

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Клюев С.Б., Нефёдов Е.И., Черникова Т.Ю.** Согласующий переход между несимметричными щелевой и рёберно-диэлектрической линиями 3
- Конарев М.В.** Учёт радиационного воздействия на функционально-логическом уровне в САПР 7

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Владова А.Ю.** Выявление на графах конечного множества состояний промышленных объектов 11
- Горюнова В.В., Молодцова Ю.В., Семин Д.В.** Методология использования концептуальных спецификаций интегрированных сред 17
- Шичкина Ю.А.** Алгоритмизация процесса получения новых функциональных зависимостей на основе декларированных 23
- Блувштейн Д.В., Зубков В.П.** Семантические сети фреймподобного вида, использующиеся в интегрированной системе 27
- Иволгин А.А., Янишевская А.Г.** Транспортная составляющая сотовой связи третьего поколения 32

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Иванов А.Г., Кукушкин В. А., Медведева Е.В.** Динамика производственной системы в условиях рентабельной реализации товара с учётом заданной налоговой ставки 38

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Корпорация Symantec объявила о расширении продуктового портфеля для малого и среднего бизнеса 45

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

- По страницам журналов 47

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

- Klyuev S.B., Nefedov E.I., Chernikova T.Yu.** Coordinating transfer between asymmetrical slot and costal-dielectric lines 3
- Konarev M.V.** Radiation influence accounting in CAD on functional-logical level 7

MODERN TECHNOLOGIES

- Vladova A.Yu.** Indication of the industrial objects final multitude states on the graphs 11
- Goryunova V.V., Molodtsova Yu.V., Semin D.V.** Utilization methodology of integrated surroundings conceptual specifications 17
- Shichkina Yu.A.** Receipt process algorithmization of the new functional dependences from a proclaimed dependences 23
- Blufshtein D.V., Zubkov V.P.** Framelike type semantic nets used in the integrated system 27
- Ivolgin A.A., Yanishevskaya A.G.** Transport component for honeycomb connection of the third generation 32

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC AKTIVITIES

- Ivanov A.G., Kukushkin V.A., Medvedeva E.V.** Production system dynamics in condition of the profitable ware realization with specified tax rate stocktaking 38

EXHIBITION AND PRESENTATIONS

- Corporation Symantec announced about product portfolio widening for small and average business 45

SURVEY OF PERIODICALS

- Periodicals review 47

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу (499) 269 4897, по e-mail realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298

Художественный редактор *Галицына Т.Н.*
Компьютерный набор *Путилов В.Н.*
Компьютерная верстка *Тугаринов А.А.*

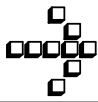
Сдано в набор 27.05.10. Подписано в печать 27.07.10.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,8. Заказ 553. Цена свободная

Набрано в ФГУ «Научно-исследовательский институт —
Республиканский исследовательский
научно-консультационный центр экспертизы»
123995, Москва, ул. Антонова-Овсеенко, 13. Тел.: (499) 795 1789

Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск,
ул. Кирова, 15

**Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель**

**ООО «Издательство Машиностроение»,
«Автоматизация и современные технологии», 2010 г.**



УДК 621.371.334

С.Б. Клюев, Е.И. Нефёдов, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Т.Ю. Черникова, канд. физ.-мат. наук

(Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва)

nefyodov@ms.ire.rssi.ru

СОГЛАСУЮЩИЙ ПЕРЕХОД МЕЖДУ НЕСИММЕТРИЧНЫМИ ЩЕЛЕВОЙ И РЕБЕРНО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛИНИЯМИ

Численным методом сеток на основе программы Ansoft HFSS проведён анализ электродинамических параметров согласующего перехода между несимметричными щелевой и реберно-диэлектрической линиями, являющимися основными линиями передачи, на основе которых строятся базовые элементы плоскостных и объёмных интегральных схем диапазонов СВЧ и КВЧ. Представлены элементы матрицы рассеяния перехода и дан их физический анализ.

Ключевые слова: объёмные интегральные схемы СВЧ и КВЧ, реберно-диэлектрическая линия, полосовой фильтр с осьмиволновыми связями.

Electrodynamic parameters analysis of the coordinating transfer between asymmetrical slot and costal-dielectric lines is carried out by using numerical method from a program Ansoft HFSS. These lines are basic transfer lines for basic elements building of the planar and volumetric integral layouts in microwaves (SVCh) and the highest frequencies (KVCh) ranges. Transfer dispersion matrix elements are introduced and their physical analysis is adduced.

Key words: volumetric integral layouts of microwaves (SVCh) and highest frequencies (KVCh), costal-dielectric line, pass band filter with $\lambda/8$ connections.

Введение. Одними из основных типов линий передачи (ЛП) для объёмных интегральных схем (ОИС) диапазонов СВЧ и КВЧ являются несимметричная щелевая линия (НЩЛ) и реберно-диэлектрическая линия (РДЛ) [1–10]. В плоскостных интегральных схемах (ИС) большее применение находит НЩЛ, на основании которой строятся многие базовые элементы (БЭ) с качественно новыми по сравнению с БЭ на симметричной щелевой линии (СЩЛ) свойствами [1–4]. Особенно это проявилось при создании полосовых фильтров с осьмиволновыми связями [2, 11], обеспечивающими амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) фильтра (согласующего устройства) с наиболее крутыми склонами (эллиптическая или золотарёвская АЧХ). Отметим, что создание фильтров с такими характеристиками возможно только с использованием ОИС СВЧ [2, 11].

В настоящее время достаточно подробно разработаны основы теории, математического моделирования и автоматизированного проектирования БЭ ОИС, построенных на основе симметричных плоскостных полосково-щелевых линий передачи [1а5]. Вместе с тем было отмечено [1а3], что большими возможностями обладают БЭ, основу которых составляют несимметричные на-

правляющие структуры: собственно НЩЛ, двойная НЩЛ, РДЛ, связанные РДЛ [3а5].

Одним из необходимых для практики БЭ ОИС является переход между НЩЛ и РДЛ, теории которого посвящена настоящая статья.

Постановка задачи. Модель, метод анализа. Общая схема рассматриваемого перехода НЩЛ \Leftrightarrow РДЛ, расположенного в прямоугольном волноводе ($a \times b$), представлена на рис. 1, а, а на рис. 1, б показан вид сверху прямоугольного волновода без верхней крышки. В рассматриваемой модели верхняя и нижняя стенки волновода являются идеально проводящими, что соответствует одному этажу (слою) ОИС. Боковые стенки модели, показанные на рис. 2 вертикальными штриховыми линиями, могут быть как идеально проводящими (электрическими), так и идеально магнитными или воображаемыми, так как в действительности в ОИС их нет, а нужны они исключительно для ограниченности модели по второй поперечной координате [2, 6–8].

Вопрос о согласовании между прямоугольным волноводом со слоем диэлектрика (рис. 2, а) и НЩЛ с перекрытием экранов (рис. 2, б) здесь не рассматривается ввиду достаточно подробного

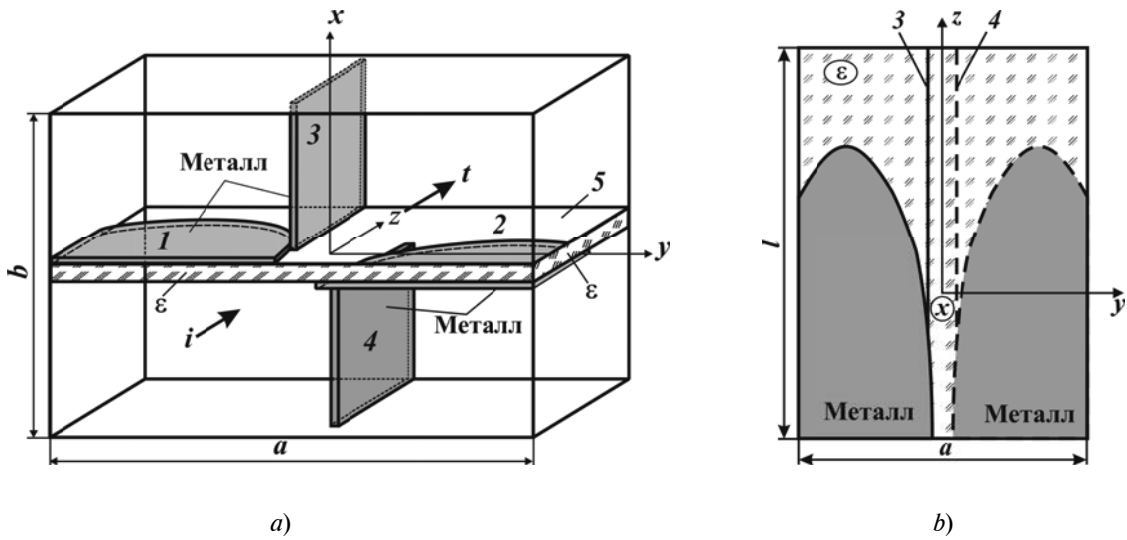


Рис. 1. Общий вид перехода между несимметричными щелевой и рёберно-диэлектрической линиями (а) и вид сверху (б) со снятой верхней крышкой:

1, 2 – металлические экраны, образующие НЩЛ; 3, 4 – металлические экраны, образующие РДЛ;
5 – диэлектрический слой

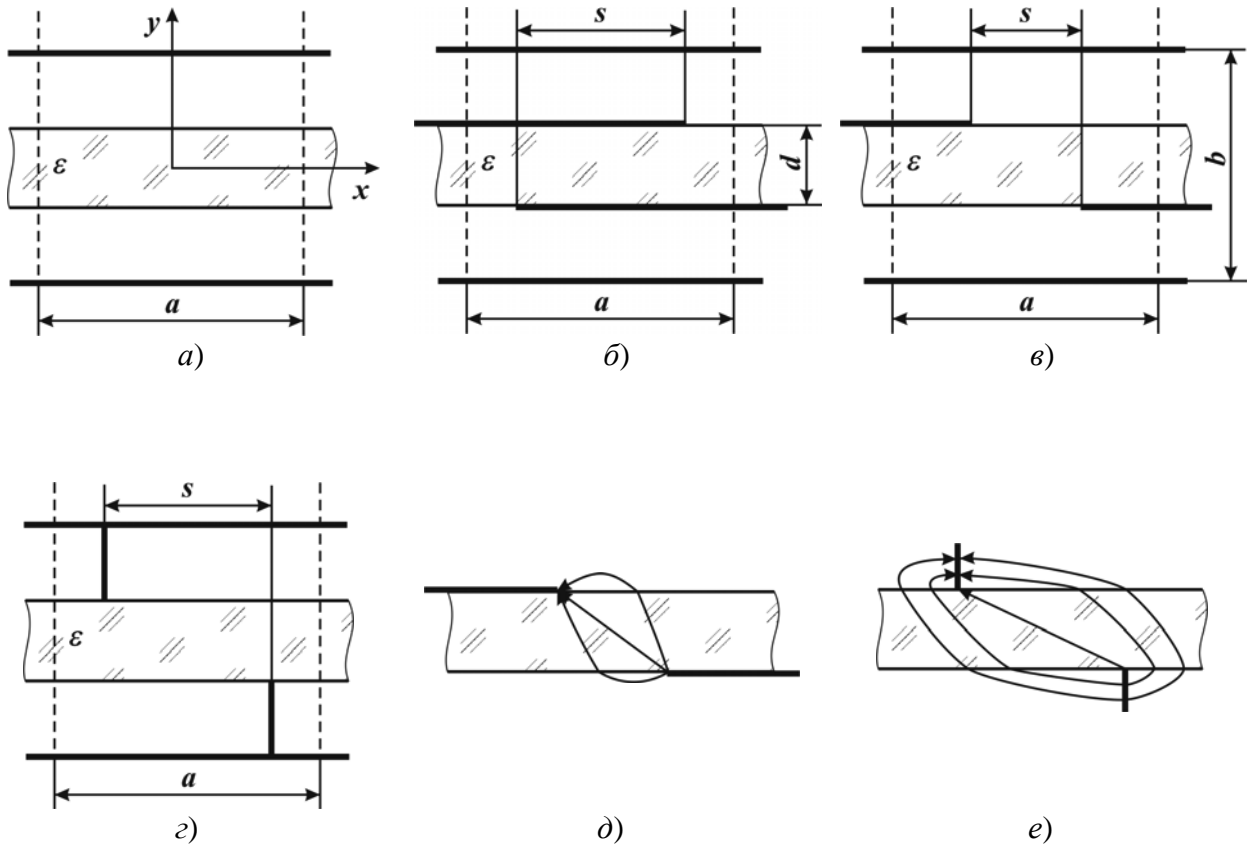


Рис. 2. Поперечные сечения прямоугольного волновода с волноподдерживающим слоем однородного диэлектрика (а), несимметричной щелевой линией с перекрытием образующих экранов (б), несимметричной щелевой линией с непрерывным образующих экранов (в) и рёберно-диэлектрической (г) линией, картины полей основных волн несимметричной щелевой линии (д) и рёберно-диэлектрической линии (е)

анализа, проведённого в работах [1, 5]. Пользуясь матричными методами линейных схем и зная матрицы рассеяния (передачи), можно учесть влияние этих элементов на общие характеристики перехода в целом.

Известны методы, применяемые при электродинамическом анализе регулярных и нерегулярных ЛП, составляющие основу рассматриваемого перехода. Анализ помогает при осуществлении параметрического синтеза структур, подобных рассматриваемой [2 – 4]. Учитывая достаточную плавность образующих перехода от НЩЛ с перекрытием экранов к НЩЛ с неперекрытием, можно было бы воспользоваться зарекомендовавшим себя методом поперечных сечений (МПС) [12]. Однако присутствие в модели дискретного включения РДЛ в плавную линию передачи вряд ли оправдывает использование МПС для анализа этой структуры. Идеология плавного перехода НЩЛ \Leftrightarrow НЩЛ по существу заимствована из схемы широко известной антенны Вивальди. Для анализа свойств регулярных линий передачи, на которых построен переход, подходит, например метод Г.В. Кисунько (МЧО) [13], а также иные численные методы. Учитывая сложность структуры, остановимся на чисто вычислительной процедуре – методе сеток [6].

Сегодня имеется множество программ, осуществляющихся методом сеток. Программы Ansoft HFSS [14, 15] показали наиболее подходящими, поэтому они и были применены для анализа всей структуры перехода.

Данные некоторых численных опытов. Ключевым моментом является вопрос о месте подключения несимметричной РДЛ (рис. 2, з) к плавно изменяющей свои параметры (по оси z) НЩЛ (рис. 2, в). Из практики проектирования и построения БЭ, а также теории нерегулярных ЛП известно, что преобразование одного типа рабочей волны некоторой ЛП в другой рабочий (либо паразитный) тип волны ЛП того же или иного типа осуществляется за счёт двух физических эффектов: равенства постоянных распространения этих типов волн и (или) равенства их волновых сопротивлений. Формально это следует из формулы Кисунько–Фельда в теории возбуждения ЛП [2].

В этом отношении распределение полей в поперечных сечениях рабочих волн НЩЛ (рис. 2, д) и РДЛ (рис. 2, е) отвечает формуле Кисунько–Фельда: конституции полей (см. рис. 2) в некотором смысле «похожи» друг на друга.

Зависимости постоянных распространения (замедлений) упомянутых (поверхностных) волн от относительного расстояния s между экранами, образующими НЩЛ и РДЛ перехода, показаны на рис. 3. Их относительная близость только предполагает возможность эффективного преоб-

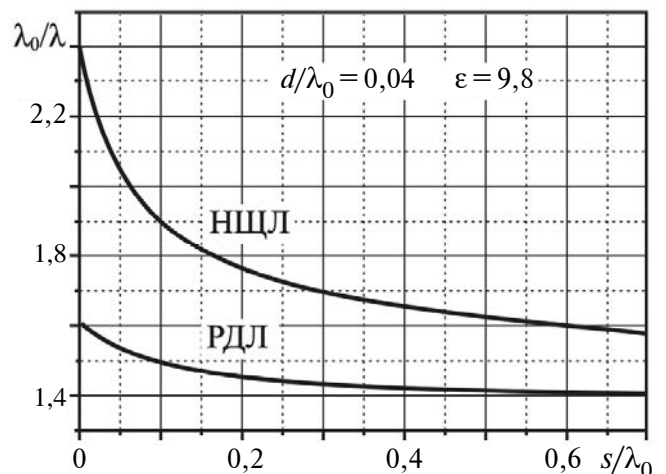


Рис. 3. Частотные характеристики замедления регулярных несимметричных щелевой и рёберно-диэлектрической линий

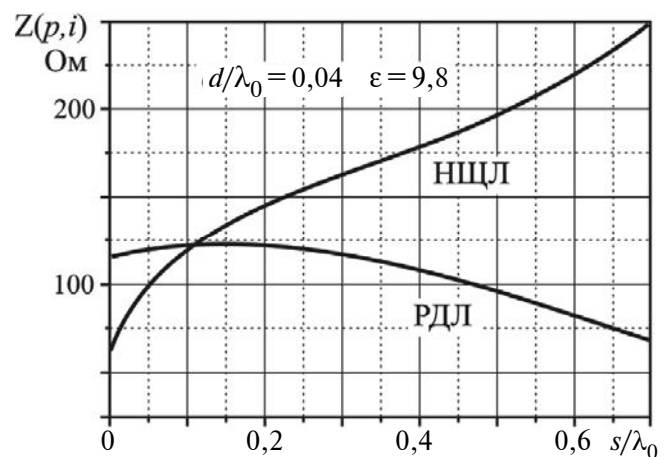


Рис. 4. Частотные характеристики волновых сопротивлений Z_{pi} несимметричных щелевой и рёберно-диэлектрической линий при $h/\lambda_0 = 0,04$

разования рабочих волн друг в друга, но оказывается не вполне достаточной.

Более перспективными для эффективного преобразования волн представляются зависимости волновых сопротивлений соединяемых ЛП от расстояния s между образующими их экранов (рис. 4). Отчётливо видно, что при некотором расстоянии между экранами $s/\lambda_0 = 0,12$. Волновые сопротивления ЛП, определённые в формализме $Z(P, I)$ (мощность – ток), совпадают. При некоторых конкретных размерах БЭ, диэлектрической проницаемости $\epsilon = 9,8$, толщине диэлектрического слоя $kh = 0,25$, толщине экранов, образующих НЩЛ и РДЛ, $kt = 0,0004$; волновое число свободного пространства $k = \omega/c = 2\pi/\lambda_0$, где c – скорость света.

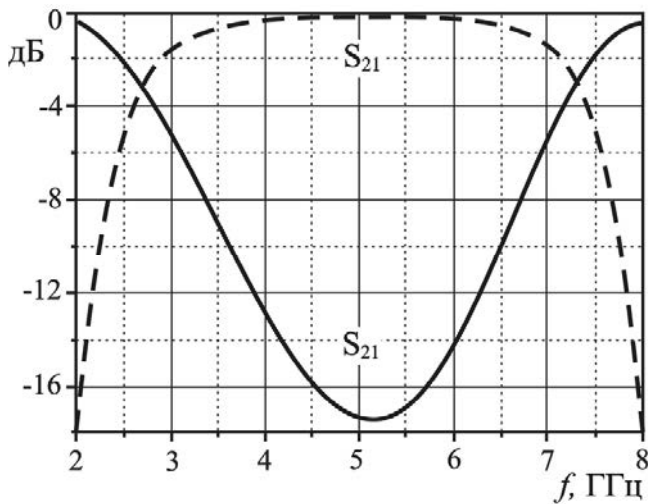


Рис. 5. Амплитудно-частотные характеристики элементов матрицы рассеяния S_{11} и S_{21} исследованного перехода

Найденное значение параметра ($s/\lambda_0 = 0,12$) было выбрано для нахождения итоговых характеристик перехода, которые показаны на рис. 5. Минимальное отражение составляет $S_{11} \approx 0,11$ (или $S_{11} = -19$ дБ). При этом полоса перехода оказывается равной $f/f_0 \approx 90\%$ на уровне -3 дБ.

Для сравнения приведём данные о непосредственном (без плавного согласующего перехода) соединении НЩЛ и РДЛ, рассчитанные по программе HFSS для оптимального отношения $s/\lambda_0 = 0,12$ ($S_{11} > 0,3$). Из этих данных видно, что плавное согласование крайне необходимо при практическом осуществлении перехода. Вопрос о возможном ступенчатом переходе здесь не рассматривался.

Очевидно, степень согласования РДЛ и НЩЛ по избранной схеме можно несколько увеличить, если решить задачу выбора наилучшей точки соединения линий. Однако по-прежнему будет сказываться несовпадение скоростей рабочих волн (см. рис. 3).

Выводы. Обычно процедура подготовки к расчёту и последующему анализу полученных данных требует, во-первых, высокой профессиональной подготовки проектировщика и столь же высокой квалификации инженера-математика. Как видно, полученные в работе методом сеток данные численных опытов с высокой точностью свидетельствуют о его эффективности и практически полном отсутствии предварительной аналитической подготовки к счёту.

В результате получены данные (непрерывные зависимости) для применения в практике проектирования линий передачи и базовых элементов для ИС и ОИС СВЧ и КВЧ.

Авторы выражают признательность компании «Родник» и канд. техн. наук А.А. Курушину за предоставленную возможность использования программы Ansoft HFSS.

Библиографические ссылки

1. Гвоздев В.И., Нефёдов Е.И. Объёмные интегральные схемы СВЧ. М.: Наука, 1985. 256 с.
2. Нефёдов Е.И. Техническая электродинамика: учеб. пос. М.: ИЦ «Академия», 2008. 410 с.
3. Нефёдов Е.И., Козловский В.В., Згурский А.В. Микрополосковые излучающие и резонансные устройства. Киев: Техника, 1990. 160 с.
4. Нефёдов Е.И., Саидов А.С., Тагилаев А.Р. Широкополосные микрополосковые управляющие устройства СВЧ. М.: Радио и связь, 1994. 168 с.
5. Гридин В.Н., Нефёдов Е.И., Черникова Т.Ю. Электродинамика структур крайне высоких частот. М.: Наука, 2002. 359 с.
6. Неганов В.А., Нефёдов Е.И., Яровой Г.П. Электродинамические методы проектирования устройств СВЧ и антенн. М.: Радио и связь, 2002. 416 с.
7. Неганов В.А., Нефёдов Е.И., Яровой Г.П. Полосково-щелевые структуры сверх- и крайне высоких частот. М.: Наука, 1996. 304 с.
8. Неганов В.А., Нефёдов Е.И., Яровой Г.П. Современные методы проектирования линий передачи и резонаторов сверх- и крайне высоких частот: учеб. пос. М.: Педагогика Пресс, 1998. 328 с.
9. Нефёдов Е.И., Фиалковский А.Т. Полосковые линии передачи: электродинамические основы автоматизированного проектирования интегральных схем СВЧ. М.: Наука, 1980. 312 с.
10. Нефёдов Е.И. Устройства СВЧ и антенны: учеб. пос. М.: ИЦ «Академия», 2008. 378 с.
11. Григо З. Осемиволновая связь в ОИС СВЧ и КВЧ // Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот. 2001. № 1. С. 43–55.
12. Ваганов Р.Б., Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции. М.: Наука, 1982. 272 с.
13. Кисунько Г.В. Электродинамика полых систем. Л.: ВКАС, 1949. 426 с.
14. Курушин А.А., Титов А.П. Проектирование СВЧ структур с помощью HFSS: учеб. пос. М.: МИЭМ, 2003. 176 с.
15. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчёт излучающих структур с помощью FEKO. М.: ЗАО «НПП «Родник», 2008. 248 с.

УДК 629.78.05

М.В. Конарев

(ФГУП «Научно-исследовательский институт электронной техники», г. Воронеж)

mkonarev@mail.ru

**УЧЁТ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ В САПР**

Рассмотрена методология моделирования неисправностей радиационного воздействия в САПР. Приведена процедура модификации параметров функционально-логического уровня для создания неисправного элемента на примере логических элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ.

Ключевые слова: интегральная схема, радиационное воздействие, надёжность, САПР, моделирование, библиотека.

CAD malfunctions modeling methodology from radiation accounting is considered. Parameters modification procedure of the functional-logical level for malfunction element creation as an example of logical elements AND-NOT and OR-NOT is adduced.

Key words: integral layout, radiation accounting, reliability, CAD, modeling, library.

При составлении тестов интегральных схем (ИС) одной из первоочередных задач является определение классов неисправностей, выявляемых тестом. Наиболее распространена модель одиночной константной неисправности, выявляющей такие дефекты, как замыкание с шиной питания и землёй.

