

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:**

Бучаченко А.Л.

Гусев А.А.

Дегтярев Ю.И.

Елисеев В.А.

Иванов А.П.

Мальцева С.В.

Нефедов Е.И.

Шебакин И.Ю.

(заместитель главного редактора)

РЕДАКЦИЯ:

Шебакин И.Ю. — зам. главного редактора

Гончарова Л.К. — научный редактор

Осипова В.Г. — научный редактор

Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 748 0290,

E-mail: ast@mashin.ru; <http://www.mashin.ru>

9
2012

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

Журнал зарегистрирован 9 апреля
1999 г. за № 018684 в Комитете
Российской Федерации по печати

Журнал входит в перечень
утверждённых ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей
учёных степеней

ООО «Издательство Машиностроение»

Адрес издательства:

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 268 3858,

факс: (499) 269 4897

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Комиренко А.В., Климов А.С., Климов В.С., Анциборов А.Н. Микропроцессорное управление контактной сваркой	3
Микаева С.А., Микаева А.С., Ашрятов А.А., Коваленко О.Ю. Амальгамные лампы в установках по обеззараживанию воды	10

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Головешкин В.А., Пономарёв А.В., Ульянов М.В. Регулярные деревья рекурсии: описание и теоретический анализ	16
Шутеев В.А. Применение концепции интеллектуальных агентов для создания информационно-логистических систем поддержки жизненного цикла наукоёмкой продукции	22
Мкртычев С.В. Классификация специализированных компонентов корпоративной информационной системы страховой компании	28
Бигалиева А.З., Коккоз М.М. Расчёт на прочность трёхмерных объектов проектирования на основе метода конечных элементов	32

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Белоусов В.Л., Дивуева Н.А. Особенности определения цены экспертных услуг в научной сфере	35
Безденежных В.М. Внедрение процессного подхода управления российскими предприятиями: проблемы и пути их преодоления	40

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов	44
-----------------------------	----

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Komirenko A.V., Klimov A.S., Klimov V.S., Antsiborov A.N. Microprocessor control of resistance welding	3
Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Ashryatov A.A., Kovalenko O.Yu. Amalgam lamp in water disinfection facility	10

MODERN TECHNOLOGIES

Goloveshkin V.A., Ponomarev A.V., Ulyanov M.V. Regular recursion trees: description and theoretical analysis	16
Shuteev V.A. Intellectual agents concept application for information-logistic system creating of vitally cycle support of the science intensive products	22
Mkrtychev S.V. Specialized components classification of the insurance company corporative information systems	28
Bigaliev A.Z., Kokkoz M.M. Three-dimensional projecting objects strength calculation on the basis of the final elements method	32

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Belousov V.L., Divueva N.A. Definition features of the expert services price in the scientific sphere	35
Bezdenezhnykh V.M. Process approach implementation of the Russian enterprises management: problems and their overcoming ways	40

SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review	44
--------------------------	----

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); телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298

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

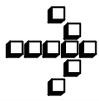
Сдано в набор 28.06.12. Подписано в печать 27.08.12.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Цена свободная

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

Отпечатано в ООО «Белый ветер»
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

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», 2012 г.



УДК 621.791.763

А.В. Комиренко, А.С. Климов, канд. техн. наук, доц., **В.С. Климов**
(Тольяттинский государственный университет),
А.Н. Анциборов (ОАО «АвтоВАЗ», г. Тольятти)

klimovTGU@yandex.ru

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ

Процесс контактной сварки рассмотрен как объект управления, предложены новые алгоритмы управления, структура аппаратной части и требования к ней, приведены примеры и результаты реализации предложенных решений с использованием микропроцессорной техники.

Ключевые слова: контактная сварка, микропроцессорное управление, контроль качества.

Resistance welding process as management object is considered, new management algorithms, hardware structure and requirement to it are proposed, examples and results of the offered decisions realization through the use of microprocessor engineering are adduced.

Key words: resistance welding, microprocessor management, quality control.

Вопросы управления технологическими процессами в условиях действия возмущений в настоящее время весьма актуальны в связи с постоянным повышением требований к стабильности качества продукции. Контактная сварка, являющаяся одним из наиболее распространённых способов получения неразъёмных соединений в машиностроении, автомобилестроении и авиационной промышленности, протекает в условиях действия большого числа возмущений. К таким возмущениям в первую очередь можно отнести: колебание напряжения питающей сети ΔU_c , изменение активного R_2 и индуктивного X_2 сопротивления контура под действием его нагрева и внесения ферромагнитных масс, изменение сопротивления участка электрод–электрод $R_{\text{ээ}}$ из-за различного состояния поверхности деталей и износа сварочных электродов, колебания сварочного усилия $F_{\text{св}}$ (рис. 1). Поддержание заданных значений технологических параметров, характеризующих формирование сварного соединения (температурное поле $T(x, y, z, t)$, ток сварки $I_{\text{св}}$, падение напряжения на электродах $u_{\text{ээ}}$ и др.), обеспечивается за счёт управляющих воздействий (открытие сварочных тиристоров α и усилие на электродах $F_{\text{св}}$), которые изменяются в зависимости от значения регулируемого параметра, являющегося одним из технологических параметров.

