH} = (x_i - x_{i \min}) / (x_{i \max} - x_{i \min}).$$

В результате получим нормированную шкалу сложной оценки (табл. 2).

Таблица 2

Параметр	Оценка качества воды					
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
f_j , о.е.	0.0...0.14	0.14...0.43	0.43...0.57	0.57...0.71	0.71...0.86	0.86...1.0
k_i , о.е.	0.0...0.1	0.1...0.27	0.27...0.45	0.45...0.63	0.63...0.81	0.81...1.0

Значение дисперсии получаемых оценок будет зависеть от точности контрольных измерений соответствующих параметров по правилам суммирования погрешностей измерения.

Качество воды может определяться в соответствии со значением индекса загрязненности – ЛПЗ. В этом случае значения оценок качества отражают только отрицательную сторону, т. е. оценка не симметричная. Оценка загрязнения донных отложений [2] также имеет несимметричную характеристику уровня загрязнения: слабое, среднее, сильное, очень сильное.

Значения показателей могут быть многозначными в зависимости от дополнительных условий. Например, оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от числа источников загрязнения [3].

Результирующее загрязнение атмосферы при одновременном присутствии нескольких вредных веществ определяется комплексным показателем F , учитывающим характер комбинационного вещества и его класс опасности:

$$F = \sqrt{\sum K_i^2}.$$

Величина K_i представляет собой фактическое среднегодовое загрязнение атмосферы конкретным веществом i в долях среднесуточного ПДК (ПДК с.с.), приведенного к биологическому эквиваленту 3-го класса опасности:

$$K_i = \frac{C_i}{\text{ПДК с.с.}}$$

Приведение K_i к 3-му классу опасности осуществляется по следующим формулам:

- 1 кл. $\rightarrow K_{1-3} = K_i - K_i \cdot 3^{2.89 \lg K_i}$;
- 2 кл. $\rightarrow K_{2-3} = K_i \cdot (3/2)^{1.55 \lg K_i}$;
- 3 кл. $\rightarrow K_{3-3} = K_i$;
- 4 кл. $\rightarrow K_{4-3} = K_i \cdot (3/4)^{1.05 \lg K_i}$.

Таблица 3

Число источников загрязнения	Уровень загрязнения атмосферного воздуха, ПДК _{сс}				
	Допустимый	Слабый	Умеренный	Сильный	Очень сильный
2–3	(0.0)...2.0	2.1...4.0	4.1...8.0	8.1–16.0	16.0...(20.0)
4–9	(0.0)...3.0	3.1...6.0	6.1...12.0	12.1–24.0	24.0...(30.0)
10–20	(0.0)...4.0	4.1...8.0	8.1...16.0	16.1–32.0	32.0...(40.0)
более 20	(0.0)...5.0	5.1...10.0	10.0...20.0	20.1–40.0	40.0...(50.0)

Зависимость уровня загрязнения атмосферного воздуха от значения полученной оценки и числа источников загрязнения показана в табл. 3. Там же доопределены значения коридоров шкалы оценок (числа в скобках). В рассмотренном примере для каждого значения параметра «Число источников загрязнения» строится своя шкала. То есть результаты измерений могут приводиться к разным шкалам – получается трехмерное пространство построения нормированной шкалы. При этом нормированная шкала строится в соответствии с рассмотренным алгоритмом табл. 4.

Матрица соответствия является множеством диагональных матриц приведения результатов контроля к нормированной шкале со значением коридоров в соответствии с табл. 4. Так как шкала отражает только отрицательную сторону, показатели хорошего состояния сводятся к нулю. Это не всегда справедливо.

Таблица 4

Число источников загрязнения	Уровень загрязнения атмосферного воздуха, о.е.				
	Допустимый	Слабый	Умеренный	Сильный	Очень сильный
2–3, (α_{1k})	0.0...0.1	0.1...0.2	0.2...0.4	0.4...0.8	0.8...1.0
4–9, (α_{2k})	0.0...0.1	0.1...0.2	0.2...0.4	0.4...0.8	0.8...1.0
10–20, (α_{3k})	0.0...0.1	0.1...0.2	0.2...0.4	0.4...0.8	0.8...1.0
более 20, (α_{4k})	0.0...0.1	0.1...0.2	0.2...0.4	0.4...0.8	0.8...1.0

Схема формирования нормированной шкалы при оценивании уровня загрязнения атмосферного воздуха, где α_{ik} – коэффициент соответствия результата измерения нормированной шкалы для допустимых случаев (табл. 4) показана на рис. 1.

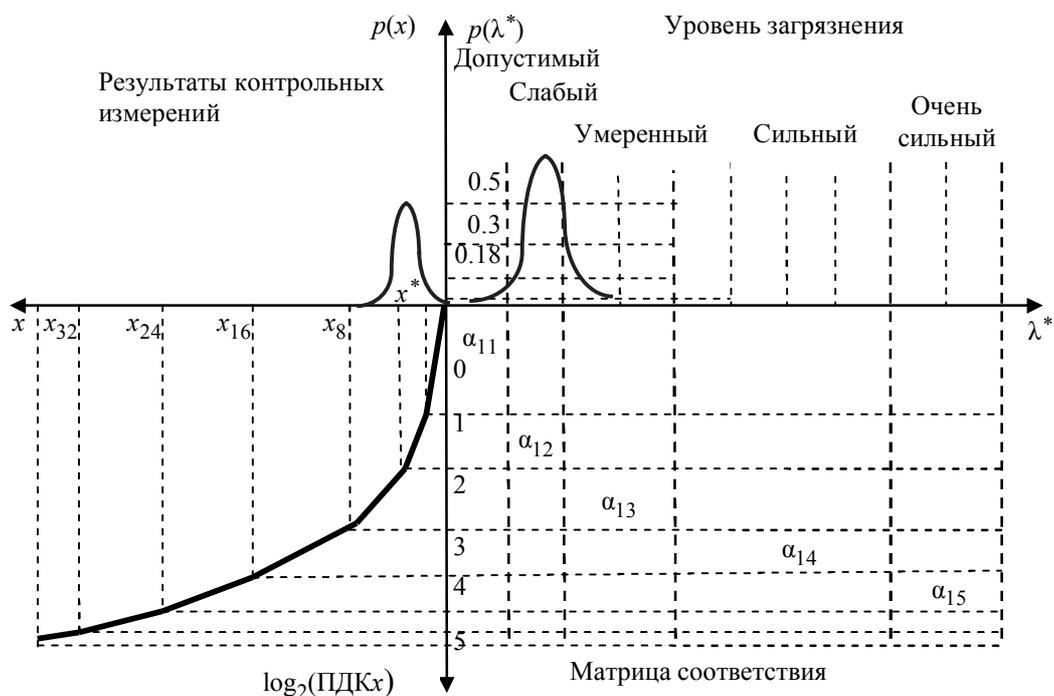


Рис. 1

Нормированная шкала с масштабированием. В первом примере (рис. 1) допустимое значение концентрации представляется в виде уровней: нормальное (Н), ниже нормального (НН), значительно ниже нормального (ЗНН), отсутствует (Нет). Представим шкалу оценки результатов контроля в виде двух участков: нормальное состояние и ниже нормы, загрязненное. Участок нормального состояния будет нормироваться в соответствии с абсолютной шкалой, а участок загрязненного – в соответствии с логарифмической шкалой (рис. 1).

На первом участке нормированные значения шкалы вычисляются по выражению

$$x_{iH} = 2^{-1}(x_i/\text{ПДК}_{xi}), x_i \leq \text{ПДК}_{xi},$$

на втором участке – по выражению

$$x_{iH} = 2^{-1}(1 + x_i/x_{i\max}) = 2^{-1}((x_{i\max} + x_i)/x_{i\max}), x_i > \text{ПДК}_{xi}.$$

В результате получим нормированную шкалу, которая отражает весь диапазон событий. При этом значения границ коридоров вычисляются в соответствии с приведенными выражениями, а ширина коридоров имеет значения одного порядка, что соответствует принятым требованиям.

Таким образом, преобразовав шкалу в соответствии с предложенным алгоритмом, получим схему формирования нормированной шкалы загрязнения атмосферного воздуха с масштабированием на разных участках, показанную на рис. 2, где α_{11k} – коэффициент соответствия результата измерения нормированной шкалы для допустимых концентраций.

Полученная нормированная оценка имеет свою нормированную шкалу и может быть использована при формировании сложных оценок по рассмотренному выше алгоритму.

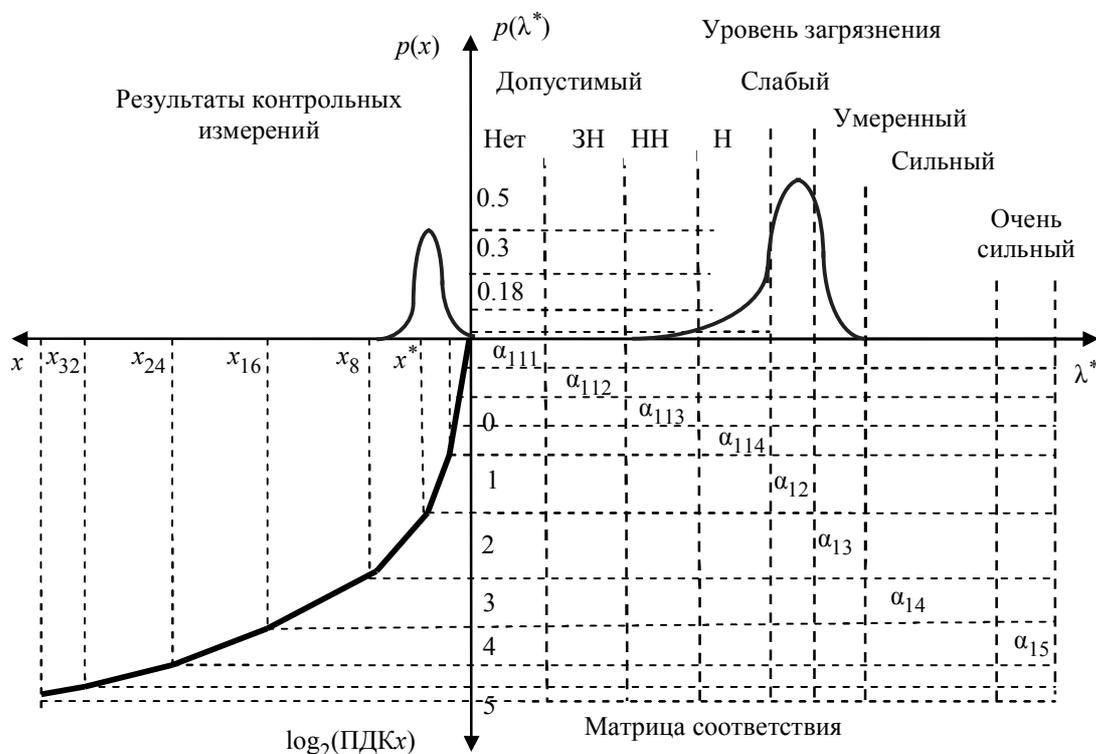


Рис. 2

Шкалы с учетом воздействия производства на природные объекты. Аварии на производственных объектах оказывают воздействие как на рабочую зону (внутреннее воздействие), так и на окружающую среду (внешнее воздействие). Оценка последствий аварии на производстве требует учета обеих ситуаций, следовательно, требует построения шкалы или системы шкал, позволяющих оценить как внутреннее, так и внешнее состояние рабочей зоны производства и окружающей среды.

Рассмотренные оценки связаны с характеристиками природных объектов экосистем разного вида: воздушный бассейн, водный объект, лесной массив и др.

Для оценки состояния техногенных объектов: производств, промышленных предприятий можно использовать их внутренние и внешние характеристики.

Оценка состояния промышленного объекта (технологического процесса), прежде всего, связана с определением нормального, предаварийного и аварийного режимов его функционирования. Причем это внутренние состояния производства, которые в случае предаварийного и аварийного режимов могут оказать внешнее воздействие на окружающую среду.

Внутренние состояния определяют качество протекания технологического процесса и степень его воздействия на микроклимат внутри производства (рабочая зона) и на работников (безопасность жизнедеятельности).

Внешнее воздействие определяется количественным значением внутренних показателей и может быть оценено по результатам внешнего контроля. Так как внешнее и внутреннее воздействия связаны между собой, при построении ИИС мониторинга целесообразно сформировать шкалы для оценки внутреннего состояния производства и оценки степени воздействия производства на окружающую среду и связать их функционально, как это показано на рис. 3.

Для всех рассмотренных случаев степень неопределенности используемых оценок определяется по стандартным методикам (теория измерений, теория погрешностей).

Сложная оценка может представлять собой характеристику, полученную путем суммирования простых оценок с учетом их свойств (в пределах групп воздействия) и сложных:

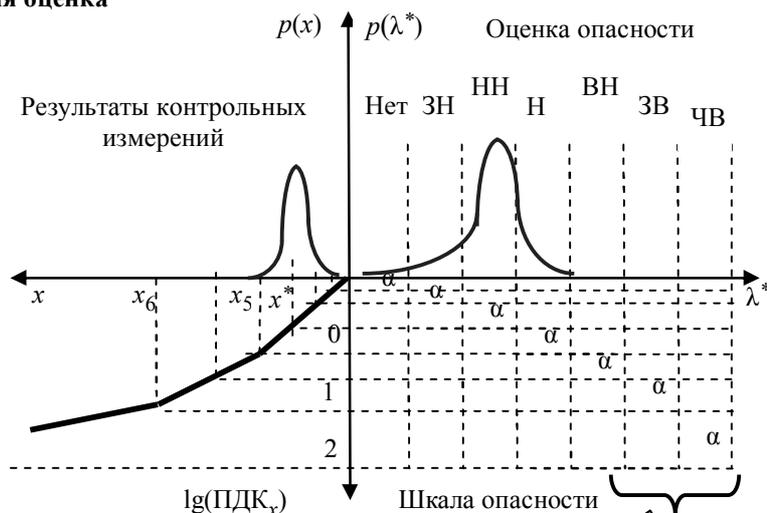
$$\lambda^* = \text{SUM}_{j \in J_s}(x_j^*, \lambda_{ij}^*) = \text{SUM}_{j \in J_s}(\{x_j^*, \sigma_{xj}\}, \{\lambda_{ij}^*, \sigma_{\lambda ij}\}),$$

где SUM – оператор суммирования; x_j^* – простая оценка, входящая в множество важных характеристик J_s ; σ_{xj} – оценка неопределенности простой оценки, λ_{ij}^* – сложная оценка, входящая в множество важных характеристик J_s ; $\sigma_{\lambda j}$ – оценка неопределенности сложной оценки.

Таким образом, простые и сложные оценки могут быть представлены как некоторые вероятностные характеристики объекта в нормированном пространстве. Они могут использоваться при определении состояния природного объекта.

Нормированные шкалы экспертных оценок. Результаты экспедиционных обследований типа описания участков территории в единицах загрязняющих предметов, относительных физических единицах или относительных качественных характеристиках, так же как и результаты экспертного или социологического опроса, имеют свою специфику, которая отличается присутствием в оценке достаточно большой доли субъективного фактора. Поэтому для получения такого рода информации большое внимание должно быть уделено разработке методик проведения обследований, формированию вопросов для экспертов или вопросника для социологических исследований.

Внутренняя оценка



Внешняя оценка

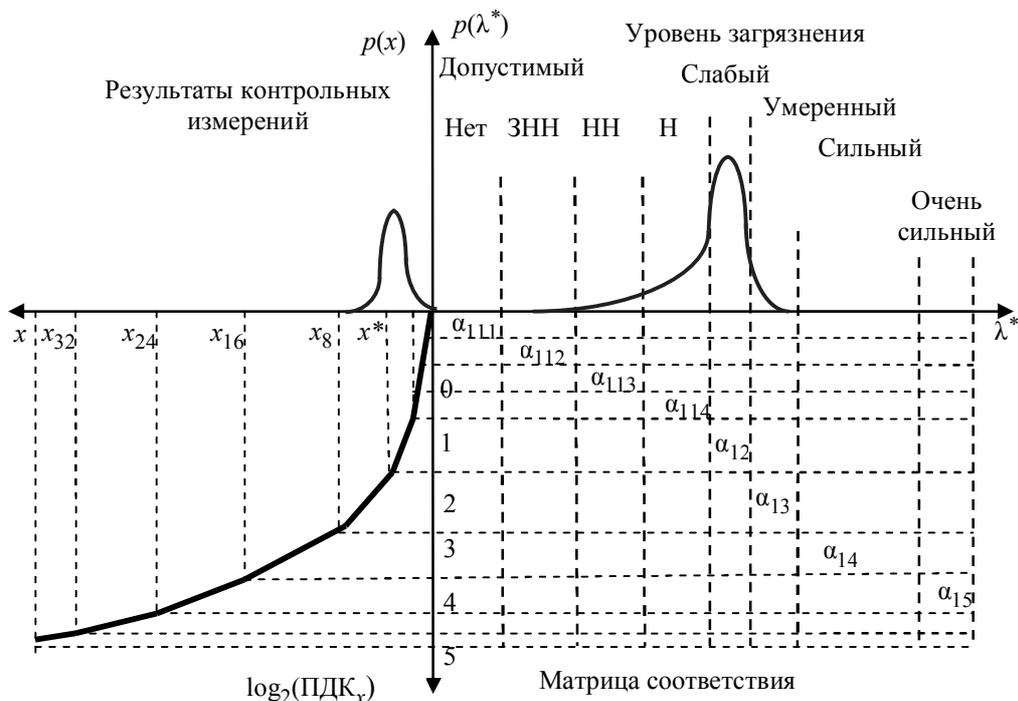


Рис. 3

Получаемые оценки носят случайный характер и могут иметь довольно большое смещение в зависимости от многих социальных причин. Степень доверия к таким данным может определяться экспертами.

Экспертная оценка может формироваться с помощью нескольких алгоритмов:

1. Эксперт-специалист высказывает свое мнение относительно интересующей характеристики в понятиях или отношениях характеризующих ее значение:

- а) «норма» с вероятностью 0.85 – $x^* = \{Н, 0.85\}$,
- б) не хуже, чем «ниже нормы» с вероятностью 0.7 – $x^* = \{НН, 0.7\}$,
- в) не лучше, чем «выше нормы» с вероятностью 0.8 – $x^* = \{ВН, 0.8\}$.

2. Проводится опрос специалистов по списку признаков, каждый из которых измеряется в абсолютных или относительных единицах. При этом для каждого признака должно быть определено отношение между значениями признака и интересующей характеристикой (аналогично контрольным измерениям) $x_k^* = \{x_k', p_x\} \Rightarrow (н)$. Для получения более достоверного результата опрашиваемые не должны знать цель опроса.

Для получения оценки интересующей характеристики результаты опроса должны быть просуммированы в нормированном пространстве. При этом оценка, соответствующая каждому признаку, приводится к нормированной шкале характеристики.

3. Проводится обследование объекта, например описание береговой линии озера. При этом регистрируются различные величины: количество стеклянных предметов, полиэтиленовых кусков, резиновых и других засоряющих предметов, масляных или нефтяных пятен, погибшей растительности и др. Значение каждой величины определяет степень загрязненности объекта и может быть связано с нормированными значениями характеристики объекта, как и результаты контрольных измерений. Степень достоверности определяется как результат статистической обработки протоколов обследования каждого участника или их обработки экспертом, как в предыдущем случае.

Результаты обследования суммируются в нормированном пространстве, как и результаты экспертизы. При этом оценки должны обладать теми же свойствами.

4. Проводится опрос жителей. Вопросы составлены таким образом, чтобы ответы могли быть сформулированы в понятиях нормированного пространства. На рис. 4 представлена плоскость соответствия результатов обработки экспертизы и качественных оценок.