Большинство известных систем технического диагностирования ориентированы на выявление именно одиночных константных неисправностей, при этом в них нельзя смоделировать неисправности, вызванные радиационным воздействием на ИС. Однако учёт особенностей такого специального воздействия необходим при тестировании ИС на радиационную стойкость, в особенности для схем военного и двойного назначения. При этом наиболее приемлемым уровнем моделирования неисправностей является функционально-логический, дающий наибольшую адекватность при обнаружении неисправностей.

На рис. 1 показан этап функционально-логического проектирования микропроцессорных ИС и систем на кристалле.

Моделирование на функционально-логическом уровне заключается в логической верификации проекта. Моделирование схемы, описанной на языке высокого уровня VHDL/Verilog, осуществляется дважды. При первом моделировании используются стандартные функциональные модели элементов со средними значениями нагрузочных способностей и временных задержек для используемого технологического процесса. Для полного тестирования всех режимов модели создаётся специальная тестовая оболочка (testbench). Далее осуществляется итеративный синтез элек-

трической (логической) схемы. Результатом синтеза являются файлы связей логических элементов (netlist) и задержек распространения (standard delay file, SDF). Затем проводится второе моделирование или моделирование netlist уже с реальными, а не средними задержками и нагрузочными способностями. Тестовая оболочка при этом используется обычно та же, что и при первом моделировании.

Неисправности, вызванные радиационным воздействием, учитываются при втором моделировании электрической (логической) схемы. Это возможно сделать путём значительного расширения библиотеки элементов так называемыми неисправными или деградиционными элементами. При логическом моделировании используются элементы функционально-логического базиса с реальными нагрузочными способностями, задержками переключения и задержками распространения сигнала. Поэтому библиотеку элементов можно расширить логическими элементами с изменёнными характеристиками в зависимости от накопленной дозы излучения и её мощности.

Таким образом, появляется задача создания специальной библиотеки элементов, в которой кроме традиционных элементов добавлены элементы, подвергшиеся влиянию статического и импульсного радиационного воздействия. Моделирование же ИС на функционально-логическом уровне следует осуществлять стандартным образом, но уже с расширенной и модифицированной библиотекой.

Процедуру модификации параметров логического элемента для создания неисправного элемента рассмотрим на примере многовходовых

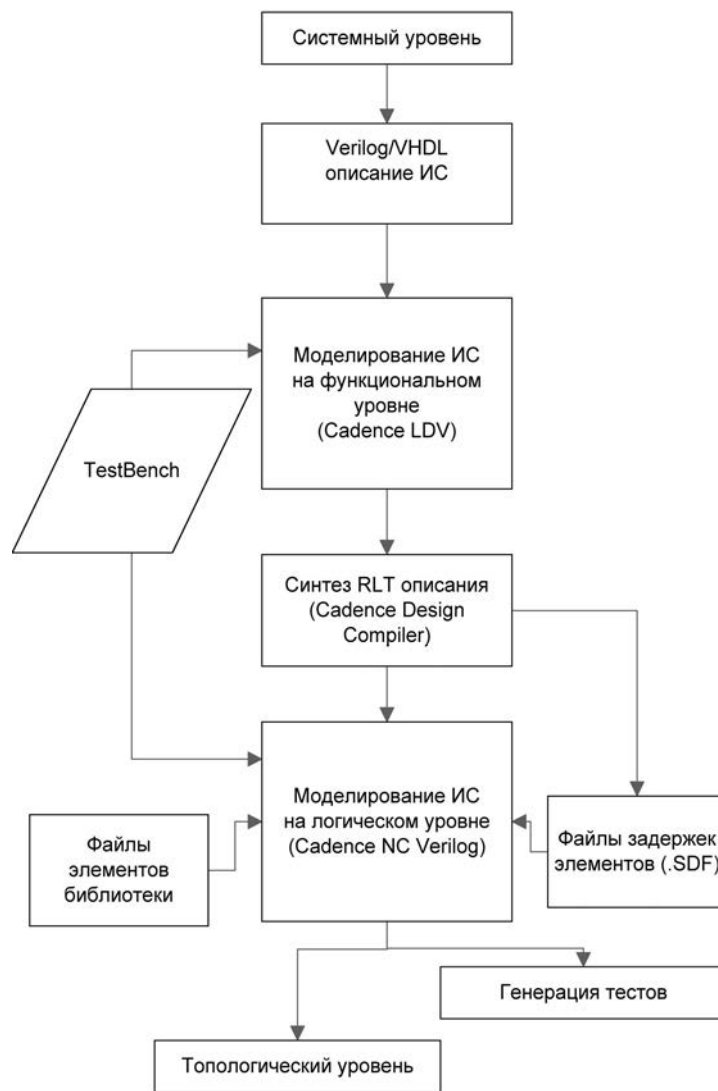


Рис. 1. Этап функционально-логического проектирования интегральных схем

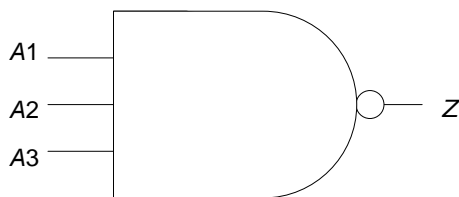


Рис. 2. Трёхвходовый элемент типа И-НЕ

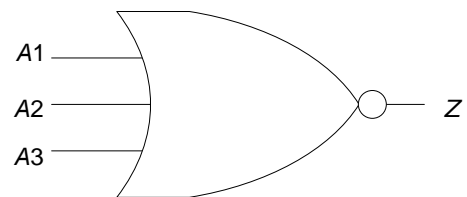


Рис. 3. Трёхвходовый элемент типа ИЛИ-НЕ

логических элементов типа И-НЕ и ИЛИ-НЕ (рис. 2 и 3) с тремя входами (A_1 , A_2 , A_3) и одним выходом Z .

Каждая модель элемента на функционально-логическом уровне задаётся набором следующих параметров:

оператор, определяющий функционирование элемента;

напряжение логического нуля и единицы;
напряжение переключения;
нагрузочная способность элемента;
параметры потребления тока;
задержки переключения логических состояний и др.

Оператор, определяющий функционирование элемента, можно представить в виде формулы

$$Z = F(A),$$

где A – вектор входных значений; Z – вектор выходных значений; F задаёт логическую функцию элемента.

Для приведённых элементов размерность вектора A равна трём, Z – одному:

$$Z = !(A1 \& A2 \& A3), \text{ для элемента И-НЕ;}$$

$$Z = !(A1 | A2 | A3), \text{ для элемента ИЛИ-НЕ,}$$

где $A1, A2, A3$ – входы логических элементов; Z – выход.

В случае радиационного воздействия функционирование элемента нарушается. Для учёта этого нарушения предлагается ввести оператор G :

$$Z = G(F(A), t).$$

Его аргументами будут входной вектор A и время t , на которое изменяется логическая функция элемента. Так, в случае кратковременного воздействия импульсного излучения на время T элемент ИЛИ-НЕ может превратиться в единицу:

$$G(F(A), t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T; \\ !(A1 | A2 | A3), & t > T. \end{cases} \quad (1)$$

При моделировании исправный элемент следует на время T заменить неисправным с оператором (1). Совокупность операторов всех элементов схемы при отождествлении соединённых входов-выходов образует модель всей ИС.

Задача определения оператора $G(F(A), t)$ решается при преобразовании схемотехнического базиса в функционально-логический. В эквивалентные схемы включаются генераторы токов ионизации. Именно они и изменяют логическую функцию элемента на время своего действия. Значение тока ионизации в зависимости от мощности дозы можно рассчитать по формулам [2]

$$I_{ipn} = I_{\Phi}(P) \{ \lambda_p(P) + \lambda_{np}(P) + \lambda_n(P) \},$$

где $\lambda_p(P), \lambda_{np}(P), \lambda_n(P)$ – операторный коэффициент собирания, отражающий дисперсию времени пролёта неравновесных носителей и рекомбинационные потери; он определяется как отношение числа носителей, достигших p - n -перехода к общему числу носителей, генерируемых в данной области; P – оператор Лапласа; $I_{\Phi}(P)$ – операторное выражение для составляющей ионизационного тока при условии полного собирания носителей из рассматриваемой области.

В свою очередь, операторное выражение $I_{\Phi}(P)$ может быть представлено соотношением

$$I_{\Phi} = qg_0P(t) \sum_i S_i w_i,$$

где q – заряд электрона; g_0 – интенсивность ионизации (для Si – $4,3 \cdot 10^{13}$ пар·см⁻³/рад); $P(t)$ – мощность дозы излучения; S_p, w_i – площадь поперечного сечения и толщина рассматриваемой области (p, n, p - n).

Логический элемент характеризуется задержками переключения своего состояния на выходе из нуля в единицу и из единицы в ноль, определяющими его быстродействие.

При воздействии радиационного излучения изменяются пороговые напряжения n - и p -канальных транзисторов U_{op} и U_{on} , а также подвижность носителей заряда, поэтому при описании неисправных элементов эти характеристики заметно увеличатся.

Для определения задержек переключения t_{01} и t_{10} можно воспользоваться следующими формулами [1]:

$$t_{10} = \frac{CU_{пит}}{2K_{0n}ND(U_{пит} - U_{0n})^2};$$

$$t_{01} = \frac{CU_{пит}}{2K_{0p}PD(U_{пит} - |U_{0p}|)^2},$$

где C – суммарная ёмкость на входе логического элемента; U_{0n} и U_{0p} – пороговые напряжения n - и p -транзисторов соответственно; $U_{пит}$ – напряжение питания.

Стоит заметить, что при радиационном воздействии нагрузочная способность элемента также уменьшается.

Коэффициенты ND и PD определяются из таблицы в зависимости от числа входов N .

Тип логического элемента		
НЕ	И-НЕ	ИЛИ-НЕ
$ND = 1$	$ND = 1$	$ND = 1/N$
$PD = 1$	$PD = 1/N$	$PD = 1$

Коэффициенты K_{0p} и K_{0n} также зависят от числа входов и определяются формулами

$$\begin{cases} K_{0n} = K'_{0n} N \\ K_{0p} = K'_{0p} / N \end{cases} \text{ – для элемента И-НЕ;}$$

$$\begin{cases} K_{0n} = K'_{0n} / N \\ K_{0p} = K'_{0p} * N \end{cases} \text{ – для элемента ИЛИ-НЕ,}$$

где K'_{0p} и K'_{0n} – коэффициенты приведённой крутизны транзисторов n - и p - типа соответственно.

Для определения критерия неисправного по быстродействию элемента предлагается ввести параметр максимальной допустимой задержки T_{\max} . В случае, если $t_{01} > T_{\max}$ или $t_{10} > T_{\max}$, элемент считается неисправным.

Выходные напряжения логического нуля U_{OL} и логической единицы U_{OH} логических элементов практически не меняются при радиационном воздействии. Это объясняется тем, что они фиксируются на уровнях, определяемых потенциалами общих шин питания: $U_{OH} = U_{\text{пит}}$; $U_{OL} = 0$. Однако при воздействии радиации происходит сдвиг переключательной характеристики в результате изменения пороговых напряжений транзисторов.

Пересчитать напряжение переключения элемента можно по следующим формулам [1]:

$$U_{\text{пер}} = V + \frac{V - U_{0n}}{2(1 + BE_n)(1 + A_n)};$$

$$B = \frac{U_{\text{пит}} - U_{0n}}{V - U_{0m}}, \quad E_n = \frac{K_{0p}}{K_{0n}}, \quad A_n = \sqrt{\frac{K_{0p}}{K_{0n}}},$$

$$V = \frac{U_{0n} + (U_{\text{пит}} - |U_{0p}|) \sqrt{\frac{K_{0p}}{K_{0n}}}}{1 + \sqrt{\frac{K_{0p}}{K_{0n}}}}.$$

Для определения критерия неисправного элемента вследствие изменения напряжения переключения предлагается ввести величину максимально возможной помехи W_{\max} . В случае, если

$$U_{\text{пер}} < U_{OH} - W_{\max};$$

$$U_{\text{пер}} < U_{OL} + W_{\max},$$

логический элемент можно считать неисправным.

Заключение. На схемотехническом уровне неисправности радиационного воздействия учитывались модификацией параметров SPICE транзисторов и эквивалентных схем элементов вследствие изменения подвижности носителей заряда и порогового напряжения. На функционально-логическом уровне основными параметрами элементов являются: задержки переключения из нуля в единицу и из единицы в нуль, напряжение логического нуля и единицы, напряжения переключения, параметры потребления тока, логическая функция элемента. Эти параметры логических элементов необходимо пересчитать с учётом радиационного воздействия и данных со схемотехнического уровня. В частности, нарушение функционирования элемента можно учесть модификацией оператора элемента, переводящего вектор входных значений в выходные, а изменение порогового напряжения может перевести элемент в состояние с недостаточными помехоустойчивостью или задержкой распространения сигнала.

Библиографические ссылки

1. **Мырова Л.О., Попов В.Д., Верхотуров В.И.** Анализ стойкости систем связи к воздействию излучения. М.: Радио и связь, 1993. 268 с.
2. **Ачкасов А.В., Яньков А.И.** Моделирование радиационных эффектов в КМОП приборах в САПР // Приводная техника. 2006. № 6 (64). С. 17–22.
3. **Немудров В.Н.** Системы-на-кристалле. Проектирование и развитие. М.: Техносфера, 2004. 216 с.

Уважаемые авторы и читатели журнала!

В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал «Автоматизация и современные технологии» включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук.



УДК 681.5.015:621.64 (075.8)

А.Ю. Владова, канд. техн. наук, доц. (Оренбургский государственный университет)

avladova@rambler.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ НА ГРАФАХ КОНЕЧНОГО МНОЖЕСТВА СОСТОЯНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрен подход к построению ориентированных графов по диагностическим данным для идентификации конечного множества состояний промышленных объектов с металлической оболочкой на этапе длительной эксплуатации. На примере технологического трубопровода, прошедшего диагностирование, выбрана аналоговая переменная, выделены существенные интервалы и построено их отображение на состояния графа, а также определены вероятности пребывания объекта в них.

Ключевые слова: граф на основе аналоговой переменной, промышленные объекты, конечное множество состояний, интенсивности повреждений и восстановлений, аналитические решения систем, непараметрическая идентификация.

Approach to oriented graphs creature from diagnostic dates for final multitude states identification of the industrial objects with metallic casing during prolonged exploitation is considered. Analogue variable as an example of subjected to diagnosis engineering pipeline is selected, essential intervals are marked out and their reflection on the graphs state is constructed, object sojourn probability in these intervals is determined too.

Key words: graph from an analogue variable, industrial objects, final multitude states, injuries and restorations intensities system analytical decisions, non-parametric identification.

Введение. Значительный интерес в науке и практике представляют промышленные объекты (ПО), изолированные от окружающей среды оболочкой. Такие объекты характеризуются длительным сроком эксплуатации, большим объёмом получаемой диагностической информации, случайным характером повреждений и восстановлений металла. При определении надёжности и эффективности функционирования ПО принято использовать способ построения ориентированных графов, включающих конечное число дискретных состояний ПО, каждое из которых создаётся совокупностью работоспособных и неработоспособных существенных блоков. Дискретные состояния объекта на ориентированном графе отображаются геометрическими фигурами в виде круга или квадрата и соединяются между собой ориентированными дугами, помеченными интенсивностями переходов [1]. Основным недостатком этого способа является ограничение функциональных возможностей ориентированного графа из-за дискретного характера состояний объекта.

Для принципиально нового решения задачи идентификации состояний ПО разработан метод, в основе которого процессы повреждения и восстановления металла оболочки рассматриваются как потоки случайных событий, отображённые переходами на графах.

Идентификация состояний ПО. Для решения задачи идентификации состояний ПО на ориентированном графе в предлагаемом методе использована аналоговая переменная с интервальными значениями, характеризующая оболочку в статистическом смысле. Функциональная схема построения ориентированного графа по повреждениям оболочки ПО включает в себя девять блоков, выполняющих строго определённые функции (рис. 1).

На блок выбора аналоговой переменной 1 поступают диагностические данные в виде геометрических параметров повреждений. В блоке организации потоков случайных событий в виде повреждений и восстановлений оболочки 2 измеряют толщину стенки оболочки. Из этих значений образуют числовые массивы и рассматривают их как вариационные статистические

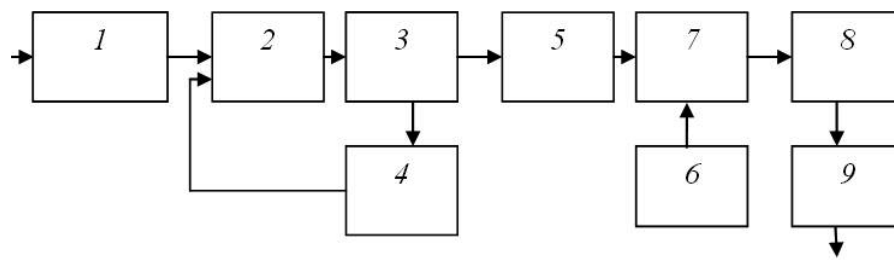


Рис. 1. Функциональная схема построения ориентированного графа оболочкового промышленного объекта

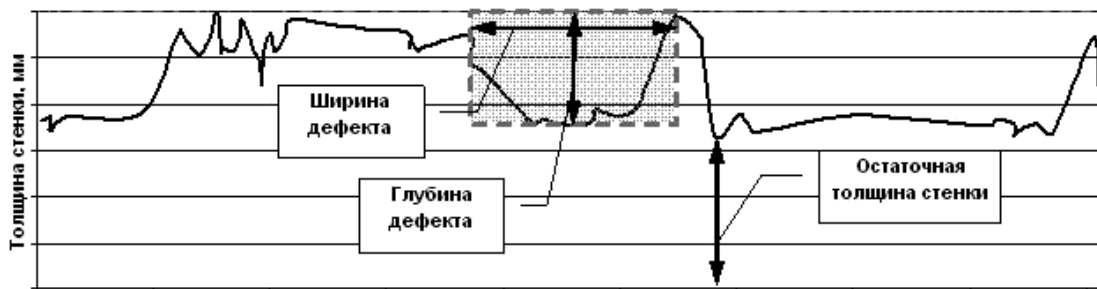


Рис. 2. Геометрическая интерпретация остаточной толщины стенки и площади повреждения:
 — — профиль поперечного среза поверхности металла; - - - - внешняя поверхность трубы;
 - - - - площадь повреждения

ряды. Блок проверки марковского свойства для потоков случайных событий 3 контролирует выполнение трёх требований: стационарность, отсутствие последствия и ординарность потока. В случае невыполнения блок плоскостного и объёмного представления выбранной аналоговой переменной 4 представляет геометрию повреждения в виде прямоугольного параллелепипеда и определяет плоскостное представление как произведение глубины на длину аномалии, а объёмное – как произведение площади на её ширину. Блок определения границ интервалов 5 реализует стандартные процедуры построения гистограммы интегрального распределения выбранной аналоговой переменной. Блок 6 выбирает величину барьера существенных частот, а блок ограничения количества интервалов 7 учитывает только те интервалы, частота в которых больше установленной барьерной величины. Блок построения основных и композиционных состояний 8 отображает найденные существенные интервалы на граф. Блок 9 вычисляет интенсивность потоков повреждений и восстановлений по количеству повреждений в состояниях, к которым они направлены. Выходная стрелка отображает построенный ориентированный граф.

Для выбора аналоговой переменной обработаны параметры повреждений разных технологических трубопроводов по полям «Глубина», «Толщи-

на стенки», «Дистанция», «Ширина» и «Длина», которые сформированы при диагностировании. Получены следующие массивы характеристик: остаточная толщина стенок в местах повреждений, вычисляемая как разность между исходной толщиной металла и глубиной повреждений, расстояния между повреждениями (разность дистанций), а также площадь и объём повреждений. Геометрическая интерпретация расчётных характеристик приведена на рис 2.

Общий вид гистограммы интегрального распределения аналоговой переменной, характеризующей оболочку ПО в местах повреждений, приведён на рис. 3.

На рис. 3 изображены интервалы распределения как с существенными частотами (условно показано одиннадцать), превышающими установленный барьер, отображённый пунктирной линией (на чертеже он соответствует 5%), так и интервалы распределения с несущественными частотами, которые ниже установленного барьера. Крайней левой существенной частоте поставлено в соответствие исходное состояние объекта на момент диагностирования S_0 , а следующим частотам в порядке возрастания значений границ интервалов – основные состояния объекта S_1, \dots, S_n .

По предложенному отображению построен ориентированный граф оболочкового ПО с n иерархически расположенными основными состоя-

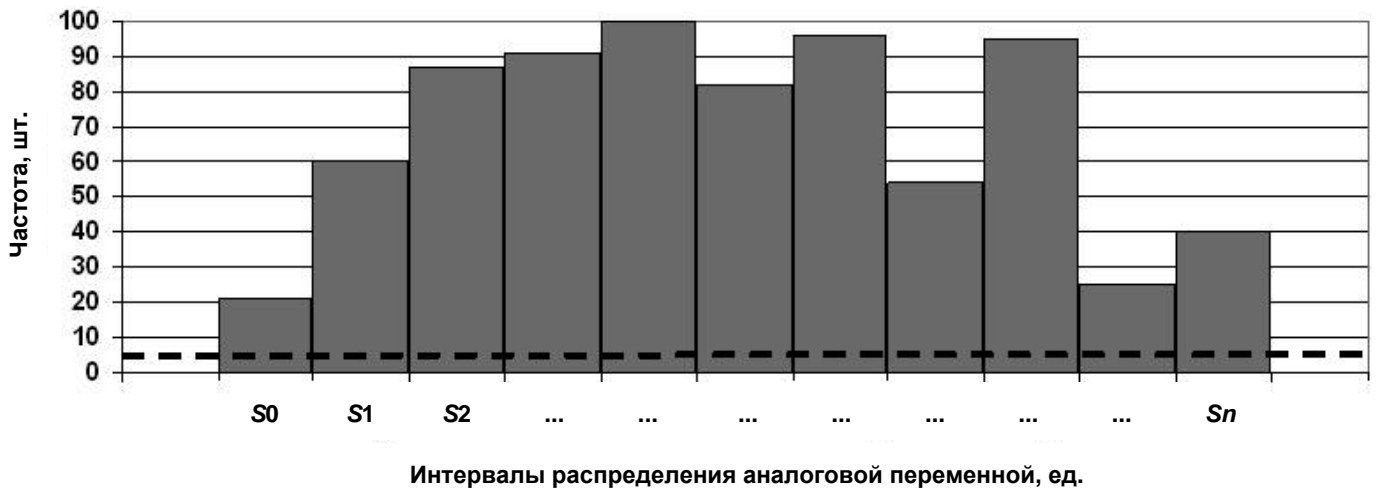


Рис. 3. Гистограмма интегрального распределения выбранной аналоговой переменной

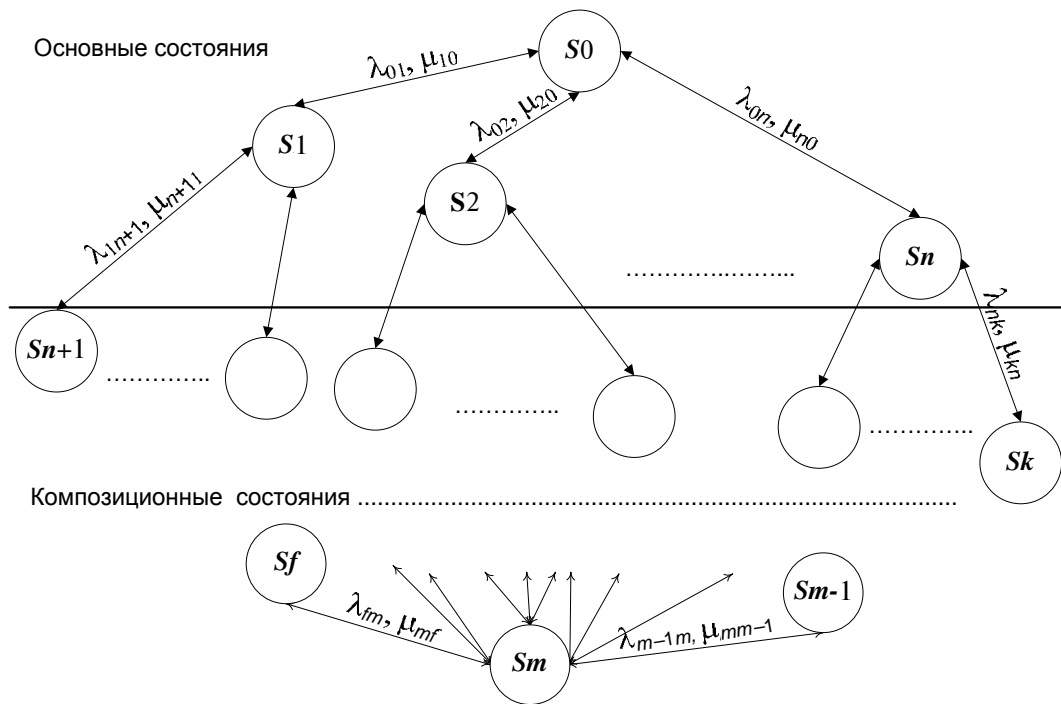


Рис. 4. Ориентированный граф оболочкового промышленного объекта с *n* существенными интервалами

ниями S_1, S_2, \dots, S_n (рис. 4). Из основных состояний организованы композиционные состояния S_{n+1}, \dots, S_m как совокупности интервалов и соответствующих частот.