Наибольшее распространение при автоматическом управлении контактной сваркой получили замкнутые системы с обратной связью. В та-

кой системе объект управления (контактная сварка) представляется разделённым на две части (рис. 2). Математическое описание первой части (КС1) обычно заранее известно, её выходной переменной является некоторый параметр P_1 (сварочный ток, напряжение на участке электрод–электрод, тепловое расширение металла и др.), измеряемый с помощью датчика (Д) и являющийся параметром обратной связи замкнутой системы. Поддержание регулятором контактной сварки (РКС) данного параметра около заданного значения $P_{1,\text{зад}}$ обеспечивает стабильное качество соединения в некотором диапазоне действующих возмущений φ_1 . Вторая же часть (КС2) объекта управления характеризует зависимость температурного поля $T(x, y, z, t)$ в свариваемых деталях от принятого параметра обратной связи P_1 и действия возмущений φ_2 . В большинстве случаев такая зависимость неизвестна (не описана математически), а возмущающие факторы φ_2 не поддаются измерению и компенсации; это приводит к тому, что вторая часть объекта управления просто не рассматривается, это влечёт за собой значительное сужение области применения проектируемых регуляторов контактной сварки и снижение стабильности качества при смене отработанной технологии (переход на сварку других толщин и материалов, деталей с другими габаритами).

Постоянно повышающиеся требования к качеству соединения, получаемого контактной сваркой, обусловили появление большого числа ис-

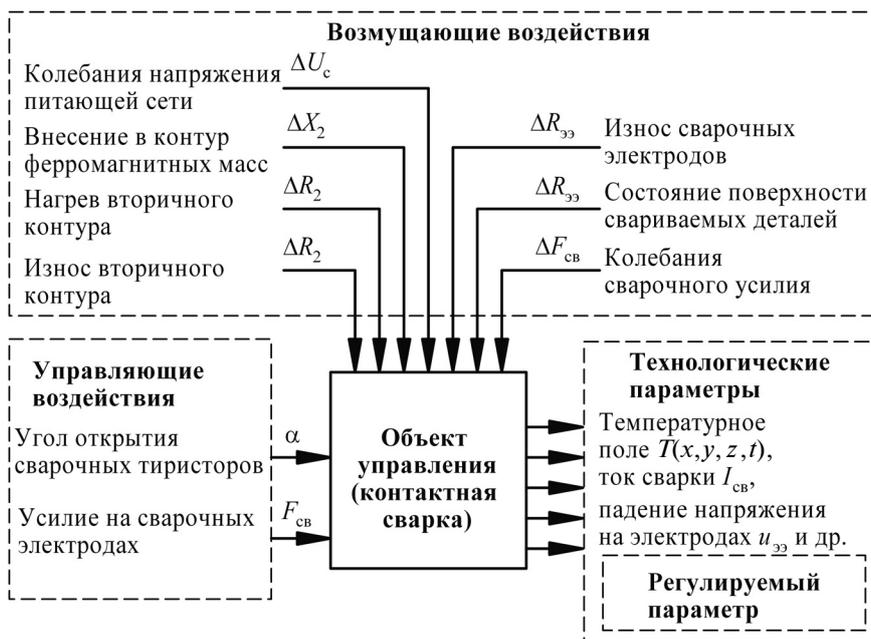


Рис. 1. Функциональная схема регулирования процесса контактной сварки

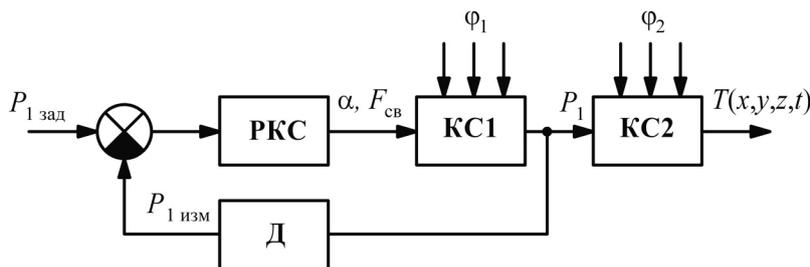


Рис. 2. Структурная схема регулирования процесса контактной сварки

следований, посвященных управлению процессом контактной сварки, использующих в качестве диагностических признаков электрические (сварочный ток, изменение сопротивления на участке электрод–электрод) и физические (температура, тепловыделение, перемещение подвижного электрода) параметры процесса сварки [1]. Следует отметить, что электрические параметры наиболее удобны для построения систем автоматического управления, поскольку обеспечивают простоту построения и универсальность системы управления [1, 2]. Одновременно происходит усложнение алгоритмов управления, контроль процесса становится многофакторным, учитывающим взаимосвязи процесса и возмущений. При этом повышаются требования к вычислительным и управляющим функциям системы управления.

На основании рассмотренной специфики контактной сварки как объекта управления перспек-

тивными следует признать два направления исследований в области обеспечения её качества. Первое – синтез алгоритмов управления и поиск параметров обратной связи, обеспечивающих наиболее точное поддержание заданных режимов в условиях действия помех и возмущений. Второе – изучение взаимосвязи тепловых и электрических процессов при контактной сварке.

С развитием современной микропроцессорной техники аппаратура управления постепенно переходит от регуляторов на цифровых элементах к микроконтроллерам и микропроцессорам [3], что позволяет получить автономную структуру системы управления (задание режимов сварки и алгоритма управления с передней панели прибора), возможность выбора одного из нескольких алгоритмов управления и параметров обратной связи. Однако разработка недорогого универсального регулятора, позволяющего реализовывать скорректированные и вновь синтезированные

ные алгоритмы управления, остаётся актуальной задачей.