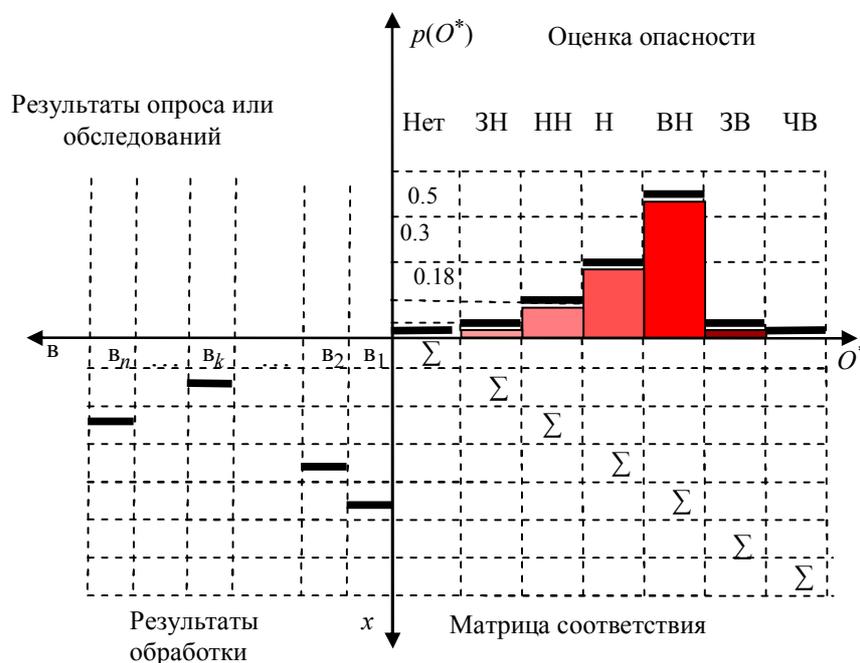


Рис. 4

Результат определяется в виде значений нормированного пространства

$$p_k = \sum_{i=1}^n x_{ki} / \sum_{k=1}^7 \sum_{i=1}^n x_{ki}, \quad \sum_{k=1}^7 p_k = 1.$$

Получаемые оценки имеют случайный характер и могут иметь довольно большое смещение в зависимости от многих социальных причин. Степень доверия к таким данным может определяться экспертами и должна учитываться при описании целевой функции исследования [4]. Полученная экспертная оценка является простой. Она формируется в нормированной качественной шкале и соответствует качественной простой оценке типа. Как и в случае обработки результатов контрольных измерений, неопределенность экспертной оценки определяется методом статистической обработки результатов опросов или назначается экспертом-специалистом $O^* = \{O, \sigma_\lambda\}$.

Нормированные шкалы комплексных оценок. Состояние объекта экосистемы может быть описано множеством целевых функций, зависящих от большого числа факторов и контролируемых параметров – данных различного типа. Например, факторы воздействия на природный объект: химические, биологические, радиационные, энергетические, электромагнитные, физические (механические) и др. Каждый фактор также описывается сложной функцией воздействия и имеет разное значение при оценке того или иного качества, свою шкалу.

Получение комплексной оценки связано с решением сложных задач, формированием сложных целевых функций, объединяющих для каждого конкретного случая простые и сложные характеристики контролируемых параметров природного объекта, учитывающих степень влияния того или иного фактора.

Комплексная оценка может быть получена, только если ко всем данным и операциям над ними будут предъявлены и соблюдены требования единства измерений. Это может быть достигнуто, если все множество оценок организовать в виде нормированного многопараметрического пространства с обязательным формированием характеристик достоверности (неопределенности) для каждого значения контролируемых параметров. Описанные выше простые и сложные оценки удовлетворяют этому требованию. Они могут служить основой для формирования комплексной оценки.

Комплексная оценка представляет собой характеристику, полученную путем суммирования простых и сложных оценок с учетом их свойств.

Логикой получения комплексной оценки удобно записать в виде алгоритма

$$v_m^* = \text{SUM}_{m \in M}(x_m^*, O_m^*, \lambda_m^*),$$

где $\lambda_m^* = \text{SUM}_{j \in J_m}(x_{mj}^*, \lambda_{mij}^*) = \text{SUM}_{j \in J_m}(\{x_{mj}^*, \sigma_{mxj}\}, \{\lambda_{mij}^*, \sigma_{\lambda vij}\})$; M – множество контролируемых параметров при получении комплексной оценке; m – индекс подмножеств параметров простых и сложных оценок; J_m – подмножество параметров сложной оценки.

Таким образом, при выполнении указанных условий комплексная оценка состояния объектов экосистемы может быть получена, если определена функция формирования оценки (правила суммирования простых и сложных оценок).

Результатом является сформированная логика получения комплексной оценки состояния объекта окружающей природной среды, которую удобно реализовать в виде ГИС-проекта.

Формирование сложных и комплексных оценок состояния объекта в геоинформационной технологии. Результаты оценивания простых характеристик могут быть определены как слои геоданных, сформированные в качестве баз данных результатов контроля (рис. 5):

- результаты контрольных измерений химических, физических, биологических величин, оценка состояния донных отложений, береговой зоны и др., полученные в виде нормированной шкалы значений или в виде нормированной качественной шкалы;
- результаты экспертных оценок, экспедиционных обследований, опросов населения и др., полученные в виде нормированной качественной шкалы.

Простые оценки могут быть использованы для анализа состояния объекта, а также при формировании сложных и комплексных оценок.

Сформировав правила объединения различных видов данных в соответствии с алгоритмами получения сложных оценок, можно получить слой геоданных (рис. 5) – сложную оценку состояния объекта. Эта оценка может быть отображена на карте объекта и занесена в архив (базу данных). Может быть получено любое количество сложных оценок, которые также могут быть использованы для анализа состояния объекта или при формировании комплексной оценки.

Функция формирования комплексной оценки определяется специалистом-заказчиком или экспертом-профессионалом, которые вкладывают в нее свои знания и опыт. При этом определяются структура функционала сложной оценки, важность (степень участия) каждого параметра, входящего в сложную оценку. ГИС поддерживает каждый уровень соответствующей базой данных и программой формирования комплексной оценки. На рис. 5 показана логика формирования простых, сложных и комплексных оценок состояния объекта в геоинформационном технологиях.

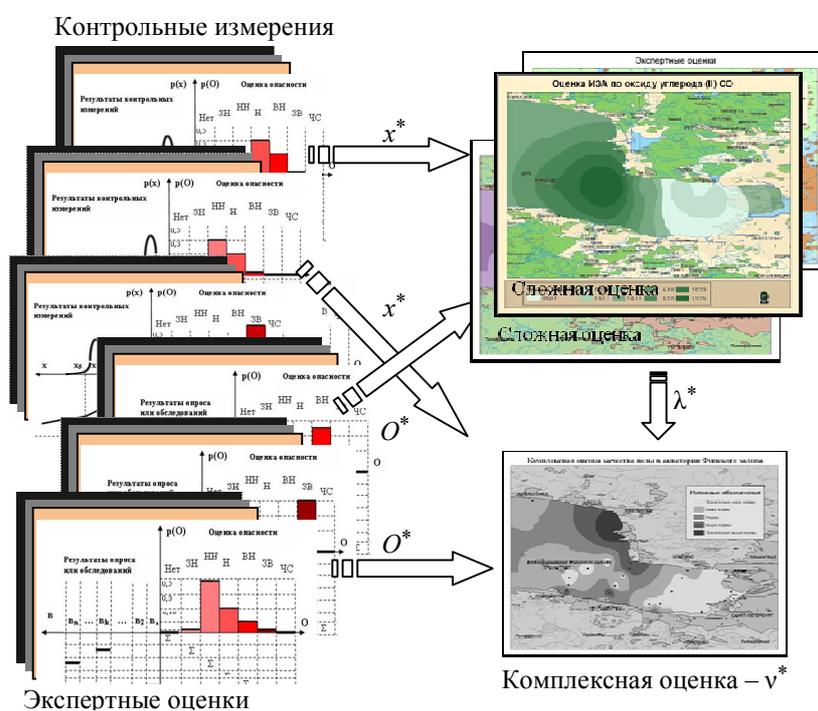


Рис. 5

Таким образом может быть сформирован ряд ГИС-проектов, направленных на получение простых, сложных и комплексных проектов. При этом специалист получает возможность вести оперативный анализ характеристик по результатам контроля, принимать оперативные решения при проведении мероприятий рационального природопользования.

В заключение можно сказать следующее. Современные информационные измерительные и управляющие системы мониторинга распределенных объектов повторяют структуру контролируемого объекта, которая реализуется, как правило, с помощью стандартных аппаратно-программных средств информационных технологий, сертифицированных или аттестованных средств измерений, алгоритмического и метрологического обеспечения процессов получения и обработки данных. Важнее всего при получении оценок их достоверность. Поэтому в ИИС основное внимание уделяется анализу алгоритмов получения результатов контроля, вопросам надежности определения оценок объектов, получению простых, сложных и комплексных оценок как основы анализа состояния природного объекта, базы для принятия управляющих решений для эффективного и рационального использования природных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаванский А. Д., Воронина Л. А. Оценка уровня загрязнения водных объектов: Учеб. пособие. Ростов-н/Д: Рост. гос. ун-т, 1994. 65 с.
2. Дмитриев В. В. Оценка экологического состояния природных объектов. Что такое экологическая оценка и как построить интегральный показатель состояния природной экосистемы//Экология. Безопасность. Жизнь. Экологический опыт гражданских инициатив. Гатчина, 2001. С. 225–237.
3. Кизильский Л. Я. Оценка загрязнения атмосферного воздуха: Учеб. пособие. Ростов-н/Д. Рост. гос. ун-т. 1994. 60 с.
4. Дмитриев В. В., Примаков Е. А. Оценка устойчивости водоемов Европейского Севера к изменению параметров естественного и антропогенного режимов // Водные ресурсы Европейского Севера России: итоги и перспективы исследований. Петрозаводск: ИВПС, 2006. С. 408–417.

V. V. Alekseyev, N. V. Orlova, O. A. Ivaschenko

THE MEASURING MONITORING SYSTEM OF A CONDITION OF NATURAL OBJECTS ON THE BASIS OF A GEOINFORMATION TECHNOLOGY. CREATION NORMALIZE SCALES FOR SIMPLE, DIFFICULT AND COMPLEX ESTIMATIONS

Construction questions normalize scales for different kinds of measured sizes are considered. Algorithms of rationing of simple estimations of separate physical, chemical and other sizes, algorithms of reception of difficult and complex estimations are resulted. It is shown that a geoinformation technology provides convenient and effective realization of the monitoring system of a condition of natural objects, gives the chance to automate process of the control and monitoring of a condition of natural objects for the purpose of the decision of problems of rational wildlife management.

Information measuring system, measurement data, normalized estimate, traceability

УДК 620.179.16

Г. А. Петров, П. В. Пашков

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Кратко излагаются основные этапы решения задачи повышения помехозащищенности ультразвуковых автоматизированных систем контроля металлопроката за счет применения вейвлет-преобразования в задачах выделения полезного сигнала на фоне помех.

Вейвлет-преобразование, вейвлет-фильтрация, автоматизированные системы неразрушающего контроля

Для обеспечения эффективной работы бесконтактных систем в производственных условиях, разработаны различные способы повышения чувствительности дефектоскопической аппаратуры. К таким способам можно отнести применение сложноорганизованных сигналов,

использование различным методик накопления полезных сигналов, применение методов адаптивной цифровой фильтрации [1].

В последнее время [2] особое внимание уделяется адаптивным алгоритмам фильтрации, основанным на применении вейвлет-преобразования.

Для увеличения эффективности алгоритмов вейвлет-фильтрации необходимо провести дополнительные исследования, поскольку круг рассматриваемых вейвлет-функций достаточно широк, а выбор оптимальных параметров вейвлет-фильтрации во многом зависит от характера решаемой задачи и свойств анализируемого сигнала.

В данной статье дано краткое изложение основных этапов решения задачи повышения помехозащищенности ультразвуковых автоматизированных систем контроля металлопроката за счет применения вейвлет-преобразования при выделении полезного сигнала на фоне помех.

Из рассмотрения теоретических работ [3] известны следующие основные особенности вейвлет-преобразования.

Вейвлет-преобразование одномерного сигнала – его представление в виде обобщенного ряда или интеграла Фурье по системе базисных функций

$$\Psi_{ab} = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (1)$$

сконструированных из материнского (исходного) вейвлета $\psi(t)$, обладающего определенными свойствами за счет операций сдвига во времени (b) и изменения временного масштаба (a).

Непрерывное (интегральное) вейвлет-преобразование осуществляется при помощи следующих соотношений:

$$W_s(a, b) = (S(t), \Psi_{ab}(t)) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (2)$$

$$S(t) = \frac{1}{C_\Psi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_s(a, b) \Psi_{ab}(t) \frac{dadb}{a^2}, \quad (3)$$

где $C_\Psi = \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega < \infty$ – нормировочный коэффициент, $\Psi(\omega)$ – Фурье-преобразование вейвлета $\psi(t)$.

Сопоставляя основные выражения непрерывного (интегрального) вейвлет-преобразования (2), (3) с основными выражениями Фурье-преобразования:

$$S(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} S(t) e^{-j\omega t} d\omega,$$

$$S(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} dt,$$

можно сделать вывод о том, что непрерывное вейвлет-преобразование по смыслу соответствует преобразованию Фурье с заменой гармонического базиса $e^{j\omega t}$ на вейвлетный (1).

В качестве базисных функций $\psi(t)$, может быть использован широкий набор вейвлетов. Однако для практического применения исходная функция должна обладать следующими признаками, чтобы стать вейвлетом:

- *ограниченность*. Квадрат нормы функции должен быть конечным;
- *локализация*. ВП в отличие от преобразования Фурье использует локализованную исходную функцию и во времени, и по частоте;
- *нулевое среднее*. График исходной функции должен осциллировать (быть знакопеременным) вокруг нуля на оси времени и иметь нулевую площадь;
- *автомодельность*. Характерным признаком ВП является его самоподобие. Все вейвлеты конкретного семейства $\psi_{ab}(t)$ имеют то же число осцилляций, что и материнский вейвлет $\psi(t)$, поскольку получены из него посредством масштабных преобразований (a) и сдвига (b).

На практике обрабатываемые сигналы, как правило, представлены в цифровом виде, поэтому для создания алгоритмов обработки таких сигналов используется дискретное вейвлет-преобразование.

При этом дискретизация параметров масштаба и сдвига производится через степень двойки:

$$a = 2^m, \quad b = k2^m, \quad \psi_{mk} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \psi(2^{-m}t - k).$$

Прямое и обратное дискретное вейвлет-преобразование записываются в виде

$$c_{mk} = (S(t), \psi_{mk}(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \psi_{mk}(t),$$

$$S(t) = \sum_{m,k} c_{mk} \psi_{mk}(t). \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что сигнал $S(t)$ может быть представлен суммой «вейвлетных волн» с коэффициентами c_{mk} .

Вейвлет-коэффициенты могут быть вычислены при помощи итерационной процедуры, известной под названием быстрого вейвлет-преобразования. При этом сигнал может быть представлен в виде совокупности последовательных приближений грубой (аппроксимирующей) $A_m(t)$ и уточненной (детализирующей) $D_m(t)$ составляющих с последующим их уточнением итерационным методом. Каждый шаг уточнения соответствует определенному масштабу a^m (т. е. уровню m) анализа (декомпозиции) и синтеза (реконструкции) сигнала:

$$S(t) = A_m(t) + \sum_{m'}^m D_{m'}(t);$$

$$S(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_{m',k} \phi_{m',k}(t) + \sum_{m=m'}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} D_{m,k} \psi_{m,k}(t).$$

Соответствующие коэффициенты A_m и D_m вычисляются путем перемножения полезного сигнала $S(t)$ на скейлинг-функцию $\phi(t)$, определяющую грубое приближение, и вейвлет-функцию $\psi(t)$, определяющую детали сигнала. Как показано в [4], эти функции однозначно определяются коэффициентами h_l :

$$\varphi(t) = 2 \sum_l h_l \varphi(2t-l), \quad (5)$$

$$\psi(t) = 2 \sum_l (-1)^l h_{l-1} \varphi(2t-1) = 2 \sum_l g_l \varphi(2t-l), \quad (6)$$

$$h_l = (\varphi(t), \varphi(2t-1)),$$

$$g_l = (-1)^l h_{2n-1-l},$$

где $l = 0, 1, \dots, l_0 = 2N-1$, N – порядок вейвлета; h_l, g_l – весовые коэффициенты вейвлет-фильтров.

Из (5) и (6) можно получить следующие соотношения:

$$A_{m,k} = (S(t), \varphi_{m,k}(t)) = \sum_l h_{l-2k} (\varphi(t), \varphi_{m-1}(t)) = \sum_l h_{l-2k} A_{l,m-1},$$

$$D_{m,k} = (S(t), \psi_{m,k}(t)) = \sum_l g_{l-2k} (\psi(t), \psi_{m-1}(t)) = \sum_l g_{l-2k} D_{l,m-1}.$$

Итерационная процедура быстрого вейвлет-анализа получила название «Анализа от «тонкого» к «грубому» масштабу».

На практике наименьший возможный масштаб (наибольший уровень разрешения n_0) определяется числом дискретных значений сигнала ($N = 2^{n_0}$). На самом «тонком» значении масштаба ($m = 0, a = 2_m = 1$) за аппроксимирующие коэффициенты a_{0k} принимаются сами отсчеты S_i сигнала $S(t)$, т. е. $a_{0k} = S_i, k = i, i = 0, 1, \dots, N-1$.

Обобщенный алгоритм вейвлет-фильтрации может быть представлен в виде последовательности операций:

1. Вейвлет-разложение сигнала. Задаваемыми параметрами на данном этапе являются тип вейвлета, порядок вейвлета и уровень разложения.

2. Пороговая обработка векторов детализирующих коэффициентов cD_j , поскольку шумовая составляющая отражается именно на детализирующих коэффициентах. Сущность пороговой обработки заключается в том, что в векторах, детализирующих вейвлет-коэффициенты, обнуляют все значения, имеющие амплитуду, заданную в пределах порогов, устанавливаемых симметрично относительно нулевого уровня.

Если при этом остальные элементы векторов остаются без изменения, то реализуется так называемый жесткий порог, который наилучшим образом подходит для задач фильтрации.

Обработка включает в себя задание типа и значений пороговых уровней.

3. Вейвлет-реконструкция сигнала, основанная на первоначальных аппроксимирующих коэффициентах уровня M и модифицированных детализирующих коэффициентах уровней от 1 до M .

Графически алгоритм вейвлет-фильтрации может быть представлен в виде схемы, приведенной на рис. 1.

В работе рассматривались сигналы, полученные при зондировании образца импульсом частотой 4,7 МГц на автоматизированной ультразвуковой установке «Север-7» (производитель – ООО «Компании «Нординкрафт» [5]). Схема формирования информационных сигналов представлены на рис. 2 и 3.

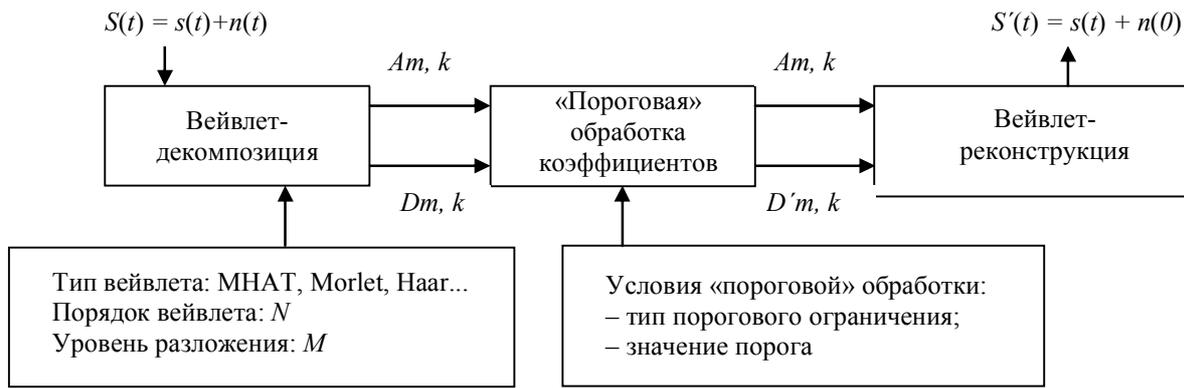


Рис. 1

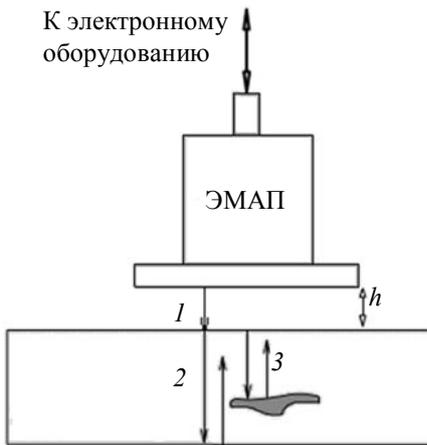


Рис. 2

На рис. 2 показана схема расположения датчика и объекта контроля, на рис. 3 – развертка типа А (A-scan). На рис. 2 и 3 цифрами 1 и 2 обозначены «зондирующий» импульс, образованный в результате воздействия широкополосного импульса генератора ударного возбуждения на кристаллическую структуру исследуемого образца, и «донный» импульс, соответствующий сигналу, испытавшему отражение от противоположной поверхности образца.