Полученные состояния соединены между собой ориентированными дугами, помеченными интенсивностями потоков повреждений λ_{ij} , со стрелками, направленными в сторону состояний нижних уровней, и интенсивностями потоков восстановлений μ_{ji} со стрелками, направленными

в сторону состояний верхних уровней. Для упрощения ориентированного графа дуги повреждений и восстановлений совмещены и обозначены соответствующими интенсивностями, разделёнными запятыми.

На основе предложенного графа составлена математическая модель в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений относительно вероятностей пребывания ПО в основных и композиционных состояниях $p_i(t)$:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dp_0(t)}{dt} &= p_1(t)\mu_{10} + p_2(t)\mu_{20} + \dots + p_n(t)\mu_{n0} - \\ &- p_0(t)(\lambda_{01} + \lambda_{02} + \dots + \lambda_{0n}); \\ &\dots \\ \frac{dpm(t)}{dt} &= pf(t)\lambda_{fm} + \dots + pm-1(t)\lambda_{m-1m} - \\ &- pm(t)(\mu_{mf} + \dots + \mu_{mm-1}). \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} p_0(t) &= p_0(0) + h_{01}t + h_{02}t^2 + h_{03}t^3 + \dots + h_{0l}t^l; \\ &\dots \\ pm(t) &= pm(0) + h_{m1}t + h_{m2}t^2 + h_{m3}t^3 + \dots + h_{ml}t^l, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где h_{ij} – коэффициенты полиномов, выраженные через интенсивности потоков повреждений и восстановления и начальные условия $\{p_0(0), \dots, pm(0)\}$; l – старшая степень разложения в ряд.

Общий вид решения системы (1), полученный методом разложения в степенной ряд [2], запишется в виде

Численное решение задачи идентификации трубопроводов. Для одного из технологических трубопроводов Оренбургского нефтегазоконденсат-



Рис. 5. Гистограмма интегрального распределения аналоговой переменной технологического трубопровода на этапе 27-летней эксплуатации

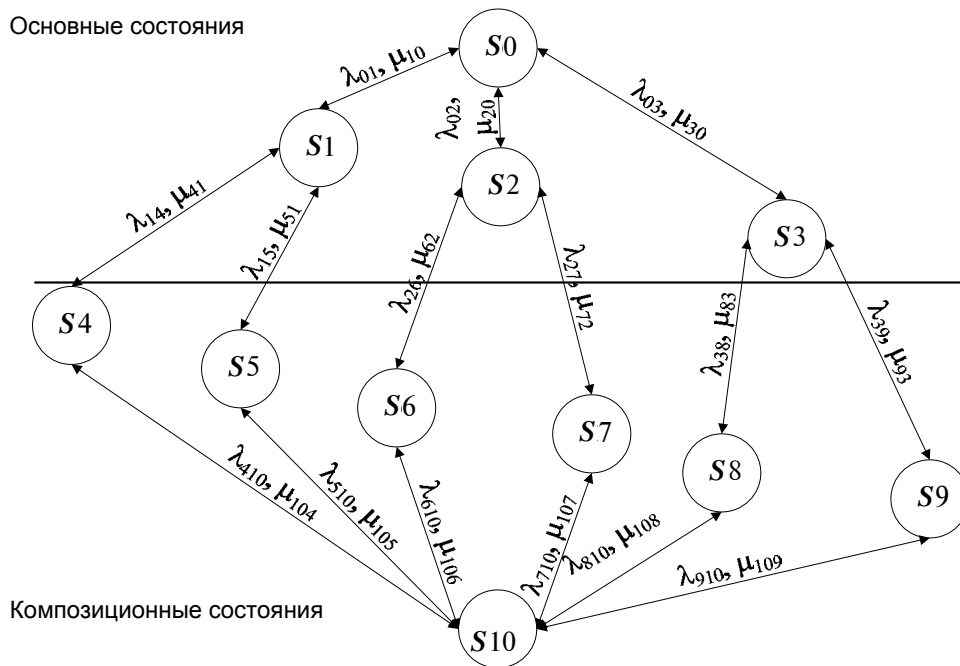


Рис. 6. Ориентированный граф состояний технологического трубопровода с четырьмя существенными интервалами

ного месторождения, выполненного из стали 20, диаметром 377 мм и длиной 114 км построена гистограмма интегрального распределения аналоговой переменной в виде значений остаточной толщины стенки (рис. 5). Значения остаточной толщины стенки трубопровода определены по результатам внутритрубной дефектоскопии. По установленному 5% барьеру выделены четыре интервала с существенными диапазонами остаточной толщины стенки: S_0 [20,58; 21,44] мм, S_1 [19,72; 20,58] мм, S_2 [18,86; 19,72] мм, S_3 [18,0; 18,86] мм.

По полученным результатам для технологического трубопровода с четырьмя существенными по частоте интервалами построен ориентированный граф (рис. 6) с иерархически упорядоченными состояниями: исходное состояние на момент диагностирования S_0 , основные S_1, S_2, S_3 и композиционные S_4, \dots, S_{10} состояния.

Кроме того, на ориентированном графе отображены взаимные интенсивности повреждений λ_{mn} и восстановлений μ_{nm} металла (индексы m и n определяют номера соединяемых дугой состояний и изменяются от 0 до 10). Интенсивности потоков повреждений и восстановлений определяются по количеству повреждений в состояниях, к которым они направлены, и находятся в диапазоне $\lambda \in [0,00614; 0,03389]$ год⁻¹ и $\mu \in [0,00514; 0,01822]$ год⁻¹. Созданное представление ориентированного графа по аналоговым переменным принципиально отличается от соответствующих графов, основанных на дискретных состояниях, расширенными функциональными возможностями.

На основе предложенного графа составим математическую модель в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений относительно вероятностей пребывания объекта в основных и композиционных состояниях:

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = p_1(t)\mu_{10} + p_2(t)\mu_{20} + p_3(t)\mu_{30} - p_0(t)(\lambda_{01} + \lambda_{02} + \lambda_{03}); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = p_0(t)\lambda_{01} + p_4(t)\mu_{41} + p_5(t)\mu_{51} - p_1(t)(\mu_{10} + \lambda_{14} + \lambda_{15}); \\ \dots \\ \frac{dp_9(t)}{dt} = p_3(t)\lambda_{39} + p_{10}(t)\mu_{109} - p_9(t)(\mu_{93} + \lambda_{910}); \\ \frac{dp_{10}(t)}{dt} = p_4(t)\lambda_{410} + p_5(t)\lambda_{510} + p_6(t)\lambda_{610} + p_7(t)\lambda_{710} + p_8(t)\lambda_{810} + p_9(t)\lambda_{910} - p_{10}(t)(\mu_{104} + \mu_{105} + \mu_{106} + \mu_{107} + \mu_{108} + \mu_{109}). \end{cases} \quad (3)$$

Аналитическое решение системы (3) выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} p_0(t) = p_0(0) + (p_1(0)\mu_{10} + p_2(0)\mu_{20} + p_3(0)\mu_{30} - p_0(0)(\lambda_{01} + \lambda_{02} + \lambda_{03}))t + h_{02}t^2 + h_{03}t^3 + \dots + h_{0l}t^l; \\ \dots \\ p_{10}(t) = p_{10}(0) + (p_4(0)\lambda_{410} + p_5(0)\lambda_{510} + p_6(0)\lambda_{610} + p_7(0)\lambda_{710} + p_8(0)\lambda_{810} + p_9(0)\lambda_{910} - p_{10}(0)(\mu_{104} + \mu_{105} + \mu_{106} + \mu_{107} + \mu_{108} + \mu_{109}))t + h_{102}t^2 + h_{103}t^3 + \dots + h_{10l}t^l. \end{cases}$$

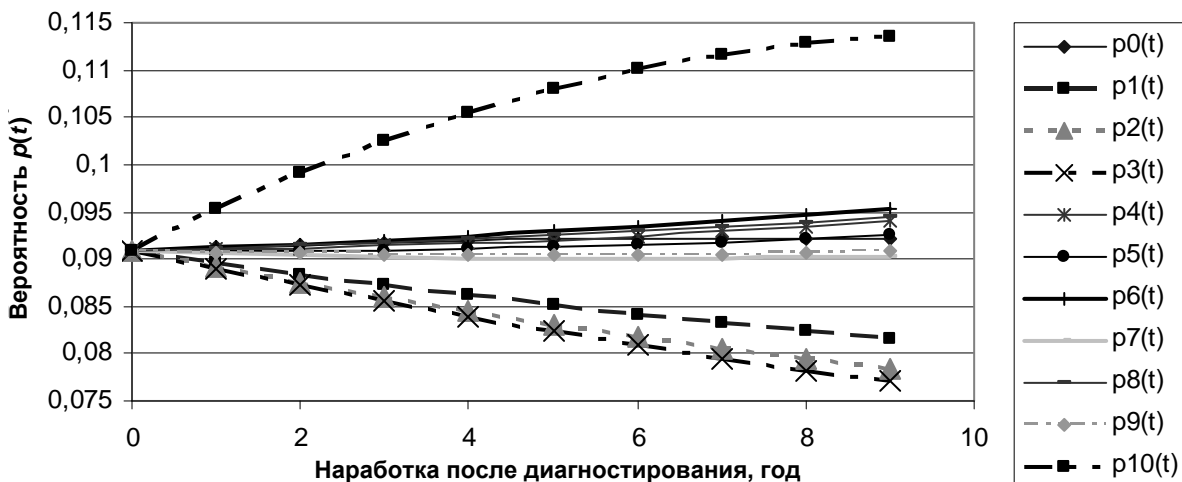


Рис. 7. Вероятности пребывания трубопровода в состояниях графа

Численное решение системы (3) показано на рис. 7.

Анализ результатов показывает, что на исследуемом временном отрезке после диагностирования вероятность $p_{10}(t)$ становится доминирующей.

Выводы. Таким образом, по сравнению с общепринятым вариантом, построение ориентированных графов на основе аналоговых переменных существенно расширяет их функциональные возможности, так как позволяет выявлять конечное множество иерархически расположенных состояний оболочковых промышленных объектов на этапе длительной эксплуатации, а также повысить эффективность их функционирования за счёт формирования управляющих воздействий по переводу таких объектов из состояний нижних уровней на более эффективные состояния верхних уровней.

Для технологического трубопровода по выбранной аналоговой переменной (остаточной толщине стенки) выявлены четыре существенных по частоте интервала и построен ориентированный граф с иерархически упорядоченными четырьмя основными и семью композиционными состояниями.

Анализ показывает, что эффективность идентификации оболочковых промышленных объек-

тов после длительной эксплуатации с использованием графов на основе аналоговой переменной повышается с 7,9 до 13,3 % в зависимости от количества существенных интервалов и типа оболочкового промышленного объекта.

Выявлено, что для ряда промышленных объектов, в том числе теплоэнергетических котлов и трубопроводов, после длительной эксплуатации, множество существенных интервалов не превышает пяти [3]. Граф с пятью основными состояниями содержит 37 композиционных состояний и по 64 интенсивности повреждений и восстановлений.

Библиографические ссылки

1. **Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.** Теория вероятностей и её инженерные приложения. М.: Наука, 1988. 480 с.
2. **Владова А.Ю.** Марковская идентификация коррозионных состояний трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2009. № 7. С. 40–48.
3. **Владова А.Ю., Владов Ю.Р.** Методика и результаты аналитической идентификации технического состояния теплоэнергетического оборудования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 1. С. 22–29.



ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ:

учебное пособие.

А.Ю. Выжигин

2009. – 288 с.: ил. ISBN: 978-5-94275-434-1

Цена 462 р.

В учебном пособии дано общее представление об организации и элементах ГПС, рассмотрена производственно-техническая структура и основные элементы гибких автоматизированных производств, критерии гибкости ГПС, приведена классификация промышленных роботов и их приводов. Рассмотрены типы и технические средства транспортно-накопительных систем, технические средства и системы управления автоматическими транспортно-накопительными системами. Рассмотрены различные типы складов, методика расчета функционирования складской системы. Описаны системы управления ГАП и системы автоматического контроля, приведены примеры реализации ГПС. Также показаны основные средства автоматизации и пути повышения производительности оборудования в условиях автоматизированного производства. Дополнительно рассмотрены методики расчета динамики некоторых типов пневматических приводов промышленных роботов и их применение в автоматизированном комплексе для многопереходной штамповки.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология приборостроения".
Представляет интерес для широкого круга специалистов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в ООО "Издательство Машиностроение" в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 621.001.5+004.89.002.53

В.В. Горюнова, канд. техн. наук, доц., **Ю.В. Молодцова**, **Д.В. Сёмин**
(Пензенский артиллерийский инженерный институт)

gvv17@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СРЕД

Представлен краткий обзор решений в области обработки распределённых данных. Рассмотрены аспекты декларативного моделирования, составляющего основу модульной онтологической системной технологии, определяющей механизм проектирования, функционирования и разработки интегрированных информационных систем из так называемых онтологических модулей.

Ключевые слова: онтологии, декларативное моделирование, базы знаний, интегрированные среды.

Decisions short survey in the field of the distributed dates processing is introduced. Declarative modeling aspects are considered. This modeling presents basis of the modular ontological systemic technology that defines mechanism of integrated informational systems projecting, functioning and creature from so called ontological component cells.

Key words: ontology, declarative modeling, knowledge bases, integrated surroundings.

Введение. Важнейшую роль при управлении проектированием и функционированием производственных и эксплуатационно-технологических процессов играет моделирование, как статическое (моделирование структуры), так и динамическое (моделирование поведения). Такое моделирование при использовании современных информационных технологий и необходимости описания всех этапов жизненного цикла продукции предусматривает разработку интегрированной среды с распределёнными базами данных и знаний или сокращённо – интегрированной интеллектуальной среды (ИИС) на основе онтологий. С помощью инструментальных средств моделирования решаются задачи прогнозирования развития ИИС: формирования стратегии развития в условиях изменения внешней среды, выбора целей ИИС с учётом ограничений на потребляемые ресурсы, определения возможных сценариев достижения целей при выбранной стратегии, определения оптимального сценария и т. д.

Интеграция распределённых данных и знаний. Обзор решений в этой области [1, 2] представлен информационными структурами, приведёнными ниже.

Хранилища данных. Во многих компаниях одним из первых инструментариев ИИС были хранилища данных, которые работают по принципу центрального склада. Хранилища данных отличаются от традиционных баз данных (БД) тем, что проектируются для поддержания процессов принятия решений, а не просто для эффективно-

го сбора и обработки данных. Как правило хранилище содержит многолетние версии обычной БД, которые не обновляются на основании отдельных запросов пользователей. БД периодически обновляется целиком.

Хранилища знаний. Если хранилища данных содержат в основном количественные данные, то хранилища знаний ориентированы в большей степени на качественные данные. ИИС генерируют знания из БД (включая Lotus Notes), хранилищ данных, рабочих процессов, статей, новостей, внешних баз, web-страниц (как внешних, так и внутренних) и информации, предоставленной людьми. Таким образом, хранилища знаний подобны виртуальным складам, где знания распределены по большому количеству серверов.

В некоторых случаях интерфейсом реляционной БД может выступать web-браузер.

Базы данных и базы знаний. Знания можно извлекать из рабочих процессов, обзоров новостей и других источников. Знания, полученные из рабочих процессов, базируются на рабочих материалах, предложениях и т. п. Кроме того, базы знаний могут быть спроектированы в расчёте на ведение хронологии деятельности предприятия, касающейся, например, работы с клиентами.

Базы данных для обучения. Обучающие БД можно использовать для поддержки операций или генерации информации о бизнесе в целом. Например, компания «Ford Motor» имеет специальные файлы TGRW (things gone right/wrong – события,

которые могут происходить правильно или неправильно), куда поступает информация о действиях, облегчающих выполнение задачи, и о разного рода препятствиях.

Базы знаний оптимальных решений. Подобные знания накапливаются в процессе использования различных тестов при поиске эффективных решений задач. После того как организация получила знания о наилучшем решении, доступ к ним может быть открыт для сотрудников корпорации. Например, компания «Huges Electronics», входящая в состав «General Motors», имеет базу данных лучших проектов реконструкции предприятий.

На сегодняшний день основными по объёму источниками структурированных данных выступают реляционные БД. Однако это могут быть и файловые системы, и XML БД, расширяющие масштабы применения, и другие источники информации. Независимо от выбранного метода хранения данных, первая проблема интеграции гетерогенных данных, с которой приходится сталкиваться при формировании хранилища (репозитория) информационных ресурсов, это разнообразие моделей и схем данных, низкий уровень их абстракции, малая адекватность отражения семантики предметной области. Например, решением может быть переход к некоторой объектно-ориентированной модели данных на основе онтологий, которые по многим параметрам близки к семантическим моделям, где ключевой единицей является сложно структурированный информационный объект (концепт), поддерживающий различные атрибуты и участвующий в ассоциациях с другими объектами [2].

Для описания объектно-ориентированных моделей данных применяется ряд языков описания объектных схем данных:

ODL – стандарт ODMG объектно-ориентированных БД;

RDFS (Resource Definition Framework Schema) – W3C-стандарт, позволяющий описывать схемы классов и их свойства с учётом их наследования и ограничений;

OWL (Web Ontology Language) – специализация RDFS, ориентированная на описание предметных онтологий.

Переход от реляционной модели данных к объектно-ориентированной является необходимым этапом в построении открытого информационного хранилища. Объектно-ориентированная модель позволяет

повысить уровень абстракции модели предметной области;

выделить канонические схемы данных, представляющие собой пересечение экспортных схем данных, соответствующих различным предметным областям, строить унифицированные

объектные запросы на доступ к распределённым данным с последующим агрегированием результатов запросов в соответствии с каноническими схемами;

иметь унифицированный формат представления данных, обеспечивающий неплохую синтаксическую и семантическую интероперабельность, в случае RDFS и OWL.

В вопросе интеграции (технической интероперабельности) распределённых данных все больше применяется технология web-сервисов, как средство предоставления унифицированного, платформо-независимого интерфейса для удалённого доступа к информационным ресурсам. В данном контексте web-сервис выступает в роли автономного приложения, которое предоставляет средства доступа к информации внешним клиентам набором предоставляемых услуг. Технология web-сервисов базируется на открытых XML-стандартах:

SOAP (Simple Object Access Protocol) – XML-протокол для удалённого вызова методов Web-сервисов;

UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) описывает модель данных, предназначенную для каталогизации и обнаружения услуг, предоставляемых web-сервисами;

WSDL (web Services Description Language) – язык описания интерфейсов web-сервисов.

Формирующиеся дополнения к ним, например, WSCoordination/WS-Transaction (транзакции), WSSecurity (безопасность), WS-Routing (маршрутизации сообщений) и т. д., призваны расширить возможности этой платформы в осуществлении требований задач интеграции приложений. В рамках инициативы WS-I разрабатываются примеры прикладных решений, предложения и дополнительные требования, призванные гарантировать совместимость решений разных поставщиков, что расширит возможности по интеграции различных информационных систем в рамках единого согласованного набора спецификаций.

На данный момент для описания композиций web-сервисов различные ассоциации предлагают ряд стандартов. Среди них можно отметить следующие языки описания автоматизированных потоков работ:

WSFL (Web Services Flow Language) – позволяет определять композиции web-сервисов в виде графовой модели рабочего процесса;

BPML (Business Process Modeling Language) – определяет блочную модель композиции web-сервисов;

BPML4WS (Business Process Execution Language For Web-Services) – представляет собой гибрид блочной и графовой моделей описания взаимодействий web-сервисов.

Данные языки описывают композиции web-сервисов, что позволяет определять сложные,

распределённые процессы по извлечению, обработке и интеграции информации.

Также можно выделить метод осуществления процесса сбора и интеграции распределённых данных, который базируется на трёх технологиях, основанных на применении:

- объектных ИИС (соответствующие некоторым предметным областям);

- механизма web-сервисов (как средство построения внешних интерфейсов к таким ИИС);

- аппарата рабочих процессов (как средство управления обработкой и интеграции информационных потоков).

Предлагается расширить эти технологические рамки, применив модульную онтологическую системную технологию (МОСТ-технологию).

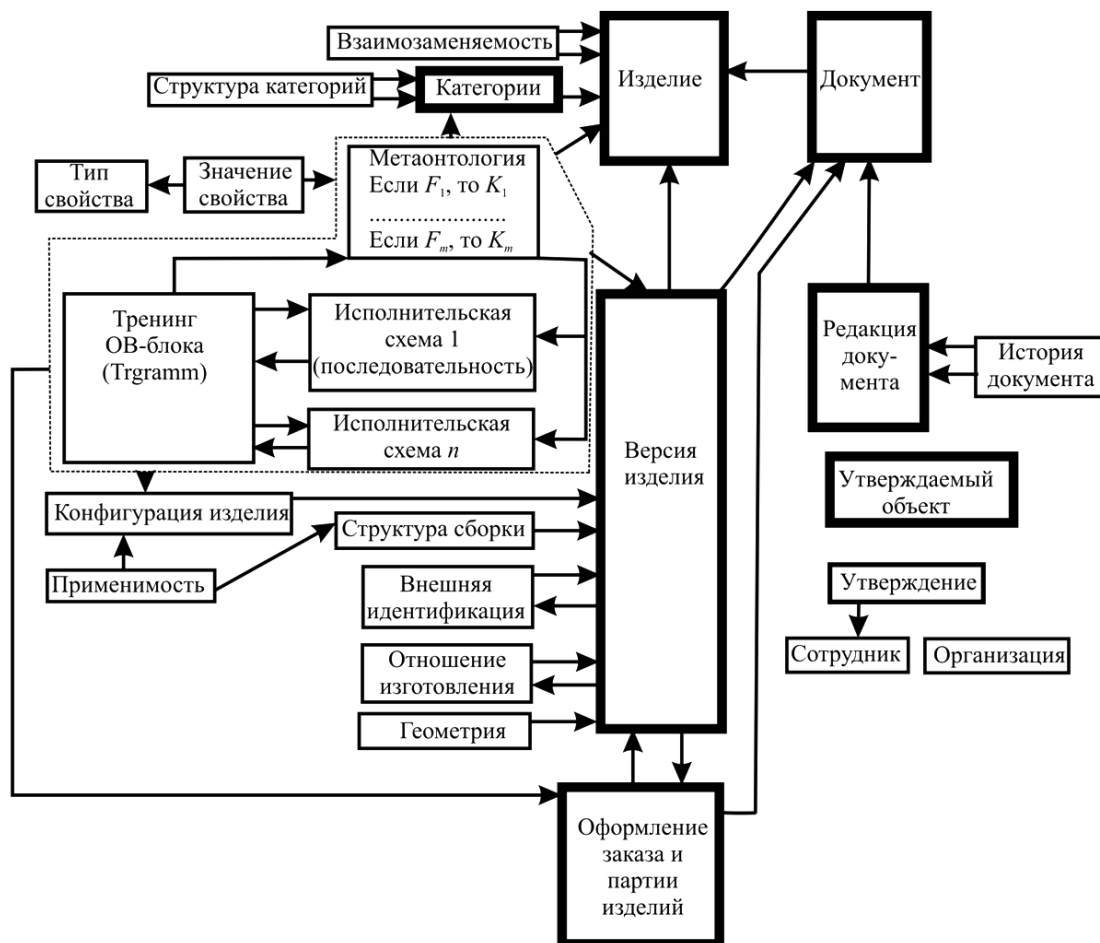
Возможности МОСТ-технологии [3] позволяют обеспечить системе большую открытость для подключения новых информационных ресурсов; проводить распределённый и автономный поиск;

осуществлять построение систем поддержки принятия решений.

На рисунке представлена схема применения МОСТ-технологии в ИСС.

Практика моделирования концептуальных спецификаций ИИС. Существуют сложные формации или системы, созданные и поддерживаемые человеком (коммерческие предприятия, корпорации и т. д.), представляющие собой совокупность взаимосвязанных объектов и процессов, в которых определённые объекты тем или иным образом участвуют. Онтологическое исследование подобных сложных систем позволяет накопить информацию об их работе, результаты анализа которой будут иметь решающее мнение при проведении реорганизации существующих и построении новых систем.