Повышение аппаратных возможностей и помехозащищённости регуляторов контактной сварки возможно при реализации алгоритмов параметрического управления [4], предусматривающих косвенное измерение различных оценочных критериев процесса формирования соединения: ток сварки, сопротивление и падение напряжения на участке электрод–электрод, энерговыделение при сварке.

Ранее была предложена необходимая для осуществления такого управления методика определения требуемых параметров контактной машины (её активного и реактивного сопротивлений в режиме короткого замыкания) [5] и аппаратная часть на базе персональной ЭВМ и блока цифрового ввода–вывода [6]. Однако для массового внедрения результатов исследования необходима разработка промышленного образца регулятора на базе микропроцессорного управления, позволяющего с помощью набора стандартных блоков измерять оценочные критерии процесса сварки, управлять по произвольно синтезированному пользователем алгоритму и проводить предварительную диагностику качества соединения.

Объект управления (контактная сварка) формирует следующие требования к системе управления (регулятору):

выработка управляющих воздействий – наличие минимум трёх каналов вывода (управление

включением тиристорного контактора, управление приводом сжатия и проковки) и трёх каналов ввода (сигнал начала цикла сварки, синхронизирующая последовательность перехода сетевого напряжения через ноль, чтение состояния сварочных тиристоров), работающих с частотой дискретизации не менее 40 кГц;

наличие последовательного интерфейса связи с персональным компьютером;

соответствие сигналов управления стандартам, принятым современными производителями систем управления контактной сваркой;

наличие встроенного таймера с частотой не менее 40 кГц;

наличие быстродействующей оперативной памяти для хранения циклограммы сварки.

Специфика реализуемых алгоритмов управления, основанных на измерении длительности включённого состояния тиристоров и выборе нового угла открытия тиристоров из таблиц управления, обуславливает следующие требования к регулятору:

наличие flash-памяти объёмом около 30 кБайт для хранения таблиц управления;

возможность выборки из этих таблиц значения с задержкой не более 5 мс (так как коррекция должна быть введена уже в следующем периоде сетевого напряжения).

Предлагаемый регулятор контактной сварки включает следующие функциональные блоки (рис. 3): микроконтроллер 1, цепи развязки и согласования 2, нормирующие цепи аналоговых сиг-

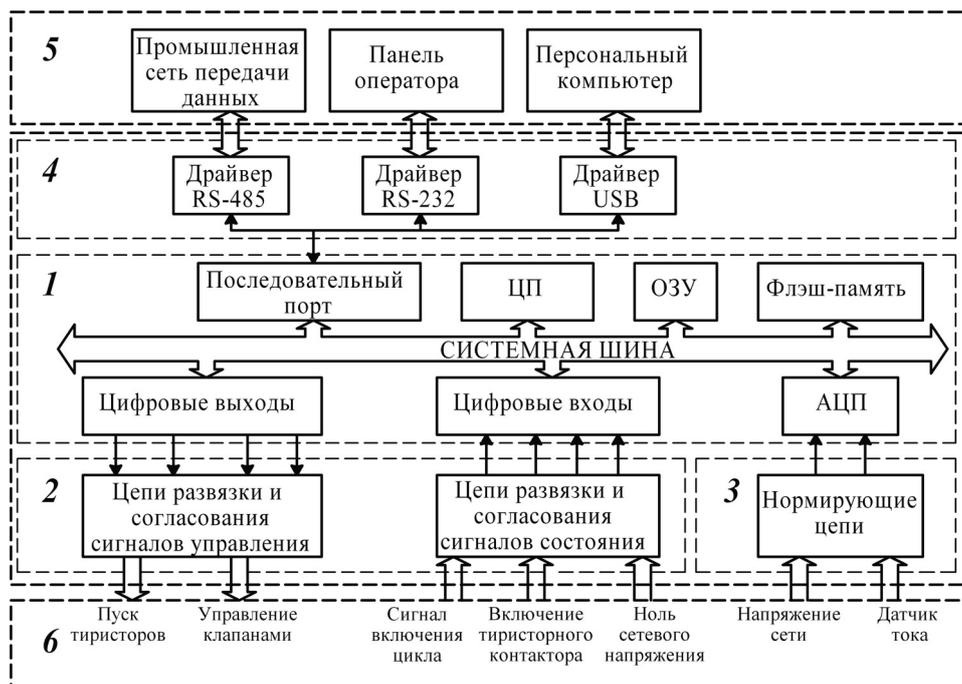


Рис. 3. Функциональная схема регулятора контактной сварки

налов 3, драйверы интерфейсов связи 4 (RS-232, RS-485, USB), обеспечивающие обмен с внешним устройством 5 данными, необходимыми для управления и анализа работы контактной машины 6.

Микроконтроллер реализует основные функции управления сваркой и включает в себя центральный процессор ЦП (основное вычислительное и управляющее устройство), оперативную память ОЗУ (используется для хранения временных параметров циклограммы, хода сварки), флэш-память (для хранения алгоритмов управления, настроек и параметров), последовательный порт передачи данных USART (для коммуникации с внешними устройствами, например компьютером, панелью оператора). Обмен сигналами с контактной сварочной машиной происходит посредством цифровых входов, цифровых выходов и аналоговых входов АЦП, встроенных в микроконтроллер. Все блоки микроконтроллера обмениваются между собой данными по системной шине.

Цепи развязки и согласования служат для согласования уровней интерфейсов цепей управления, защиты их от помех, возникающих при работе оборудования, и гальванической развязки, они построены на базе оптронов, DC-DC преобразователей.