Наибольшее значение с точки зрения проведения контроля имеют сигналы, отраженные от дефектного участка 3. По присутствию данного типа импульсов в сигнале

судят о наличии дефекта на контролируемом участке. Поэтому особенно важной является возможность выделения «полезных» отраженных от дефекта сигналов на фоне шумов и помех с помощью фильтрации.

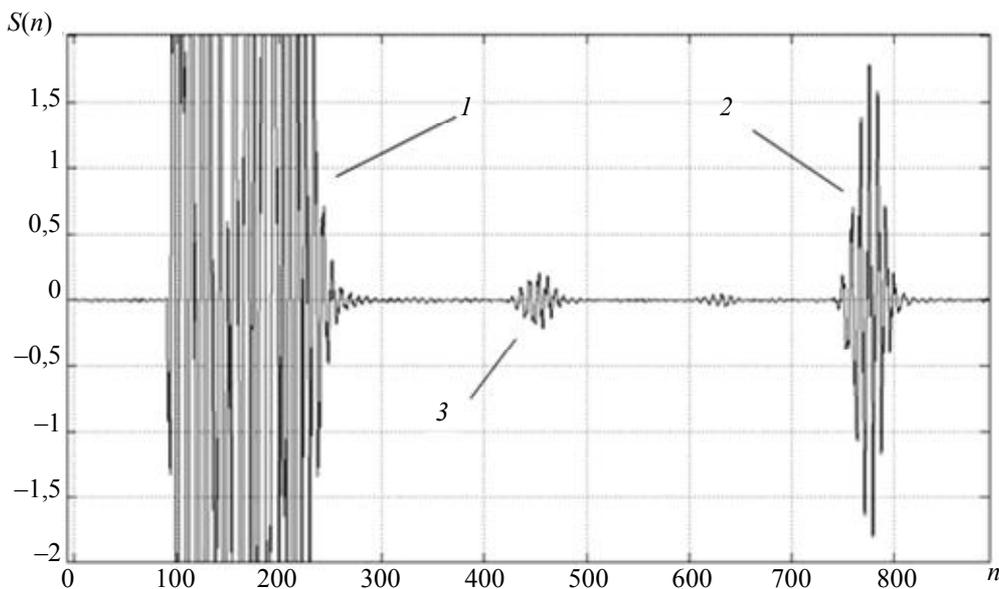


Рис. 3

При проведении измерений уровень шума регулировался изменением зазора h между преобразователем и объектом контроля. Обработка сигналов осуществлялась при помощи пакета MATLAB 6.1 [6].

К рассматриваемым сигналам была применена процедура вейвлет-фильтрации. Исходя из рассмотренных теоретических предпосылок [7], а также из результатов фильтрации тестовых сигналов были выбраны следующие основные параметры вейвлет-фильтрации:

- семейство и тип вейвлета: Добеши (dbN), симлеты (symN) или койфлеты (coifN); N – порядок вейвлета;
- уровень вейвлет-декомпозиции M : не выше пятого;
- параметры пороговой очистки: фиксированный жесткий порог ограничения коэффициентов с их перемасштабированием на каждом уровне декомпозиции.

В качестве числового критерия оценки степени фильтрации сигнала использовалось отношение сигнал/шум.

На рис. 4 и 5 приведены результаты фильтрации исследуемых сигналов с применением вейвлета Добеши (db8) для случая, когда расстояние между преобразователем и объектом составляло 2,5 мм. На рис. 3 приведен исходный зашумленный сигнал, отношение сигнал/помеха составляло 11 дБ. Как видно из осциллограмм, в результате фильтрации (рис. 5) удалось подавить все виды шумов, присутствующих в исходном сигнале, и уверенно выделить полезный сигнал на фоне помех. Отношение сигнал/шум при этом увеличилось в среднем на 25 дБ.

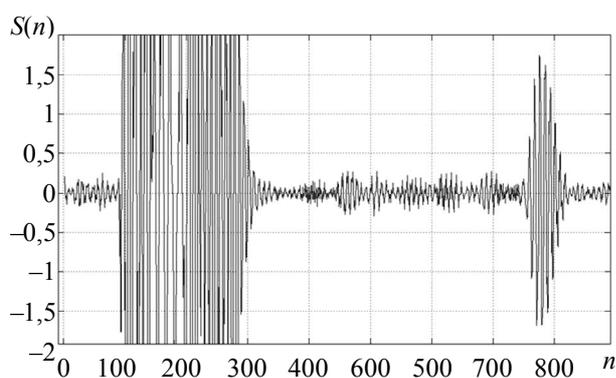


Рис. 4

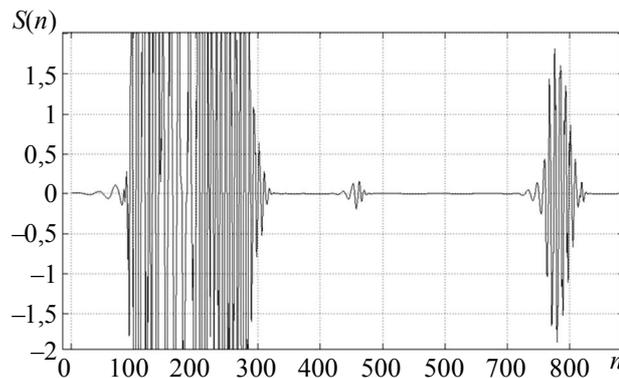


Рис. 5

Таким образом, по результатам работы можно сделать вывод о перспективности использования алгоритмов на основе вейвлет-преобразования для увеличения отношения сигнал/помеха при обработке дефектоскопической информации в системах с бесконтактными датчиками.

Применение полученных алгоритмов обеспечило увеличение отношения сигнал/помеха на 20 дБ для сигналов, полученных при реализации эхо-метода контроля в случае использования продольных волн.

В настоящее время полученные предварительные результаты подвергаются дополнительному исследованию с целью составления универсальных алгоритмов обработки дефектоскопической информации. Также ведется разработка макета электронных устройств обработки информации с применением вейвлет-преобразования на базе микросхемы программируемой логики (ПЛИС) Altera DE0 Board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 1: Интроскопия и автоматизация контроля / В. В. Сухоруков, Э. И. Вайнберг, Р.-Й. Ю. Кажис, А. А. Абакумов. М.: Высш. шк., 326 с.
2. Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук, 2001. Т. 171, № 5. С. 465–501.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Москва; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 464 с.

4. Кравченко В. Ф., Рвачев В. А. «Wavelet»-системы и их применение в обработке сигналов // Зарубежная радиоэлектроника, 1996. № 4. С. 3–20.
5. Кириков А. В., Забродин А. Н. Особенности применения ЭМАП при УЗК проката // В мире неразрушающего контроля, 2002. № 1. С. 5–8.
6. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. 608 с.
7. Петров Д. В., Ринкевич А. Б., Смородинский Я. Г. Вейвлетная фильтрация сигналов ультразвукового дефектоскопа // Дефектоскопия. 2002. № 12. С. 3–20.

G. A. Petrov, P. V. Pashkov

THE WAYS OF AUTOMATED ULTRASONIC DEFECTOSCOPE SIGNALS PROCESSING WITH APPLICATION OF WAVELET-TRANSFORM

A summary of basic steps of ultrasonic signals from automated nondestructive testing systems filtration using wavelet-filtration as applied to allocation of wanted signal on disturbance background.

Wavelet-transform, wavelet-filtration, automated systems of nondestructive testing

УДК 658.5.011.56

А. А. Южаков

LON WORKS – ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрена многоуровневая интеллектуальная автоматизированная система диспетчерского контроля и управления зданием. Показано, что лучшей топологией реализации системы является «полевая» шина Lon. Определены решаемые системой задачи, состав и структура аппаратно-программного обеспечения. Представлен вариант реализации задачи повышения надежности и достоверности передачи сообщения в сети Lon.

Автоматизированная система диспетчерского контроля и управления, протокол Lon, Fieldbus-система, аппаратно-программное обеспечение, повышение надежности и достоверности передачи сообщений

Целью создания автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления (АСДКиУ) является создание надежной, интуитивно понятной системы, предназначенной для сбора и отображения в помещении диспетчера достоверной информации о параметрах работы комплекса инженерных систем здания, а также управления инженерным оборудованием [1].

Международные стандарты, разработанные для автоматизации зданий, позволяют создавать системы управления, в которых используются протоколы на основе архитектуры «клиент-сервер», как правило, с шинной технологией [2].

Применение таких технологий обеспечивает ряд преимуществ:

- управление осуществляется в том месте, где происходит событие (уменьшается время реакции);
- установка и подключение устройств и модулей более экономичные (уменьшение объема кабельной продукции за счет последовательного соединения устройств);
- легкость расширения и добавления новых устройств.

Идея полной автоматизации инженерных систем зданий основана на применении промышленных (полевых) шин и так называемых Fieldbus-систем, представителем которых является и Lon (Local Operating Network) [3]. Протокол Lon был разработан американской компанией Echelon Corporation именно для построения систем жизнеобеспечения зданий [4].

Преимущества использования данного протокола состоят в следующем:

- Lon – это открытая стандартизированная система, позволяющая использовать оборудование различных поставщиков (свыше 3000 компаний в разных странах производят оборудование Lon, и открытость протокола способствует увеличению этого числа);
- топология и структура Lon специально разработана для инженерных систем зданий;
- для подключения могут использоваться все традиционные передающие среды (витая пара, радио- и инфракрасный каналы, опτικο-волоконные линии связи, а также сети питания).

На рисунке представлена типовая структурная схема АСДКиУ на базе технологии Lon Works. Данная архитектура применена для автоматизации развлекательного центра WanderHall г. Перми. В результате в АСДКиУ были реализованы следующие функции для каждой из подсистем.

В индивидуально-тепловом пункте (ИТП) обеспечивается контроль следующих узлов и параметров: состояние циркуляционных насосов (4 шт.), температура и расход прямой и обратной сетевой воды, расход подпиточной воды, давление прямой сетевой воды, температура в контуре горячего водоснабжения (ГВС), давление в системе ГВС, температура и давление в контуре отопления, температура и влажность наружного воздуха, работа дренажного насоса, аварийный уровень в дренажном колодце, авария дренажного насоса.

В системе водоснабжения контролируются такие параметры, как расход и давление холодной воды; состояние насосов станции повышения давления; затопление в приемке; состояние электрозадвижки по воде, электрозадвижек по канализации (6 шт.), электроклапана в сауне.

В системе кондиционирования АСДКиУ следит за состоянием насосов (6 шт.), чиллера, конденсаторов (3 шт.), за температурой в чиллерной и за температурой теплоносителя на выходе чиллера.

В системе вентиляции обеспечивается контроль следующих узлов и параметров: состояние приточно-вытяжных вентсистем (9 шт.), состояние вытяжных вентиляторов (3 шт.), авария вентсистемы, заморозка системы, температура приточного воздуха на выходе системы приточной вентиляции, а также дистанционное управление вентиляторами с пульта диспетчера.

В системе электроснабжения отслеживаются токовая нагрузка каждой фазы щитов, наличие напряжения на выводах щитов.

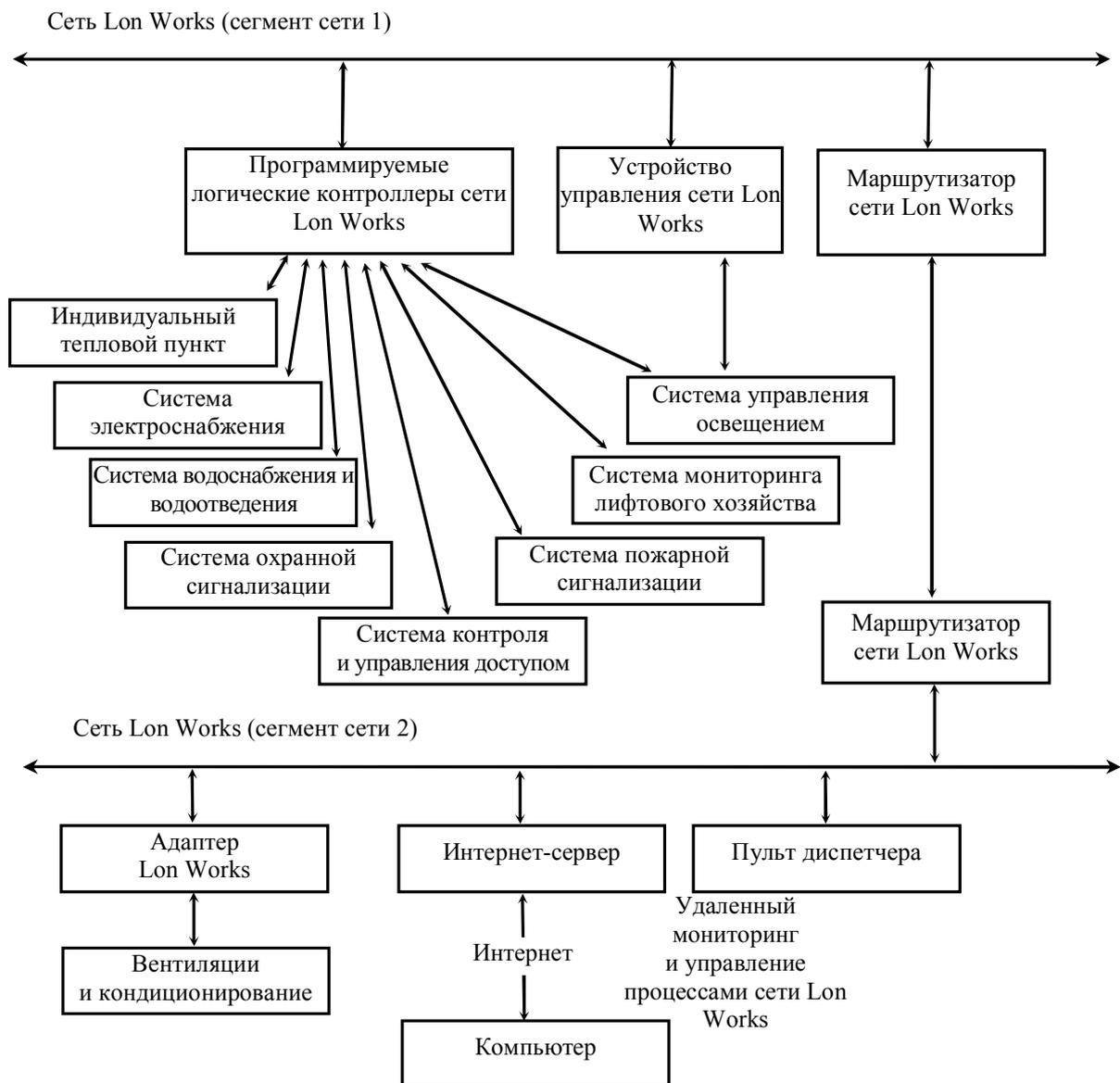
В системе управления лифтами контролируется положение 2 лифтов, авария лифтов, сигнал нажатия на клавишу вызова диспетчера;

Система пожарной безопасности АСДКиУ позволяет устанавливать автоматический и ручной режимы функционирования программы при пожаре, вручную отключать электропитание на цокольном и первом этажах, а также щиты фанкойлов на 2-м – 6-м этажах, контролирует состояние клапанов и вентиляторов дымоудаления.

В системе управления внешним освещением предусмотрена установка ручного и автоматического (от реле времени) режимов функционирования системы.

АСДКиУ представляет собой децентрализованную распределенную систему с разнесением выполняемых задач по компонентам системы и имеет иерархическую структуру. В составе АСДКиУ можно выделить три уровня.

Первый уровень АСДКиУ: датчики, приборы КИПиА, исполнительные механизмы, проводки КИПиА.



Второй уровень АСДКиУ: модули устройства связи с объектом, программируемые логические контроллеры (PLC), программное обеспечение контроллеров, оборудование и проводки промышленной сети передачи данных («полевой шины»). Второй уровень строится на основе оборудования Lon.

Третий уровень АСДКиУ: рабочая станция диспетчера, системное и прикладное программное обеспечение, аппаратные средства для обеспечения обмена данными с контроллерами по используемой полевой шине, сетевое оборудование для работы в ЛВС.

Предлагаемая структура позволила в полной мере реализовать технические требования к указанной системе управления и предоставить инженерному и технологическому персоналу:

- эффективный доступ к любому элементу технологического процесса;
- обеспечить необходимые вычислительные мощности в создаваемой системе управления;
- обеспечить требуемую глубину архивации технологических данных;
- формировать необходимый объем оперативной технологической документации;
- обеспечить возможность технического и интеллектуального наращивания системы при ее развитии в будущем.

Опыт реализации и эксплуатации АСДКиУ показал, что особое значение имеет повышение надежности и достоверности передаваемых сообщений, связанных с защитой от несанкционированных действий¹. При этом должно быть обеспечено противодействие угрозам:

- несанкционированного чтения информации из сети Lon путем подключения к шине;
- внесения изменений в работу системы с нарушением ее работоспособности путем изменения настроек сетевых параметров шины передачи данных, в том числе перевод контроллеров в неактивное состояние;
- внесения изменений в работу сети Lon с целью выполнения необходимых действий без нарушения ее работоспособности передачей ложных сообщений.

Для повышения достоверности передаваемых сообщений в сетях Lon найдено решение [6], позволяющее реализовать защиту информации в рамках протокольных функций Lon Talk.

В настоящее время разработанная АСДКиУ WanderHall находится в промышленной эксплуатации. Аппаратурно-промышленный ресурс системы, обеспечивающий ее изначально широкой функциональностью, распределенным мониторингом и управлением, позволяет наращивать АСДКиУ и подключать к ней новые устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система диспетчерского контроля и управления бизнес-центра «Славяновский» / А. А. Южаков, Алексей А. Южаков, Д. В. Кашин, С. С. Перминова // Системы мониторинга и управления: Сб. науч. тр. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. С. 80–85.
2. EIB-система автоматизации зданий / Д. Дитрих, В. Кастнер, Т. Саутер, О. Низамутдинов: пер. с нем. под ред. О. Б. Низамутдинова, М. В. Гордеева. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2000. 376 с.
3. Тирш Ф. Введение в технологию Lon Works: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 2001. 241 с.
4. Lon Works® FTT-10A. Free Topology Transceiver User's Guide Echelon Corporation, 2001. 91 p.
5. Капгер И. В., Южаков А. А. Реализация криптографического преобразования сообщений, передаваемых в промышленных сетях Lon // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе IT+SF'09. Осенняя сессия: Тр. XXXVI Междунар. конф., Украина, Крым, Гурзуф. 1–10 окт. 2009.

A. A. Yuzhakov

LON WORKS – A DESIGNING TECHNOLOGY OF SUPERVISORY CONTROL AUTOMATION SYSTEM

A multi-level intelligent automated system for supervisory control and management is considered. It is shown that the best topology for such system is the "field" bus Lon. System functions along with hardware and software are defined. A method of reliability and integrity of communications improving for Lon networks is presented.

The automated system of dispatching monitoring and management, Lon-protocol, Fieldbus-system, hardware - software, reliability augmentation and a transmission accuracy of conferrings

¹ Латышев Г. Принцип построения безопасных систем автоматизации зданий и сооружений: <http://sga-bms.ru/publications/1082/>.



УДК 615.471:617.7

Е. П. Попечителев

МЕТОД АНАЛИЗА ПОГРЕШНОСТЕЙ ДВУХВОЛНОВЫХ БИОФОТОМЕТРОВ С ДВУХЛУЧЕВОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМОЙ

Предложен метод анализа метрологических характеристик двухволновых биофотометров, в которых оптическое свойство исследуемой среды в каждом диапазоне излучения оценивается по двухлучевой схеме измерения. Метод основан на привлечении некоторых положений проективной и аналитической геометрии. Для этого вводятся: два сигнальных пространства для отображения первичных фотометрических параметров ФМП1 (т. е. тех, которые оценивают оптическое свойство среды в каждом диапазоне излучения) и пространство первичных ФМП1 для определения значения вторичного фотометрического параметра ФМП2, который является выходным результатом измерений.