Для моделирования сложных систем управления промышленными процессами разработан ряд методологий. Например, методологии семейства IDEF (Integrated DEFinition) содержат 14 государственных стандартов и предназначены для анализа процессов взаимодействия в производственных системах. Для поддержки онтологического анализа предназначена методология IDEF5.



МОСТ-технология при описании изделий в интегрированной интеллектуальной среде

Процесс построения онтологии, согласно IDEF5, состоит из пяти основных действий:

изучение и систематизирование начальных условий (это действие устанавливает основные цели и контексты проекта разработки онтологии, а также распределяет роли между членами проекта);

сбор и накапливание данных (на этом этапе происходит сбор и накапливание необходимых начальных данных для построения онтологии);

анализ данных (заключается в анализе и группировке собранных данных, что облегчает построение терминологии);

начальное развитие онтологии (на этом этапе формируется предварительная онтология на основе отобранных данных);

уточнение и утверждение онтологии (является заключительной стадией процесса).

В любой системе существуют две основные категории предметов восприятия: объекты, составляющие систему, и взаимосвязи между этими объектами, характеризующие состояние системы.

На начальном этапе построения онтологии должны быть выполнены следующие задачи:

создание и документирование словаря терминов;

описание правил и ограничений, согласно которым на базе введённой терминологии формируются достоверные утверждения, описывающие состояние системы;

построение модели, которая на основе существующих утверждений позволяет формировать необходимые дополнительные утверждения.

Для поддержания процесса построения онтологии в IDEF5 разработаны специальные онтологические языки: схематический язык (Schematic Language-SL) и язык доработок и уточнений (Elaboration Language-EL).

Язык SL позволяет строить разнообразные типы диаграмм и схем в IDEF5. Основная цель этих диаграмм – наглядно и визуально представлять основную онтологическую информацию [2].

Существуют четыре основных вида схем, которые используются для накопления информации об онтологии в прозрачной графической форме:

диаграмма классификации (Classification Schematics) – обеспечивает механизм для логической систематизации знаний, накопленных при изучении системы;

композиционная схема (Composition Schematics) – механизм графического представления состава классов онтологии, позволяющий описывать, что из каких частей состоит, т. е. наглядно отображать состав объектов, относящихся к тому или иному классу;

схема взаимосвязей (Relation Schematics) – инструмент визуализации и изучения взаимосвязей между различными классами объектов в системе;

диаграмма состояния объекта (Object State Schematics) – средство документации процессов с точки зрения изменения состояния объекта.

Таким образом, диаграммы состояния в IDEF5 наглядно представляют изменение состояния или класса объекта в течение всего процесса. При построении концептуальной модели используются предметные знания в виде набора понятий и связывающих их отношений. Каждое понятие имеет имя и может иметь атрибуты.

Для определения технологий разработки концептуальных спецификаций введём термин «декларативное моделирование», которое включает формальный аппарат описания процессов построения онтологии и предполагает разработку визуально-графических средств реализации следующих функциональных задач:

обозначение целей и области применения создаваемой онтологии;

построение онтологии, включающее фиксирование знаний о проблемной области (ПрО), т. е. определение основных понятий и их взаимоотношений в выбранной предметной области; создание точных непротиворечивых определений для каждого основного понятия и отношения; определение терминов, которые связаны с этими терминами и отношениями; кодирование, т. е. разделение совокупности основных терминов, используемых в онтологии, на отдельные классы понятий; выбор или разработку формальных средств (специальных языков для представления онтологии); непосредственно задание фиксированной концептуализации на выбранном языке представления знаний;

совместное применение пользователями (исполнителями) общего понимания структуры системы;

обеспечение возможности использования знаний ПрО;

создание явных допущений в ПрО, лежащих в основе реализации;

отделение знаний ПрО от оперативных знаний.

В основе декларативного моделирования лежит описание системы (организации или предприятия) в терминах сущностей, отношений между ними и преобразование сущностей, которое выполняется в процессе решения определённой задачи [4].

Основной характерной чертой этого подхода является разделение реальных процессов на составляющие и классы объектов, определение их онтологий или совокупности фундаментальных свойств, которые определяют их изменения и поведение [5].

Декларативное моделирование подразумевает глубокий структурный анализ предметной области. Простейший алгоритм декларативного моде-

лирования может быть представлен следующими составляющими:

- выделение концептов (базовых понятий данной предметной области);

- определение «высоты дерева онтологий» (количество уровней абстракции);

- распределение концептов по уровням;

- построение связей между концептами (определение отношений и взаимодействий базовых понятий);

- консультации с различными специалистами для исключения противоречий и неточностей.

Декларативное моделирование начинается с составления словаря терминов, который используется при обсуждении и исследовании характеристик объектов и процессов, составляющих рассматриваемую систему, а также создания системы точных определений этих терминов. Кроме того, документируются основные логические взаимосвязи между соответствующими понятиями. Результатом моделирования является словарь терминов, точных их определений и взаимосвязей между ними.

Декларативное моделирование предполагает декомпозицию системы распределённого управления на этапы. Вместе с тем есть целый ряд особенностей, определяющих характер выполнения отдельных этапов. К таким особенностям относятся:

- коллективное использование знаний предполагает объединение и распределение источников знаний по различным субъектам, а следовательно, и решение организационных вопросов администрирования и оптимизации деловых процессов, связывающих пользователей систем;

- состав источников знаний определяется в принципе, конкретные источники знаний (особенно внешние источники знаний) можно добавлять по мере развития проекта;

- поскольку системы распределённого управления промышленными процессами имеют многоцелевое назначение, возникает потребность в интеграции разнообразных источников знаний на основе единого семантического описания пространства знаний.

Таким образом, концептуальная проработка реализации системы распределённого управления сводится к созданию онтологии, которая выполняется классически при взаимодействии исполнителей и экспертов. Разработка и поддержка онтологии в масштабе целого предприятия требуют постоянных усилий для её развития. Для сокращения затрат на разработку онтологии целесообразно применять онтологии, разработанные специализированными проектными организациями, которые могут использоваться на принципах тиражирования (разделения доступа) и повторного использования.

Перспективным направлением развития интеграции распределённых систем управления промышленными процессами представляется подход, определяемый МОСТ-технологией, при котором схемы взаимодействия онтологий создаются средствами самих объектов (концептов) при надлении их дополнительными свойствами принятия решений на уровне допустимых полномочий [6].

МОСТ-технология определяет механизм проектирования, функционирования и разработки сети распределённого управления (в стандартном варианте иерархического типа) из так называемых декларативных онтологических модулей (ДОМ) или декларантов. При этом статическая структура распределённой сети ДОМ-модулей блоков определяет «стратегию» процессов управления, а динамический механизм процессов «отработки» онтологических блоков (ОБ-блоков) описывает «альтернативу» процессов управления в сети распределённого управления.

МОСТ-технология позволяет формально описывать процессы поведения сети онтологических модулей, служит основой верификации, трансформации и оценки производительности систем распределённого управления.

МОСТ-технология должна обеспечивать не только доступ к онтологиям, но и функции контроля версий, репликации, экспорта (импорта). В распределённой сети системы должна быть возможность иметь «прозрачный» доступ к актуальным версиям любых онтологий, которые могут понадобиться при анализе данных.

Использование подобной технологии обеспечивает:

- универсальное программирование данных независимо от типа их источника;

- поддержку обобщённых приложений;

- упрощённый поиск, просмотр, изменение и анализ данных для приложений, утилит и средств разработки;

- использование одного интерфейса для доступа к разным уровням абстракции данных (когда метаданные доступны через единый программный интерфейс).

Для реализации интерфейса МОСТ-технологии и доступа к онтологиям можно использовать возможности Service Data Object, формирующего SDO-объекты, соответствующие активным и пассивным образам ИИС. Эти же технологические средства лежат в основе реализации компонент сервисов доступа к данным (Data Access Service, DAS). Для каждого возможного источника данных (реляционные базы данных, XML-документы, web-сервисы и т. д.) реализуется отдельная компонента, обеспечивающая поиск SDO-объектов и фиксирование их изменений на

основе метаданных, хранимых в метаонтологии. За любой онтологией можно закрепить определённый экземпляр соответствующей компоненты DAS, который, с одной стороны, использует её для обеспечения доступа, а с другой, определяет конкретное место хранения описанных в ней данных.

Идентификатор онтологии должен однозначно определять её «базовое» месторасположение относительно других серверов системы, обеспечивая быстрое нахождение источника данных в распределённой сети.

Предлагается вариант построения такой сети с помощью сервиса сообщений. Сообщение представляет собой набор параметров, определяющих целевой сервис, который должен быть вызван на каждом сервере и на который это сообщение будет послано, а также механизм возврата результатов работы этих сервисов в точку вызова. При этом на каждом сервере хранится набор таблиц маршрутизации, имеющих уникальные идентификаторы. Каждая таблица определяет набор параметров подключения к другим серверам приложений. Конечный пользователь использует сетевой сервис сообщений, создавая новое сообщение и определяя уникальный идентификатор таблицы маршрутизации. Сервис передаёт это сообщение на каждый из серверов, описанных в указанной таблице маршрутизации, используя такой же сетевой сервис на каждом из них. Таким образом, сообщение каскадно передаётся по всей заранее сконфигурованной сети, а пользователь получает набор результатов работы всех найденных целевых сервисов.

Заключение. Описанные принципы МОСТ-технологии являются ключевыми элементами обеспечения логики внутри сетевого взаимодействия узлов распределённой системы. Кроме описанной функциональности, МОСТ-технология обладает некоторыми дополнительными возможностями управления стратегиями передачи сообщений и организации иерархических сетей.

Для каждой системы в отдельности анализируются её данные и формируется отдельная онтология с метаданными (онтологической модели), описывающая их структуру и характер. Этот процесс автоматизируется средствами реинжиниринга данных и осуществляется соответствующими специалистами.

Библиографические ссылки

1. **Gruber N.R.** A Translation approach to portable ontologies // Knowledge Acquisition. 1993. № 5(2). P. 199–220.
2. **Farquhar A., Fikes R., Rice J.** The Ontolingua server: A tool for collaborative ontology construction // International Journal of Human-Computer Studies. 1997. № 46(6). P. 707–728.
3. **Горюнова В.В.** Модульная онтологическая системная технология в управлении промышленными процессами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 2. С. 59–64.
4. **Горюнова В.В.** Декларативное моделирование распределённых систем управления промышленными процессами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 9. С. 62–70.
5. **Горюнова В.В.** Онтологический подход к проектированию систем технического обслуживания // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 12. С. 24–29.



ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ: учебник

Ю.П. Чижков

Цена 495 р.

656 с. ISBN: 5-217-03358-4

Приведено описание конструкций, принципа работы и технических данных устройств и приборов электрического и электронного оборудования автомобилей и тракторов.

Отличительными особенностями учебника являются полнота охвата дисциплины и простота изложения, учет требований новых ГОСТов. Для лучшего усвоения материала учебник хорошо иллюстрирован.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы". Может быть полезен для студентов средних профессиональных учебных заведений, обучающихся по автотракторным специальностям, а также работникам автотранспортных предприятий и сервиса, лицам, интересующимся устройством электрооборудования автомобиля и трактора.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 681.51.015

Ю.А. Шичкина, канд. техн. наук (Братский государственный университет)

strange.y@mail.ru

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ДЕКЛАРИРОВАННЫХ

Представлены алгоритмы приведения реляционного отношения к нормальной форме Бойса–Кодда и определения ключевых атрибутов отношения.

Ключевые слова: реляционное отношение, нормальная форма, функциональная зависимость, декомпозиция, алгоритм, матрица.

Algorithms for relational relation reduction to normal Boys-Kodd's form and for relation key attribute definition are introduced.

Key words: relational relation, normal form, functional dependence, decomposition, algorithm, matrix.

Системы баз данных являются ядром, движущей силой любой информационной системы. Эта область информатики, базируясь на ряде других областей, имеет собственную проблематику, связанную со спецификой задач управления большими ресурсами данных в современных вычислительных средах с многообразием возможностей их архитектуры. Проектирование базы данных принято разбивать на ряд этапов: инфологическое, даталогическое и физическое моделирование. В настоящее время наиболее автоматизированы первый и последний этапы разработки базы данных.

Независимо от способа создания реляционной модели часто можно повысить качество проекта, реализуя определённые типы ограничений. Наиболее важным типом ограничений среди применяемых в контексте проекта реляционной базы данных является ограничение уникальности, называемое функциональной зависимостью. Ограничения этого типа обеспечивают возможность внесения изменений в модель базы данных для устранения информационной избыточности. Функциональные зависимости играют важную роль при нахождении ключей отношения, проверке на принадлежность отношения той или иной нормальной форме и, как следствие, при проведении декомпозиции отношения как одного из способов устранения аномалий, заключающегося в разбиении реляционной схемы (т. е. множества атрибутов) на две более «мелкие» схемы.

Процесс поиска функциональных зависимостей и ключей отношения — это прежде всего аналитический процесс. Большинство проектировщиков баз данных этап проверки отношений на их принадлежность той или иной нормальной форме просто пропускают, другие тратят достаточно много времени на исследование функциональных зависимостей, больше полагаясь на свой опыт и интуицию, чем на математический аппа-

рат. Формализовав процесс обработки функциональных зависимостей, можно выстроить алгоритм, с одной стороны, обеспечивающий нахождение оптимального решения задачи сведения к минимуму аномалии избыточности, с другой — позволяющий переложить решение этой задачи на компьютер, сделав процесс создания базы данных автоматизированным на всех этапах проектирования.

Наиболее полное представление о системах различной природы можно получить с помощью графов. Каждый объект, информация о котором хранится в базе данных, обладает рядом свойств. В реляционной модели совокупность однородных объектов образует отношение (таблицу), в котором каждая отдельно взятая запись соответствует одному объекту, а значения атрибутов записей — показателям свойств этого объекта.

Если рассматривать атрибуты отношения как узлы орграфа, то функциональную зависимость вида $A \rightarrow B$ можно рассматривать как дугу между вершинами A и B . Но подобные функциональные зависимости между атрибутами отношения составляют лишь малую часть общего числа возможных функциональных зависимостей. Поэтому множество атрибутов A_1, A_2, \dots, A_n отношения целесообразнее представить как оси n -мерного пространства. Тогда функциональная зависимость вида $A_1, A_2, \dots, A_k \rightarrow A_m$, где $\{A_1, A_2, \dots, A_k\} \in \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ — дуга, соединяющая точку в n -мерном пространстве с точкой на оси A_m , а функциональная зависимость $FD: A_k \rightarrow A_m$ — дуга, соединяющая точку на оси A_k с точкой на оси A_m . Таким образом, получим орграф, расположенный в n -мерном пространстве.

Ещё одной важной характеристикой графа является понятие смежности его вершин. Чтобы автоматизировать процесс поиска ключевых зависимостей и правила вывода новых отношений на основе уже существующих, функциональные за-

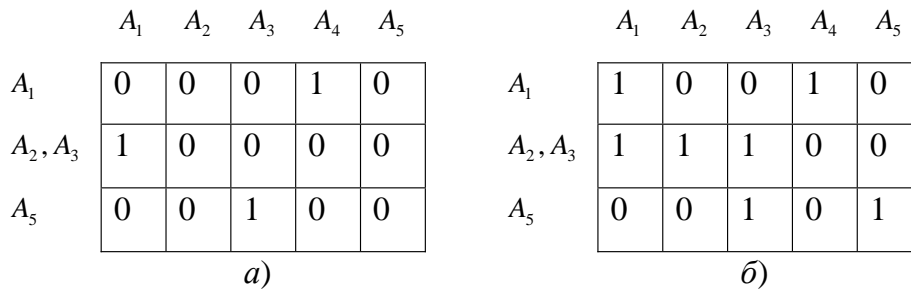


Рис. 1. Эквивалентные матрицы смежности до (а) и после (б) применения свойства рефлексивности функциональных зависимостей

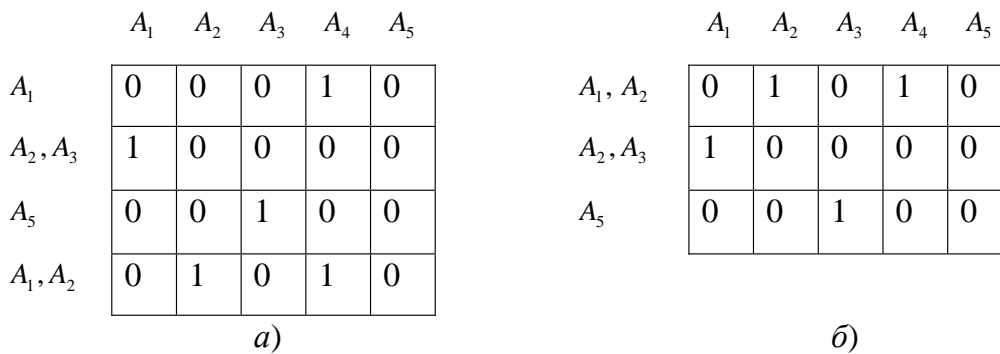


Рис. 2. Эквивалентные матрицы смежности до (а) и после (б) применения свойства присоединения функциональных зависимостей

зависимости можно представить в виде орграфа и поставить ему в соответствие матрицу смежности. Процесс анализа матрицы смежности и вывода с её помощью ключевых зависимостей отношения легко поддаётся компьютеризации, что является конечной целью данных исследований.

Для вывода функциональных зависимостей полезны следующие свойства.

Рефлексивность. Если $Y \in X$, то $X \rightarrow Y$.

Пусть дано отношение $R(A_1, \dots, A_5)$, в котором декларированы следующие зависимости: $A_1 \rightarrow A_4$; $A_2, A_3 \rightarrow A_1$; $A_5 \rightarrow A_3$. Матрица смежности орграфа функциональных зависимостей отношения R представлена на рис. 1, а.

Из функциональной зависимости $A_2, A_3 \rightarrow A_1$ по свойству рефлексивности можно вывести зависимости $A_2, A_3 \rightarrow A_2$ и $A_2, A_3 \rightarrow A_3$. Таким образом, в матрице смежности можно добавить единицы на пересечении строк и столбцов с одноименными атрибутами (рис. 1, б). Это обычно используется при применении свойств транзитивности или псевдотранзитивности, а также при приведении матрицы, например, к односторонне окаймлённой блочной диагональной форме.

Присоединение. Если $X \rightarrow Y$, то $XZ \rightarrow YZ$. Это свойство, как и свойство рефлексивности, обычно применяется в свойствах транзитивности или псевдотранзитивности.

Пусть по-прежнему дано отношение $R(A_1, \dots, A_5)$, в котором декларированы следующие зависимости: $A_1 \rightarrow A_4$; $A_2, A_3 \rightarrow A_1$; $A_5 \rightarrow A_3$. Матрица смежности орграфа этих функциональных зависимостей представлена на рис. 1, а.

По свойству присоединения к декларированным зависимостям можно добавить зависимость $A_1, A_2 \rightarrow A_4$, A_2 . В матрице смежности реализация этого свойства достигается добавлением новой строки (рис. 2, а) или добавлением имени атрибута к имени строки и единицы в столбце, соответствующем добавляемому атрибуту (рис. 2, б).

Разделение. Функциональную зависимость $A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B_1, B_2, \dots, B_m$ можно разбить на ряд функциональных зависимостей:

$$A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B_1;$$

$$A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B_2;$$

...

$$A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B_m.$$

Пусть в отношении $R(A_1, \dots, A_n)$ декларирована функциональная зависимость $A_i \rightarrow A_1, A_k \rightarrow A_r$ (рис. 3, а). По правилу декомпозиции эту FD можно разбить на совокупность зависимостей: $A_i \rightarrow A_1$; $A_i \rightarrow A_k$; $A_i \rightarrow A_r$. В матрице смежности это свойство достигается разбиением i -й строки на совокупность строк (рис. 3, б).

Объединение. Если $X \rightarrow Y$ и $X \rightarrow Z$, то $X \rightarrow YZ$.

В матрице смежности свойство объединения реализуется логическим сложением одноименных строк. Это свойство является обратным по отношению к свойству декомпозиции (см. рис. 3).

Транзитивность. Если $X \rightarrow Y$ и $Y \rightarrow Z$, то $X \rightarrow Z$.

Данное свойство активно используется в алгоритме декомпозиции отношения на ряд отношений, удовлетворяющих нормальной форме Бойса–Кодда, для стягивания подграфа в поддереву.

Рассмотрим, как свойство транзитивности реализуется в матрице смежности в зависимости от числа атрибутов в левой и правой частях функциональной зависимости.

Вариант 1. Один атрибут функционально обуславливает один атрибут.

Пусть в отношении $R(A_1, \dots, A_n)$ декларированы функциональные зависимости $A_i \rightarrow A_r$; $A_r \rightarrow A_k$ (рис. 4, а). По правилу транзитивности эту зависимость можно стянуть в зависимость $A_i \rightarrow A_k$. В матрице смежности это свойство достигается логическим прибавлением строки с номером r к строке с номером i (рис. 4, б). Другими словами, если на пересечении строки с номером i и столбца с номером r , а также на пересечении строки с номером r и столбца с номером k стоит единица, и

атрибуты, соответствующие строке с номером r и столбцу с номером r , совпадают, то на пересечении строки i и столбца с номером k можно тоже поставить единицу, а строку с номером r удалить.

Вариант 2. Несколько атрибутов в совокупности функционально обуславливают один атрибут.

В отношении $R(A_1, \dots, A_n)$ декларированы функциональные зависимости: $A_i, A_j \rightarrow A_r$; $A_r \rightarrow A_k$ (рис. 5, а) По правилу транзитивности эту функциональную зависимость можно стянуть в зависимость: $A_i, A_j \rightarrow A_k$ (рис. 5, б).

Вариант 3. Несколько атрибутов в совокупности функционально обуславливают несколько атрибутов.

В отношении $R(A_1, \dots, A_n)$ декларированы следующие функциональные зависимости: $A_i, A_j \rightarrow A_r, A_t$; $A_r \rightarrow A_k, A_p$ (рис. 6, а). По правилу транзитивности эту зависимость можно стянуть в зависимость $A_i, A_j \rightarrow A_k$ (рис. 6, б).

Псевдотранзитивность. Если $X \rightarrow Y$ и $WY \rightarrow Z$, то $WX \rightarrow Z$.