Нормирующие цепи использованы для приведения уровня сигналов аналоговых величин (на-

пряжение питающей сети, ток в первичном и вторичном контуре) к стандартному диапазону напряжений, воспринимаемых АЦП микроконтроллера.

Занесение в ОЗУ и флэш-память микроконтроллера параметров циклограммы сварки, алгоритма управления осуществляется с персонального компьютера или панели оператора через интерфейс USB или RS-232 соответственно. Связь контроллера с другими устройствами происходит посредством интерфейса RS-485 по стандартным (Modbus RTU) и авторским протоколам обмена.

При проектировании регулятора контактной сварки необходимо учитывать особенности цепей управления сварочной машины. Наиболее требовательными к точности сигналов управления являются узел формирования задающего воздействия (импульса включения тиристоров, привязки к фазе сетевого напряжения), узел формирования сигнала обратной связи (длительности включённого состояния тиристоров).

Фаза сетевого напряжения вычисляется на основании сигнала нулевого уровня питающей синусоиды от соответствующего узла (рис. 4, сигнал 4). Напряжение питающей сети через понижающий трансформатор $T1$ (сигнал 1) подаётся через токоограничительные резисторы $R1$ и $R2$ на встречно-параллельные диоды $VD1$ и $VD2$, формируя импульсы, ограниченные по амплитуде (сигнал 2), а затем на операционный усилитель $DD1$, включённый по схеме с бесконечным коэффициентом усиления. Полученные прямоугольные импульсы (сигнал 3), соответствующие положительной полуволне сетевого напряжения подаются на блок гальванической развязки $U1$, а затем на формирователь единичных импульсов $DD2$, на выходе которого формируется сигнал (рис. 4, сигнал 4) для организации аппаратных прерываний в контроллере.

Формирование сигнала на пуск тиристоров происходит с помощью одновибратора (рис. 5). Входной сигнал 1 дважды инвертируется (сигналы 2 и 3) и подаётся на триггер $DD2$. Длительность формируемого импульса (сигнал 4) задаётся номиналами резисторов $R3$, $R4$ и конденсатора $C1$, через диод $VD1$ происходит разрядка RC-цепочки. Входная цепь узла защищается от случайного срабатывания буферной схемой на базе двух инверторов $DD1-1$ и $DD1-2$ с подтягивающими резисторами $R1$, $R2$. Полученный импульс пуска подаётся также на блок гальванической развязки, собранный на оптроне.

Длительность включённого состояния тиристоров определяется с помощью схемы (рис. 6) путём измерения напряжения на тиристорном контакторе. При открытии тиристоров напряже-

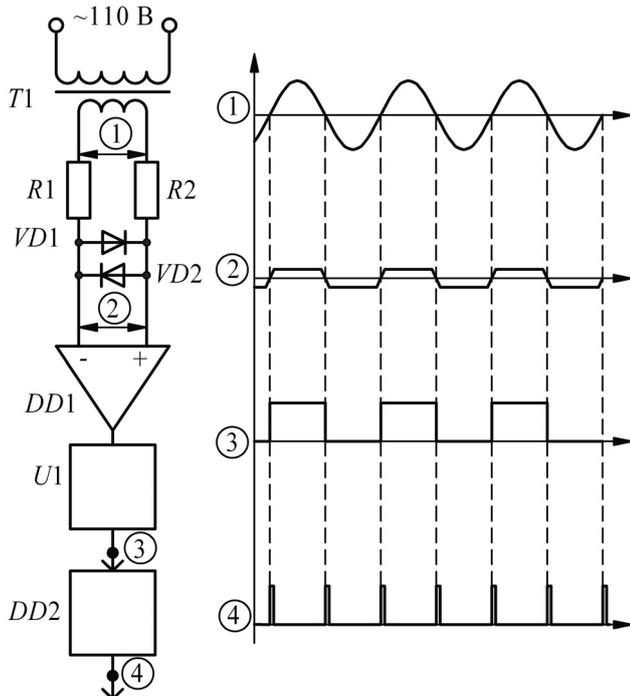


Рис. 4. Функциональная схема синхронизации с сетью и временная диаграмма сигналов

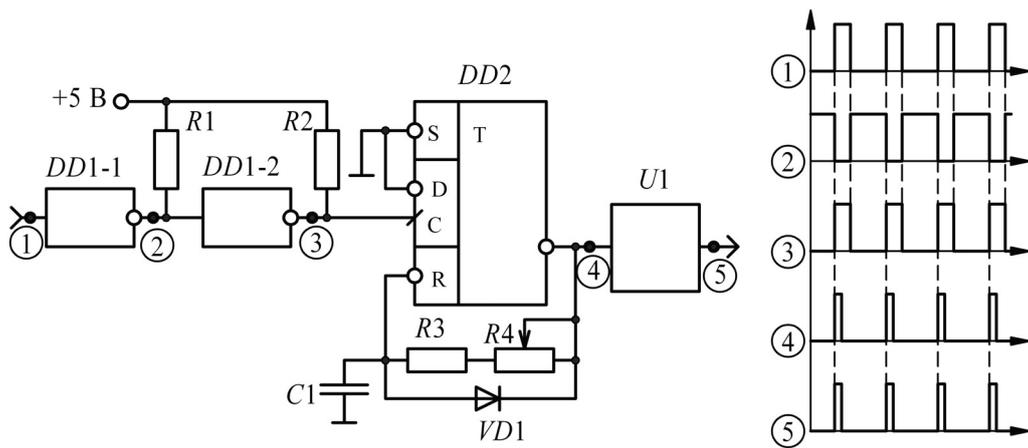


Рис. 5. Схема узла формирования импульса на пуск тиристоров и временная диаграмма сигналов