Фотометрические исследования, биофотометры, двухлучевые и двухволновые биофотометры, фотометрические показатели, помехоустойчивость, разрешающая способность и точность измерения

Фотометрические методы нашли широкое распространение при проведении физиологических и аналитических исследований [1]–[3]. При этом находят применение все диапазоны оптического излучения: ультрафиолетового, видимого и инфракрасного. Кроме того, используя спектрональные методы, приемы фотометрии распространяют и на другие диапазоны электромагнитного излучения. К достоинствам этих методов следует отнести высокую чувствительность при определении состава и концентрации различных веществ в биологических средах, а также возможность передачи данных о свойствах исследуемых веществ в различных параметрах излучений: интенсивностью, направленностью, поляризацией, спектральным составом и другими характеристиками светового потока. Эти методы являются неинвазивными, информативными и оказывают слабое воздействие лучистой энергии на исследуемый орган.

В медицинской технике фотометрические системы представлены значительным арсеналом технических средств, составляя вместе с техникой изучения электрических характеристик исследуемых сред до 80 % всех технических устройств. Среди этой техники особое место занимают биофотометры (БФ), используемые как для физиологических исследований, так и в аналитических лабораториях. Они предоставляют исследователю устройства разной сложности, способные работать в сложных условиях внешней среды и получать важную ди-

агностическую информацию о различных проявлениях жизнедеятельности организма и свойствах биоматериалов.

Биофотометры различаются по количеству используемых диапазонов излучения; различают одно-, двух-, трех- и даже четырехлучевые системы. Однако в биомедицинской практике фотометрических исследований наибольшее распространение получили первые два варианта, например для определения уровня насыщения крови кислородом, концентрации разных веществ в биологических жидкостях и в других задачах. Эти варианты БФ стали основными объектами теоретических и экспериментальных исследований с целью разработки новых структурных схем и методик измерения, а также изучения методов повышения их помехоустойчивости и чувствительности [1], [4].

В [2] предложен аналитический метод исследования фотометрических систем, основанный на использовании некоторых положений проективной и аналитической геометрии, который позволил получить новые данные по метрологическим характеристикам одно- и двухлучевых БФ. Там же предложены структуры этих устройств, построенные на двухлучевом принципе одноволнового фотометра. Данная работа посвящена продолжению таких исследований и связана с оценкой метрологических параметров двухволновых БФ, в которых каждый канал измерения фотометрического параметра для одного диапазона построен по двухлучевой схеме.

Двухволновые двухлучевые биофотометры. В современной биомедицинской практике широко используются двухволновые биофотометры, в которых измерение фотометрических (или медико-биологических) показателей связано с регистрацией сигналов сразу в двух спектральных диапазонах излучения.

На рис. 1 приведена обобщенная структура двухволнового БФ. Весь фотометр можно разделить на две части, первая из которых содержит два оптико-электрических измерительных преобразователя (ОЭИП) [1], а вторая – его вычислительную часть (ВЧ). Каждый из ОЭИП оценивает оптическое свойство исследуемой среды (ИС) в одном из диапазонов длин волн $\{\lambda_1\}$ и $\{\lambda_2\}$. Для этого в состав ОЭИП₁ и ОЭИП₂ включены источники излучения ИИ₁ и ИИ₂ с оптическими устройствами формирования потоков излучения заданных диапазонов, сама ИС и блоки фотоэлектрических преобразователей (БФЭП), на которые поступают излучения, прошедшие ИС. Блоки вычисления БВ₁ и БВ₂, входящие в ВЧ, позволяют рассчитать первичные ФМП₁ – φ_{11} и φ_{12} , а уже по их значениям рассчитывается искомый выходной параметр μ (блок вычисления БВ _{μ}). Определим μ как вторичный фотометрический показатель ФМП₂ – он и является искомой характеристикой ИС.

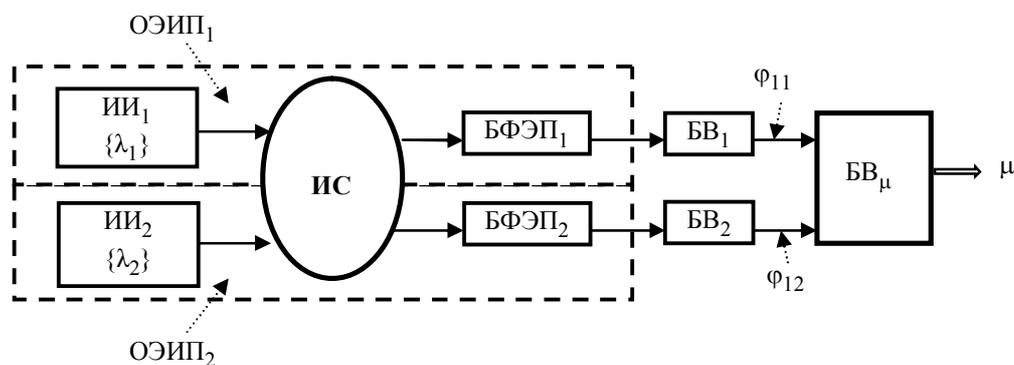


Рис. 1

В упрощенном однолучевом варианте схемы в качестве ФМП₁ используются непосредственно амплитуды сигналов U_1 и U_2 двух фотоэлектрических преобразователей, которые отражают взаимодействие ИС с каждым потоком излучения, и структура фотометра значительно упрощается – отсутствует необходимость в блоках вычисления БВ₁ и БВ₂, а сигналы с ФЭП сразу поступают на БВ_μ. Однако недостатки однолучевых схем общеизвестны [1], [4]; основным из них является низкая точность измерения амплитуды сигнала из-за ряда факторов: нестабильность интенсивности исходного потока излучения, посторонние засветки и другие случайные факторы.

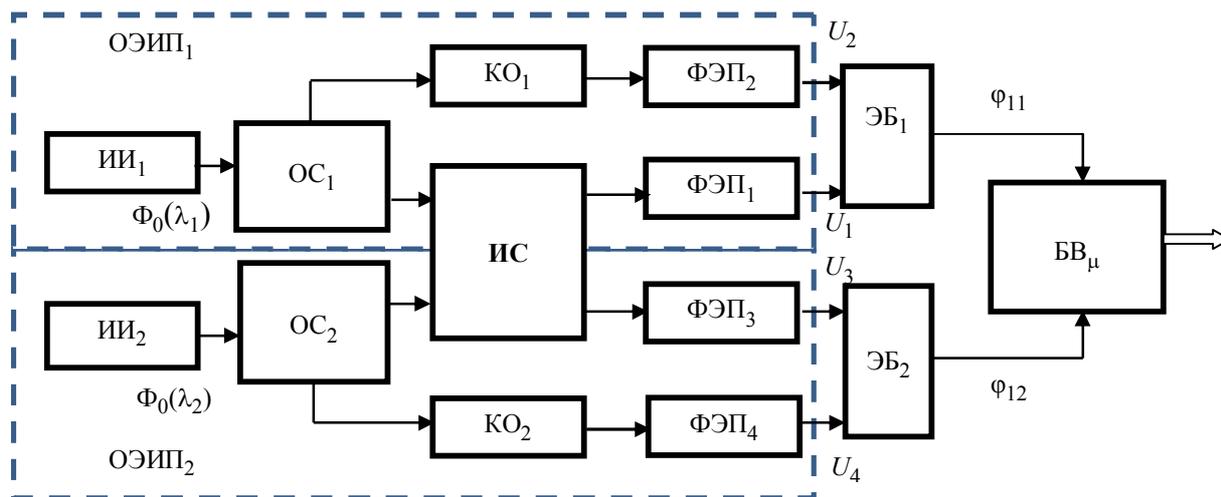


Рис. 2

В двухлучевом варианте в каждом ОЭИП используются два луча для каждого потока излучения (одна из возможных структур приведена на рис. 2), т. е. количество ФЭП увеличивается до четырех. Фотоэлектрические преобразователи ФЭП₂ и ФЭП₄ оценивают потоки, прошедшие через оптические системы ОС₁ и ОС₂ и блоки компенсации КО₁ и КО₂ (они необходимы для выравнивания потоков излучения, как правило это нейтральные оптические фильтры) прямо от источников излучения, а фотоэлектрические преобразователи ФЭП₁ и ФЭП₃ – световые потоки, взаимодействующие с ИС. Поэтому для расчета μ по значениям первичных фотометрических параметров φ_{11} и φ_{12} в схему необходимо включать блоки ЭБ₁ и ЭБ₂.

Как показано в [2], для расчета ФМП₁ можно использовать несколько выражений, общий вид которых задается следующим дробно-линейным соотношением:

$$\varphi = \frac{\alpha_1 U_1 + \alpha_2 U_2}{\alpha_3 U_1 + \alpha_4 U_2} \quad (1)$$

где U_1, U_2, U_3, U_4 – сигналы с соответствующих ФЭП; $\alpha_{1-4} \leq 0 \pm 1$ – весовые коэффициенты.

Изменяя коэффициенты α , можно получить выражения для всех используемых на практике показателей, характеризующих оптические свойства ИС, и таких, которые пока еще не нашли практического применения. Приведем некоторые примеры общепринятых показателей:

– коэффициент пропускания $\tau = U_1/U_2$ (или $\tau = U_2/U_1$) получается из (1) при $\alpha_1 = \alpha_4 = 1$ и $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$:

– двухцветные коэффициенты: $r_1 = U_1/(U_1 + U_2)$ и $r_2 = U_2/(U_1 + U_2)$ при $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0, \alpha_3 = \alpha_4 = 1$;

– показатель контраста: $k = (U_1 - U_2)/(U_1 + U_2)$.

В качестве ФМП₁ могут использоваться и более сложные дробно-линейные зависимости, полученные из (1) путем выбора разных весовых коэффициентов.

Для расчета μ используются соотношения, совпадающие по форму с выражением (1), только вместо амплитуд сигналов в формулы подставляются ФМП₁:

$$\mu = \frac{\alpha_1 \varphi_1 + \alpha_2 \varphi_2}{\alpha_3 \varphi_1 + \alpha_4 \varphi_2}, \quad (2)$$

где в качестве φ_1 и φ_2 могут быть использованы любые из вышеприведенных показателей, коэффициенты $\alpha_{1-4} \leq \overline{0...1}$.

Варианты вторичных параметров μ также дают целый спектр новых показателей для оценки свойств ИС по двухлучевой методике измерения. В качестве примера приведем несколько выражений для ФМП₂, применяемых при изучении оптических свойств ИС с помощью двухволновых методов:

$$\mu_1 = \frac{\varphi_{11}}{\varphi_{12}}, \quad \mu_2 = \frac{\varphi_{11}}{\varphi_{11} + \varphi_{12}}, \quad \mu_3 = \frac{\varphi_{11} - \varphi_{12}}{\varphi_{11} + \varphi_{12}}. \quad (3)$$

Здесь φ_{11} и φ_{12} – ФМП₁ для разных диапазонов излучения; $\mu_i, i = 1, 2, 3, \dots$ – различные варианты ФМП₂.

Подставив в (3) значения ФМП₁, в соответствии с (1) можно получить их выражения через амплитуды сигналов. В качестве примера представим выражения (3) для случая, когда в качестве φ использован такой широко применяемый показатель, как коэффициент пропускания, т. е. $\varphi \sim \tau = U_1/U_2$, а сигналы U_1 и U_2 отражают пропускание излучения на одной из длин волн:

$$\mu_1 = \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{U_{11}U_{22}}{U_{12}U_{21}}, \quad \mu_2 = \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} = \frac{U_{11}U_{22}}{U_{11}U_{22} + U_{12}U_{21}}, \quad \mu_3 = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1 + \tau_2} = \frac{U_{11}U_{22} - U_{12}U_{21}}{U_{11}U_{22} + U_{12}U_{21}}, \quad (4)$$

где сигналы U_{11} и U_{12} соответствуют первому диапазону излучения, а сигналы U_{21} и U_{22} – второму диапазону.

Аналогично можно построить выражения и для других вторичных параметров. Если измерения сигналов сопровождаются погрешностями случайного или систематического характера, то, как следует из выражений (4) для самого простого ФМП₁, возникают большие трудности при оценке погрешности измерений вторичных фотометрических параметров из-за сложной ее зависимости от погрешностей измерения сигналов с ФЭП. А это затрудняет оценки разрешающей способности и чувствительности БФ. Возникает необходимость разработки специальных аналитических методов, которые позволили бы получить соотношения для оценки точности, помехоустойчивости и разрешающей способности биофотометров непосредственно для выбранного выходного фотометрического параметра.

Метод анализа погрешностей двухволновых фотометров, построенных по двухлучевой схеме. Известный метод анализа метрологических характеристик одноволновых двухлучевых фотометрических систем [2], в основу которого положено представление о двухмерном сигнальном пространстве, можно приспособить для анализа метрологических характеристик двухволновых двухлучевых фотометров.

Количество потоков излучения, используемых в каждом ОЭИП двухволнового двухлучевого БФ, характеризует его фотометрическую сложность θ и тип ФМП₁. Этот показатель определяет размерность некоторого «сигнального» пространства R , в котором легко отобразить результаты измерений амплитуд сигналов и отобразить в нем подпространства ФМП₁.

Для двухлучевого фотометра $\theta = 2$, поэтому для каждого потока излучения построим сигнальное пространство (пространства R_1 и R_2 на рис. 3). Координатные оси этих пространств служат для отображения значения сигналов: U_{11}, U_{12} – для пространства R_1 (для определения оптического свойства ИС в первом диапазоне излучения λ_1) и U_{21}, U_{22} – для пространства R_2 (для второго диапазона излучения λ_2). В этих пространствах уже легко представить подпространства выбранного типа ФМП₁ с помощью характеристических линии q [2], индексы которых связаны с выбранным вариантом ФМП₁. Для определения уравнений таких линий необходимо приравнять знаменатель в выражении (1) к единице. Таким образом, в общем случае уравнение характеристической линии следует записать в виде

$$q_{\phi} \rightarrow \alpha_3 U_1 + \alpha_4 U_2 = 1. \quad (5)$$

Если провести еще одну прямую через начало координат и точку M в пространстве R , координаты которой определяются значениями сигналов от ИС, то координаты точки пересечения этих двух прямых определяют значение ФМП₁. Теперь таким же образом можно построить новое пространство R_{μ} – пространство вторичных фотометрических показателей, координатные оси которого используются для отображения значений ФМП₁. Все подобные построения можно легко совместить.

В качестве примера проведем подобные построения для варианта фотометра, в котором в качестве ФМП₁ использованы коэффициенты пропускания $\tau = U_1/U_2$, а в качестве ФМП₂ – их отношение, т. е. $\mu_1 = \tau_1/\tau_2$ (рис. 3).

Пусть оптические свойства ИС отражают точки: $M^{(1)}$ в R_1 , отображающие взаимодействие ИС с первым диапазоном излучения, и $M^{(2)}$ в R_2 для второго диапазона. Их координаты задаются сигналами U_{M11}, U_{M12} в R_1 и U_{21}, U_{M22} в R_2 с четырех ФЭП из блоков ОЭИП. Проведем в этих пространствах характеристические линии и прямые линии через начало координат и точки $M^{(1)}$ и $M^{(2)}$.

Для пространства R_1 прямые:

$$- q_{12} \text{ с уравнением } q_{12} \rightarrow U_{12} - 1 = 0;$$

$$- q_{M1} \text{ с уравнением: } q_{M1} \rightarrow U_{M11} U_{12} - U_{M12} U_{11} = 0.$$

Для пространства R_2 прямые:

$$- q_{22} \text{ с уравнениями } q_{22} \rightarrow U_{22} - 1 = 0;$$

$$- q_{M2} \text{ с уравнением } q_{M2} \rightarrow U_{M21} U_{22} - U_{M22} U_{21} = 0.$$

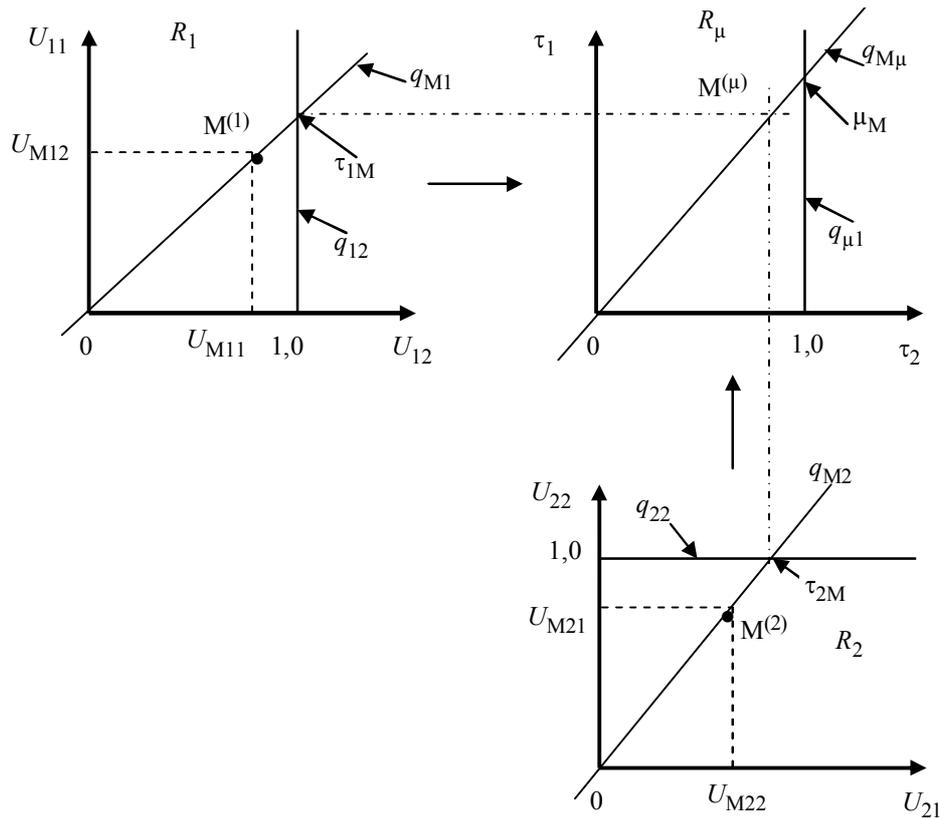


Рис. 3

Легко убедиться, что координата U_{11} точки пересечения линий q_{12} и q_{M1} в пространстве R_1 определяет значение τ_{1M} , а координата точки пересечения линий q_{22} и q_{M2} – значение τ_{2M} . Таким образом, получены две координатные оси параметра τ в каждом из пространств R_1 и R_2 . По данным значениям необходимо найти значение μ .

Для этого построим еще одно пространство – пространство параметра μ : $R_\mu(\tau_1, \tau_2)$. Совместим прямые q_{12} и q_{22} в виде новой системы координат (на рис. 3 стрелками показаны направления совмещения прямых), причем на осях этой системы уже будут отображаться значения τ_1 и τ_2 , характеризующие коэффициенты пропускания ИС в двух диапазонах излучения. Значения τ_{1M} и τ_{2M} определяют некоторую точку $M^{(\mu)}$ в новом пространстве. Теперь по аналогии с построениями в сигнальных пространствах можно построить характеристическую прямую в этом пространстве, для чего знаменатель в выражении вторичного параметра μ опять надо прировнять к единице. Используя выражения (2), получаем в общем случае

$$q_\mu \rightarrow \alpha_3 \varphi_1 + \alpha_4 \varphi_2 - 1 = 0. \quad (6)$$

Для упрощения дальнейших построений выберем в качестве ФМП₂ параметр μ_1 (см. (4)), для которого получим $q_{\mu 1} \rightarrow \tau_2 - 1 = 0$. Проведем прямую с уравнением $q_{M\mu} \rightarrow \tau_{1M} \tau_2 - \tau_{2M} \tau_1 = 0$; точка пересечения прямых $q_{\mu 1}$ и $q_{M\mu}$ определяет искомое значение μ_{1M} . Таким образом, прямая $q_{\mu 1}$ становится координатной осью параметра μ .

Аналогично можно построить пространства ФМП₂ для любых вариантов ФМП₁ и любых видов ФМП₂. Такое представление является наглядным и удобным для последующего анализа метрологических характеристик двухволновых двухлучевых БФ.

Определение погрешности измерения вторичного фотометрического параметра.

Электрический сигнал с ФЭП кроме значений соответствующего сигнала, отражающего взаимодействие излучения с ИС, может содержать погрешности случайного и систематического характера. Эти погрешности можно описать с помощью некоторой функцией распределение $P(U)$ со средним значением, равным амплитуде сигнала от ИС и дисперсией σ^2 .