Пусть в отношении $R(A_1, \dots, A_n)$ декларированы функциональные зависимости $A_i \rightarrow A_r$; $A_r, A_j \rightarrow A_k, A_p$ (рис. 7, а). По правилу псевдотранзитивности эту зависимость можно стянуть в зависимость A_j ,

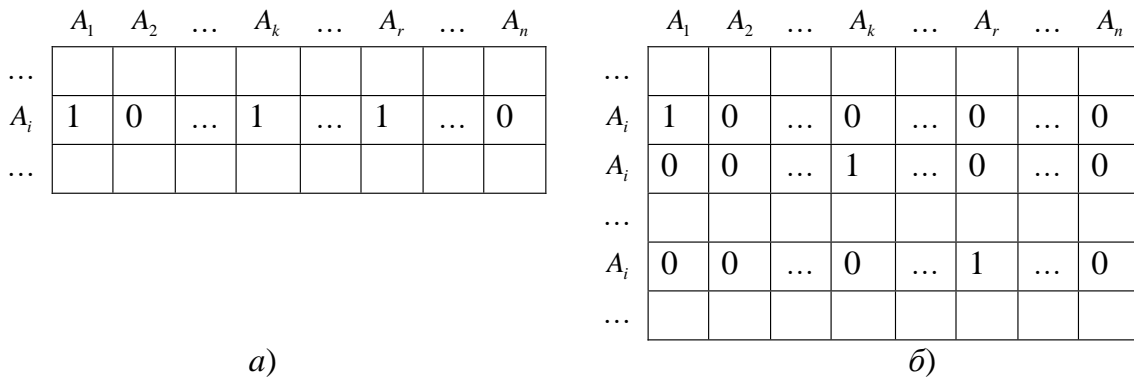


Рис. 3. Эквивалентность матрицы смежности по свойству декомпозиции функциональных зависимостей

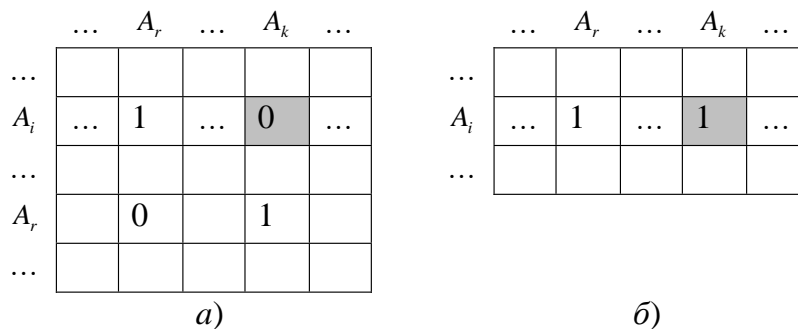


Рис. 4. Эквивалентность матрицы смежности по свойству транзитивности функциональных зависимостей

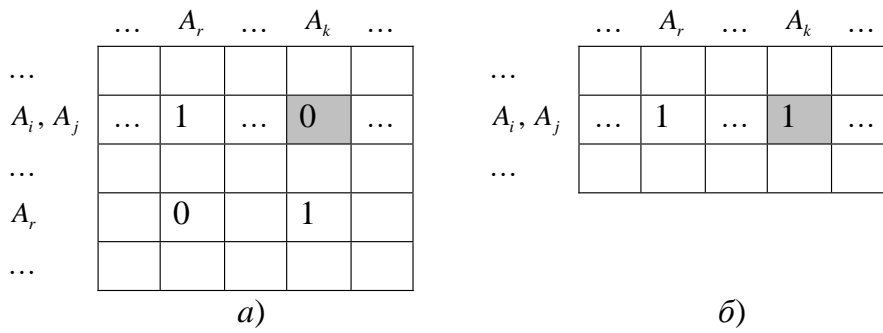


Рис. 5. Эквивалентность матрицы смежности по свойству транзитивности функциональных зависимостей

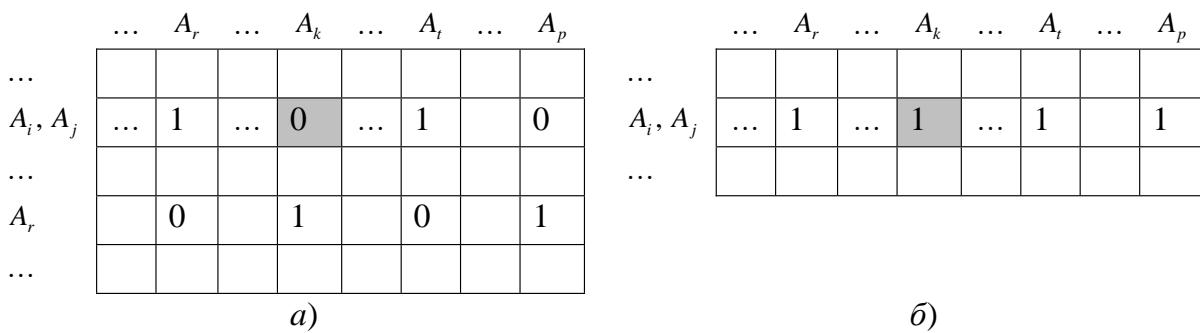


Рис. 6. Эквивалентность матрицы смежности по свойству транзитивности функциональных зависимостей

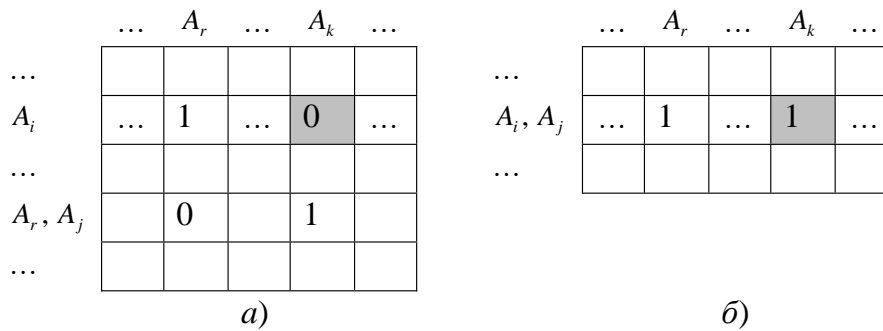


Рис. 7. Эквивалентность матрицы смежности по свойству псевдотранзитивности функциональных зависимостей

$A_j \rightarrow A_k$. В матрице смежности это свойство достигается логическим прибавлением строки с номером r к строке с номером i (рис. 7, б) с добавлением недостающих атрибутов к имени строки с номером i из строки с номером r . Другими словами, если на пересечении строки с номером i и столбца с номером r , а также на пересечении строки с номером r и столбца с номером k стоит единица, и атрибуты, соответствующие строке с номером r и столбцу с номером r , частично совпадают, то на пересечении строки с номером i и столбца с номером k можно тоже поставить единицу, а строку с номером r удалить.

Все перечисленные выше правила преобразования матрицы смежности орграфа в соответствии со свойствами функциональных зависимостей используются при поиске ключа отношения по матрице смежности. Эти правила позволяют перейти от ручного перебора функциональных зависимостей к компьютерному решению данной задачи.

Поиск ключевого ограничения в реляционной схеме — первоочередная задача, решаемая с помощью правил преобразования матрицы смежности орграфа функциональных зависимостей, но не единственная.

Определив функциональные зависимости в схеме базы данных, её проектировщики и разработчики должны обеспечить механизмы предотвращения нарушений этих зависимостей. Пользователи системы базы данных должны быть уверены в том, что все данные в ней согласуются с функциональными зависимостями. Любая попытка изменения данных должна быть отклонена, если эти изменения приведут к возникновению несогласованного состояния.

Важным моментом для разработки баз данных является поиск путей уменьшения цены поддержания ограничений, налагаемых функциональной зависимостью.

Правила, описанные в данной статье, помогут обеспечить не только алгоритмизацию процесса поиска ключа, но и поиск всех возможных функциональных зависимостей в целях более корректного определения ограничений ссылочной целостности.

Библиографические ссылки

1. Гарсия-Молина Г., Ульман Д., Уидом Д. Системы баз данных. Полный курс: Пер. с англ. М.:Издательский дом «Вильямс», 2003. 1088 с.

2. Карпова Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация. СПб.: Питер, 2001. 304 с.

УДК 004.822

Д.В. Блувштейн, В.П. Зубков, канд. техн. наук, доц.
(Ивановский государственный энергетический университет)

pk411404@rambler.ru

СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ ФРЕЙМОПОДОБНОГО ВИДА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ

Рассмотрены представления знаний в интегрированной системе с использованием семантической сети фреймоподобного вида. Описаны преимущества представления знаний в виде семантических сетей фреймоподобного вида перед представлением этих знаний в виде фреймов и классических семантических сетей. Приведена общая схема программы, являющейся основой машины логического вывода в семантических сетях фреймоподобного вида.

Ключевые слова: интегрированная система, фрейм, семантическая сеть, семантическая сеть фреймоподобного вида, интерфейс с элементами интеллектуальности, экспертная система, диалог, машина логического вывода.

Knowledge presentation in the integrated system through with using of frame-like type semantic net are considered. Advantages of the knowledge presentation as frame-like type semantic nets in comparison with this knowledge presentation as frames and classic semantic nets are described. General program layout that is basis of the logical output device in the framelike type semantic nets is given.

Key words: integrated system, frame, semantic net, frame like type semantic net, interface with intellectuality elements, expert system, dialogue, logical output device.

Введение. Анализ развития различных видов интерфейсов приводит к заключению, что будущее за интерфейсом с элементами интеллектуальности (интеллектуальным интерфейсом), ориентированным на широкий круг пользователей. Постановка вопроса об интеллектуализации интерфейса связана с уменьшением требований к пользователю по объёму знаний из различных областей при расширении совокупности решаемых задач. Множество задач имеют разную специфику, и для решения какой-то определённой задачи порой целесообразно использовать несколько прикладных программ.

Возникает необходимость в интерфейсах, позволяющих различным пользователям эффективно использовать программное обеспечение независимо от степени его сложности. Интерфейс с элементами интеллектуальности предполагает диалог с пользователем на ограниченном естественном языке (ЕЯ). Такой интерфейс решает проблему, не исключая устоявшейся парадигмы понимания интерфейса пользователем. Интерфейс с элементами интеллектуальности использует прикладные задачи, представляющие собой тексты задач на ЕЯ, которые могут представлять некоторым множеством запросов, сформули-

рованных на этом языке. При решении задач используются тексты деловой прозы или научные тексты на ЕЯ в определённой предметной области (ПО), имеющие функции коммуникативности и информативности.

Интегрированность системы заключается во взаимодействии интерфейса с элементами интеллектуальности и экспертной системы.

Подход, при котором используется комбинация семантических сетей с другими методами представления знаний, наиболее эффективен. Это связано с однородностью представления и минимальным количеством требуемых инвариантных программных компонент. В качестве модели представления знаний предлагается использовать семантические сети фреймоподобного вида (СемСФрВ). СемСФрВ – это размеченная семантическая сеть, в которой имена подсписков являются аналогами слотов. Размеченная семантическая сеть состоит из подсписков, где каждый подсписк имеет уникальное имя. СемСФрВ включают родовидовые отношения, которые позволяют реализовать наследование свойств от объектов-источников. Это обстоятельство приводит к тому, что СемСФрВ приобретают достоинства представления знаний в виде фреймов.

Основная часть. Интегрированность системы подразумевает совместное, взаимосвязанное по определённым правилам функционирование отдельных блоков или модулей программы, предназначенных для выполнения конкретных задач на основе одних и тех же групп параметров и данных. Система позволяет определять уровень доступа к данным для каждого компонента и получать необходимые результаты. В интегрированной системе используется смешанное представление знаний в виде фреймов и семантических сетей.

Структура фрейма, позволяющего создавать базы знаний (БЗ) различного уровня, аналогична структурному информационному представлению человека. Фрейм имеет уникальное имя, расположенное в начале его описания. К одному фрейму могут обращаться несколько других фреймов, при этом используются разные имена. Один внешний фрейм может использовать свои имена, которые другим внешним фреймам недоступны. Это показывается в слоте псевдонимов: [(Псевдонимы_фрейма <Список псевдонимов фрейма>)]. Список <Структура> отражает слоты и подслоты данного фрейма. При решении задач фрейм является активным или пассивным, что отражается в слоте активности: (Активность <Активность>) [(Список дополнительных слотов>)].

Во фрейме могут быть указаны задачи, которые способен решать данный фрейм. Если задачи не указаны, это означает, что фрейм ещё не научился решать ни одной задачи. Описания задач

содержат либо конкретные примеры, либо общее описание, либо смешанное представление: [(Задачи (<Задача1> <ЗадачаM>))][(<Список дополнительных слотов>)]. С помощью активности указывается совокупность решаемых задач. Для решения задач могут использоваться различные процессы. Информация о них важна для самого фрейма и прозрачна для внешних фреймов: (Процессы <Имя> (<Описания>) (<Знания1> <Источники1> <Получатели1> <Имя1> <Процесс1>) (<ЗнанияN> <ИсточникиN> <ПолучателиN> <ИмяN> <ПроцессN>)). Входные каналы предназначены для приёма информации, выходные – для выдачи информации. Входной канал во фрейме может иметь имя входного канала, псевдонимы входного канала, описания и обязательно должен иметь имя и условия действия. Описание входного канала во фрейме следующее: (Входной_канал_1 [<Имя входного канала 1>] [(Псевдонимы_входного_канала_1 <Список псевдонимов>)] [(Описания>)] ((Имя действия 1> (<Условия действия 1>)) (<Имя действия K₁> (<Условия действия K₁>))). Описание выходного канала аналогично описанию входного канала.

При проектировании и разработке фреймов возникают вопросы автономности, возможности сочетания активных и пассивных процедур, адаптивности, самообучаемости и т. д. Относительно высокая сложность данных вопросов проявляется в снижении скорости работы механизма вывода. Во фреймовых системах затруднена обработка исключений.

Структура СемСФрВ аналогична структуре приведённого выше фрейма, но более проста:

(СемСФрВ_N ((ИМЯ(ЗН(<множество значений>)))(НВ(ЗН(<множество значений>)))(ЗНВ(ЗН(<множество значений>)))(УСТ_НВ(ЗН(<множество значений>)))(ОБОЗН_НВ(ЗН(<множество значений>)))(УТОЧ_НВ(ЗН(<множество значений>)))(АДРЕС_НВ(ЗН(<множество значений>)))(ПРИМ_НВ(ЗН(<множество значений>)))(КОМ_НВ(ЗН(<множество значений>)))(КВ(ЗН(<множество значений>)))(ЗКВ(ЗН(<множество значений>)))(УСТ_КВ(ЗН(<множество значений>)))(ОБОЗН_КВ(ЗН(<множество значений>)))(УТОЧ_КВ(ЗН(<множество значений>)))(АДРЕС_КВ(ЗН(<множество значений>)))(ПРИМ_КВ(ЗН(<множество значений>)))(КОМ_КВ(ЗН(<множество значений>)))(ОТН(ЗН(<множество значений>)))(СИНОН(ЗН(<множество значений>)))).

Приведённое описание отражает список нулевого уровня (СНУ), который может многократно повторяться. СНУ – это элемент регулярного выражения, отражающий отношение (ОТН) между некоторыми предметами, процессами или явлениями (объектами), указанными в начальной

(НВ) и конечной (КВ) вершинах СНУ, значения которых определены в полях значений НВ (ЗНВ) и КВ (ЗКВ). Объекты могут иметь дополнительные характеристики, условия, ограничения, что отображается с помощью дополнительных под-списков: установка (УСТ_НВ, УСТ_КВ); обозначение (ОБОЗН_НВ, ОБОЗН_КВ); уточнение (УТОЧ_НВ, УТОЧ_КВ); адрес (АДРЕС_НВ, АДРЕС_КВ); примечание (ПРИМ_НВ, ПРИМ_КВ); комментарии (КОМ_НВ, КОМ_КВ); синоним (СИНОН). Если между объектами существуют либо множественные связи с различными отношениями, либо одно и то же отношение имеет место между многими объектами, то это показывается добавлением новых СНУ.

Интегрированная система может использоваться в следующих направлениях:

- интегрирование интерфейса с элементами интеллектуальности и экспертной системы. В этом случае интегрированная система решает те задачи, которые возникают в прикладной области;

- решение слабоформализованных задач малой и средней сложности в среде интегрированной системы, состоящей из экспертной системы и интерфейса с элементами интеллектуальности;

- создание с помощью интерфейса с элементами интеллектуальности по тексту запросов соответствующих СемСФрВ, которые используются при организации конкретных расчётов. Прикладные задачи, представляющие собой тексты на ЕЯ, являются запросами, которые преобразуются в структурированную информацию. Содержащуюся в БЗ информацию можно описать таким образом: из истинности отношения между элементами суждения следует истинность отношения между запросом и утверждением в БЗ, что описывается формулой

$$(\forall j) (\exists z, st) (p(j) \Rightarrow q(z, st)),$$

где j – суждение; z – запрос; st – утверждение; p, q – предикатные символы.

Интегрированная система обладает определёнными функциями, в том числе:

- организацией диалога;

- созданием СемСФрВ;

- решением задач с использованием СемСФрВ.

Пример простого запроса текста задачи: «Определить затраты на электроэнергию и оплату труда при смешивании минеральных удобрений». Классически организованная семантическая сеть определений имеет описание процессов или объектов, находящееся в НВ, и их определения, находящиеся в КВ, которые связаны ОТН. Это показано в следующем примере:

((затраты на электроэнергию) (есть) (выраженные в денежной форме расходы предприятия за расход электроэнергии))

((затраты на оплату труда) (есть) (заработная плата основных производственных рабочих, дополнительная заработная плата основных производственных рабочих и отчисления на социальное страхование))

((удобрение) (есть) (вещество, вносимое в почву для улучшения питания растений и повышения урожайности))

Семантическая сеть определений фреймподобного вида (СемСО) имеет описание процессов или объектов, находящееся в НВ, и их определения, находящиеся в КВ, которые связаны ОТН. В НВ и КВ могут находиться дополнительные характеристики. В приведённом ниже примере СНУ существует ОТН «есть» между НВ и КВ. СНУ всегда имеет заголовок в следующем виде: ИМЯ_номер, а в качестве имени взяты символы СемСО:

(СемСО_1 (НВ(ЗН(затраты на электроэнергию))) (КВ(ЗН(выраженные в денежной форме расходы предприятия за расход электроэнергии)))(ОТН(ЗН(есть))))

(СемСО_2 (НВ(ЗН(затраты на оплату труда))) (КВ(ЗН(заработная платы основных производственных рабочих, дополнительная заработная плата основных производственных рабочих и отчисления на социальное страхование)))(ОТН(ЗН(есть))))

(СемСО_3 (НВ(ЗН(удобрение)))(КВ(ЗН(вещество, вносимое в почву для улучшения питания растений и повышения урожайности)))(ОТН(ЗН(есть))))

Семантическая сеть задачи первого уровня фреймподобного вида (СемСЗ1) описывает структуру задачи. НВ содержит либо целевое слово, либо описание процесса или объекта. КВ содержит описание процесса или объекта. СИНОН и КОМ в приводимых примерах, как правило, не содержат описания. СНУ имеет заголовок в виде: ИМЯ_номер. В данном случае в качестве имени взяты символы СемСЗ1. СНУ показывают ОТН «цель» и «вид расчёта» между НВ и КВ. Связь между СНУ устанавливается повторением в НВ того, что было указано ранее в КВ:

(СемСЗ1_1 (НВ (ЗН (Определить)))(КВ (ЗН (затраты на электроэнергию)))(ОТН (ЗН (цель)))(СИНОН (ЗН()))(КОМ (ЗН(затраты в рублях))))

(СемСЗ1_2 (НВ (ЗН (Определить)))(КВ (ЗН (затраты на оплату труда)))(ОТН (ЗН (цель)))(СИНОН (ЗН()))(КОМ (ЗН(затраты в рублях))))

(СемСЗ1_3 (НВ (ЗН (затраты на электроэнергию)))(КВ (ЗН (смешивании минеральных удобрений)))(ОТН (ЗН (вид расчёта)))(СИНОН (ЗН()))(КОМ (ЗН())))

(СемСЗ1_4 (НВ(ЗН (затраты на оплату труда)))(КВ(ЗН (смешивании минеральных удобрений)))(ОТН (ЗН (вид расчёта)))(СИНОН (ЗН()))(КОМ (ЗН())))

Структуру, подобную СемСО и СемСЗ1, имеют СемСФрВ, реализующие родовидовое отношение, причинно-следственную связь, а также описывающие план решения задачи, представляющие непосредственное решение задачи и др.

Рассмотрим некоторые преимущества представления знаний в виде семантических СемСФрВ.

1. Возможность организации ссылок внутри сети:

(СемСО_10 (НВ(ЗН(КВ(ЗН(СемСО_6(ЗН_1-ЗН_2)))(ОТН)))

В данном примере из КВ десятого СЧУ СемСО осуществлена ссылка на шестой СЧУ СемСО, значения которого копируются в КВ десятого СЧУ СемСО.

2. Возможность организации ссылок между сетями:

(АСемФС_10 (НВ(ЗН(КВ(ЗН(СемКлС_8(ЗН_1)))) (ОТН)),

где АСемФС – абстрактная семантическая функциональная сеть фреймоподобного вида; СемКлС – семантическая классификационная сеть фреймоподобного вида.

В этом примере из КВ десятого СЧУ АСемФС осуществлена ссылка на восьмой СЧУ СемКлС, значения которого копируются в КВ десятого СЧУ АСемФС.

3. Расширенное представление фреймов для возможности создания сетей:

использование одного и того же понятия в слотах различных СемСФрВ;

получение СЧУ возможно при наличии связей между сетями. В приведённом ниже примере из НВ десятого СЧУ АСемФС осуществлена ссылка на КВ первого СЧУ СемСО, значения из которого копируются в НВ десятого СЧУ АСемФС. Также из КВ десятого СЧУ АСемФС осуществлена ссылка на КВ первого СЧУ АСемФС, значения из которого копируются в КВ десятого СЧУ АСемФС.

(АСемФС_10(НВ(ЗН(СемСО_1КВ_ЗН_выраженные в денежной форме расходы предприятия за расход электроэнергии)))(КВ (ЗН (АСемФС_1КВ_ЗН_Производство расхода электроэнергии за 1 час работ на затраты труда за весь объём работ и на стоимость 1 кВт-час)))(ОТН (ЗН (равно))))

За счёт большого числа связей получаем СЧУ конкретной семантической функциональной сети фреймоподобного вида (КСемФС):

(КСемФС_1 (НВ(ЗН(Зэ)))(КВ (ЗН (Р_Э * З_Т * Ц)))(ОТН (ЗН (равно))))

В НВ находится результирующая переменная, которая может принимать различные значения. В КВ находится формула для расчёта.

По сформулированному тексту задачи создаётся СемСЗ1, в которой выделяются лексемы и образуется СемСФрВ, учитывающая смыслы, изложенные в толковых словарях. При взаимодействии СемСЗ1, СемСО, СемКлС, АСемФС, КСемФС и других сетей создаётся семантическая сеть диалога фреймоподобного вида (СемСД). Функционал конечной сети СемСД заключается в непосредственном предоставлении возможности решения задачи, необходимой пользователю.

При данном взаимодействии сетей и отсутствии информации необходим диалог, который осуществляется через интерфейс с элементами интеллектуальности для пополнения отсутствующими знаниями СемСФрВ. В рассмотренных выше списочных структурах описано содержание СемСФрВ, существующее до разбора данной задачи, и приведена СемСЗ1. Однако в этих СемСФрВ имеются не все понятия, которые присутствуют в тексте задачи, а некоторые из них имеют достаточно широкую интерпретацию. Поэтому необходима организация диалога с элементами интеллектуальности на базе соответствующего интерфейса. Выходными данными при таком функционировании является СемСЗ1. При сопоставлении СемСО и СемСЗ1, обнаруживается отсутствие ряда понятий (<http://www.dialog-21.ru/Archive/2004/Bluvshstein.htm> (дата обращения: 22.09.2009)). Например, если имеется СемСО и СемСЗ1, в качестве базовой указана СемСО, то после сопоставления понятий можно записать следующее:

(СемСО_1 (НВ(ЗН(затраты на электроэнергию))) (КВ(ЗН(выраженные в денежной форме расходы предприятия за расход электроэнергии)))(ОТН(ЗН(есть))))

(СемСО_2 (НВ(ЗН(затраты на оплату труда))) (КВ(ЗН(заработная плата основных производственных рабочих, дополнительная заработная плата основных производственных рабочих и отчисления на социальное страхование)))(ОТН(ЗН(есть))))

(СемСО_3(НВ(ЗН(удобрение)))(КВ(ЗН(вещество, вносимое в почву для улучшения питания растений и повышения урожайности)))(ОТН(ЗН(есть))))

(СемСО_4 (НВ(ЗН(минеральное удобрение))) (КВ(ЗН(?)))(ОТН(ЗН(?))))

К имеющимся СЧУ СемСО добавляется ещё один СЧУ СемСО. В НВ находится описание объекта. В КВ нет никакого определения, соответственно отсутствует ОТН между вершинами.

После сопоставления появилось неопределённое понятие (возможно появление нескольких неопределённых понятий), что не означает значительного увеличения объёма СемСФрВ с каждой новой задачей.

Интерфейс с элементами интеллектуальности должен организовать диалог по неопределённому понятию (если неопределённых понятий несколько, то по каждому). Берётся неопределённое понятие «минеральное удобрение» и выдаётся просьба в виде «Дайте определение понятию «минеральное удобрение»». Пользователь либо сможет ввести определение, либо не сможет. В первом случае интегрированная система, разместив в нужном месте информацию, начнёт исследовать другие СемСФрВ на предмет проверки недостаточности информации. Предположим, что в СемКлС отсутствует понятие «минеральное удобрение». Вопросы или сообщения, которые выдаёт интерфейс с элементами интеллектуальности, готовит экспертная система. Используя информацию в СемКлС, она может последовательно готовить такие вопросы: «Фосфорные удобрения относятся к минеральным удобрениям?», «Калийные удобрения относятся к минеральным удобрениям?» (ответ: да, нет или не знаю). После выдачи сообщений интерфейсом с элементами интеллектуальности и в случае положительных ответов СемКлС изменится следующим образом:

(СемКлС_1 (НВ(ЗН(затраты))) (КВ(ЗН(затраты на электроэнергию))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_2 (НВ(ЗН(затраты))) (КВ(ЗН(затраты на оплату труда))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_3 (НВ(ЗН(затраты на оплату труда))) (КВ(ЗН(затраты на оплату труда с доплатой за качество и срок))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_4 (НВ(ЗН(затраты на оплату труда))) (КВ(ЗН(затраты на оплату труда с доплатой за классность))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_5 (НВ(ЗН(затраты на оплату труда))) (КВ(ЗН(затраты на оплату труда с доплатой за стаж))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_6 (НВ(ЗН(затраты на электроэнергию))) (КВ(ЗН(затраты на электроэнергию при полном рабочем дне))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_7 (НВ(ЗН(затраты на электроэнергию))) (КВ(ЗН(затраты на электроэнергию при неполном рабочем дне))) (ОТН(ЗН(включают))))

(СемКлС_8 (НВ(ЗН(минеральное удобрение))) (КВ(ЗН(фосфорное минеральное удобрение))) (ОТН(ЗН(включает))))

(СемКлС_9 (НВ(ЗН(минеральное удобрение))) (КВ(ЗН(калийное минеральное удобрение))) (ОТН(ЗН(включает))))

<...>

К имеющимся СНУ СемКлС добавляются два СНУ СемКлС. В НВ находится описание объекта, являющееся родовым понятием, в КВ – описание объекта, являющееся видовым понятием по отношению к данному родовому понятию.