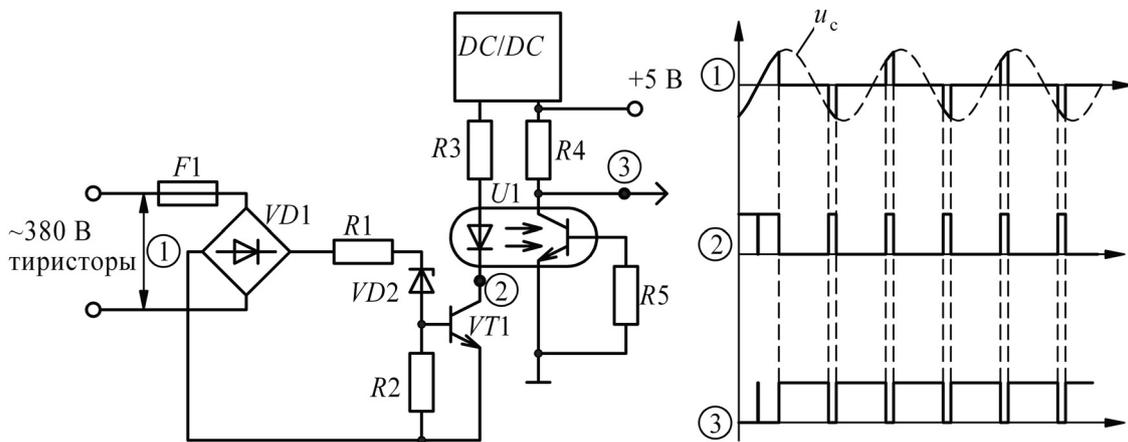


Рис. 6. Схема узла формирования длительности включённого состояния тиристоров

ние на нём падает с 380 до 2–3 В, поэтому узел должен детектировать падение уровня напряжения до этого значения. Напряжение на тиристорном контакторе (см. рис. 6, сигнал 1) через плавкий предохранитель F1 подаётся на диодный мост VD1, выпрямляющий переменное напряжение, а затем на последовательную цепочку из резисторов R1, R2 и стабилитрона VD2, повышающего пороговый уровень срабатывания ключа транзистора VT1. При снижении напряжения до порогового значения 2–3 В транзистор VT1 закрывается (сигнал 2). На выходе узла формируется сигнал (сигнал 3), активный уровень которого сигнализирует об открытии тиристоров. Гальваническая развязка по сигналу управления осуществляется посредством оптрона U1, по цепи питания – DC/DC преобразователем. Сопротивления R3–R5 ограничивают рабочие токи оптрона U1.

Для измерения аналоговых величин (сетевое напряжение, вторичный сварочный ток) исполь-

зуется встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) контроллера. Формирование сигнала АЦП происходит с помощью аналоговых цепей, построенных на базе операционных усилителей. Действующие значения сигналов определяют аналоговыми интеграторами или методами численного интегрирования непосредственно в микроконтроллере.

Алгоритм управления контактной сваркой представляет собой функцию угла α'' открытия тиристоров в следующем периоде сварочного тока от угла α' открытия тиристоров в предыдущем периоде и измеренного параметра обратной связи $P_{1\text{изм}}$:

$$\alpha'' = f(\alpha', P_{1\text{изм}}),$$

где функция f может быть задана в виде аппроксимирующей зависимости или таблично.

Управление тепловыми процессами предусматривает использование функции f как минимум от

двух параметров обратной связи (например, сварочный ток и падение напряжения между электродами или сварочный ток и электрическое сопротивление между электродами):

$$\alpha'' = f(\alpha', P_{1 \text{ изм}}, P_{2 \text{ изм}}),$$

что существенно усложняет вычисления. При учёте взаимосвязи тепловых и электрических процессов при контактной сварке угол открытия тиристоров α'' , кроме значений α' , $P_{1 \text{ изм}}$ и $P_{2 \text{ изм}}$, будет определяться также активным R_2 и индуктивным X_2 сопротивлениями и сетевым напряжением U_C :

$$\alpha'' = f(\alpha', P_{1 \text{ изм}}, P_{2 \text{ изм}}, R_2, X_2, U_C). \quad (1)$$

Вычисления по зависимости (1) предполагают использование многофакторных регрессионных моделей, учитывающих воздействие многих возмущений, с возможностью постоянного уточнения значений коэффициентов в ходе многократного их пересчёта [7]. Проведённые ранее исследования [4, 8] позволили отказаться от измерения

	α'_1	α'_2	...	α'_m
λ_1	$\alpha''_{1,1}$	$\alpha''_{1,2}$...	$\alpha''_{1,m}$
λ_2	$\alpha''_{2,1}$	$\alpha''_{2,2}$...	$\alpha''_{2,m}$
...
λ_n	$\alpha''_{n,1}$	$\alpha''_{n,2}$...	$\alpha''_{n,m}$

Рис. 7. Таблица с численными решениями уравнения (1)



Рис. 8. Регулятор контактной сварки СК-300

параметров обратной связи $P_{1 \text{ изм}}$ и $P_{2 \text{ изм}}$ в пользу измерения длительности включённого состояния тиристоров λ . Это сделало возможным представление алгоритма управления углом α'' открытия тиристоров в виде набора таблиц (рис. 7), в которых численные значения α'' заранее просчитаны для всех возможных сочетаний измеренных значений $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, заданных значений $\alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_m$ и начальных параметров (R_2, X_2, U_C). Такой подход позволяет производить до сварки основные вычисления на ЭВМ с использованием стандартных математических пакетов, при этом нет необходимости использования аппроксимирующих зависимостей, а сложность математической модели не влияет на скорость обработки данных аппаратурой управления. Во-первых, это снижает требования к аппаратной части, а во-вторых, существенно повышает точность вычисления угла α'' . Как показывает практика и теоретические исследования [4], для эффективного управления тепловыделением при контактной сварке требуется точность задания α'' и измерения λ не менее 0,5 электрического градуса.