Совместное распределение двух случайных величин для каждого ОЭИП двухлучевого типа определяет некоторую двумерную функцию распределения, для которой всегда можно найти «область рассеяния» точек Ω на двумерной плоскости $R(U_1, U_2)$ по заданной вероятности P_Ω попадания точек M в эту зону:

$$P_\Omega = \int \int_{\Omega} P(U_1, U_2) dU_1 dU_2 . \quad (7)$$

Определить размах флуктуации ФМП₁ для каждого диапазона излучения можно путем ряда графических построений. При допущении того, что сигналы U_1, U_2 являются независимыми и флуктуации их амплитуд подчинены нормальному закону, для описания двумерных флуктуаций точек должен использоваться нормальный двумерный закон плотности вероятности, а сечение двумерной функции распределения в горизонтальной плоскости определяет в пространстве $R(U_1, U_2)$ область в виде эллипса рассеивания с уравнением

$$v = \left[(U_1 - U_{M1})^2 / \sigma_1 \right] + \left[(U_2 - U_{M2})^2 / \sigma_2 \right], \quad (8)$$

где v – коэффициент статистической значимости, определяющий размер эллипса и связанный с заданной вероятностью попадания точки M в область эллипса; U_{M1} и U_{M2} – сигналы ОЭИП; σ_1 и σ_2 – среднеквадратические отклонения этих сигналов.

Такие эллипсы рассеяния построены вокруг точек $M^{(1)}$ и $M^{(2)}$ на рис. 4 в каждом из пространств R_1 и R_2 .

Чтобы найти флуктуации параметров τ для каждого диапазона излучения, к эллипсам из начала координат построены по две касательные, которые на пересечениях с линиями q_{12} и q_{22} показывают величины погрешностей для параметров τ_1 и τ_2 . Это значения следующих интервалов (рис. 4):

$$\Delta\tau_{\min 1} = \tau_{M1} - \tau_{M1H}; \Delta\tau_{\max 1} = \tau_{M1B} - \tau_{M1}; \Delta\tau_{\min 2} = \tau_{M2} - \tau_{M2H}; \Delta\tau_{\max 1} = \tau_{M2B} - \tau_{M1}, \quad (9)$$

причем $\Delta\tau_{\min 1} \neq \Delta\tau_{\max 1}$ и $\Delta\tau_{\min 2} \neq \Delta\tau_{\max 1}$.

Сравнение $\Delta\tau_{\min 1}$ и $\Delta\tau_{\max 1}$, а также $\Delta\tau_{\min 2}$ и $\Delta\tau_{\max 1}$ показывает, что распределение погрешностей τ уже несимметрично несмотря на нормальный закон распределения погрешностей измерения сигналов.

Зная значения этих интервалов, путем простых графических построений в пространстве R_μ можно получить разброс вторичного параметра μ . Для этого отложим вокруг точки $M^{(\mu)}$ в пространстве R_μ отрезки (9) и построим вокруг нее прямоугольник $Q^{(\mu)}$, стороны которого определяются размерами этих отрезков. Теперь проведем две прямые q_B и q_H к полученному прямоугольнику из начала координат (рис. 4), тогда точки пересечения этих прямых с пря-

мой $q_{\mu 1}$ будут характеризовать погрешности оценки искомого параметра μ_1 . Эти погрешности характеризуют следующие интервалы:

$$\Delta\mu_{\min} = \mu_M - \mu_{MH}; \quad \Delta\mu_{\max} = \mu_{MB} - \mu_M \text{ и } \Delta\mu_{\min} \neq \Delta\mu_{\max}. \quad (10)$$

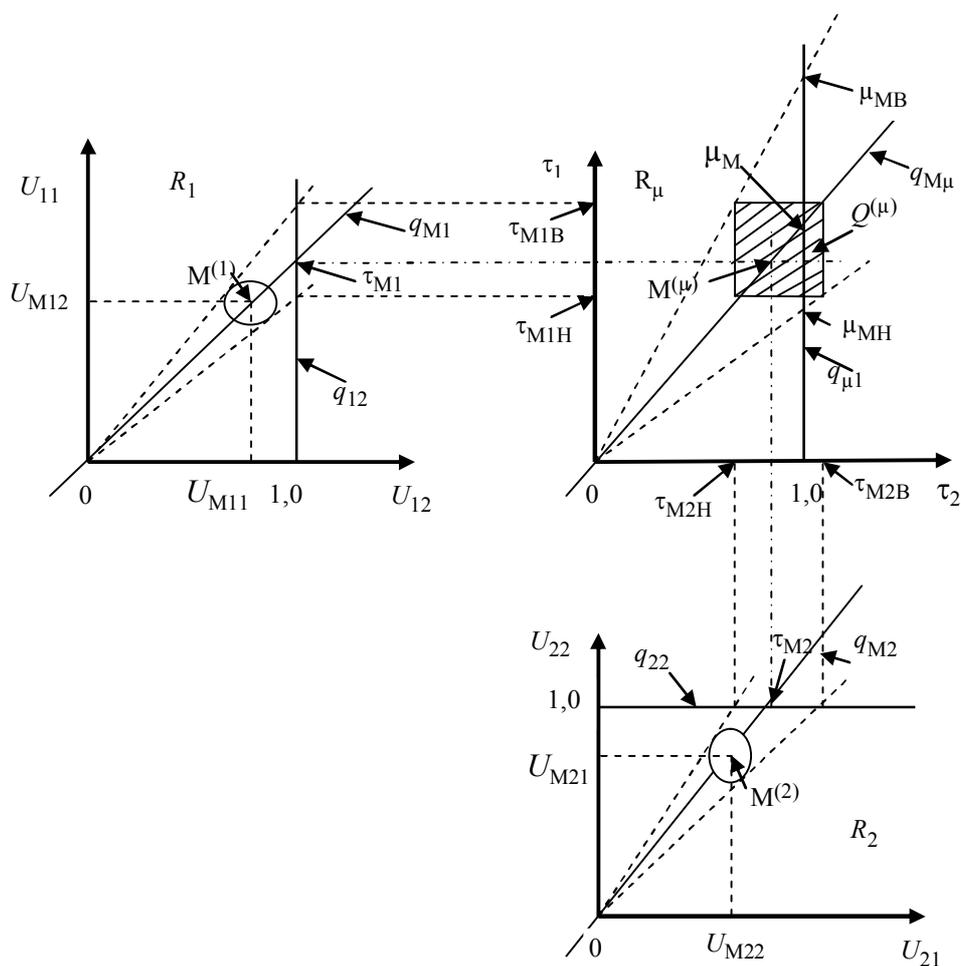


Рис. 4

Получение точных аналитических выражений, отражающих связь между погрешностями измерений сигналов ОЭИП и погрешностями определения ФМП₂, связано с большим объемом сложных вычислений, поэтому целесообразно использовать специальное программное обеспечение вычислительной математики. Такой системой является Mathworks Matlab, которая, обладая языком программирования высокого уровня, имеет все необходимые средства для организации диалога, построения графических отображений и визуализации. С использованием этого пакета создана программа для автоматического вычисления основных ФМП₂ и получены аналитические выражения для функций распределения некоторых типов ФМП₁ с использованием соотношений аналитической геометрии [5].

В заключение можно сказать следующее. Анализ выявил основные трудности, связанные с метрологической оценкой двухволновых биофотометров, в которых каждый канал измерения оптического свойства исследуемой среды в конкретном диапазоне излучения выполнен по двухлучевой схеме. Рассмотренный метод анализа позволил установить, что даже при нормальном распределении погрешностей сигналов ФЭП зона разброса погреш-

ности выходного параметра имеет прямоугольную форму со смещенным центром (при выбранном уровне статистической значимости размах погрешностей в разные стороны изменения ФМП₂ различается), которая не соответствует ни одному из известных законов распределения случайных погрешностей. Распределение подчиняется более сложному закону, аналитическое определение которого связано с выполнением большого объема вычислений.

Предложенный в работе модифицированный метод анализа погрешностей, использующий методы проективной и аналитической геометрий, позволяет в определенной степени преодолеть эти трудности и оценить погрешности оценки любого выходного параметра при заданном уровне достоверности результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попечителей Е. П., Чигирев Б. И. Двухлучевые фотометрические системы для клинико-физиологических исследований/ ЛЭТИ. 1991. 220 с.
2. Попечителей Е. П. Аналитический метод исследования двухлучевых измерительных каналов оптического типа // Деп. ВИНТИ № 539-84 от 30.01.84. 1984. 27 с.
3. Попечителей Е. П. Метод редукции в задачах метрологического анализа алгоритмов обработки фотометрической информации // Вестн. Метрологической академии. 2000. Вып. 5. С. 5–25.
4. Попечителей Е. П., Чигирев Б. И., Юрковский Г. А. Чувствительность двухлучевых медицинских фотометров к флуктуациям лучистого потока // Биотехнические системы в медицине и биологии. СПб.: Политехника, 2002. С. 5–12.
5. Попечителей Е. П., Ерофеевская Л. А. Анализ метрологических характеристик многолучевых фотометрических систем // Изв. СПбГЭТУ. Сер. «Биотехнические системы в медицине и экологии». 2005. № 1. С. 55–58.

E. P. Popchitelev

METHOD OF ERRORS ANALYSIS FOR DOUBLE-WAVE BIOPHOTOMETER WITH DOUBLE-BEAM OPTICAL SCHEME

The method of analysis of metrology descriptions of dual-wave biophotometers is offered, in which optical property of the probed environment in every range of radiation is estimated on the double-beam scheme of measuring. A method is based on bringing in of some positions of project and analytical geometry. Entered for this purpose: two alarm spaces for the reflection of primary photometric parameters (those which estimate optical property of environment in every range of radiation) and space of primary parameters for determination of value of the second photometric parameter, which is measuring result.

Photometric researches, biophotometers, two wave's photometer with two ray's optical chart, photometric indexes, antijammingness, resolving ability and measuring exactness



УДК 378.14.015.62

Е. Е. Котова, П. И. Падерно

ОЦЕНКА УРОВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЕГО СТАНОВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Рассматривается вопрос становления и развития специалиста-профессионала в процессе обучения в вузе, формирование компетенций, способы оценивания сформированности компетенций, уровня компетентности специалиста.

Модели специалиста, профессионал, компетентный подход, формирование компетенций, среда обучения, значимость экспертов, программный инструментарий

Введение новых информационных технологий, компьютеризация труда в жизни человека повлекли за собой изменение традиционных представлений о профессиональных деятельности, профессионалах и профессионализме [1].

Основные подходы в исследованиях становления и развития специалиста (профессионала) представлены в таблице.

Авторы	Направление исследований
Е. А. Климов	Проблемы профессионального самоопределения
В. Д. Шадриков	Концепция системогенеза в профессиональной деятельности
Е. П. Ермолаева	Изучение преобразующих и идентификационных аспектов профессионализма
Э. Ф. Зеер	Изучение профессионального становления личности
Д. И. Завалишина	Профессиональное развитие и профессиональное мышление, анализ взаимосвязи
Н. С. Глуханюк, Л. М. Митина, А. Р. Фонарев	Процесс профессионализации субъекта деятельности, стадии профессионализации
А. А. Бодалев, А. А. Деркач, Н. В. Кузьмина, А. П. Ситников	Акмеология. Изучение профессионализации личности в зрелом возрасте и воздействующих на нее факторов
Ю. К. Стрелков	Вопросы операционально-смысловой структуры профессионального опыта, изучение ошибок в деятельности опытного специалиста
Г. В. Суходольский	Психологическая теория деятельности
В. А. Бодров	Психология профессиональной пригодности
Г. С. Никифоров	Проблемы самоконтроля и надежности профессиональной деятельности
Б. Ф. Ломов	Развитие проблемы психологического содержания деятельности
Е. А. Климов, М. Р. Щукин, В. С. Мерлин	Индивидуальный стиль деятельности

Анализ литературных источников показывает, что проблемы профессионализма прорабатываются достаточно давно, являются предметом теоретических разработок, постоянно актуальны и требуют новых решений в связи с меняющимися и постоянно растущими требованиями подготовки специалистов.

Моделирование при изучении проблемы подготовки (обучения) специалистов требует совместного рассмотрения профессиональной деятельности, к которой готовят студентов (моделей деятельности и личности специалиста), и содержания и технологий обучения (моделей подготовки). В качестве таких моделей традиционно представляются или квалификационные характеристики (требования к умениям, знаниям и личностным качествам специалистов), или учебные планы и программы (содержание подготовки и комплекс учебных задач, обеспечивающих формирование системы знаний, умений, способствующих выработке профессионально значимых личностных качеств) [2].

В последнее время в связи с ориентацией на подготовку и обучение высококомпетентной конкурентоспособной личности специалиста, что согласовывается и с требованиями работодателей, меняется и структура модели специалиста на компетентностно-ориентированную.

Развитие работ по формированию моделей специалистов и примеры разрабатываемых моделей представлены на рис. 1.



Рис. 1

Компетентность может являться показателем качества подготовки выпускника в процессе обучения к будущей профессиональной деятельности, поэтому необходимо искать способы количественных оценок качества подготовки.

Выделяются различные виды компетентностей: социальные, специальные, личностные, а также их составляющие, такие как операционально-технологические, мотивационные, поведенческие, ценностно-смысловые и др. Компетентность характеризуется определенным набором компетенций, которые принято рассматривать как сумму знаний, умений и поведенческих навыков, необходимых для выполнения определенных задач. Отмечается слож-

ность и неоднозначность трактовки понятий «компетенция», «компетентность» и основанного на них понятия «компетентностный подход». В литературе (Л. Д. Давыдов, Э. Ф. Зеер, Т. С. Зеленецкая, И. А. Зимняя, Дж. Равен, Ю. Г. Татур, и др.) большое внимание уделяется рассмотрению таких понятий, как «профессиональная компетентность», «информационно-коммуникативная компетентность», «педагогическая компетентность» и др. В общенаучном плане компетентность трактуется в разных аспектах [3].

В данной статье под компетентностью будем понимать способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области.

Ряд исследований [4], [5] разрабатывает словари профессиональных компетенций, модели компетенций, классификации, базы данных компетенций, методы оценки компетенций, численные критерии компетенций с целью различения «превосходного и среднего исполнения» работы в определенных видах деятельности и должностей, но в этих работах отсутствуют способы выявления компетентностей высокого уровня, измерительные модели, системы оценивания.

В [6] отмечен рост числа вопросов, нуждающихся в разъяснении и осмыслении, и отсутствие «развернутой диагностики реальных компетенций» в существующих работах. В [7] анализируются оценочные средства для контроля качества компетенций выпускников и отмечается их принципиальное отличие от оценочных средств, предназначенных для контроля знаний, умений, навыков (ЗУН), приобретаемых студентом. Главное отличие, по мнению авторов работы, состоит в том, что все приобретаемые студентом компетенции являются «интегральными, комплексными характеристиками уровня его универсальной и профессиональной квалификации». Основным видом объективной оценки компетенций выпускника является итоговая государственная аттестация (ИГА), включающая государственный экзамен и выпускную квалификационную работу (ВКР). Предложено использовать структурные матрицы оценки компетенций выпускников и отмечено, что «проектирование комплексных оценочных средств для контроля качества подготовки выпускников при реализации многоуровневых программ ВПО, основанных на компетентностном подходе, является сложной, многокомпонентной задачей» [7].

Таким образом, основным противоречием в данной сфере является противоречие между интенсификацией компетентностной сферы обучения и отсутствием механизмов оценки качества подготовки специалистов в соответствии с предъявляемыми современными требованиями.

На данный момент самая актуальная проблема заключается в необходимости выявления механизмов оценивания степени сформированности компетентности специалиста в процессе его обучения с целью выработки способов дальнейшего управления учебным процессом. Практическое применение компетентностного подхода требует *всестороннего анализа и формализованной постановки задачи*.

Основная задача компетентного подхода – исследование и разработка методики оценки уровня компетентности специалиста, нахождение стандартных процедур оценки компетенций с целью построения индивидуального профиля в динамике его становления и развития и оценивания уровня сформированности компетенций.

Один из подходов к методике оценивания уровня сформированности компетенций следующий.

Формальная обобщенная модель специалиста была представлена в виде следующего кортежа [8]:

$$K = \langle Z_n, U_m, H, Sp, Кач \rangle, \quad (1)$$

где Z_n – уровень знаний, имеющихся у специалиста; U_m – умения, которыми обладает конкретный специалист (в том числе и умение получать, а не генерировать новые знания); H – навыки; Sp – способности; $Kач$ – личные качества конкретного специалиста.

С учетом компетентностного подхода модель (1) принимает следующий вид:

$$K = \langle \text{Комп, Сп, Кач} \rangle,$$

где Комп – компетенции, относящиеся к конкретной специальности и направлению подготовки.

Введем следующие обозначения.

Число предметов, преподаваемых студенту – N , вектор успеваемости $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_N)$, число формируемых компетенций – M , вес (значимость) компетенций по мнению i -го заказчика (например, работодателя) $\mathbf{b}_i = (b_{i1}, \dots, b_{iM})$, $b_{ij} \geq 0$, $\sum_{j=1}^M b_{ij} = 1$.

Пусть имеется матрица-результат важности (вкладов, нормированных по сумме) предметов в формирование компетенций

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & \dots & c_{1M} \\ c_{21} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & c_{ij} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{N1} & \dots & \dots & \dots & c_{NM} \end{pmatrix},$$

где c_{ij} – важность (вклад) i -го предмета в j -ю компетенцию $\sum_{j=1}^M c_{ij} = 1$, $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} = N$.

На основании вектора оценок по предметам и важности (вкладов) предметов в компетенции можно получить оценки по компетенциям по следующей формуле:

$$\mathbf{K}_j = C^T \cdot \mathbf{a}_j.$$

Таким образом, получаем оценки компетенций j -го студента (обучаемого):

$$\mathbf{K}_j = \begin{pmatrix} k_{j1} \\ \dots \\ k_{jd} \\ \dots \\ k_{jM} \end{pmatrix},$$

где k_{jd} , $p = 1 \dots M$ частная оценка j -го студента.

«Привлекательность» j -го студента (выпускника) для i -го заказчика (работодателя) может быть оценена обобщенным показателем, рассчитываемым по формуле

$$R_{ij} = \mathbf{b}_i \cdot \mathbf{k}_j.$$

Для получения матрицы C разработана следующая методика, основанная на мнениях конкретных экспертов.

Пусть по каждому j -му предмету имеется L_j экспертов $L = \sum_{j=1}^N L_j$.

http://ontomaster.110mb.com/bachelor/index.html - Windows Internet Explorer

http://ontomaster.110mb.com/bachelor/index.html

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

@mail.ru Найти Мой мир Блоги Фото Видео \$ 30.8029 € 42.9854 Москва +6 ° C

Google Go Bookmarks 0 blocked Check AutoLink AutoFill Send to Settings

http://ontomaster.110mb.com/bachelor/index.html Страница Сервис

[Список дисциплин](#) **Модель формирования компетенций** [e-mail](#) [logout](#)

Дисциплина №

Учебное заведение: СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

Наименование дисциплины:

Структурно-логические связи дисциплины

Семестр:

Преподаватель: Иванов Степан Петрович

Необходимо указать уровень формирования компетенций по шкале 0-1-2-3-4-5 в зависимости от степени, в которой каждая компетенция формируется именно в процессе преподавания данной дисциплины (0 баллов - компетенция не формируется, ..., 5 - компетенция формируется в наиболее полной степени).

Выпускник по направлению подготовки 220400 - "Управление в технических системах" с квалификацией (степень) "бакалавр" должен обладать следующими компетенциями:			Отметить по шкале степень формирования компетенции:
			0-1-2-3-4-5
	Группы компетенций		
	общекультурные (ОК)		
1	ОК-1	способностью владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
2	ОК-2	способностью логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
			<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5

Готово Интернет 100%

а

http://ontomaster.110mb.com/bachelor/index.html - Windows Internet Explorer

http://ontomaster.110mb.com/bachelor/index.html

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

@mail.ru Найти Мой мир Блоги Фото Видео \$ 30.8029 € 42.9854 Москва +6 ° C

Google Go Bookmarks 0 blocked Check AutoLink AutoFill Send to Settings

http://ontomaster.110mb.com/bachelor/index.html Страница Сервис

[Список дисциплин](#) **Модель формирования компетенций** [e-mail](#) [logout](#)

26	ПК-7	способностью владеть элементами начертательной геометрии и инженерной графики, применять современные программные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	<input checked="" type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
	Компетенции по видам деятельности:		
	проектно-конструк-кая деятельность		
27	ПК-8	готовностью участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления	<input type="radio"/> 0 <input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
28	ПК-9	способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5
29	ПК-10	способностью производить расчёты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
30	ПК-11	способностью разрабатывать информационное обеспечение систем с использованием стандартных СУБД	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
31	ПК-12	способностью разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	<input checked="" type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
	производств.-технологич-я деятельность		
32	ПК-13	готовностью к внедрению результатов разработок средств и систем автоматизации и управления в производство	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
33	ПК-14	способностью проводить техническое оснащение рабочих мест и размещение технологического оборудования	<input type="radio"/> 0 <input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5

Готово Интернет 100%

б

Рис. 2

Тогда информация от i -го эксперта о «вкладах» p -го предмета во все компетенции $i = (1, 2, \dots, L_p)$ представляет собой нормированный вектор $\mathbf{c}_{pi} = (c_{pi1}, \dots, c_{pij}, c_{piM})$,

$\sum_{j=1}^M c_{pij} = 1$. Для последующего комплексирования мнений экспертов будем учитывать значимость эксперта p -го предмета по каждой оцениваемой им компетентности, сформировав вектор компетентности для каждого i -го эксперта $\mathbf{Z}_{pi} = (z_{pi1}, \dots, z_{piM})$, $0 \leq z_{pij} \leq 1$.