В случае невозможности ввода определения пользователем интегрированная система начи-

нает диалог, предполагая, что при оказании методической помощи пользователь сможет ввести определение понятия «минеральное удобрение». Не исключается при этом наличие полного отказа от ввода определения. В этом случае заканчивается работа с текстом данной задачи.

Для описания общей схемы программы, являющейся основой машины логического вывода, применим к СемСФрВ теорию схем программ. Некоторые части СемСФрВ являются схемами функционально эквивалентных подпрограмм. В СемСФрВ встречаются описания переменных, функциональных, предикатных и специальных символов. Число этих символов достаточно для описания схемы программы и схем подпрограмм. Машину логического вывода (МЛВ) для любой СемСФрВ можно построить в виде обработчика схем подпрограмм. В этом случае необходим интерпретатор, отображающий различные символы конкретных СемСФрВ в стандартные символы схем подпрограмм. При данном рассмотрении под МЛВ будем понимать обработчик схем подпрограмм и интерпретатор. При выявлении функционально эквивалентных подпрограмм, являющихся частями СемСФрВ, формируются шаблоны этой части и ссылки с конкретными значениями параметров во всех областях СемСФрВ, содержащих эти части.

Обработчик схем подпрограмм использует выражение $I(E(Val))$, где I – интерпретация; E – выражение, содержащееся в СемСФрВ; Val – множество значений, передаваемое с выражением.

При интерпретации множество символов ПО отображается на множестве символов теории схем программ, возникает сложность при отображении функциональных и специальных символов из конкретной ПО в функциональные и специальные символы теории схем программ. Обработчик является инвариантной частью МЛВ. БЗ должна хранить структурированную информацию, с которой может работать МЛВ. Между функциональными символами f и переменными x конкретной ПО имеются отношения P , показывающие зависимости. С помощью МЛВ эти зависимости отображаются в теории схем программ Q . Отношение Q содержит переменные t и функциональные символы g , являющиеся образами переменных и функциональных символов определённой ПО. МЛВ доказывает истинность отношения Q . Так как Q является результатом интерпретации, то из истинности Q следует истинность P , что описывается следующими формулами:

$$I: P(f, x) \rightarrow Q(g, t);$$

$$(\forall f, x) (\exists g, t) (Q(g, t) \rightarrow P(f, x)).$$

Заключение. Интегрированная система обладает преимуществом объединения всех компонентов одними понятиями и категориями, что значительно повышает управляемость функционированием системы в целом.

В интегрированной системе используется смешанное представление знаний, а именно СемСФрВ, ряд преимуществ которых заключается в возможности организации ссылок внутри сети; возможности организации ссылок между сетями и расширенного представления фреймов для создания сетей.

Не все понятия, присутствующие в тексте задачи, имеются в СемСФрВ или имеют достаточно широкую интерпретацию. При организации диа-

лога по неопределённому понятию интерфейс с элементами интеллектуальности запрашивает у пользователя определение для этого понятия. Вопросы, выдаваемые с помощью интерфейса с элементами интеллектуальности, готовит экспертная система, и в случае положительных ответов происходит пополнение СемСФрВ. Если пользователь не может ответить, ему оказывается методическая помощь для ввода определения по неопределённому понятию. В случае отказа пользователем отвечать на вопросы, заканчивается работа с текстом данной задачи.

Теория схем программ используется для описания общей схемы программы, являющейся основой МЛВ.

УДК 621.396.931

А.А. Иволгин, А.Г. Янишевская, канд. техн. наук, доц.
(Омский государственный технический университет)

a.a.ivolgin@gmail.com

ТРАНСПОРТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Описаны основные преимущества и недостатки использования волоконно-оптических линий при проектировании сотовой связи третьего поколения. Рассмотрены технические характеристики волоконно-оптических линий, влияющие на качество оказываемых услуг в различных сетях сотовой связи.

Ключевые слова: третье поколение мобильной сотовой связи, волоконно-оптические линии связи, световод, дисперсия, телефонная нагрузка.

Principal advantages and limitation of fibre optic line usage when projecting honeycomb connection of the third generation are described. Fibre optic line technical behaviors are considered which have an influence on rendered service quality in different nets of the honeycomb connection.

Key words: mobile honeycomb connection of the third generation, fibre optic connection lines, light guide, dispersion, telephone loading.

Сотовая связь третьего поколения должна обеспечивать высокую скорость передачи данных до «последней мили» за счёт надёжной скоростной высокоёмкостной помехоустойчивой транспортной составляющей каждой базовой станции. Для доставки информации 3G пользователям наиболее оптимальным являются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), использующие так называемое оптическое волокно. Передача информации по ВОЛС обладает рядом достоинств по сравнению с передачей по медному кабелю: широкая полоса пропускания даёт возможность использовать для потока информации в несколько терабит в секунду один волоконно-оптический кабель (ВОК), низкий уровень шума в ВОК позволяет увеличить полосу пропускания за счёт модулированного сигнала с малой избыточностью кода.

Диэлектрическое волокно ВОЛС обеспечивает высокую помехозащищённость от электромагнитных помех и минимум затуханий светового сигнала в волокне, имеет малую массу и объём, задаёт высокую защищённость от несанкционированного доступа за счёт того, что ВОК практически не излучает электромагнитные импульсы в радиодиапазоне, поэтому передаваемую по нему информацию трудно подслушать.

Простейший ВОК представляет собой круглый диэлектрический стержень, окружённый диэлектрической оболочкой. Для передачи электромагнитной энергии по световоду используется явление полного внутреннего отражения на границе раздела двух диэлектрических сред. Лучи распространяются в оптически более плотной среде, окружённой менее плотной.

Затухание в ВОК характеризуется собственными потерями $a_{\text{соб}}$ в волоконных световодах и дополнительными $a_{\text{доп}}$, обусловленными деформацией и изгибами световодов при наложении покрытий и защитной оболочки в процессе изготовления кабеля.

Собственные потери ВОК состоят в первую очередь из потерь поглощения $a_{\text{п}}$ и рассеяния $a_{\text{р}}$:

$$a_{\text{соб}} = a_{\text{п}} + a_{\text{р}} + a_{\text{пр}},$$

где $a_{\text{пр}}$ – потери, связанные с наличием посторонних примесей.

Потери на поглощение существенно зависят от чистоты материала и могут быть значительными при наличии посторонних примесей.

Затухание в результате потерь поглощения связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, линейно увеличивается с частотой, зависит от свойств материала световода и определяется по формуле

$$a_{\text{п}} = 8,69 \cdot 10^3 \frac{\pi n_1 \text{tg} \delta}{\lambda},$$

где n_1 – показатель преломления сердцевинки; λ – длина волны, мкм; $\text{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь (для кварца составляет 10^{-10}).

Таким образом, частотная зависимость затухания в результате поглощения имеет линейный характер при постоянных значениях n_1 .

Рассеяние обусловлено неоднородностями материала ВОК, размеры которого меньше длины волны, и тепловой флуктуацией показателя преломления. Потери на рассеяние рассчитывают по формуле

$$a_{\text{р}} = \frac{K_{\text{р}}}{\lambda^4},$$

где $K_{\text{р}}$ – коэффициент рассеяния.

Такое рэлеевское рассеяние увеличивается пропорционально частоте.

Следует отметить принципиальную разницу между характеристиками затухания симметричных волн (E_{01} и H_{01}) и смешанных (HE_{11}). Симметричные волны имеют критическую частоту $f_{\text{кр}}$, а смешанные не имеют.

При соблюдении технических условий на прокладку кабеля дополнительные потери составляют не более 20 % от полного затухания. Наряду с затуханием важнейшим параметром ВОК является полоса частот, пропускаемая световодом с ограничением ΔF . Эта полоса определяет объём информации, передаваемой по ВОК. Ограничение применительно к цифровым системам передачи обусловлено тем, что импульс на приёме прихо-

дит размытым и искажённым вследствие различия скоростей распространения в световоде отдельных частотных составляющих. Данное явление носит название дисперсии. Она приводит к появлению межсимвольных помех и ограничению пропускной способности кабеля. Чем меньше дисперсия, тем больший поток информации можно передать по ВОК.

Дисперсионные искажения имеют характер фазовых искажений сигнала и обусловлены неодновременностью распространения различных мод в световоде и наличием частотной зависимости показателя преломления.

Дисперсия имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность длительностей импульса на выходе $\tau_{\text{вых}}$ и входе $\tau_{\text{вх}}$ кабеля длиной l . Величина дисперсии может быть рассчитана по формуле

$$\tau(l) = \sqrt{(\tau_{\text{вых}})^2 - (\tau_{\text{вх}})^2}.$$

Дисперсия определяется следующими факторами: различием скоростей распространения направляемых мод, направляющими свойствами ВОК и свойствами материала, из которого он изготовлен. В связи с этим основными причинами возникновения дисперсии являются, с одной стороны, большое число мод в световоде (межмодовая или модовая дисперсия), а с другой – некогерентность источников излучения, реально работающих в спектре длин волн аа (роматическая дисперсия).

В многомодовых оптических волокнах основной вклад в уширение импульса вносит межмодовая дисперсия. Процесс возникновения межмодовой дисперсии следует отдельно рассматривать в ступенчатом и градиентном волокне по причине зависимости скорости распространения всех лучей от показателя преломления ($v=c/n_1$) [1].

Для ступенчатого оптического волокна модовая дисперсия $\tau_{\text{мод}}$ определяется по формулам

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta n_1}{c} \text{ при } l < l_c,$$

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta n_1}{c} \sqrt{l_c l} \text{ при } l > l_c,$$

для градиентного оптического волокна

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta^2 n_1}{c} l \text{ при } l < l_c,$$

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta^2 n_1}{c} \sqrt{l_c l} \text{ при } l > l_c,$$

где l_c – длина связи мод (для ступенчатого оптического волокна $l_c = 5-7$ км); c – скорость света; l – длина кабеля; длина связи мод градиентного оптического волокна составляет 10–15 км.

Если дисперсия растёт с увеличением длины кабеля, то полоса пропускания зависит от его длины обратно пропорционально.

Дисперсия состоит из материальной и волноводной составляющих и имеет место при распространении как в одномодовом, так и в многомодовом волокне. Она вызвана наличием спектра частот у источника излучения и определяется типом диаграммы направленности и некогерентностью.

Коэффициент преломления стекла n при материальной дисперсии определяется по формуле $n=f(\lambda)$. Практически любой источник генерирует не на одной длине волны, а с длиной волны в определённом спектральном диапазоне. В результате различные спектральные составляющие сигнала имеют разную скорость распространения, что приводит к различной задержке в ВОК. Лазерные источники имеют узкий спектр частот, поэтому материальная дисперсия незначительна:

$$\tau_{\text{мат}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \frac{\lambda^2}{c} \frac{d^2n}{d\lambda^2} l,$$

где $\Delta\lambda$ – ширина спектральной линии источника излучения.

С увеличением длины волны материальная дисперсия уменьшается, приобретая затем отрицательное значение.

Волноводная (внутримодовая) дисперсия обусловлена процессами, протекающими внутри моды, и определяется по формуле

$$\tau_{\text{в}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \frac{2n_l^2 \Delta l}{c} = \Delta\lambda IB(\lambda),$$

где $B(\lambda)$ – удельная материальная дисперсия; Δl – радиальная толщина изоляционного слоя.

Удельная хроматическая дисперсия $D(\lambda)$ определяется выражением

$$D(\lambda) = M(\lambda) + B(\lambda),$$

где $M(\lambda)$ – удельная материальная дисперсия.

Так как материальная дисперсия может быть как положительной, так и отрицательной, на определённой длине волны происходит взаимная компенсация материальной и волноводной дисперсий, и результирующая дисперсия обращается в ноль. Длина волны, на которой это происходит, называется длиной волны нулевой дисперсии. Для ступенчатого одномодового волокна длина волны нулевой дисперсии составляет 1310 нм.

Профильная дисперсия проявляется в реальных ВОК, которые могут быть регулярными (с регулярной геликоидальной скруткой), нерегу-

лярными (с нерегулярным изменением границы раздела профиля показателя преломления) и неоднородными (с наличием инородных частиц).

К причинам появления данной дисперсии относятся:

поперечные и продольные флуктуации геометрических размеров и формы волокна (эллиптичность поперечного сечения и т. п.);

изменения границы профиля показателя преломления;

осевые и внеосевые провалы профиля показателя преломления, вызванные особенностями технологии изготовления ВОК.

Результирующее значение дисперсии

$$\tau_{\text{пр}} = \sqrt{\tau_{\text{мод}}^2 + [(\tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{в}}) + \tau_{\text{проф}}]^2},$$

где $\tau_{\text{проф}}$ – профильная дисперсия.

В одномодовом волокне при использовании широкополосного сигнала (полоса пропускания 2,4 Гбит/с и выше) с очень узкой спектральной полосой излучения 0,1 нм и менее может проявляться поляризационная моровая дисперсия $\tau_{\text{пмд}}$, которая возникает вследствие различной скорости распространения двух взаимно перпендикулярных поляризационных составляющих моды. Главной причиной возникновения поляризационной моровой дисперсии является нециркулярность (овальность) профиля сердцевинки одномодового волокна, возникающая в процессе изготовления или эксплуатации волокна. При изготовлении волокна только строгий контроль позволяет достичь низких значений дисперсии.

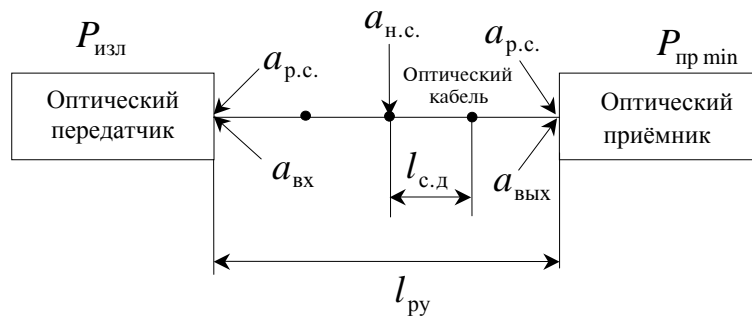
Явление дисперсии приводит к ограничению пропускной способности кабелей ΔF и к снижению дальности передачи по ним, так как чем длиннее линия, тем больше проявляется дисперсия и больше уширение импульса:

$$\frac{\Delta F}{\Delta F_x} = \sqrt{\frac{l_x}{l}},$$

где значения с индексом «х» – искомые, без индекса – заданные.

Пропускная способность и дальность передачи по ВОК ограничиваются не только дисперсией, но и затуханием световодов. В многомодовых световодах ограничивающим фактором является дисперсия, а в градиентных и одномодовых световодах с хорошими дисперсионными характеристиками дальность связи может лимитироваться затуханием световодного тракта.

По мере распространения оптического сигнала по ВОК уменьшается мощность этого сигнала и увеличивается дисперсия. Длина регенерацион-



Волоконно-оптический тракт:

$P_{изл}$ – уровень мощности оптического излучателя; $P_{пр min}$ – чувствительность приёмника; $a_{р.с}$ – потери в разъёмных соединениях; $l_{с.д}$ – длина связи мод; $l_{ру}$ – длина регенерационного участка; $a_{н.с}$ – потери в неразъёмных соединениях; $a_{вх}$, $a_{вых}$ – потери на ввод и вывод излучения в волокно соответственно

ного участка ВОЛС определяется на основе заданных качества связи и её пропускной способности после того, как выбраны типовая система передачи и оптический кабель. Качество связи в цифровых системах передачи в первом приближении определяется уровнем флуктуационных шумов на выходе приёмника и межсимвольной интерференцией, т. е. перекрытием импульсов при их уширении. С ростом длины линии уширение импульсов увеличивается и вероятность ошибки возрастает. Таким образом, длина регенерационного участка $l_{ру}$ ограничивается либо ослаблением, либо уширением импульса в линии. При заданном типе волокна достижимая скорость передачи (число каналов) обратно пропорциональна длине участка регенерации.

Длину регенерационного участка можно получить, если увеличить мощность полезного сигнала на входе фотоприёмника с помощью заданной минимально допустимой мощности $P_{пр min}$, при которой обеспечивается необходимая достоверность передачи сигнала (см. рисунок).

Чувствительность приёмника определяется выражением

$$P_{пр min} \leq P_{изл} - a_{вх} - 2a_{р.с} - \left(\frac{l_{ру}}{l_{с.д}} - 1 \right) a_{н.с} - a_{н.с} - \alpha l_{ру} - a_{вых},$$

где α – коэффициент затухания ВОК.

С учётом дисперсии оптического волокна максимальная длина регенерационного участка составит

$$l_{ру max} = \frac{0,25}{\tau_{пр} B},$$

где B – требуемая скорость передачи информации, бит/с; $\tau_{пр}$ – результирующая дисперсия оптического волокна.

Число необслуживаемых регенерационных пунктов $N_{ирп}$ определяется по формуле

$$N_{ирп} = \frac{L_{орп}}{l_{ру}} - 1,$$

где $L_{орп}$ – расстояние между обслуживаемыми регенерационными пунктами, км.

Как правило, при применении одномодового оптического волокна на линиях связи не требуется установка регенерационных пунктов.

Основными факторами, определяющими объём технических средств сотовых сетей подвижной радиосвязи (ССПР), являются интенсивность поступления вызовов $\lambda_{и}$, средняя продолжительность разговора (занятости канала) T_p , число каналов N и показатель качества обслуживания, например вероятность отказа в предоставлении канала [2].

Телефонной нагрузкой является число $i(t)$ одновременно обслуживаемых вызовов или число занятых линий коммутационных приборов, входов или выходов коммутационной системы в момент t . Среднее число одновременно занятых линий называется интенсивностью нагрузки. Единица измерения интенсивности телефонной нагрузки – эрланг, который соответствует одной занятой линии. Интенсивность нагрузки определяется величиной

$$Y = \lambda_{и} T_p.$$

Простейший поток может быть описан законом распределения интервала времени T между любыми двумя соседними вызовами. Вероятность того, что любой случайно выбранный интервал между соседними вызовами будет меньше величины t , можно определить по формуле

$$F(t) = P\{T < t\} = 1 - e^{-\lambda_{и} t} \quad (t > 0).$$

Если поток вызовов является простейшим, то вероятность того, что в течение промежутка времени t поступит ровно i вызовов определяется по формуле Пуассона

$$P(t) = \frac{(\lambda_{иt})}{i!} e^{-\lambda_{иt}}.$$

Обслуживание вызовов может осуществляться с явными потерями, без потерь, с ожиданием, с повторением, а также комбинированным способом.

Для простейшего потока вызовов с явными потерями вероятность отказа может быть рассчитана по формуле Эрланга

$$P_B(NY) = \frac{Y^N / N!}{\sum_{k=0}^N Y^k / k!},$$

где K – размерность кластера ССПР; Y – интенсивность нагрузки; N – число каналов.

Создаваемая всеми абонентами нагрузка определяется выражением

$$Y_0 = \frac{\lambda_0 T_p}{60},$$

где λ_0 – максимальное число вызовов в час в одной соте (вызов/ч); T_p – средняя продолжительность соединения.

Эффективность ССПР зависит от большого числа параметров и может служить показателем соответствия системы своему назначению, указывая степень её технического совершенства и экономической целесообразности. Для количественной оценки эффективности сети подвижной радиосвязи можно использовать пропускную способность, достоверность передачи информации, количество каналов в выделенной полосе частот, размеры обслуживаемой территории, стоимость эксплуатации, статистические параметры графика и другие факторы.

Обычно эффективность ССПР оценивают числом абонентов, приходящихся на выделенную полосу частот. Такой метод оценки достаточно нагляден и позволяет сравнивать различные системы подвижной радиосвязи.

Допустим, что мобильные станции равномерно распределены на территории обслуживания, имеющей вид круга с радиусом R_0 и площадью πR_0^2 . Каждая сота представляет собой шестиугольник с радиусом описанной окружности R , имеющий площадь $2,6R^2$. Количество базовых станций (БС) на территории обслуживания равно $1,21(R_0/R)^2$.

Размерность кластера K является частотным параметром системы, так как определяет минимально возможное число каналов в ССПР. Если на каждой БС имеется набор каналов с шириной полосы частот F_k каждого канала, то общая полоса частот для ССПР (с учётом повторяемости частот) в направлении передачи составит

$$F_c = F_k n_c K,$$

где n_c – число каналов в одном секторе.

Число активных абонентов на всей территории обслуживания $N = Ln_c$, где L – число БС.

В этом случае эффективность использования выделенной полосы частот определим по формуле

$$\eta_f = \frac{N}{F_c} \approx \frac{1,21R_0^2}{F_k R^2 K}.$$

Эффективность ССПР не зависит от числа каналов на БС и возрастает с уменьшением радиуса ячейки R . Таким образом, уменьшая размеры ячеек, можно повышать повторяемость частот, т. е. их одновременное использование в сети. Рассмотрим влияние размерности кластера на характеристики ССПР, в частности на уровень взаимных помех, возникающих вследствие повторного использования рабочих частот. Мобильные станции (МС) в ячейках с совпадающими частотами создают помехи в каналах приёма БС соты, находящейся в центре. Отношение сигнал/помеха на входе приёмника БС определяется выражением

$$\rho_0^2 = \frac{P_{пр.бс}}{P_{шб} + \sum_{i=1}^{K_1} P_{пм}},$$

где $P_{пр.бс}$ – мощность сигнала МС центральной соты на входе приёмника собственной БС; $P_{шб}$ – мощность тепловых шумов приёмника БС; $P_{пм}$ – мощность помехи от МС в совпадающей соте i -го кластера первого круга; K_1 – число совпадающих сот первого круга.

Базовые станции всех совпадающих ячеек создают помехи МС, находящимся в центральной соте. Отношение сигнал/помеха в этом случае

$$\rho_m^2 = \frac{P_{прм}}{P_{шм} + \sum_{i=1}^{K_1} P_{пб}},$$

где $P_{прм}$ – мощность сигнала БС центральной соты на входе приёмника МС этой же соты; $P_{шм}$ – мощность тепловых шумов приёмника МС; $P_{пб}$ – мощность помех от БС совпадающей ячейки i -го кластера первого круга.

Для получения количественной оценки уровня взаимных помех можем пренебречь значениями $P_{шб}$ и $P_{шм}$, поскольку уровень шумов ниже уровня взаимных помех. Полагаем, что необходимое защитное отношение ρ_0 для приёмников МС $\rho_0^2 = \rho_б^2 = \rho_м^2$, т. е. будем рассматривать сбалансированную систему. Кроме того, принимаем в расчёт, что передатчики всех МС имеют одинаковую мощность. То же самое относится и к передатчикам БС:

$$\rho_0^2 = \frac{1}{\sum_i^K \left(\frac{D_i}{R}\right)^{-\gamma}} - \frac{1}{\sum_i^K q_i^{-\gamma}},$$

где D_i – расстояние между центрами ячеек с совпадающими частотами; γ – некоторое постоянное число, характеризующее отношение минимального частотного сдвига к ширине спектра одного элементарного импульса; q_i – расстояние повторного использования частотных каналов.

При любой размерности кластера в первом круге располагается шесть совпадающих ячеек, т. е. $K_1 = 6$. Кроме того, все относительные расстояния повторного использования частотных каналов равны, т. е. $q_i = q$, $i = 1, 2, \dots, 6$.

Цифровые стандарты позволяют адаптироваться к увеличению числа абонентов. При увеличении количества абонентов область обслуживания каждой ячейки может быть уменьшена. Эффективность сети увеличивается благодаря возрастанию повторяемости одних и тех же канальных частот.

Однако имеется ряд обстоятельств, затрудняющих процесс дробления сот. В частности, чрезмерное уменьшение радиуса ячейки вызывает резкое увеличение числа пересечений мобильными средствами условных границ ячеек при передвижении абонентов.

В связи с этим возрастает поток данных между многочисленными БС и центрами коммутации подвижной связи (ЦКПС), который требует обработки, что может привести к перегрузке систем управления и коммутации и, как следствие, к отказу всей системы [3].

Кроме того, если сеть БС имеет радиальную структуру, то с увеличением числа БС растут затраты на сооружение соединительных линий БС–ЦКПС. Переход к радиально-узловой структуре позволяет оптимизировать сеть соединительных линий по критерию минимума затрат, но и этот подход не позволяет избежать усложнения системы управления ССПР.