Предложенные подходы к построению систем управления реализованы в регуляторе контактной сварки СК-300 (рис. 8). Регулятор реализует функции управления с компенсацией изменения напряжения питающей сети, измерением действующих и мгновенных значений вторичного сварочного тока, определением основных физических и электрических параметров процесса сварки по обобщённому параметру процесса сварки – длительности включённого состояния тиристоров.

Промышленные испытания регулятора на ОАО «АвтоВАЗ» проводились в режиме параметрической стабилизации сварочного тока и стабилизации тепловыделения между электродами на машине МТ-4021 при контактной точечной сварке листовых заготовок из стали 08ЮП толщиной 1 мм. Контроль сварочного тока и падения напряжения между электродами проводили с использованием регистратора сварочных процессов РКДП-0401. Принимали длительность импульса сварочного тока 0,12 с (6 периодов).

При работе в режиме параметрической стабилизации для каждого случая сварки измеряли действующий ток I_2 в каждом периоде и сравнивали его с заданным значением (8 кА). В результате измерений для различных начальных значений α и состояний поверхностей свариваемых деталей (рис. 9) был сделан следующий вывод. Предложенная система и способ позволяют стабилизировать действующий сварочный ток с необходимой точностью (погрешность порядка 400 А).

При работе в режиме стабилизации тепловыделения сварку проводили при номинальном

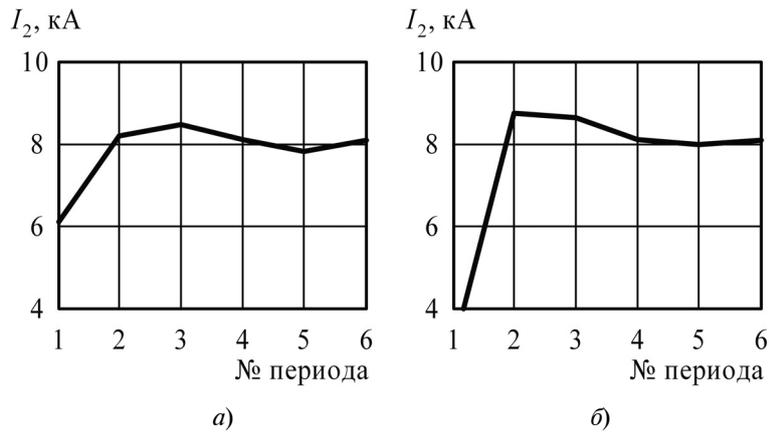


Рис. 9. Результаты параметрической стабилизации сварочного тока пластин толщиной 1 мм из стали 08ЮП:
a – подготовленных; *б* – со следами смазки

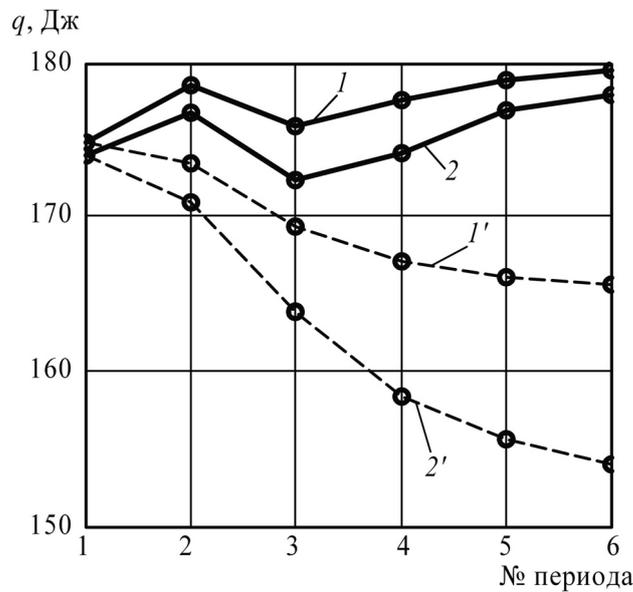


Рис. 10. Тепловыделение q в каждом периоде сварочного тока при сварке пластин толщиной 1 мм из стали 08ЮП

диаметре рабочей поверхности электродов, равном 5 мм, и увеличенном вследствие износа диаметре, равном 8 мм. Стабилизация тепловыделения q за период сварочного тока позволяет получить качественные соединения в обоих случаях (рис. 10, кривые 1 и 2 соответственно). В то же время сварка со стабилизацией сварочного тока (см. рис. 10, кривые 1' и 2'') сопровождается уменьшением тепловыделения при изношенных электродах и получением непровара.

Результаты представленной разработки могут использоваться в качестве основы для построения универсальных регуляторов контактной сварки, осуществляющих управление по гибким алго-

ритмам. Модульная структура позволяет в дальнейшем расширить функциональные возможности аппаратуры управления.