Сформировать строку обобщенных мнений экспертов с учетом их значимости можно несколькими способами.

Наиболее удобными представляются следующие два варианта свертки.

Вариант 1:

$$c'_{pj} = \sum_{i=1}^{L_p} z_{pij} c_{pij}, \quad c_{pj} = \frac{c'_{pj}}{\sum_{i=1}^{L_p} c'_{pj}}, \quad j = 1, 2, \dots, M.$$

Вариант 2:

$$c''_{pj} = \prod_{i=1}^{L_p} c_{pij}^{z_{pij}} = \exp\left(\sum_{i=1}^{L_p} z_{pij} \ln c_{pij}\right), \quad c_{pj} = \frac{c''_{pj}}{\sum_{i=1}^{L_p} c''_{pj}}, \quad j = 1, 2, \dots, M.$$

Результат: разработан метод оценки компетенций и «привлекательности» специалиста для работодателя, а также методика получения важности вкладов предметов в компетенции на основании мнений экспертов с учетом их значимости.

Практическая реализация: разработан и проходит опытную эксплуатацию программный инструментарий ОнтоМАСТЕР-ЭКСПЕРТИЗА, входящий в комплекс программных средств мониторинга процесса обучения, позволяющий собирать и анализировать информацию от экспертов по соответствующей специальности и направлению обучения в соответствии с утвержденным перечнем компетенций.

Инструментарий обеспечивает получение информации от экспертов по формированию компетенций в соответствии с утвержденным перечнем, получение информации о текущем уровне сформированности компетенций как интегральной характеристики специалиста и его потенциальных возможностях с целью предоставления информации рекомендательного характера для его дальнейшей учебной и профессиональной деятельности. В результате применения программного инструментария формируется интегрированный комплексный показатель уровня сформированности профессиональных компетенций в виде профиля в динамике его формирования на каждой стадии обучения. По полученному профилю возможно определить, соответствует ли уровень сформированности профессиональных компетенций специалиста уровню, требуемому для успешного выполнения определенной работы в соответствии с требованиями работодателей.

На рис. 2 а, б приведены примеры интерфейса системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дружилов С. А. Психология профессионализма человека: интегративный подход // Журнал прикладной психологии. 2003. № 4–5. С. 35–42.

2. Савельев А. Я., Семушина Л. Г., Кагерманьян В. С. Модель формирования специалиста с высшим образованием на современном этапе / Содержание, формы и методы обучения в высшей школе: аналит. обзоры по основным направлениям развития высшего образования / НИИВО. М., 2005. Вып. 3. 72 с.
3. Вербицкий А. А., Ларионова О. Г. Личностный и компетентный подходы в образовании: проблемы интеграции. М.: Логос, 2009. 336 с.
4. Спенсер Л. М., Спенсер С. М. Компетенции на работе: пер. с англ. М.: НИРО, 2005. 384 с.
5. Уолш А., Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация: пер. с англ. М.: Когито-Центр, 2002. 395 с.
6. Андреев А. Знания или компетенции? // Высш. образование в России. 2005. № 2. С. 3–12.
7. Богословский В., Караваева Е., Шехонин А. Принципы проектирования оценочных средств для реализации образовательных программ ВПО: компетентный подход // Высш. образование в России. 2007. № 10. С. 3–10.
8. Котова Е. Е., Падерно П. И. Построение обобщенной модели специалиста // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». (Биотехнические системы в медицине и экологии). 2005. № 2. С. 8–15.

E. E. Kotova, P. I. Paderno

ASSESSING THE LEVEL OF SPECIALIST COMPETENCE AND ANALYSIS OF ITS EMERGENCE IN THE LEARNING PROCESS

The question of formation and development of specialist professional in the process of learning in high school, the formation of skills, methods of estimation of competencies formation, competency specialist is considered

Models of specialist, professional, competent approach, building skills, learning environment, software tools



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, ИННОВАЦИОННЫЙ И АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 658.1

А. Н. Мардас, И. Г. Кадиев, О. А. Гуляева

О ВОЗМОЖНОСТЯХ И МЕТОДАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Излагаются подходы к решению проблемы ограниченности информационных выборок в прогнозировании инновационных процессов. Раскрыт порядок идентификации выборочного распределения и предложен метод выбора прогнозирующих функций для целевых показателей инновационной стратегии. Рассмотрены примеры прогнозирования.

Инновационный процесс, методы прогнозирования, оценка инновационного развития

Предсказание или снижение неопределенности? В мировой практике в процессе разработки прогнозов социально-экономического развития применяются как интуитивные, так и формализованные методы. Широкое распространение получили системный анализ и синтез, методы экспертных оценок, в свою очередь, использующие сценарии, построение «дерева целей» и морфологический анализ. Такие подходы в прогнозировании инновационных процессов позволяют провести структуризацию проблем, установить некую последовательность в реализации планов, предположить направления исследований и т. д. При этом применение статистических методов остается весьма ограниченным вследствие недостатка, а часто и полного отсутствия исходных данных. Дополнительную трудность вносят неясность характера исследуемых процессов и, как следствие, отсутствие теоретического обоснования вида прогнозной модели. В силу перечисленного основной методологией инновационного прогнозирования стал сценарный подход. Являясь по существу комбинированным, он объединяет в себе как интуитивные, так и формализованные методы. Единой трактовки понятия «сценарий», тем более в отношении прогнозов, не существует. Соответственно, наиболее часто используемыми дефинициями является следующая словесная эквилибристика: «Сценарий – это:

– обзор, содержащий данные относительно ситуации, внутри которой протекают конкретные процессы, являющиеся объектом прогноза;

– гипотетическая последовательность событий, которая показывает, как из существующей или какой-либо заданной ситуации может шаг за шагом разворачиваться будущее состояние исследуемого объекта;

– система содержательных предпосылок, на основе которых формируется один из вариантов прогноза» [1].

Каждое из этих «определений» только подчеркивает факт несовпадения научного прогноза и сценарного рассуждения.

Вместе с тем для предсказаний в инновационных процессах, по сути, ничего другого не остается. В итоге, по мнению авторов статьи, *инновационное прогнозирование* следует рассматривать как *методику, позволяющую отсечь из множества сценариев* (в простом понимании – порядка развития некоторой ситуации на определенном временном интервале) *наиболее абсурдные, фантастические и не могущие возникнуть в реальности* вообще. Таким образом, то, что теперь называют сценарным прогнозированием, на самом деле следует трактовать не как предвидение, а только как *сужение абсолютной неопределенности будущего до обозримого множества альтернатив*. Само по себе такое множество может оставаться и бесконечным, но в нем уже не будет абсурдных вариантов. Для определенных ситуаций возможно и выявление *градиента развития как варианта с наименьшей неопределенностью*. Построению такой методики в отношении инновационных процессов и посвящена данная статья.

Необходимость развития методологии инновационного прогнозирования. Основой современной методологии инновационного прогнозирования служат теория предвидения Н. Д. Кондратьева и теория инноваций Йозефа Шумпетера [2]. В соответствии с их взглядами прогноз должен строиться путем учета взаимодействия закономерностей статичности, циклической динамики и социогенетики.

Статика отражает сложившиеся на момент разработки прогноза пропорции в науке, технике, производстве и, интерпретируемая как аналитическая процедура, в рамках вышедших за пределы установленных установок позволяет при построении прогноза отсечь сценарии, предполагающие осуществление инновационного прорыва в технологически несвойственных или безнадежно отставших отраслях определенной экономической системы. Например, для российской практики на современном этапе такой сферой представляется создание новых технологических платформ в вычислительной технике. Сложившееся здесь отставание от мировых лидеров, скорее всего, уже непреодолимо даже в исторической перспективе.

Циклическая динамика обеспечивает учет среднесрочных, долгосрочных (кондратьевских) и сверхдолгосрочных (цивилизационных) циклов с возникающими на их стыках экономическими кризисами. Начало сверхдолгосрочного цикла предопределяют эпохальные инновации, радикально меняющие структуру мировой экономики и ее техническую базу, тем самым формируя абсолютно новый (в смысле используемых энергетических технологий) способ материального производства. Ни сроки существования современного способа производства, ни технические перспективы возобновляемых источников энергии не дают основания для предположений о скорой независимости человечества от природных топливных ресурсов. Следовательно, на данном этапе сценарии инновационного развития, выдвигающие сверхэнергоемкие проекты, бессмысленны, а попытки превращения их в прогнозы и планы развития отраслей, не связанных с первейшими потребностями жизнеобеспечения, по сути своей даже вредны.

Наконец, социогенетика выявляет перспективы развития социально-экономических систем, исходя из закономерностей наследственности-изменчивости и естественного отбора. В инновационном прогнозировании это означает признание главенства причинно-следственных связей и обусловленности инноваций предшествующими этапами развития. Иначе говоря, достоин перевод в статус прогноза только сценарий, опирающийся на генетический подход.

Генетический подход продолжает в будущее тенденции развития исследуемого объекта в прошлом и настоящем, отвлекаясь от условий (факторов), способных изменить эти тенденции. Это становится базой применения метода экстраполяции временных рядов в инновационном прогнозировании. Естественно, что экстраполяция сложившихся тенденций возможна лишь в рамках одной фазы цикла. При смене фаз и циклов (в точке бифуркации) происходит слом тенденций, что естественным образом устанавливает границы применимости формальных методов в инновационном прогнозировании. Соответственно, количественный прогноз как основной из формальных должен сопровождаться оценкой доверительного интервала для прогнозируемого показателя инновационного процесса. Собственно, именно границы этого интервала и определяют различие между обоснованным предвидением и неопределенностью, между достижимыми реалиями и абсурдными измышлениями.

Современный инструментальный прогноз по временным рядам, реализуемый схемой Бокса–Дженкинса [3], теоретически обоснован в отношении процессов, сводимых к стационарным. Таким образом, он неявно использует предположение о существовании некоторой генеральной совокупности, допускающей описание нормальным распределением. Однако при прогнозировании большинства инновационных процессов затруднительно даже предположить характер изменений, тем более подтвердить применимость классических (опирающихся на признание нормальности ошибок измерения или моделирования) методов оценки статистических гипотез к расчету границ доверительного интервала. Поэтому практическая задача перехода к инновационной экономике предопределяет теоретический поиск новых подходов к формированию и повышению достоверности прогнозов.

Другой причиной, требующей расширения инструментария инновационного прогнозирования, является проблема малых выборок. Само понятие «малая выборка» пока однозначной трактовки не имеет, что осложняет прогнозирование инновационных процессов, которые объективно протекают в условиях неопределенности, усиливаемой узостью статистической базы.

Идентификация эмпирического распределения по малой выборке. Авторы исходят из того, что случайная выборка показателей инновационного процесса может быть признана малой, если по результатам ее статистического оценивания нельзя принять достоверное решение в отношении целей исследования. Формально это означает, что если имеющийся статистический материал дает вероятность ошибки первого рода ниже мощности критерия, то выборку следует признавать малой и от применения классических параметрических методов статистического оценивания в инновационном прогнозировании отказываться.

С другой стороны, ввиду отсутствия априорных знаний о законе распределения изучаемого показателя инновационного процесса соотношение между ошибками первого и второго родов следует интерпретировать как исход испытания над некоторой случайной величиной, закон распределения которой также остается неизвестным. Такую случайную величину называют статистическим или стохастическим супериндикатором [4].

Стохастический супериндикатор S образует непараметрический критерий согласия, с помощью которого можно осуществить проверку статистической гипотезы о принадлежности малой выборки генеральной совокупности с определенным законом распределения (идентификацию распределения). Правомерность его использования в таком качестве базируется на следующем утверждении.

Пусть требуется проверить гипотезу $H_0 : G(x) = G_1(x)$, где $G_1(x)$ – функция гипотетического распределения случайной величины x . Введем в рассмотрение случайные величины $S = G(x)$ и $S_1 = G_1(x)$. Тогда если выполняется равенство $G(x) = G_1(x)$, то справедливо и предположение $H'_0 : F(S) = F_1(S_1)$, где $F(S)$ и $F_1(S_1)$ – функции распределения супериндикаторов S и S_1 . Следовательно, проверка гипотезы H_0 равносильна проверке гипотезы H'_0 .

Таким образом, прогноз инновационных изменений можно осуществлять по следующей схеме.

Первоначально выдвигается гипотеза H_0 о виде закона распределения генеральной совокупности, которой принадлежит исследуемая выборка наблюдений x_1, \dots, x_n за показателем инновационного процесса. По данной выборке определяется расчетное значение супериндикатора и сравнивается с соответствующим критическим. Если принадлежность выборки к генеральной совокупности с неким законом распределения подтверждена, то переходят к оцениванию параметров закона по данным выборки в соответствии с классическими подходами и прогнозированию развития инновационного процесса с определенной достоверностью.

Для построения супериндикаторов следует использовать инвариантные преобразования выборочных данных [4], поскольку они позволяют формировать тестовые статистики, не опираясь на предположения о теоретическом распределении исходной случайной величины. В этом случае для формирования инвариантной статистики из выборки независимых случайных величин x_1, x_2, \dots, x_n образуют вариационный ряд $x_1^{(n)} \leq x_2^{(n)} \leq \dots \leq x_n^{(n)}$. Поскольку плотность $f(x_1, x_2, \dots, x_3)$ совместного распределения исходных величин остается неизвестной, то члены вариационного ряда подвергают промежуточному преобразованию, переводящему их в отношение случайных величин стандартного распределения. Например, для выборки случайных величин объемом $n = 2$ из генеральной совокупности с экспоненциальным законом распределения такое преобразование имеет вид $x^* = \frac{x_1}{x_2}$. Применив обратное преобразование Смирнова к случайным

величинам x_1 и x_2 , получим выражение $\Omega = \frac{\ln(1 - \alpha_1)}{\ln(1 - \alpha_2)}$, которое уже не зависит от параметра экспоненциального распределения, но зависит от случайных величин $\alpha_1 \leq \alpha_2$, равномерно распределенных с совместной плотностью вероятности $f_\alpha(\alpha_1, \alpha_2) = 2!$.

Можно показать, что для выборки объемом $n = 3$ из генеральной совокупности с равномерным законом распределения промежуточное преобразование имеет вид

$$\Omega = \frac{x_2^{(3)} - x_1^{(3)}}{x_3^{(3)} - x_1^{(3)}} = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_3 - \alpha_1},$$

где $\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \alpha_3$ – упорядоченные случайные величины, равномерно распределенные в интервале $[0, 1]$.

Для выборки того же объема из генеральной совокупности с нормальным законом распределения будем иметь

$$\Omega = \frac{x_2^{(3)} - x_1^{(3)}}{x_3^{(3)} - x_1^{(3)}} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_3 - \eta_1},$$

где η_1, η_2, η_3 – упорядоченные случайные величины, распределенные по стандартному нормальному закону.

С увеличением числа наблюдений в выборке можно построить целую совокупность промежуточных Ω -преобразований по аналогичной схеме, рассматривая различные гипотетические распределения, плотность каждого из которых формируется в отношении случайных величин Ω_i . Множественность возможных предполагаемых распределений образует неоднозначность в выборе. Поэтому далее прибегают к *стохастической индикации*, используя в качестве критерия выбора предпочтительного представления супериндикатор S .

Методология и конечные результаты данного подхода, позволяющие осуществить идентификацию гипотетического распределения по выборкам показателей инновационного процесса с числом наблюдений $n \leq 5$, подробно изложены в работах [4]–[6] и позволяют сформировать алгоритм идентификации закона распределения по малой выборке наблюдений с помощью супериндикатора (S -критерия).

1. Выдвигается гипотеза H_0 о виде закона распределения генеральной совокупности, которой принадлежит исследуемая выборка наблюдений x_1, x_2, \dots, x_n , и строится вариационный ряд $x_1^{(n)} \leq x_2^{(n)} \leq \dots \leq x_n^{(n)}$.

2. В соответствии с выдвинутой гипотезой H_0 по вариационному ряду определяются инвариантные к параметрам закона отношения $\Omega_i, i = 1, \dots, n - r$, где r – число параметров идентифицируемого распределения, и рассчитываются конкурирующие значения S -критерия.

3. Решение об идентификации экспоненциального распределения осуществляется на основе сравнения расчетного значения супериндикатора S_p с величиной $S_{кр}$ [6]. Если $S_p \leq S_{кр}$, то гипотеза об экспоненциальном распределении генеральной совокупности принимается. В противном случае ($S_p > S_{кр}$) гипотеза отвергается.

4. Если гипотеза об экспоненциальном характере распределения отвергнута, то с критическим значением 2 сравнивается расчетное значение S -критерия, полученное для гипотез о равномерном и нормальном распределении генеральной совокупности [4]. Если $S_p > S_{кр}$, то нет оснований отвергнуть выдвинутую гипотезу.

О практической ценности результатов прогноза инновационных изменений. Инновационный процесс предполагает не только материализацию научно-технической (социально-экономической) разработки, но и ее коммерциализацию, т. е. превращение идеи нововведения в источник дохода. Только с момента начала распространения в целях получения дохода (иного социального эффекта) новшество приобретает новое качество и становится *инновацией*.

На стадиях создания новшества и его оформления в нововведение финансирование инновационного процесса, как правило, является венчурным и, изначально рассчитанное на высокий риск, по сути, не является классическим инвестированием с определенными гарантиями дохода. Масштабными инвестициями становятся только на стадии диффузии инноваций. Причем наибольший доход получает инвестор, который ранее других определил по первым фактам использования новшества возможности его «взрывного» восприятия рынком. Иначе говоря, в выигрыше будет тот, кто раньше других выдвинул и наиболее точно оценил гипотезу о виде и параметрах кривой спроса в целях прогноза результативности инновационного процесса.

Традиционно изменения спроса принято описывать логистическими кривыми [6], [7]. Изученность их свойств позволяет получать достаточно точные прогнозы изучаемого процесса, считая его подчиняющимся соответствующей аналитически выраженной закономерности. При этом гипотеза о характере поведения спроса считается истинной априори, и задача состоит только в отыскании параметров избранной кривой путем применения статистических критериев.

Однако, как уже отмечалось ранее, классический аппарат оценивания статистических гипотез при прогнозе инновационных изменений оказывается неэффективным, поскольку узость информационной базы не позволяет утверждать, что спрос на новшество поведет себя стандартным образом. Выявление характера распределения исследуемого показателя по малой выборке приобретает важнейшее значение. Объясняется это следующими очевидными взаимосвязями. Если изложенная процедура идентификации дает основание предположить экспоненциальный характер распределения показателя инновационного процесса, то изменение некоего факторного (его определяющего) признака приведет и к экспоненциальному (в разы) изменению конечного результата. Например, незначительное дополнительное финансирование инновационной активности может привести к многократному повышению доходов предприятия. Если же супериндикатор укажет на равномерный либо нормальный характер распределения, то наиболее вероятны будут незначительные колебания дохода либо его слабое линейное изменение вслед за изменением фактора.

Экспериментальная проверка методологии прогнозирования. Для проверки работоспособности изложенных подходов обратимся вначале к недавней истории мировой добычи, потребления и цен на нефть¹ [8]. При этом несколько отойдем от инновационного прогнозирования, но будем располагать репрезентативными данными, что позволит избежать авторского субъективизма.

За период с 1998 по 2005 г. среднегодовая стоимость сырой нефти в мире выросла не менее чем в 4 раза и превысила 50 дол./бар. Используя далее неподтверждаемый количественно сценарий, авторы предсказывают: «При появлении существенного запаса в резервных мощностях добычи нефти и ее переработки влияние спроса и спекулятивных факторов на нефтяные цены будет значительно меньшим, чем сейчас». И далее «...формируются предпосылки для реализации сценария, при котором можно ожидать снижения нефтяных цен в среднесрочной перспективе»². Этот вывод авторы приводят вопреки прогнозу МВФ, выполнявшемуся в апреле 2006 г. по методике Бокса–Дженкинса (см. рисунок).