Ещё один способ снижения уровня помех и повышения эффективности ССПР связан с использованием секторных антенн. В этом случае на БС вместо одной антенны с круговой диаграммой направленности используют несколько направленных антенн, позволяющих концентрировать излучение в пределах сектора и сокращать уровень излучения в противоположном направлении до минимума.

Современные линейные сооружения должны удовлетворять всем требованиям, вытекающим из необходимости обеспечения высококачественной и надёжной связи.

Библиографические ссылки

1. **Ксенофонов С.Н., Портнов Э.Л.** Направляющие системы электросвязи: учеб. пос. для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 268 с.
2. **Сукачев Э.А.** Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: учеб. пос. Изд. 2-е. Одесса: УГАС, 2000. 119 с.
3. **Электронная энциклопедия «Википедия»** [Электронный ресурс] // ВОЛС : [сайт], 2009. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ВОЛС> (дата обращения: 21.10.09).

Уважаемые читатели!

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При этом ссылка на журнал обязательна.



УДК 330.101(030)

А.Г. Иванов, д-р техн. наук, проф., В.А. Кукушкин, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Е.В. Медведева (Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары)

animax@chuvsu.ru

ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РЕНТАБЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ТОВАРА С УЧЁТОМ ЗАДАННОЙ НАЛОГОВОЙ СТАВКИ

Рассчитана зависимость объёма предложения продукции фирмы от величины налоговой ставки (модификация кривой Лаффера) вероятностно-динамическим методом. Исследовано влияние основных параметров задачи на форму кривой и выявлен экономический эффект. Расчёты приведены для дискретного и непрерывного начисления налога. Результаты работы согласуются с эмпирическими данными

Ключевые слова: вероятностно-динамический метод, кривая Лаффера, соотношение неопределённостей, технологическая функция, бинарные группы.

Dependence of produce volume, offered by company, from tax rate (Laffer's curve modification) is calculated with probabilistic-dynamic method utilization. Basic task parameters influence on the curve form is investigated and economic effect is revealed. Calculations for discrete and continuous tax charge is given. Calculation results conform to empirical dates.

Key words: probabilistic-dynamic method, Laffer's curve, uncertainty correlation, technological function, binary groups.

Введение. Исследование оптимальности налоговых отчислений в сфере различных видов экономической деятельности всегда актуально. В 70-е гг. прошлого века данная проблема была решена Лаффером [1]. Согласно теории Лаффера, зависимость между налоговыми поступлениями и ставкой налога описывается немонотонной эмпирической кривой (так называемой кривой Лаффера), отражающей тот факт, что одни и те же налоговые отчисления могут быть обусловлены различными налоговыми ставками. В качестве основного механизма, формирующего вид этой зависимости, выступают экономические интересы собственника, проявляемые в необходимости пополнять бюджет государства (при малых налоговых ставках) и в уклонении от уплаты налогов для сохранения собственности на прежнем уровне (при больших ставках).

Для различных видов экономической деятельности упомянутая зависимость должна проявляться в специфической форме. Так, для процесса предложения товара в качестве переменной, характеризующей налоговые отчисления, естественно выбирать объём предложения товара Q , поскольку любая величина, определяющая нало-

говые отчисления (прибыль, доход, цена и т. д.), является функцией Q .

Одна из первых попыток применения теории Лаффера для описания производственной деятельности содержится в монографии [2]. При малых налоговых ставках объём предложения Q растёт монотонно, аналогично тому росту, который характеризует зависимость Q от переменных издержек [3], так как налоговая нагрузка tax (от англ. налог) выступает в качестве малого возмущения переменных издержек (рис. 1, $tax < tax_0$). При $tax \geq tax_0$ увеличение налоговой ставки стабилизирует производство, выражающееся выходом кривой объёма предложения на «плато». Дальнейшее увеличение налоговой нагрузки сопровождается резким падением объёма предложения товара, что связано с трансформацией активов производственной собственности в налоговые отчисления.

Метод исследования зависимости объёма предложения продукции фирмы от величины налоговой ставки, основанный на вероятностно-динамическом методе [4], изложен ниже.

Дифференциальные уравнения динамики производственной системы. Согласно работе [4], экономическому состоянию производственной систе-

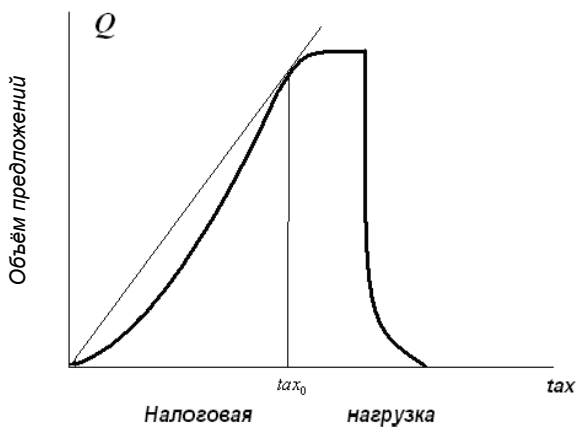


Рис. 1. Зависимость объёма предложений от налоговой ставки

мы ставится в соответствие точка фазового пространства, равного прямому произведению векторных пространств материального и денежного факторов с элементами $\vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ и $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Эволюция фазовой точки описывается уравнением Гамильтона

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \beta \vec{b}; \quad \frac{d\vec{b}}{dt} = -\frac{\partial V(\vec{x}, t)}{\partial \vec{x}}, \tag{1}$$

где β – параметр качества производимого товара; $V(\vec{x}, t)$ – технологическая функция, характеризующая условия, накладываемые на технологический процесс изготовления товара.

Первый интеграл уравнений (1)

$$P(\vec{b}, \vec{x}, t) = \frac{1}{2} \beta \vec{b}^2 + V(\vec{x}, t), \tag{2}$$

называемый функцией собственности, описывает возможность производственной системы рационально использовать денежные и материальные средства для формирования оптимального экономического состояния.

В работе [4] предложен метод решения системы уравнений (1), основанный на бинарной аппроксимации технологической функции $V(\vec{x}, t)$. Согласно этому методу, технологический процесс рассматривается как набор квазинезависимых бинарных операций, в каждой из которых участвуют два исходных материальных фактора (предмета труда) i и k , образующих бинарную группу $\mu \equiv (i, k)$.

Взаимодействие предметов труда в каждой бинарной операции описывается векторами материального $\vec{B}_\mu = \{B_\mu\}$ и денежного $\vec{X}_\mu = \{X_\mu\}$ факторов бинарных групп, связанных с векторами $\vec{b} = \{b_l\}$ и $\vec{x} = \{x_l\}$ исходных факторов линейными соотношениями:

$$B_\mu = \sum_l \gamma_{\mu l} b_l; \quad X_\mu = \sum_l \gamma_{\mu l} x_l, \tag{3}$$

где $\gamma = \{\gamma_{\mu l}\} = \{\gamma_{\bar{\mu}} \delta_{il} + \gamma_{\mu} \delta_{kl}\}$ – матрица преобразования; $\gamma_{\mu} \equiv \gamma_{(i,k)}$ и $\gamma_{\bar{\mu}} \equiv \gamma_{(k,i)}$ – коэффициенты, описывающие степень влияния, которое оказывает один из элементов бинарной группы μ (соответственно i и k) на воплощение другого элемента в одну из компонент товарного продукта в течение бинарного процесса.

Свойство квазинезависимости бинарных операций означает, что механизм взаимодействия между исходными факторами в пределах одной бинарной группы не зависит от процессов, происходящих в других группах. Отсюда следует, что технологическую функцию всей системы $V(\vec{x}, t)$ можно записать в виде суммы так называемых бинарных функций $v^{(\mu)}$:

$$V(\vec{x}, t) = \sum_{\mu=1}^n v^{(\mu)}(X_\mu, t). \tag{4}$$

Подставляя выражение (4) в уравнение (1), получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений для вектора денежного фактора \vec{X} производственной системы:

$$\ddot{X}_\mu + \sum_v \beta \Gamma_{\mu v} \frac{\partial v^{(v)}(X_v; t)}{\partial X_v} = 0, \tag{5}$$

где $\Gamma_{\mu v} = \gamma_{\bar{\mu}} \gamma_{\bar{v}} \delta_{li} + \gamma_{\bar{\mu}} \gamma_v \delta_{mi} + \gamma_{\mu} \gamma_{\bar{v}} \delta_{lk} + \gamma_{\mu} \gamma_v \delta_{km}$ – технологическая матрица; $v \equiv (l, m)$, $\mu \equiv (i, k)$, $\mu, v = 1, 2, \dots, n$.

Из уравнения (5) следует выражение для функции собственности $P(t)$ в бинарном приближении:

$$P(\vec{B}, \vec{X}; t) = \sum_{\mu} \left[\frac{\beta B_\mu^2}{2} + \sum_v \int \frac{dX_\mu}{dt} \Gamma_{\mu v} \times \right. \\ \left. \times \frac{\partial v^{(v)}(X_v, t)}{\partial X_v} dt \right] \equiv \sum_{\mu} P(B_\mu, X_\mu, t). \tag{6}$$

Для определения бинарных функций $v^{(\mu)}(X_\mu, t)$ заметим, что каждый производственный процесс является либо циклическим, либо квазипериодическим, т. е. таким, при котором средние значения факторов производства являются периодически или квазипериодическими функциями времени. В одном случае производство называется простым и характеризуется сохраняющейся величиной собственности, в другом – расширенным или суженным в зависимости от характера изменения величины собственности [4]. Цикличность

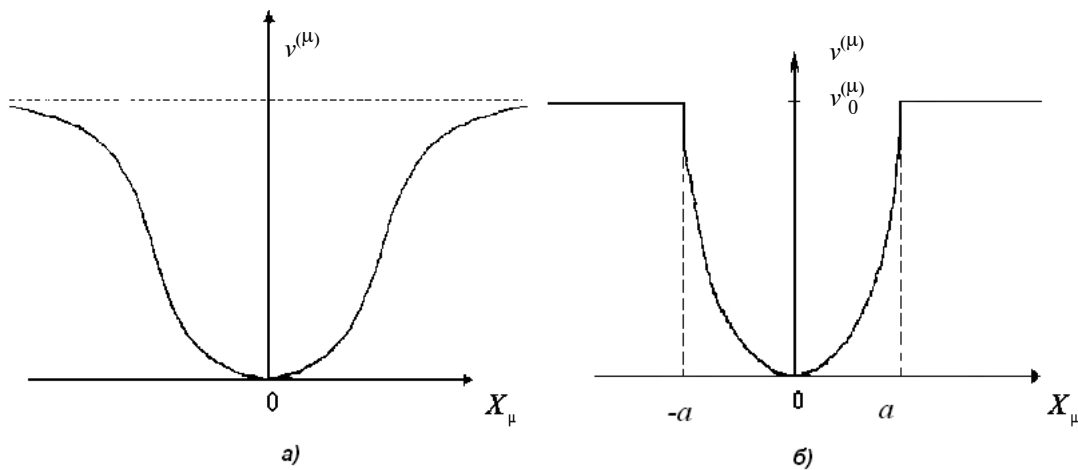


Рис. 2. Характерный вид бинарной функции:

a – бинарная функция $v^{(\mu)}(X_\mu, t)$; *б* – параболическая аппроксимация бинарной функции

производственного процесса является следствием цикличности всех составляющих его бинарных процессов. Характерный вид функции $v^{(\mu)}(X_\mu, t)$, обеспечивающей циклический режим бинарных процессов, изображён на рис. 2, *a*.

В общем случае решение системы нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка (5) может быть получено численными методами либо методами теории возмущений. В качестве нулевого приближения принимают решения уравнений (5), в которых бинарные функции имеют вид так называемых параболических ям $v^{(0)}$, изображённых на рис. 2, *б*. В этом приближении основное уравнение динамики (5) и функция собственности (6) запишутся в виде [4]

$$\ddot{X}_{\mu\sigma} + \omega_{\sigma 0}^2 X_{\mu\sigma} = 0; \tag{7}$$

$$P(t) = \frac{1}{2} \sum_{\mu\sigma} \left[\beta_{\mu\sigma} B_{\mu\sigma}^2(t) + \frac{\omega_{\sigma 0}^2(t)}{\beta_{\mu\sigma}} X_{\mu\sigma}^2(t) \right], \tag{8}$$

где $\omega_{\sigma 0}^2$ – собственные значения матрицы $\omega_0^2 \Gamma_{\mu\nu}$, классифицирующие частоты так называемых цеховых процессов σ производственной системы; $\omega_0^2 = 2\beta \frac{\partial^2 v^{(0)}}{\partial X_\mu^2}$; $\beta_{\mu\sigma} a$ – параметры качества продукции участков цехов μ_σ , определяемые соотношением $\beta = \sum_{\mu\sigma} \beta_{\mu\sigma} \frac{B_{\mu\sigma}^2}{\bar{B}^2}$.

Динамические уравнения производственной системы с учётом налогового обложения. Рассмотрим динамику цеха σ в режиме предложения товара с учётом заданной налоговой нагрузки. Условия налогового обложения в системе будем описы-

вать внешней «силой» $\beta_{\mu\sigma} f_\sigma(t)$. В качестве возмущения частоты цехового процесса выберем резонансное параметрическое возмущение:

$$\ddot{X}_{\mu\sigma} + \omega_{\sigma 0}^2 (1 + \varepsilon \cos 2\omega'_\sigma t) X_{\mu\sigma} = \beta_{\mu\sigma} f_\sigma(t), \tag{9}$$

где $\omega_{\sigma 0}$ – невозмущённая частота цехового процесса σ ; $\varepsilon, \omega'_\sigma$ – интенсивность и частота возмущения, $\varepsilon \ll 1$ $\omega'_\sigma = \omega_{\sigma 0} + \frac{\delta_\sigma}{2}$; δ_σ – расстройка частот цехового процесса и его возмущения.

Параметры $\varepsilon, \omega'_\sigma$ и δ_σ подбираются таким образом, чтобы имел место режим рентабельной реализации товара [4]:

$$|\delta_\sigma| \ll \frac{\varepsilon \omega_{\sigma 0}}{2}. \tag{10}$$

Вид функции $f_\sigma(t)$ будет определен ниже. **Дискретный случай.** Пусть производственная система испытывает внешнее возмущение, определяемое налоговой нагрузкой, которое описывается функцией $f_\sigma(t)$. Тогда технологическую функцию можно записать в виде

$$\begin{aligned} v_\sigma(X_\sigma, t) &= \frac{1}{2} k(t) (X_\sigma)^2 - f_\sigma(t) X_\sigma = \\ &= \frac{\omega_{\sigma 0}^2(t)}{2\beta} (X_\sigma)^2 - f_\sigma(t) X_\sigma. \end{aligned} \tag{11}$$

Подставляя выражение (11) в уравнение (5), получим

$$\ddot{X}_\sigma + \omega_{\sigma 0}^2(t) X_\sigma = \beta f_\sigma(t). \tag{12}$$

Решение уравнения (12) имеет вид $X_{\sigma}^{OH} = X_{\sigma}^{OO} + X_{\sigma}^{CH}$, где X_{σ}^{OO} и X_{σ}^{CH} – общее решение однородного и частное решение неоднородного уравнений соответственно. Считаем, что извлечение денежных средств в ходе налогового возмущения осуществляется дискретно через каждые l производственных циклов на временном интервале $[0, nlT_{\sigma}]$, где nl – полное число производственных циклов. В этом случае

$$X_{\sigma}^{OH} = (1 - tax(t))X_{\sigma}^{OO} = \begin{cases} (1 - \alpha t)X_{\sigma}^{OO}, & t = lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \\ X_{\sigma}^{OO}, & t \neq lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \end{cases} \quad (13)$$

где $tax(t) = \begin{cases} \alpha t = L_i, & t = lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, ilT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \\ 0, & t \neq lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, ilT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \end{cases}$
налоговая ставка в момент времени t при $t \in [0, nlT_{\sigma}]$, $\alpha = \frac{1}{nlT_{\sigma}}$, $L_i = \frac{i}{n}$, $i = 1, \dots, n$.

Отметим, что i -му временному интервалу соответствует значение налоговой ставки i/n . В момент времени $t = nlT_{\sigma}$ налоговая ставка достигает 100 %, и тогда $X_{\sigma}^{OH}(nlT_{\sigma}) = 0$.

Объём предложения Q в каждом из производственных циклов определяется как сумма перепадов функции собственности (8) в чётных четвертях цикла. Будем считать, что до момента времени $t = 0$ система находилась в режиме стационарного производства, для которого $Q = 0$.

Из выражения (13) следует, что X_{σ}^{CH} будет иметь следующий вид:

$$X_{\sigma}^{CH} = \begin{cases} -\alpha t X_{\sigma}^{OO}, & t = lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \\ 0, & t \neq lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \end{cases} \quad (14)$$

Подставляя выражение (14) в уравнение (12), функцию $f_{\sigma}(t)$ запишем в виде

$$f_{\sigma}(t) = \begin{cases} -\frac{2\alpha}{\beta} \dot{X}_{\sigma}^{OO}, & t = lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \\ 0, & t \neq lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}, 3lT_{\sigma}, \dots, nlT_{\sigma} \end{cases}$$

Временной интервал $[0, nlT_{\sigma}]$ разобьём на n равных интервалов, для каждого из которых сформулируем задачу Коши:

$$t \in [0, nlT_{\sigma}] \quad X_{\sigma}^{OH} = X_1, \begin{cases} \ddot{X}_1 + \omega_{\sigma_0}^2 (1 + \varepsilon \cos 2\omega'_{\sigma} t) X_1 = 0 \\ X_1(0) = 0, \dot{X}_1(0) = a < 0; \end{cases}$$

$$t \in [lT_{\sigma}, 2lT_{\sigma}], \quad X_{\sigma}^{OH} = X_2,$$

$$\begin{cases} \ddot{X}_2 + \omega_{\sigma_0}^2 (1 + \varepsilon \cos 2\omega'_{\sigma} t) X_2 = 0 \\ X_2(lT_{\sigma}) = (1 - \alpha lT_{\sigma}) X_1(lT_{\sigma}) \\ \dot{X}_2(lT_{\sigma}) = -\alpha X_1(lT_{\sigma}) + (1 - \alpha lT_{\sigma}) \dot{X}_1(lT_{\sigma}); \end{cases}$$

...

$$t \in [(i-1)lT_{\sigma}, ilT_{\sigma}], \quad X_{\sigma}^{OH} = X_i, \quad (15)$$

$$\begin{cases} X_i + \omega_{\sigma_0}^2 (1 + \varepsilon \cos 2\omega'_{\sigma} t) X_i = 0 \\ X_i((i-1)lT_{\sigma}) = (1 - \alpha(i-1)lT_{\sigma}) X_{i-1}((i-1)lT_{\sigma}) \\ X_i((i-1)lT_{\sigma}) = -\alpha X_{i-1}((i-1)lT_{\sigma}) + \\ + (1 - \alpha(i-1)lT_{\sigma}) \dot{X}_{i-1}((i-1)lT_{\sigma}); \end{cases}$$

...

$$t \in [(n-1)lT_{\sigma}, nlT_{\sigma}], \quad X_{\sigma}^{OH} = X_n,$$

$$\begin{cases} \ddot{X}_n + \omega_{\sigma_0}^2 (1 + \varepsilon \cos 2\omega'_{\sigma} t) X_n = 0 \\ X_n((n-1)lT_{\sigma}) = (1 - \alpha(n-1)lT_{\sigma}) X_{n-1}((n-1)lT_{\sigma}) \\ \dot{X}_n((n-1)lT_{\sigma}) = -\alpha X_{n-1}((n-1)lT_{\sigma}) + \\ + (1 - \alpha(n-1)lT_{\sigma}) \dot{X}_{n-1}((n-1)lT_{\sigma}). \end{cases}$$

Заметим, что рассмотренная совокупность задач (15) позволяет существенно упростить решение уравнения (12), так как действие функции $f_{\sigma}(t)$ переносится в возмущение их начальных условий.

Непрерывный случай. В условиях дискретного случая разделим i -й временной интервал $[(i-1)lT_{\sigma}, ilT_{\sigma}] \equiv [t_{i-1}^*, t_i^*]$, $i = 1, 2, \dots, n$, на k отрезков равной длины с помощью точек $t_0^*, t_1^*, \dots, t_{m-1}^*, t_m^*, \dots, t_k^*$, причём $t_0^* \equiv t_{i-1}^*, t_k^* \equiv t_i^*$. Пусть каждому из этих отрезков соответствует значение налоговой ставки L_i/k . На данных отрезках построим задачу Коши, аналогичную задачам (15). С ростом параметра k длина отрезков и величина налоговой ставки уменьшаются, при больших значениях k на временном интервале $t_{i-1}^* \leq t < t_i^*$, $i = 1, \dots, n$ имеет место очевидное равенство:

$$X_i(t) \approx \begin{cases} X_{i-1}(t) \left(1 - \frac{L_i}{k}\right)^{k \frac{t-t_{i-1}^*}{t_i^* - t_{i-1}^*}}, & t = t_0^*, t_1^*, \dots, t_k^*, \\ X_{i-1}(t) \left(1 - \frac{L_i}{k}\right)^{m-1}, & t_{m-1}^* < t < t_m^*, \\ X_{i-1}(t) \left(1 - \frac{L_i}{k}\right)^k, & t \geq t_i^*. \end{cases} \quad (16)$$

Перейдем в выражении (16) к пределу при $k \rightarrow \infty$:

$$X_i(t) \approx \begin{cases} X_{i-1}(t) e^{-L_i \frac{t-t_{i-1}}{t_i-t_{i-1}}}, & t_{i-1} \leq t < t_i, \\ X_{i-1}(t) e^{-L_i}, & t \geq t_i. \end{cases} \quad (17)$$

Как следует из рекурсивной формулы (17) на каждом из полуинтервалов X_σ^{OH} имеет вид

$$[t_0, t_1), X_\sigma^{\text{OH}} = X_1(t), X_1(t) = X_0(t) e^{-L_1 \frac{t-t_0}{t_1-t_0}};$$

$$[t_1, t_2), X_\sigma^{\text{OH}} = X_2(t), X_2(t) = X_0(t) e^{-L_1 - L_2 \frac{t-t_1}{t_2-t_1}};$$

...

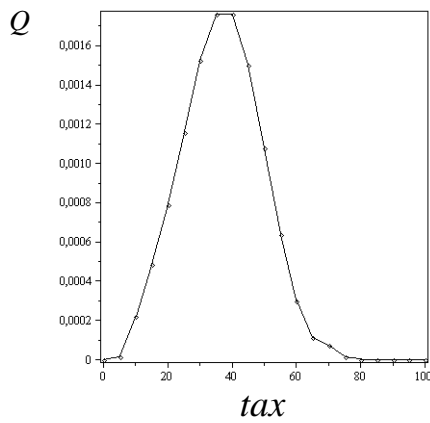
$$[t_{p-1}, t_p), X_\sigma^{\text{OH}} = X_p(t), \quad (18)$$

$$X_p(t) = X_0(t) e^{-L_1 - L_2 - \dots - L_p \frac{t-t_{p-1}}{t_p-t_{p-1}}};$$

...