Данная система управления может применяться как в рамках производства с высокими требованиями к качеству контактной сварки, так и в рамках заводской лаборатории, где с помощью персонального компьютера можно гибко задавать режимы сварки для каждого периода сетевого напряжения, алгоритмы стабилизации и обрабатывать данные, полученные от регулятора о протекании процесса сварки (при подборе оптимальных режимов сварки, экспериментов по свариваемости и подбору алгоритма управления).

Библиографические ссылки

1. **Климов А.С.** Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 216 с.
2. **Новые** разработки ЗАО «Электрик-МИКС» в области контроля и управления сварочными процессами / Ю.Е. Иоффе, В.В. Жданов, А.В. Котов и др. // Сварочное производство. 2002. № 4. С. 39–43.
3. **Разработка** контроллера для систем управления электросварочным оборудованием / Н. Зуев, К. Зуев, Е. Шевелев, А. Дзюба // Компоненты и технологии. 2007. № 12. С. 124–127.
4. **Продолжительность** включенного состояния тиристорных как параметр обратной связи в системах автоматического управления контактной точечной сваркой / А.С. Климов, А.К. Кудинов, А.А. Герасимов, А.Н. Анциборов // Сварочное производство. 2009. № 2. С. 17–22.
5. **Расчёт** составляющих комплексного сопротивления сварочного контура контактных машин / А.С. Климов, А.А. Герасимов, Н.П. Анциборов, М.С. Гончаров // Сварочное производство. № 8. 2006. С. 18–20.
6. **Компьютерный** комплекс для исследования и управления процессами сварки / А.С. Климов, Н.П. Анциборов, А.А. Герасимов, М.С. Гончаров // Сварочное производство. 2006. № 3. С. 32–34.
7. **Райбман Н.С., Чадеев В.М.** Построение моделей процессов производства. М.: Энергия, 1975. 237 с.
8. **Способ** измерения параметров тепловыделения при контактной точечной сварке на однофазных машинах переменного тока / А.С. Климов, А.А. Герасимов, А.Н. Анциборов, М.С. Гончаров // Сварочное производство. 2006. № 11. С. 18–21.

УДК: 921.327.534

С.А. Микаева, д-р техн. наук, проф., **А.С. Микаева**,
(Московский государственный университет приборостроения и информатики),
А.А. Ашрятов, канд. техн. наук, доц., **О.Ю. Коваленко** д-р техн. наук, проф.
(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск)

mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

АМАЛЬГАМНЫЕ ЛАМПЫ В УСТАНОВКАХ ПО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ВОДЫ

Рассмотрены аспекты применения метода ультрафиолетовой (УФ) дезинфекции воды при помощи мощных амальгамных ламп низкого давления. Показаны особенности конструкции ламп и установок УФ обеззараживания. Приведён расчёт дозы УФ облучения в многоламповой установке. Приведён пример успешного применения амальгамных ламп для обеззараживания воды на водоочистной станции подготовки питьевой воды.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, ультрафиолетовые лампы, результаты исследований.

Application aspects of the ultraviolet (UF) water disinfection method of water by means of powerful low pressure amalgam lamps are considered. Lamps and disinfecting UF facility design features are shown. Computation of UF radiation dose in multi-tube facility is adduced. Example of the amalgam lamps successful application for water disinfection at water-purifying station for drinking water preparation is adduced.

Key words: ultraviolet radiation, ultraviolet lamps, research results.

В настоящее время для бактерицидной обработки воды, воздуха и поверхностей применяется ультрафиолетовое (УФ) излучение бактерицидного диапазона 200–315 нм. Рассмотрим особенности применения данного метода для обработки воды. К установкам для обеззараживания воды предъявляются два основных требования: эффективное уничтожение микроорганизмов, содержащихся в воде, и небольшое гидродинамическое сопротивление. Таким образом, с одной стороны, необходимо обеспечить достаточную дозу УФ об-

лучения воды, проходящей через установку, а с другой – обойтись минимумом препятствий, размещённых в потоке обрабатываемой воды.

Подготовленная для обеззараживания вода, как правило, обладает довольно высоким поглощением УФ излучения. Эта величина может варьироваться от 10 до 50 % на 1 см в зависимости от места водозабора и методик предварительной обработки воды. Высокое поглощение УФ излучения обусловлено наличием в воде взвешенных частиц, органических примесей и солей. Этот

факт заставляет размещать источники УФ излучения близко друг от друга. Для эффективного обеззараживания вода должна получить заданную дозу УФ излучения.

Так как интенсивность излучения зависит от расстояния до лампы, то необходимо обеспечивать эффективное турбулентное перемешивание воды между лампами при прохождении через камеру обеззараживания, поэтому скорость движения воды должна быть достаточно высокой. При этом нельзя допускать образования застойных зон или областей, где скорость протекания воды выше, чем средняя скорость потока, поэтому в поток воды устанавливаются выравнивающие решётки, обладающие дополнительным гидродинамическим сопротивлением.

Наиболее эффективным источником бактерицидного УФ излучения является дуговой разряд в парах ртути и инертных газах при давлении в сотни паскалей и при давлении паров ртути около 10–15 Па [1]. При таких условиях более 95 % энергии УФ излучения дугового разряда сосредоточено на длине волны 254 нм, что практически совпадает с диапазоном 265–270 нм, в котором излучение обладает наиболее эффективным бактерицидным эффектом. КПД преобразования электрической энергии в энергию бактерицидного УФ излучения составляет 30–50 %.