Примерно в этот же период (начало 2007 г.) Минэкономразвития России предсказывало умеренное снижение средней цены на нефть «Urals» с 55 дол./бар. в 2007 г. до 50 дол. в 2010 г. Специализирующиеся на мониторинге и прогнозе мировых цен на нефть международные агентства и организации (КЭРА, Международный валютный фонд, Управление энергетической информации США и др.) прогнозировали в среднесрочной перспективе понижение уровня цен в диапазоне 55–45 дол./бар. [8].

Последовавшие в 2007–2008 гг. события показали «ценность» таких сценариев и прогнозов, опирающихся на длительные временные ряды с использованием классических подходов в статистическом оценивании. Стоимость нефти продемонстрировала невероятные взлеты и падения.

¹ Мировая экономика и мировые рынки. Режим доступа <http://www.ereport.ru>

² Там же.



Рис. 1

В начале 2008 г. баррель нефти марки «Brent» торговался на уровне 90 дол., к середине лета за ту же бочку инвесторы готовы были платить 150 дол. (+65 %). Но в конце августа рынок нефти обрушился до значений четырехлетней давности (40 дол./бар.).

Воспользуемся для ценовой ситуации 2006–2008 гг. (таблица) методологией прогноза на малых выборках.

Среднегодовые цены на нефть					
Год	2004	2005	2006	2007	2008*
Цена нефти «WTI», дол./бар.	41,49	55,64	66,05	72,34	76,50

* Рассчитано авторами.

Обратившись к алгоритму идентификации экспоненциального распределения [5] по супериндикатору, для периода с 2004 по 2006 гг. получим:

$$\Omega_1 = \frac{x_1^{(3)}}{x_3^{(3)}} = \frac{41,49}{66,05} = 0,63; \quad \Omega_2 = \frac{x_2^{(3)}}{x_3^{(3)}} = \frac{55,64}{66,05} = 0,84$$

и, соответственно,

$$S = G\{\Omega_1, \Omega_2\} = 3 \left(1 + \frac{1}{1 + \Omega_1 + \Omega_2} - \frac{1}{1 + \Omega_1} - \frac{1}{1 + \Omega_2} \right) = 3 \left(1 + \frac{1}{1 + 0,63 + 0,84} - \frac{1}{1 + 0,63} - \frac{1}{1 + 0,84} \right) = 3 \left(1 + \frac{1}{2,47} - \frac{1}{1,63} - \frac{1}{1,84} \right) = 3(1 + 0,40 - 0,61 - 0,54) = 0,75.$$

Используя критические значения супериндикатора экспоненциального распределения [6], можем утверждать, что с доверительной вероятностью в 0,95 гипотеза об экспоненциальном росте цен на нефть в 2007 г. должна была быть отвергнута. Не прибегая к оценке доминирования равномерного или нормального распределения (при прогнозе на один период это неприципиально), можно было прогнозировать, что с вероятностью 0,68 в 2007 г. среднегодовая цена на нефть марки «WTI» будет лежать в интервале от 35 до 75 дол./бар. Реальные данные подтвердили данное предсказание (таблица).

Аналогично, для периода с 2006 по 2008 гг. можно рассчитать:

$$\Omega_1 = \frac{x_1^{(3)}}{x_3^{(3)}} = \frac{66,05}{76,50} = 0,86; \quad \Omega_2 = \frac{x_2^{(3)}}{x_3^{(3)}} = \frac{72,34}{76,50} = 0,95$$

и, соответственно,

$$S = 3 \left(1 + \frac{1}{1+0,86+0,95} - \frac{1}{1+0,86} - \frac{1}{1+0,95} \right) = \\ = 3 \left(1 + \frac{1}{2,81} - \frac{1}{1,86} - \frac{1}{1,95} \right) = 3(1+0,36-0,54-0,51) = 0,93.$$

Снова можем утверждать, что с доверительной вероятностью в 0,95 гипотеза об экспоненциальном росте цен на нефть в 2009 г. должна быть отвергнута и предсказывать среднегодовую цену на нефть марки «WTI» в интервале от 65 до 77 дол./бар.

В начале марта 2009 г., когда был осуществлен данный прогноз, он представлялся слишком оптимистичным для производителей. К настоящему же моменту можно однозначно утверждать его справедливость и считать действительность доказанной изложенной здесь методологии снижения неопределенности в инновационном прогнозировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баева Н. Б. Моделирование экономических процессов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003.
2. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982.
3. Кремер Ш. Н., Путко Б. А. Эконометрика. М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2007.
4. Мардас А. Н. Эконометрический анализ инновационных процессов. СПб.: ЭЛМОР, 2007.
5. Мардас А. Н. Прогнозирование инновационных процессов на малых выборках // Применение математики в экономике. СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2008. Вып. 17. С. 183–190.
6. Ивченко Б. П., Мартыщенко Л. А., Иванцов И. Б. Информационная микроэкономика. Ч. 1. СПб.: Нордмед-Издат, 1997.
7. Твисс Б. Прогнозирование для технологов и инженеров. М.: The British Council, 2000.
8. Григорьев Л. М., Салихов М. Р. Актуальные вопросы развития мировой энергетики // Экономическое обозрение. М.: ИЭФ, 2008. № 8. С. 35–39.

A. N. Mardas, I. G. Kadiev, O. A. Gulyaeva

ABOUT POSSIBILITIES AND METHODS OF FORECASTING INNOVATION

*The article is devoted to the forecast in strategic management of innovation process.
The quantitative procedures of situation analysis and simulation are given.*

Innovation process, methods of forecasting, evaluation of innovative development



УДК 004.1

А. П. Константинова

СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКАЯ РЕФЛЕКСИЯ МЕДИАТЕХНОЛОГИЙ

В статье рассмотрены социально-философские проблемы медиатехнологий: концепция информационного общества, медиатизация как актуальное явление современной действительности, последствия влияния медиатехнологий на общество. Анализируются структура и особенности социальной реальности, обусловленные развитием и широким внедрением медиатехнологий, а также нравственно-этические проблемы, связанные с их появлением.

Информационное общество, медиатизация, медиаэтика, медиaprостранство, коммуникативистика

Для того чтобы рассмотреть социально-философские проблемы медиатехнологий, необходимо коснуться такого понятия, как информационное общество, которое отражает уровень развития современных медиатехнологий. К футурологическим моделям информационного общества научная мысль обратилась под влиянием тех реалий индустриального общества, которые диктовали сначала необходимость перехода к его новой фазе – постиндустриальной, основанной на усилении научно-технического прогресса для преодоления кризисных симптомов в экономике и культуре, а затем – поисков новых стимулов и парадигм развития, базирующихся на высокоразвитой информационно-коммуникационной технике, возрастающее значение которой стало очевидным во второй половине XX в.

На рубеже 1970–1980-х гг. концепции информационного общества разрабатывались многими исследователями: «глобальная деревня» Г. М. Маклюэна, «глобальный метрополис» Г. Кана, причем информационное общество основывалось не столько на телевизионной технике связи, сколько на компьютерных сетях, как считает О. Тоффлер. Информационное общество определяется как «общество, которое основывается на широком использовании информационных сетей и информационных технологий, в котором производится большое количество информации и коммуникативных товаров и услуг и в котором существует развитая индустрия производства разнообразного информационного содержания» [1, с. 12].

Социокультурный аспект медиатехнологий заключается, с одной стороны, в социальной детерминации возникновения медиатехнологий, а с другой – в воздействии все большего распространения информационной технологии на все сферы общества и способы жизнедеятельности

людей. И. С. Мелюхин, отмечая это обстоятельство, пишет, что «формирование основ нового типа общества лишь до определенной степени определяется техническими факторами. Гораздо большее воздействие на этот процесс оказывают преобразования в экономике, социальной структуре общества, политическом процессе, общественном сознании и т. п.» [2, с. 67].

О. Тоффлер в своей книге «Третья волна» говорит о необходимости перехода к новой – третьей – волне развивающейся цивилизации. По О. Тоффлеру, «она является в высшей степени технологической, но вместе с тем и антииндустриальной. Компьютерные технологии несут новый образ жизни, основанный на многообразных обновленных энергетических ресурсах. Этой цивилизации присущ свой собственный своеобразный взгляд на мир, свои собственные способы обращения со временем, пространством, логикой и случайностью». Историческое значение преобразований, согласно О. Тоффлеру, в том, что компьютерная техника, проникая в различные сферы жизни, меняет характер труда и быта, сознания и психологии, а также в том, что благодаря таким новым формам коммуникации меняется отношение людей к самой информации и информационной технике.

Информатизация на данном этапе развития медиатехнологий трансформируется в процесс медиатизации, который представляет собой рост производства и использования все большего вида информационных продуктов и услуг, включающих разные формы медиа- и мультимедиаинформации. Как отмечает А. И. Каптерев [3, с. 145], одной из современных распространяющихся тенденций является медиатизация информационного пространства, которое в свою очередь эволюционирует до медиапространства. В связи с этим можно сказать, что медиатизация имеет определенные стратегические цели:

- формирование единого медиапространства и интеграция его в единое мировое медиапространство;
- осуществление свободного доступа ко всем медиасредствам, необходимость в которых возникает в процессе деятельности, отдыха и в быту;
- формирование медиакультуры населения;
- превращение медиаресурсов в стратегический ресурс поступательного развития, направленного на достижение главной цели – стабильного улучшения качества жизни всех слоев населения;
- широкое применение современных медиакоммуникационных технологий;
- ориентация образования на формирование нового вида культуры, соответствующего медиатизированному обществу.

На определенном этапе развития компьютерных технологий к ним начали относиться как к стимулятору творчества, поскольку вместо простого приобретения ментальных моделей реальности их стали изобретать и постоянно придумывать новые. В настоящее время такими стимуляторами творчества становятся медиатехнологии, наделенные потенциально большими возможностями по сравнению с компьютерными технологиями.

Идея «новой цивилизации» сохраняет свою ценность в контексте интеграционных процессов, происходящих последнее время в обществе, которое на данном этапе преобразуется в медиатизированное общество, когда складываются новый стиль жизни и человеческой деятельности, новые формы политики, экономики и общественного сознания. Человечество тем самым приближается к новому типу мышления, формируя новые понятия. Среди них можно выделить

понятие «общества знаний», которое включает в себя идею о том, что все социальные группы «должны иметь возможность создавать, получать, использовать информацию и знания и обмениваться ими на благо своего экономического, социального, культурного и политического развития».

Интересно отметить, что если «в двадцатом столетии философы пытались изменять мир», то XXI в. – время, когда они должны иначе его объяснять, используя для этого все возможные информационно-коммуникационные средства сетевого общества. Одним из этих средств является коммуникативистика, которая занимается изучением медиатехнологий как информационно-коммуникационного средства сетевого общества. Коммуникативистику можно назвать сравнительно молодой наукой, которая относится к современному обществоведению. Интегративная природа коммуникативистики включает в себя информатику, кибернетику, социологию, культурологию, филологию, психологию и даже этнографию. Коммуникативистике свойственна интегративная природа, обусловленная тем, что корни изучаемых в ней явлений уходят в разные сферы жизни и в глубь веков, поскольку информативность является всеобщим свойством материи. Информативно-системные связи между людьми, их формы и средства коммуникации – неотъемлемый атрибут общественной сути человека и человечества, и без них нельзя было бы ни создавать, ни сохранять для будущих поколений социально-культурные ценности и традиции [4, с. 137].

Медиатехнологии представляют собой культурную, социотехническую инновацию, ставшую социокультурным фактом, затрагивающим практически все сферы и пласты культуры и социальной жизни, поскольку имеют отношение к преобразованию различных систем, к экономике, правовым нормам, идеологии, политике, нравственным ценностям, эстетическим ориентациям, идеалам гуманизма. Рассмотрение проблем нравственного обеспечения медиатехнологий опирается на достижения в области этики науки и инженерной этики. Процесс превращения информации в новое знание предполагает выполнение процедур проверки и экспертизы, подчиняющихся определенным профессионально-этическим правилам. При этом возникает вопрос о том, возможно ли применить морально-этические нормы и правила к такого рода технологиям [5, с. 148].

Социальные и этические вопросы медиатехнологий включают: профессиональную ответственность и профессиональную этику, проблему информационной безопасности, включающую предотвращение несанкционированного доступа к конфиденциальной информации, использование персональных данных во вред конкретным личностям и социальным группам, вторжение в личную сферу, манипулирование информацией, предотвращение компьютерной преступности, а также защиту авторских прав, конфиденциальности, целостности и надежности информации.

Наряду с информационной этикой и информационной экологией, рассмотренной М. Г. Лазаром, в связи с тенденцией к медиатизации в современном обществе могут появиться медиаэтика и медиаэкология, в центре внимания которых будут закономерности влияния медиатехнологий на человека, на человеческие сообщества и человечество в целом, индивидуальные и общественные взаимоотношения с окружающей медиасредой, а также межличностные и межгрупповые медиавзаимодействия.

При этом основные цели медиаэкологии и медиаэтики можно сформулировать следующим образом:

- изучение взаимодействия человека с медиасредой;
- изучение и прогноз возможных последствий внедрения медиатехнологий во все сферы человеческой деятельности;
- выработка вариантов устранения или предотвращения проблем, возникающих в ходе развития медиаобщества;
- выявление негативных и позитивных результатов взаимодействия человека с медиасредой.

Основными задачами медиаэкологии будут пропаганда гуманистических идей и ценностей в современном медиатизированном мире, формирование нравственной культуры современных пользователей с позиций общечеловеческих интересов и морали, с позиций безопасности для всего человечества. Одной из основных нравственных проблем медиаэтики, несомненно, является проблема нравственной и правовой ответственности субъектов информационных и медиаотношений.

Предполагается, что медиаэтика будет регулировать различные типы отношений в медиaprостранстве:

- отношение пользователей медиатехнологий к объекту своего труда и общения;
- отношения между пользователями или создателями медиатехнологий (профессиональный кодекс общения);
- отношение пользователей медиатехнологиями к медиасреде.

Социально-антропологической проблемой медиатехнологий является проблема человека и его изменения в эпоху медиатехнологий [6, с. 4]. А. С. Нариньяни предлагает для рассмотрения концепцию «eНомо» – электронный человек. Главными характеристиками такого человека становятся: овладение разного рода медиатехнологиями и неспособность к ведению дел без них. Такие традиционные понятия, как свобода, личность, индивидуальность, возможно, будут претерпевать определенные трансформации. Идеи глобальной памяти, интеллекта приобретают материальную форму.

На примере медиатехнологий можно наблюдать синтез технического и социального. Влияние техники на социум настолько велико, что «если несколько десятилетий назад развитие общества характеризовалось преимущественно как общественно историческое, то теперь оно характеризуется преимущественно как социотехническое» [7, с. 55]. Следовательно, медиатехнологии можно представить как феномен социальной реальности, так как специфика объекта и предмета области исследования медиатехнологий вытекает из понимания специфики социальной реальности. Последняя определяется не только объективными факторами, но и субъективными представлениями об этой реальности [8, с. 154].

Одной из проблем данной области является рассмотрение воздействия медиатехнологий на человека и общество, при этом необходимо проанализировать социальные последствия распространения медиатехнологий, т. е. медиатизации. Выделяются следующие тенденции влияния медиатехнологий на общество:

- формирование новой экономики, в которой основным ресурсом развития становятся знания, информация и медиатехнологии, приобретающие «статус решающего фактора»;

- появление нового типа общества, который можно отнести к медиатизированному;
- трансформация таких понятий, как картина мира, культура, образование, время, пространство;
- появление таких феноменов, как медиафорумы для голосования и обсуждения актуальных проблем, возникновение нового типа сообществ: медиасообществ;
- изменение образа и стиля жизни индивидов (в жизни человека все большую роль играют медиатехнологии).

Исследования социокультурной ситуации показывают, что расширяющееся медиапространство все более активно влияет на общественное сознание как мощное средство информации, культурных и образовательных контактов, как фактор развития творческих способностей личности нового тысячелетия. В этой связи усложняются социальные связи и модели постсовременной идентичности, заставляя обратиться к пониманию таких явлений, как масс-медиа и медиакультура, и их роли в обществе.

Современная эпоха связана с глобальной медиасредой, созданием единого мирового информационного пространства. Можно говорить о новом типе цивилизации, связанном с колоссальным, невиданным ранее влиянием современной «индустрии информации», а также воздействием медиатехнологий на все стороны общественной жизни и сознания. Медиасистемные связи между людьми, их формы и средства коммуникации – неотъемлемый атрибут общественной сути человека и человечества. Без них нельзя ни создавать, ни сохранять для будущих поколений социально-культурные ценности и традиции.

Новая система создания материальных ценностей целиком и полностью зависит от мгновенной связи и распространения данных, идей, символов. Основным производственным ресурсом становится информация, а в производственной деятельности в настоящее время активно участвуют медиатехнологии. Медиапространство, где наблюдается свободное распространение информации, становится основой нового мышления, под которым понимается ориентированность человека на саморазвитие. Для нового мышления органично сращение логического и образного, интеграция понятийного и наглядного, формирование интеллектуальной образности и чувственного моделирования, и всем этим тенденциям и специфическим особенностям соответствуют медиатехнологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг информационного общества и общества знаний: стратегические данные. СПб.: ЮНЕСКО, 2004.
2. Мелюхин И. С. Информационное общество: истоки, проблемы, тенденции развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999.
3. Каптерев А. И. Информатизация социокультурного пространства. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004.
4. Землянова Л. М. Зарубежная коммуникативистика на рубеже веков: толковый словарь терминов и понятий. М.: Изд-во МГУ, 2004.
5. Лазар М. Г. Нравственное обеспечение информационных технологий // Материалы конференции «Научное развитие и организация научных исследований в России в переходный период» / под ред. проф. С. А. Кугеля. СПб: Нестор-История, 2004.
6. Нариньяни А. С. Между эволюцией и сверхвысокими технологиями: новый человек ближайшего будущего // Вопросы философии. №4. 2008.
7. Зинченко В. П. Культура и техника // Красная книга культуры. М., 1989.
8. Вершинская О. Н. Информационно-коммуникационные технологии и общество. М.: Наука, 2007.

The paper considers some social-philosophical problems of media technologies: the concept of information society, mediatization as an extraordinary phenomenon of modern reality, the consequences of media technological impact on the society. The paper analyses the structure and some characteristics of social reality which are due to development and wide application of media technologies, as well as moral ethical problems concerned with them.

Information society, mediatization, media ethics, media space, communication science

УДК 316

К. В. Соболева

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ КАК КОММУНИКАТИВНАЯ ПРАКТИКА

Фотографирование все больше становится инструментом формирования личностной идентичности и коммуникации, а не визуальным средством сохранения семейной памяти, как было прежде. Цифровые фотоаппараты, камеры в мобильных телефонах, фотоблоги и другие многоцелевые устройства используются, чтобы способствовать распространению изображений как современного средства общения среди нового поколения пользователей. Цель данной статьи состоит в том, чтобы исследовать, как технические изменения влияют на возрастание значения коммуникативных функций современной любительской фотографии.

Фотография, фотографическая практика, социальное взаимодействие, коммуникативная практика, визуальный язык

Любительская фотография длительное время использовалась и воспринималась исключительно как средство увековечивания знаменательных моментов в жизни семьи, как способ конструирования и поддержания общих воспоминаний. Превращение фотографирования в несложный навык, доступный любому человеку, выводит на первый план иные социальные функции фотографии. В своей статье мы хотели бы обратить внимание на коммуникативные функции современной любительской фотографии, вытесняющие ее мемориальное назначение на второй план.

Для решения поставленной задачи мы будем использовать разработанное в теории социальной коммуникации понятие «коммуникативные практики». Н. В. Казаринова определяет коммуникативные практики как «культурно-исторически и ситуативно обусловленные рутинизированные способы формирования созависимости, взаимонаправленности, согласованности взаимных действий коммуникаторов» [1, с. 47]. В. В. Волков описывает ключевые функции коммуникативных практик следующим образом: «практики конституируют и воспроизводят идентичности или «раскрывают» основные способы социального существования, возможные в данной культуре и в данный момент истории. В основе различных миров, таким образом, лежат совокупности практических навыков, которые осваиваются путем особых игр или упражнений (или просто «на практике») и тем самым раскрывают осмысленные идентичности» [2, с. 16].