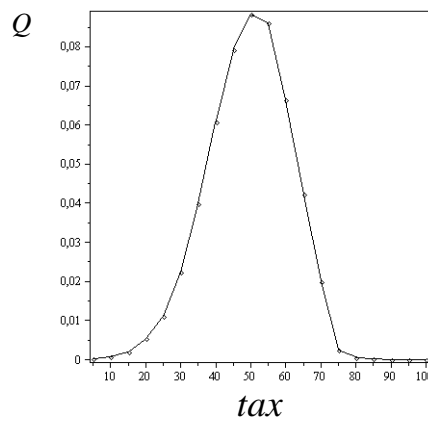
$$[t_{n-1}, t_n], X_\sigma^{\text{OH}} = X_n(t),$$

$$\varepsilon = 0,14, \delta = 0,005$$



$l = 2, \text{tax}_0 = 35 \%$

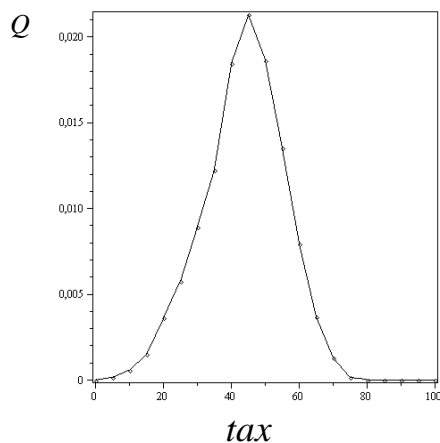
a)



$l = 3, \text{tax}_0 = 50 \%$

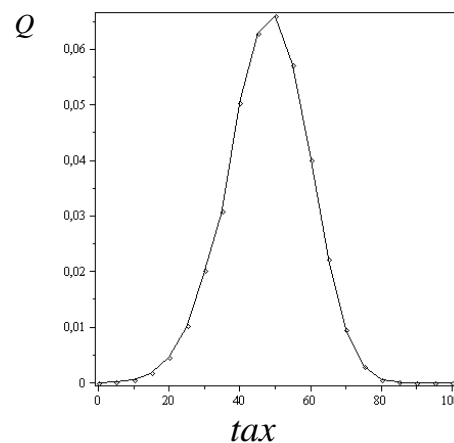
b)

$$\varepsilon = 0,2, l = 2$$



$\delta = 0,1, \text{tax}_0 = 45 \%$

c)



$\delta = 0,005, \text{tax}_0 = 50 \%$

d)

Рис. 3. Результаты расчётов для дискретного случая:

$l = 2, \varepsilon = 0,14, \delta = 0,005$ (a); $l = 3, \varepsilon = 0,14, \delta = 0,005$ (б);

$l = 2, \varepsilon = 0,2, \delta = 0,1$ (в); $l = 2, \varepsilon = 0,2, \delta = 0,005$ (г)

$$X_n(t) = X_0(t) e^{-L_1 - L_2 - \dots - L_n \frac{t - t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}}$$

где $X_0(t)$ – общее решение однородного уравнения (12) с начальными условиями из задачи (15); $X_i(t)$ можно представить в виде $X_i(t) = X_0(t) e^{k_i t + \gamma_i} = X_0(t) + X_0(t) \times (e^{k_i t + \gamma_i} - 1) = X_0(t) + X_i^{inh}(t)$; k_i и γ_i – постоянные, определяемые из выражения (18), $i = 1, \dots, n$; $X_i^{inh}(t)$ – частное решение дифференциального уравнения $\ddot{X}_i + \omega_{\sigma}^2(t) X_i = \beta f_i(t)$; $f_i(t) = \frac{1}{\beta} e^{k_i t + \gamma_i} (\beta^2 X_0(t) + 2\beta \dot{X}_0(t))$; $i = 1, \dots, n$.

Заметим, что функция собственности на каждом из полуинтервалов имеет вид

$$P_i(t) = \frac{1}{2\beta} [\dot{X}_i^2 + \omega_{\sigma}^2 (1 + \varepsilon \cos 2\omega_{\sigma} t) X_i^2] - f_i(t) X_i(t),$$

$$i = 1, \dots, n.$$

Основные результаты. На рис. 3 представлены результаты расчёта зависимости объёма предложения товара Q от налогового обложения фирмы tax , полученные из уравнений (7) и (8) с начальными условиями $X_1(0) = 0$, $\dot{X}_1(0) = -0,01$ при различных значениях параметров l , ε и δ для дискретного случая с числом изъятий налога $n = 20$.

Ниже под оптимальной налоговой ставкой tax_0 обозначим величину, при которой достигается наибольший объём предложения Q_0 .

Объём предложения Q первоначально испытывает монотонный рост, характерный для зависимости объёма предложения от переменных издержек [3]. Дальнейшее увеличение налоговой ставки приводит к спаду величины Q .

На форму исследуемой кривой влияет интенсивность налогового бремени l , поскольку она обуславливает скорость роста функции налоговой ставки $tax(t)$. С ростом величины l увеличивается длина интервала $[0, n l T_{\sigma}]$ и, следовательно, падает скорость роста функции налоговой ставки $tax(t)$. Сравнивая рис. 3, *a* и *б* заметим, что с ростом величины l tax_0 и Q_0 увеличиваются. Значит, чем реже изымается налог, тем продуктивнее работа фирмы.

С ростом интенсивности предложения ε (рис. 3, *a* и *г*) и уменьшением параметра расстройки δ (рис. 3, *в* и *з*) скорость роста амплитуды X_{σ}^{oo} увеличивается, что обуславливает увеличение tax_0 и Q_0 . Следовательно, чем выше интенсивность предложения ε и рентабельность производства (с уменьшением δ), тем продуктивнее работа фирмы.

В непрерывном случае зависимость формы кривых от параметров l , ε и δ аналогична рассмотренной выше. Это объясняется наличием в выражении (18) множителя $X_0(t)$ – решения однородного уравнения (12). Сравнение формы кривых (рис. 4, *a* и *б*) показывает, что для непрерывного случая характерны меньшие значения Q_0 при больших значениях tax_0 , что объясняется более медленным изменением амплитудных значений функций X_{σ}^{oh} и P_{σ} , чем в дискретном случае, так как налоговая ставка распределена равномерно на каждом интервале $t \in [(i-1)lT_{\sigma}, iT_{\sigma}]$, $i = 1, \dots, n$. Данный факт объясняет поведение функций $Q(tax)$ (см. рис. 4) при значениях налоговой ставки, близких к 100 %.

Таким образом, в работе представлен теоретический расчёт зависимости объёма предложения Q товара от величины налоговой ставки tax (аналог эмпирической кривой Лаффера) для дискретного и непрерывного начисления налога. Для

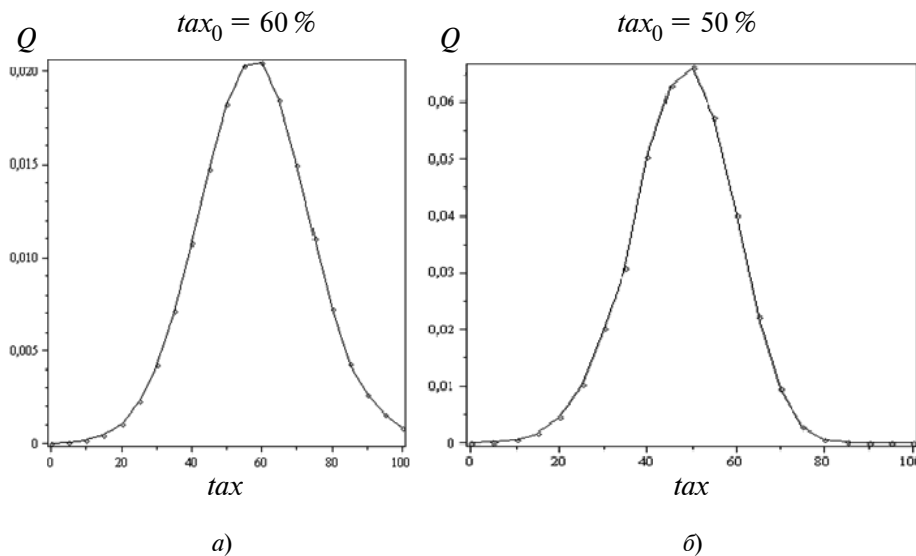


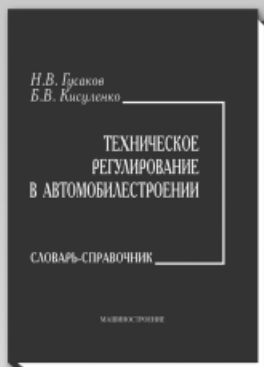
Рис. 4. Результаты расчётов для непрерывного (*a*) и дискретного (*б*) случая при одинаковых значениях параметров l , ε и δ

расчёта использовался вероятностно-динамический метод, изложенный в монографии [4]. Форма полученной кривой $Q(tax)$ соответствует эмпирическим данным, представленным в работе [2]: при малых налоговых ставках объём предложения Q имеет монотонный рост, характерный для зависимости объёма предложения от переменных издержек [3]; дальнейшее увеличение налоговой ставки tax приводит к спаду объёма предложения Q . Изучено влияние на форму полученной кривой основных параметров задачи: интенсивности налогового обложения l и предложения товара ϵ , а также расстройки частоты δ . Показано, что с ростом l оптимальная налоговая ставка tax_0 и максимальный объём предложения Q_0 увеличиваются. Чем больше интенсивность предложения ϵ и меньше δ (т. е. больше рентабельность предложения), тем выше оптимальная налоговая ставка tax_0 и максимальный объём предложения Q_0 . Этот факт объясняется увеличением скорости роста амплитуды функции денежных масс фирмы $X_{\sigma}(t)$ при указанных выше изменениях парамет-

ров. Его экономический эффект состоит в том, что чем реже изымается налог и выше рентабельность производства, тем продуктивнее работа фирмы. В режиме непрерывного изъятия налога зависимость формы кривых $Q(tax)$ от параметров l , ϵ и δ аналогична. Однако при неизменных параметрах l , ϵ и δ непрерывный режим характеризуется меньшими значениями максимального объёма предложения Q_0 при больших размерах оптимальной налоговой ставки tax_0 .

Библиографические ссылки

1. Захарова А.В., Кирова Е.А., Черник Д.Г. Налоги и налогообложение. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. 311 с.
2. Куликов А.Г., Павлов И.П., Павлов Ю.И., Паскачев А.Б. Денежно-кредитные и налоговые факторы подъёма российской экономики. Чебоксары: Ин-т стратегических исследований, 2003. 368 с.
3. Нуреев Р. М. Курс микроэкономики. М.: НОРМА (ИНФРА-М), 2001. 572 с.
4. Кукушкин В.А. Введение в математическую микроэкономику. Чебоксары: Чувашский гос. пед. ун-т, 2007. 344 с.



ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ: словарь-справочник

Н.В. Гусаков, Б.В. Кисуленко

2008. – 272 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03447-5

Цена 440 р.

Словарь-справочник содержит более 2000 терминов, большинство из которых применяется при подготовке и выполнении процедур одобрения типа транспортного средства и подтверждения соответствия компонентов транспортных средств требованиям нормативно-технических документов. В ряде случаев для более глубокого понимания этих терминов приводятся определения общетехнических терминов, лежащих в основе специальной терминологии.

Предназначен для специалистов в области оценки соответствия колесных транспортных средств и их компонентов, а также для студентов и аспирантов, обучающихся по специальностям и направлениям автомобилестроения, автомобильного транспорта и смежных с ними областей.

Словарь-справочник может быть полезен сотрудникам органов контроля и надзора за безопасностью дорожного движения, а также работникам органов таможни, по роду своей профессиональной деятельности связанным с продукцией автомобилестроения.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Корпорация Symantec объявила о расширении продуктового портфеля для малого и среднего бизнеса

Новые продукты предоставят небольшим компаниям больше возможностей для выбора и более гибкие решения, обеспечивающие безопасность ключевой для бизнеса информации. Новый Symantec Protection Suite Advanced Business Edition поступит в продажу летом 2010 г. Это комплексное решение обеспечит полной защитой, включая безопасность конечных точек и почтового трафика, а также средства резервного копирования и восстановления данных для настольных компьютеров, ноутбуков и серверов, позволяющие гарантировать непрерывность бизнеса. Symantec расширяет выбор решений, предназначенных для поддержки развивающихся предприятий, в том числе за счет удаленного обеспечения безопасности электронной почты и веб-серфинга, а также предлагая решения для малого бизнеса (Symantec Protection Suite Small Business Edition) по минимальной цене.

Информации критически-важна для предприятий любого размера, а малый и средний бизнес сталкивается с ростом рисков утраты конфиденциальной информации, в том числе номеров банковских счетов, сведений о кредитных картах, персональных данных клиентов и сотрудников. Сейчас, как никогда раньше, киберпреступники внимательно следят за небольшими компаниями, которые не обладают такими средствами высокоуровневой защиты, какими располагают большие корпорации. «Сегодня предприятия малого и среднего бизнеса владеют ценной информацией. Обладать правильными данными в нужное время – вот где проходит граница между успехом и провалом. Киберпреступники активно следят за такими предприятиями. Особенно рискуют бизнесом те фирмы, которые используют в качестве решения для обеспечения безопасности только антивирусную программу. Сейчас предприятиям нужна полная защита, которую можно было бы легко развернуть и использовать», – считает Франсис де Суза (Francis de Souza), старший вице-президент группы корпоративной безопасности Symantec.

В 2009 г. исследование Symantec показало, что, несмотря на то, что компании малого и среднего бизнеса осведомлены о рисках, связанных с информационной безопасностью, но множество

компаний не сделало даже самых простых шагов, которые позволили бы защитить их бизнес. В частности выяснилось, что 50% таких фирм не оснащены защитой конечных точек, а 47% не осуществляли резервного копирования важных данных.

Пакет Symantec Protection Suite Advanced Business Edition обеспечивает малым и средним компаниям новый уровень защиты, ограждая их от внешних угроз, внутренних опасностей и потери информации, – рисков, которые не могут быть устранены с помощью традиционных антивирусов. Данное решение защищает конечные точки (ноутбуки и настольные компьютеры), обеспечивает безопасность передачи сообщений, а также может предотвращать утрату данных с помощью продвинутой фильтрации контента на почтовом шлюзе. В случае вторжения или сбоя системы включенные в программный пакет функции резервного копирования и восстановления данных помогут компании восстановить отдельные файлы и папки либо Windows целиком, даже на разнородном аппаратном обеспечении или в виртуальных средах.

Symantec Protection Suite Advanced Business Edition будет оснащен программными технологиями резервного копирования и восстановления данных, тем самым обеспечивая полную защиту информации и сохраняя работу компьютеров, серверов и приложений на малом предприятии даже в случае сбоя. Пользователи будут подключены к глобальной аналитической системе Symantec Global Intelligence Network, которая обеспечит проактивную защиту в реальном времени – она заблаговременно предупреждает об опасности и незамедлительно делает бекап системы при появлении новых угроз.

Symantec Protection Suite Advanced Business Edition упростит работу системных администраторов и снизит совокупную стоимость владения – сокращение издержек происходит благодаря тому, что в рамках одного решения малый и средний бизнес обретает возможность управлять резервным копированием, восстановлением и средствами безопасности для всего предприятия. Решение может быть оперативно развернуто при минимальном влиянии на ИТ-окружение клиента. «Многие предприятия ошибочно считают, что антивирус – это все, что им нужно. На самом деле бизнесменам угрожают различные виды опасности, начиная от хакеров, нацеленных на кражу данных кредитных карт, и сотрудников, способ-

ных случайно потерять интеллектуальную собственность, и заканчивая природными катаклизмами, которые могут вывести из строя серверы, служащие для хранения бизнес-информации. Поэтому многоуровневый подход к безопасности представляется сегодня необходимым, – заявил президент и генеральный директор Kortek Solutions Лайл Эпштейн (Lyle Epstein). – Symantec Protection Suite Advanced Business Edition действительно поможет провайдерам услуг и нашим клиентам – предприятиям малого и среднего бизнеса – полностью защитить сведения, критичные для ведения бизнеса. Я уже протестировал новое решение. Его легко установить, и мне нравится простота использования пакета, который предлагает полное решение всех задач от одного вендора».

Сжатые бюджеты и недостаток ИТ-ресурсов, характерные для предприятий малого и среднего бизнеса, – вот ключевые препятствия на пути обеспечения безопасности. С запуском Symantec Protection Suite Advanced Business Edition такие клиенты Symantec смогут, при необходимости, воспользоваться пакетом, который в наибольшей мере удовлетворяет их финансовые предпочтения и потребности в защите данных. Для наиболее бережливых малых предприятий Symantec на 40% снижает стоимость решения Symantec Protection Suite Small Business Edition, обеспечивающего защиту конечных точек и почтового трафика, а также резервное копирование и восстановление данных на персональных компьютерах и ноутбуках.



СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ:

В 3-х томах. Продается в комплекте из 3-х томов

В.И. Ану́рьев. Под ред. **И.Н. Жестковой**

2816 с. ISBN: 5-217-03342-8

Цена 12100 р.

Девятое издание (8-е изд. 2000 г.) переработано в соответствии с новыми стандартами и нормативно-технической документацией.

В первом томе приведены общетехнические сведения, справочные данные по конструкционным материалам, шероховатости поверхности, допускам и посадкам, предельным отклонениям формы и расположения поверхностей, конструктивным элементам деталей, крепежным изделиям, стандартизованным и нормализованным деталям и узлам, защитно-декоративным покрытиями металлов и пластмасс.

Дополнены и значительно расширены разделы: общетехнические сведения, конструкционные материалы, конструктивные элементы деталей и крепежные изделия. Увеличено количество зарубежных аналогов отечественных материалов.

Во втором томе приведены современные справочные сведения по расчету и конструкциям осей, валов, подшипников скольжения и качения, муфт, зубчатых, червячных, реечных, винтовых, цепных, плоско- и клиноременных передач, вариаторов, шарико-винтовых передач, храповых зацеплений и разъемных соединений: болтовых, шпоночных и шлицевых.

Значительно расширены справочные сведения по валам и осям, подшипникам, муфтам, ременным передачам, разъемным соединениям и т.д.

В третьем томе приведены справочные сведения по расчету и конструированию неразъемных соединений, пружин, уплотнительных устройств, трубопроводов и арматуры, смазочных, гидравлических и пневматических устройств. Рассмотрены смазочные материалы и системы, материалы труб и рукавов, редукторы, мотор-редукторы, электродвигатели.

Значительно расширены сведения по заклепочным соединениям, уплотнениям подвижных и неподвижных соединений, трубопроводам и арматуре, классам чистоты рабочих жидкостей, клеевым соединениям, редукторам и т.д.

Предназначен для инженеров и техников-конструкторов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

**ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ**

УДК 621.002.51

По страницам журналов

Метод построения эффективных моделей разработки программного обеспечения. *Информационные технологии.* 2010. № 1.

Рассмотрена классификация моделей разработки программного обеспечения. Введена система критериев, характеризующих эти модели. Поставлена задача выбора эффективных вариантов моделей разработки программного обеспечения, которая сводится к задаче гипервекторного ранжирования. Приведён численный пример.

О локализованных напряжениях в лазерно-облучённой поверхности металлических материалов. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2010. № 1.

Рассмотрены возможные механизмы возникновения термических и структурных напряжений при импульсном лазерном нагреве сталей и сплавов, приводящие к локальной пластической деформации поверхностных слоёв металла. Выявлена возможность формирования в поверхностных слоях металлических материалов композиции с оптимальным сочетанием прочности, пластичности и сопротивления хрупкому разрушению.

Корректирующие алгоритмы для системы управления гидрообъёмной трансмиссией полноприводного АТС при прямолинейном его движении. *Автомобильная промышленность.* 2010. № 1.

Теоретически обоснована необходимость использования корректирующих алгоритмов в системе автоматического управления гидрообъёмной трансмиссией (ГОТ) многоприводной колёсной транспортно-тяговой машиной. Основной целью их использования является адаптация работы колёсной машины с ГОТ к условиям движения. При этом обеспечивается повышение энергоэффективности машины.

Волновая технология производства магнитодиэлектриков. *Инженерный журнал «Справочник».* 2010. № 1.

Приведены результаты расчётно-теоретического и экспериментального исследования процесса получения по волновой технологии суспензии (жидкой фазы магнитодиэлектрика) на основе стиролакриловой дисперсии (латекса) и порошка карбонильного железа с заданным соотношением компонент.

Показано, что волновая технология приготовления суспензий с заданным соотношением составляющих, в отличие от традиционной, обеспечивает повышение однородности материала, че-

му, наряду с перемешиванием, способствует также диспергирование основы и дробление конгломератов наполнителя.

Дисковое ножевое устройство для разрезания покрышек. *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2010. № 1.

Предложено дисковое ножевое устройство для разрезания покрышки с остриём металлического лезвия, выполненным с поверхностью, близкой к поверхности псевдосферы, и режущей кромкой, соответствующей ребру возврата псевдосферы. Для подачи разрезаемого материала в зону резания использованы силы трения, возникающие при разрезании, что позволяет обойтись без дополнительных устройств и приспособлений для подачи материала.

Физическая и математическая модели измерения при автоматизированном контроле колориметрических характеристик объектов. *Контроль. Диагностика.* 2010. № 1.

Рассмотрены современные методы измерения цвета, применяемые при контроле изделий с лакокрасочным покрытием. Предложен способ измерения цветовых характеристик объектов путём обработки их цифровых изображений. Разработаны физическая и математическая модели процесса измерений, позволяющие с достаточной для практики точностью осуществлять контрольно-измерительные процедуры путём расширения динамического диапазона колориметрических измерений.

Математическое моделирование динамических реакций опор манипуляторной машины. *Вестник машиностроения.* 2010. № 1.

Получены соотношения статических и динамических составляющих реакций опор манипулятора, исследованы зависимости динамической составляющей от угловой скорости, веса груза, угла наклона рукоятки, вычислены поправки к опрокидывающему моменту, вызванные динамической реакцией опор.

Интеллектуальная САПР технологических процессовковки валов на молотах. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2010. № 1.

Описаны назначение, область применения, возможности интеллектуальной компьютерной системы автоматизированного проектирования технологических процессовковки ступенчатых валов на молотах «САПР ВАЛ», разработанной в Институте машиноведения Уральского отделения Российской академии наук.

Оценка погрешностей сборки машин виброакустическим методом. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2010. № 1.

Рассмотрен метод безэталонной оценки погрешностей сборки машин на основе анализа виброакустических сигналов, связанных с ненаблюдаемыми погрешностями машин и агрегатов, возникающих при изготовлении и в эксплуатации, часть из которых не имеет адекватного представления в шкалах отношения и интервалов. Выведено каноническое уравнение связи между диагностическими признаками сигнала и структурными параметрами состояния машины. Приведены результаты моделирования и экспериментальных исследований.

Компьютерная система для психофизиологического тестирования профессионально значимых качеств водителей автотранспорта. *Безопасность жизнедеятельности.* 2010. № 1.

Рассмотрены вопросы определения степени психофизиологического соответствия «эталонным» характеристикам профессионально пригодных водителей и даны рекомендации по методам и приёмам вождения, позволяющим компенсировать недостаточное развитие профессионально значимых качеств в случае их несоответствия критериальным нормативам.

Роторные сопротивления и динамические процессы при пуске асинхронного двигателя шахтной подъёмной установки. *Горное оборудование и электромеханика.* 2010. № 1.

Предложена новая методика расчёта величин роторных сопротивлений и впервые выполнено математическое моделирование динамических процессов при пуске асинхронного двигателя шахтного подъёма. Результаты исследований позволяют повысить надёжность и экономичность эксплуатации шахтных подъёмных установок.

Моделирование диффузионных процессов через барьерное покрытие в полупроводниковые ветви термоэлектрических модулей. *Нано- и микросистемная техника.* 2010. № 1.

Проведено двухэтапное математическое моделирование диффузионных процессов, протекающих в термоэлектрическом модуле. На первом этапе разработана математическая модель процессов диффузии материалов многослойной конструкции полупроводниковой ветви, барьерного покрытия и припаянного медного проводника без учёта дефектов данных материалов. На втором этапе разработана математическая модель с учётом дефектности материалов данной многослойной конструкции. Получены результаты математического моделирования, которые показали, что именно степень дефектности слоёв барьерного покрытия в большей степени влияет на скорость протекания процессов диффузии, нежели тип материала барьерного покрытия.

Децентрализованное адаптивное управление с идентификацией и модельной координацией в многосвязных системах. *Мехатроника, автоматизация, управление.* 2010. № 1.

Обоснована методика синтеза адаптивных децентрализованных регуляторов с идентификатором и эталонной моделью для многосвязных нестационарных линейных систем управления с параметрическими и внешними возмущениями. В отличие от большинства известных работ по децентрализованному управлению с модельной координацией рассмотрены локальные многосвязные системы с несколькими входами и несколькими выходами (ММО-системы). Заданная точность слежения за локальными эталонными моделями обеспечивается при упрощённых требованиях к идентификатору и не связывается напрямую с асимптотической точностью выдаваемых оценок параметров. Приведён методический пример.

Метод построения эффективных моделей разработки программного обеспечения. *Информационные технологии.* 2010. № 1.

Рассмотрена классификация моделей разработки программного обеспечения. Введена система критериев, характеризующих эти модели. Поставлена задача выбора эффективных вариантов моделей разработки программного обеспечения, которая сводится к задаче гипервекторного ранжирования. Приведён численный пример.

Методы адаптивного управления движением мобильных машин, предотвращающие потерю устойчивости в условиях чрезвычайных событий. *Грузовик.* 2010. № 1.

Рассмотрены методы и алгоритмы моделирования чрезвычайных событий при движении мобильных машин, представлена математическая модель создания чрезвычайного события.

Методика планирования и обеспечения оптимальной надёжности инфокоммуникационных систем большой размерности на этапе проектирования. *Вестник компьютерных и информационных технологий.* 2010. № 1.

Рассмотрено современное состояние проблемы проектирования и оптимизации телекоммуникационных систем с точки зрения их надёжности. Приведена классификация моделей, способов повышения и оптимизации надёжности. Сформулирован новый подход к оптимизации надёжности современных телекоммуникационных систем с учётом экономических аспектов планирования, поставлена соответствующая задача математического программирования, приведён алгоритм решения задачи. Рассмотрено применение предложенной методики на примере магистральной сети передачи данных.