Фотография как средство воспроизводства социальной связи. Осмысляя меняющееся место фотографии в повседневной жизни, исследователи подчеркивают, что фотографирование больше не является актом воспоминания, направленным на сохранение семейного

визуального наследия, но все больше становится средством коммуникации и формирования личностной идентичности, фотоснимки все чаще используются для «живой» коммуникации, а не для хранения фотографий «жизни»¹. Это может быть улыбка, отправленная по мобильному телефону подруге, фото из поездки, с работы, прикрепленное к электронному письму, или фото с концерта, сделанное с помощью мобильного телефона и тут же отправленное нескольким друзьям. Фотографии становятся разговорным языком и, говоря словами Ж. ван Дийка, превращаются в «новую валюту социальной интеракции». Изображения, подобно словам, циркулируют между людьми и группами, чтобы установить и подтвердить социальные связи между ними. Иногда фото сопровождаются заголовками, которые объясняют их, как бы восполняя «недостающий голос». Так, поклонник на концерте любимой группы делает снимок, добавляет слово «зацените» и немедленно отправляет сообщение своим друзьям. Камеры, встроенные в мобильные телефоны – это призыв: «Фотографируй это здесь! Сфотографируй меня сейчас!» Главным различием между так называемыми «cameraphones» и специализированной камерой является «многословие» средства сообщения – количество изображений, которые можно сохранить.

Превращение фото в визуальный язык, в своеобразный канал коммуникации, приводит к снижению ценности отдельных снимков и одновременно увеличению значения самой визуальной коммуникации: обмен фотографиями – это разговор. Фотографирование, отправка и получение снимков происходит в реальном времени, причем изображения, которыми обмениваются, не предназначены для того, чтобы быть заархивированными.

Если представители старшего поколения, занимающиеся фотографией, тратили много времени и сил на то, чтобы собирать, хранить фотографии, создавать коллекции из фотоснимков, неоднократно рассматривая их при встрече с родственниками, то для молодых людей снимок интересен не как материальный объект, но как обмен опытом. Растущая популярность фотокамер в телефонах усиливает это новое коммуникативное измерение цифровой фотографии. Кадры, циркулирующие по сотовой связи, обычно передают короткое сообщение или даже эмоцию. Они служат скорее для того, чтобы «связаться» или «быть в контакте», чем «запечатлеть реальность» или «сохранить их на память».

Традиционные любительские фотографии имели свои типичные темы (наряду с теми-табу, которые никогда не встречаются в коллекциях снимков). Выбор этих тем не был произволен, но обусловлен историей, культурой, модой. П. Бурдые в своей работе «Среднее искусство. Очерки социального употребления фотографии» (1965) приводит любопытные факты: фотографии свадеб появились только между 1905 и 1914 гг. и быстро распространились, фотографии первого причастия начали делать только около 1930 г., что, возможно, связано с тем, что до того времени чаще фотографировали не детей, а взрослых. Семейные фотографии делают в определенных ситуациях. Например, во время праздников. «Праздники – это доминанта фотографической активности, отчасти потому, что праздники являются центральными моментами семейной жизни (особенно Рождество), когда воссоздаются связи с дальними родственниками и интенсифицируются связи с близкими посредством обмена визитами и подар-

¹ J. van Dijck. Digital photography: communication, identity, memory // Visual Communication. 2008; 7; 57. <http://vcj.sagepub.com/cgi/content/abstract/7/1/57>.

ками» [цит. по 3, с. 65]. Другие излюбленные для фотографирования ситуации – отдых или туристические поездки, т. е. ситуации, отличающиеся от повседневной рутины, содержащие впечатления, которые хотелось закрепить.

По мнению П. Бурдые, «фотографическая практика существует и поддерживается в большую часть времени благодаря ее семейной функции или скорее функции, дарованной ей семейной группой – празднование и увековечивание высших точек семейной жизни, укрепление семейной группы <...> Так как семейные фотографии являются ритуалом домашнего культа, в котором семья – и субъект и объект, этот ритуал укрепляет это чувство, давая выражение, потребность в фотографиях является потребностью в фотографировании (здесь осуществляется интернализация социальной функции), и чем это чувство интенсивнее, тем более оно интегрирует группу» [4, с. 19].

Уже простая статистика подтверждает этот тезис: более двух третей фотографий до недавнего времени – это запечатленные семейные праздники, летний отдых, дети. Особая тема фотографий семьи – свадебная. Не вдаваясь в описание крестьянской свадьбы, когда не существовало еще фотографических способов отправления этого ритуала, П. Бурдые констатирует, что «свадебные фотографии были приняты быстро – как особые затраты они являются частью праздничного поведения, покупка групповой фотографии – важное потребление, которого никто не мог избежать без потери лица. Все шли в студию, даже самые бедные. Групповая фотография была обязательна как почитание женатой пары, кто ее не покупал, тот выглядел скупым. Это все равно, что платить долг. Результат – нет свадьбы без фотографий» [4, с. 20].

П. Бурдые развивает идеи Э. Дюркгейма: социальная функция праздника – это сотворение группы заново, придание ей жизни. Вот почему фотография ассоциируется с праздником, она обеспечивает своими средствами очевидность этому критическому моменту социальной жизни, в котором группа торжественно вновь утверждает свое единство. Смысл фотографии – в событии фотографирования, важнейшего ритуала семейной интеграции.

Как считал П. Бурдые, основная цель, во имя которой складывается массив семейных фотографий, – культ семейного единства. Смысл фотографии – в самом событии фотографирования. «Ничто не может быть сфотографированным безотносительно к тому, что должно быть сфотографировано. Церемония может быть сфотографированной, потому что она выбивается из ежедневной рутины, и должна быть сфотографированной, потому что она реализует образ, который группа стремится иметь о себе как свой образ» [4, с. 23–24].

Современная любительская фотография благодаря широкому распространению цифровых технологий становится инструментом для того, чтобы делиться повседневным опытом [5, с. 60], а не значительными или «ритуальными» моментами жизни. Ж. ван Дийк отмечает, что в отличие от традиции «семейной хроники», когда индивиды выделяли для съемки церемониальные моменты и факты рождения, совершеннолетия и старения, молодежь, выросшая на цифровых, а не аналоговых технологиях, делает сотни снимков в неделю, запечатлевая все подряд, не архивируя, не печатая большинство кадров, не организуя их в альбомы.

В. Круктин пишет о том, что культурная революция, связанная с модернизацией, предполагает не только обучение грамоте, она предполагает еще и публику, у которой должна была появиться привычка иметь дело с изображениями и отражениями. Без зеркальных опытов и оптических игр не мог бы сложиться герой индустриализма. Массовое общество поро-

ждает зеркала и фотоаппараты, и оно порождается ими. Опыт всматриваться в изображения, в том числе в изображения себя, предполагает готовность быть показанным огромному количеству других [6, с. 18].

Как уже было сказано, современные фотографы-любители делятся своими снимками уже не с родственниками, сидя дома на диване, а в группах сверстников: в школах, клубах, гостях. Такие фоторассматривания в основном являются частью разговора и служат подтверждением сложившихся социальных связей. «Мы свидетели того, как фотоснимки начинают использоваться в качестве средства объединения сверстников и социальной интеракции»¹. Как фотографирование, так и просмотр снимков – это возможность для контактов, разговоров, воспоминаний. Фотографии становятся темой общения с новыми знакомыми, дружеской самопрезентацией.

Фотография как средство формирования и воспроизводства самоидентичности.

Важнейшей функцией современной любительской фотографии следует признать функцию самопрезентации, а не презентации образа семьи и семейных отношений. Иначе говоря, происходит переход от личных фотографий, связанных с воспоминаниями и чувствованием отдельных моментов жизни, к снимкам как способу конструирования личностной идентичности.

Функционирование современной любительской фотографии в чем-то продолжает социальную историю зеркала. В зеркало смотрят не только для того, чтобы сделать реальным тот образ, который другие хотят увидеть, пишет В. Круткин. Рядом с задачей, восходящей к античности, – «познай себя», появляется задача нового времени – «уравнительно живи». Этот императив адресуется не к логике познания, но к чувственности переживания [6, с. 20]. Фотографии выполняют ту же функцию. Альбом фотографий чаще всего рассматривается в ситуациях социального предъявления себя другим. В нем история группы, здесь образы горизонтальной и вертикальной мобильности, здесь образы социального успеха.

Цифровая фотография дает неограниченные возможности для «игры» с самоидентичностью: причем не только в смысле «ретуширования», но и рассматривания себя. Роль фотографий в сложном процессе конструирования представления о себе была осмыслена в рамках когнитивной теории, а также в теории культуры, особенно в семиотике. Когнитивные психологи исследовали интригующий вопрос – как фотографии могут влиять на наши личные воспоминания. Ж. ван Дийк рассказывает об исследовании, которое проводилось в начале 1990-х гг. учеными из Америки и Новой Зеландии: испытуемых убеждали поверить в ложные утверждения об их детстве, написанные или рассказанные кем-либо из родственников и подтвержденные «правдивыми» фотографиями. Более половины участников эксперимента сконструировали ложные воспоминания по фотографиям, которые были аккуратно отретушированы, чтобы показать события, никогда не случившиеся в жизни этих людей².

П. Бурдье писал, что фотография («конвенциональная система, которая выражает пространство в терминах перспективы и объема») часто рассматривается как реалистичная и объективная запись визуального мира, но причина этого совсем не в фотографии. Фотогра-

¹ J. van Dijck. Digital photography: communication, identity, memory // Visual Communication. 2008; 7; 57. <http://vcj.sagepub.com/cgi/content/abstract/7/1/57>.

² Там же.

фии было назначено социальное использование, вот оно то и бывает «реалистическим» и «объективным» [7, с. 73].

Об этом также говорил Р. Барт, определяя фотографию как «само утверждение подлинности». Он описывает следующий случай: «Однажды я получил от фотографа свой снимок и, несмотря на все усилия, не мог вспомнить, где он был сделан; я обследовал галстук, пуловер для обнаружения того, при каких обстоятельствах я их надевал – напрасные старания. И, тем не менее, поскольку это была фотография, отрицать, что я там был, даже не зная, где именно, я не мог» [5, с. 47].

Человеческая память активно производит визуальные автобиографические свидетельства с помощью фотографий. Но человек может также изменить свои воспоминания с помощью фотографий: вырезать из фотокарточки изображение супруга, с которым развелся, или уничтожить все снимки того периода, когда набрал лишний вес или просто не нравился себе внешне. Распространение цифровых камер и программного обеспечения открывают поистине неограниченные возможности в манипулировании своим образом и воспоминаниями. То, что раньше было доступно только в студиях Голливуда и лабораториях рекламных агентств, теперь можно сделать на своем домашнем компьютере.

Примером обсуждаемой самопрезентации и рассматривания себя являются альбомы в социальной сети «В контакте», имеющие название «Я» или иные варианты с использованием личного местоимения. Здесь наиболее очевиден переход от мемориальной функции фотографии к функции самопрезентации: если у людей старшего возраста преобладают фотоальбомы, знаменующие семейные события, путешествия, то практически у всех тинейджеров есть папка «Я», где размещены фотоснимки главного героя в различных контекстах – своеобразное «дефилирование» с соответствующими комментариями.

Такая презентация самого себя происходит двумя путями: посредством создания идеализированных портретов (например, по случаю свадьбы, окончания школы, идиллические коллективные снимки совместного отдыха) или посредством снимков, сделанных неожиданно из укрытия, юмористических и даже несколько компрометирующих ситуаций (подобно тем, которые запечатлены на видеолентах, демонстрируемых в популярных телевизионных программах типа «нечто из жизни»). Фотографии становятся циркулирующими сообщениями, которые в процессе интерактивного обмена перемешиваются со снимками из журналов, рисунками и текстом. Примеры можно также найти в социальной сети «В контакте», где пользователи рассылают фотографии или картинки в качестве поздравлений или сообщений, а также подтверждения социальных связей (совместное фото с функцией «подтвердить, что я присутствую на этой фотографии»), причем данные снимки мгновенно «обрастают» комментариями и новыми значениями. Так, например, фотография – поздравление с 8 марта в социальной сети «В контакте» – обрастает и «гендерными» высказываниями, и словами дружеской поддержки, и другими темами.

Таким образом, функционирование современной любительской фотографии позволяет охарактеризовать ее как самостоятельную коммуникативную практику и «современную валюту социальной интеракции». Обмен снимками направлен не столько на инициирование и поддержание исторической семейной памяти, сколько на поддержание/конструирование социального взаимодействия между сверстниками, членами близкой социальной группы, а также на выполнение самоидентификационных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаринова Н. В. Межличностная коммуникация: социально-конструкционистский анализ. СПб., 2006.
2. Волков В. В. О концепции практик(и) в социальных науках // Социологические исследования. 1997. № 6.
3. Штомпка П. Визуальная социология. Фотография как метод исследования: учебник; пер. с польск. Н. В. Морозовой; авт. вступ. ст. Н. Е. Покровский. М.: Логос, 2007.
4. Bourdieu P. The Cult of Unity and Cultivated Differences // Photography: A Middle-brow Art. Oxford: Polity Press, 1998.
5. Круткин В. Л. Визуальные системы как медиа- и пространство фотографического опыта // Вестник Удмуртского ун-та. 2007. № 3.
6. Bourdieu P. The Social Definition of Photography // Photography: A Middle-brow Art. Oxford: Polity Press, 1998.
7. Барт Р. Camera lucida. Комментарий к фотографии. М.: Ad Marginem, 1997.

K. V. Soboleva

PHOTOGRAPHING AS COMMUNICATION PRACTICE

Taking photographs seems no longer primarily an act of memory intended to safeguard a family's pictorial heritage, but is increasingly becoming a tool for an individual's identity formation and communication. Digital cameras, cameraphones, photoblogs and other multipurpose devices are used to promote the use of images as the preferred idiom of a new generation of users. The aim of this article is to explore how technical changes (digitization) combined with growing insights in cognitive science and socio-cultural transformations have affected personal photography.

Photo, photographic practice, social interaction, communicative practice, visual language

Сведения об авторах

Алексеев Владимир Васильевич

Профессор, зав. кафедрой информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: VVAlekseyev@mail.ru.

Бабичев Дмитрий Анатольевич

Аспирант кафедры микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 447-99-33. E-mail: demon-leti@yandex.ru.

Бубнов Евгений Александрович

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

Тел.: (812) 234-16-45. E-mail: e.a.bubnov@mail.ru.

Бурков Евгений Александрович

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 136-30-51. E-mail: eaburkov@gmail.com.

Вельмискин Федор Сергеевич

Аспирант кафедры автоматики и процессов управления СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 782-31-75. E-mail: FedorVELMISKIN@rambler.ru.

Водяхо Александр Иванович

Профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: aivodyaho@mail.ru.

Герасимов Игорь Владимирович

Декан факультета компьютерных технологий и информатики, зав. кафедрой систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: +7 (921) 313-53-51. E-mail: IVGerasimov@mail.eltech.ru.

Горев Михаил Владимирович

Аспирант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 558-27-80. E-mail: mikhail.gorev@consys.spb.ru.

Горячев Александр Вадимович

Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 939-40-16. E-mail: avgoryachev@gmail.com.

Гуляева Ольга Анатольевна

Доцент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 453-16-95. E-mail: a.n.mardas@mail.ru.

Жукова Наталья Александровна

Ассистент кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: nazhukova@mail.ru.

Иващенко Олег Александрович

Инженер кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: Oleg_ivo@rambler.ru.

Игнатъев Федор Владимирович

Студент кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (981) 739-60-57. E-mail: fedor5152@yandex.ru.

Ипатов Валерий Павлович

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

Тел.: +7 (921) 598-76-18. E-mail: ival1941@yandex.ru.

Кадиев Исмаил Гаджиевич

Зам. зав. кафедрой по научной работе, доцент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

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

Константинова Анна Павловна

Аспирант кафедры философии СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 310-04-19. E-mail: constin@rambler.ru.

Котова Елена Евгеньевна

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

Тел.: (812) 234-37-98.

Кравчук Дмитрий Константинович

Студент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 780-92-50. E-mail: dk.kravchuk@gmail.com.

Кузьмин Сергей Алексеевич

Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-36-75. E-mail: KSA84@yandex.ru.

Куприянов Михаил Степанович

Профессор кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 952-06-42. E-mail: mikhail.kupriyanov@gmail.com.

Лозовой Леонид Николаевич

Старший преподаватель кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 916-67-91.

Никитин Александр Владимирович

Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

E-mail: avnike@gmail.com.

Новакова Наталия Евгеньевна

Доцент кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (921) 314-26-05. E-mail: nnovakova@mail.ru.

Новиков Владислав Александрович

Профессор каф. робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ, д-р техн. наук.

Тел.: +7 (911) 226-93-27. E-mail: vlnov@list.ru.

Мардас Анатолий Николаевич

Профессор кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ, д-р военных наук.

Тел.: (812) 346-44-86. E-mail: a.n.mardas@mail.ru.

Орлова Наталья Вячеславовна

Ассистент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ.

Тел.: (812) 234-93-93. E-mail: NVOrolova@mai.eltech.ru.

Падерно Павел Иосифович

Профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, д-р техн. наук, засл. деятель науки РФ.

Тел.: +7 (921) 090-40-31. E-mail: pipaderno@list.ru.

Пантелеев Михаил Георгиевич

Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: MGPanteleev@mail.eltech.ru.

Пашков Павел Викторович

Ассистент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 340-12-40. E-mail: misterp@mail.ru.

Першин Алексей Владимирович

Ассистент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (911) 240-37-97. E-mail: alexey_pershin@mail.ru.

Петров Глеб Анатольевич

Доцент кафедры электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: +7 (921) 946-94-25.

Попечителей Евгений Парфирович

Профессор кафедры биомедицинской электроники и охраны среды СПбГЭТУ, д-р техн. наук, засл. деятель науки РФ.

Тел.: +7 (921) 946-54-62. E-mail: eugeny_p@mail.ru.

Пузанков Дмитрий Викторович

Заведующий кафедрой вычислительной техники СПбГЭТУ, д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812) 234-25-03. E-mail: DVPuzankov@mail.eltech.ru.

Путов Антон Викторович

Ассистент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ.

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

Путов Виктор Владимирович

Зав. кафедрой систем автоматического управления СПбГЭТУ, профессор, д-р техн. наук.

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

Русяева Татьяна Леонидовна

Начальник отдела диссертационных советов СПбГЭТУ, канд. экон. наук.

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

Сафин Вадим Гараевич

Доцент кафедры радиоэлектронных средств СПбГЭТУ, канд. техн. наук.

Тел.: (812) 931-62-98, +7 (921) 931-62-98. E-mail: SafinVG@yandex.ru.

Соболева Ксения Валерьевна

Аспирант кафедры социологии и политологии СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (951) 665-43-23. E-mail: ksumitko@yandex.ru.

Солодовников Алексей Иванович

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

Тел.: (812) 774-10-53. E-mail: FedorVELMISKIN@rambler.ru.

Соломонов Александр Васильевич

Декан факультета электроники СПбГЭТУ, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры микроэлектроники.

Тел.: (812) 234-40-63. E-mail: MTDmitricheva@mail.eltech.ru.

Тупик Виктор Анатольевич

Проректор СПбГЭТУ, канд. техн. наук, доцент.

Тел.: (812) 234-34-76. E-mail: vatupik@eltech.ru.

Феопентов Анатолий Валерьевич

Начальник отдела разработки светодиодов ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» (СПб.).

Тел.: +7 (921) 903-74-77. E-mail: A.Feopentov@gmail.com

Флотская Ирина Юрьевна

Студентка кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ.

Тел.: +7 (921) 348-33-13. E-mail: iraf88@yandex.ru.

Шелудько Виктор Николаевич

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

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

Южаков Алексей Александрович

Аспирант кафедры автоматики и телемеханики Пермского государственного технического университета.

Тел.: (342) 239-18-16. E-mail: uz@at.pstu.ac.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;
 - 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 3 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 «Arial» 12 pt, интервалы: «перед» 18 pt, «после» 6 pt; межстрочный интервал «Множитель 1.2»); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями (шрифт «Arial» 14 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ слева 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Arial» 18 pt; выравнивание по левому краю; отступ слева 0.5 см, автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него – 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

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 0.7 см; интервалы перед абзацем и после него 12 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 0 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок* «Список литературы» (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 12 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»);

➤ *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» 9 pt, «символ» 18 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.

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.

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, 11 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и обозначения на

рисунке даются шрифтом размером 10 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок, буквенные обозначения фрагментов и номер рисунка даются курсивом.

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