Примером реализации этого принципа работы являются ртутные лампы низкого давления, используемые для обеззараживания и как источники света. Для этого на колбу лампы наносится люминофор, преобразующий УФ излучение в видимый свет. Основными недостатками этих ламп являются низкая погонная мощность УФ излучения (около 20–30 Вт/м) и зависимость мощности излучения от температуры холодной точки.

Создание установок для бактерицидной обработки воды в промышленных масштабах на основе таких ламп требует размещения в камере обеззараживания значительного количества этих источников. Это необходимо не только из-за их малой мощности, но и значительного снижения мощности УФ излучения при варьировании температуры воды в пределах 0–30 °С.

Изложенных выше недостатков лишены современные амальгамные лампы низкого давления, обладающие погонной мощностью 150–200 Вт/м. Эти значения достигаются без потери эффективности генерации УФ излучения при сохранении большого срока службы ламп.

Установки для обеззараживания воды при помощи амальгамных ламп более перспективны. В этом случае необходимое количество источников излучения в 3–5 раз меньше, что позволяет сделать установку более компактной и дешёвой из-за сокращения количества материалов, затрачи-

ваемых на её производство. Эффективность установок мало зависит от температуры обрабатываемой воды. Кроме того, компактное оборудование легче разместить в помещениях станций очистки воды.

Рассмотрим простейшую установку для обеззараживания воды, состоящую из коаксиально расположенных частей: металлической трубы (предпочтительно из нержавеющей стали), бактерицидной лампы и кварцевого чехла, который окружает лампу, чтобы не было непосредственного контакта воды с лампой. Установка комплектуется электрической частью, обеспечивающей функционирование источника света, и ламповым уплотнением, препятствующим попаданию воды на лампу и её электрические соединения.

Комбинация кварцевого чехла, лампы и лампового уплотнения называется ламповым узлом. Пространство между внешней стенкой кварцевого чехла и внутренней стенкой металлической трубы заполняется водой и называется камерой обеззараживания, протекая через которую вода подвергается УФ облучению.

Для эффективной инактивации микроорганизмов необходимо набрать определённую дозу УФ облучения. Согласно Методическим указаниям по УФ обработке питьевой воды [2] она составляет не менее 25 мДж/см², а для сточной воды эта величина может быть другой, определяющейся в ходе технологического исследования конкретного объекта.

Доза УФ облучения является произведением интегральной средней интенсивности в камере обеззараживания и среднего времени нахождения в ней воды. Таким образом, регулирование дозы возможно изменением мощности УФ ламп или варьированием расхода воды через установку. При промышленном использовании установок обеззараживания воды требуется обеспечить производительность станции УФ обеззараживания от нескольких десятков до нескольких тысяч кубометров воды в час.

Простая установка с одной амальгамной лампой даже при типичных условиях может обеспечить бактерицидную обработку воды с расходом не более 10 м³/ч. Для повышения пропускной способности установок используются многоламповые схемы, позволяющие увеличить объём и проходное сечение камеры обеззараживания, а вместе с этим и расход обрабатываемой воды.

В зависимости от гидродинамических условий и требований заказчика лампы в установках для обеззараживания воды можно размещать вдоль или поперёк потока воды, вертикально или горизонтально.

Эксплуатация амальгамных ламп низкого давления в водяной системе имеет ряд особенностей.

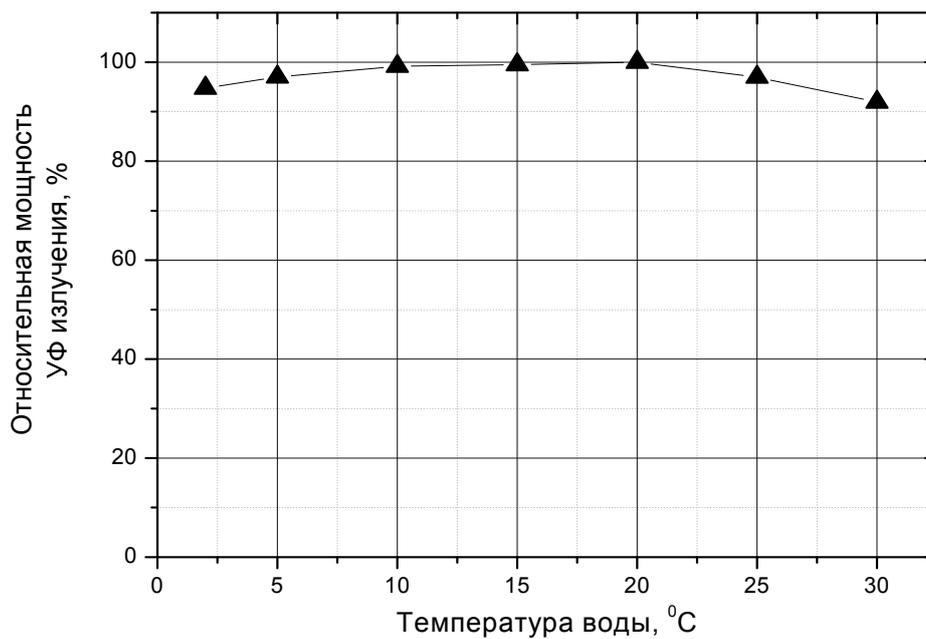


Рис. 1. Зависимость мощности УФ излучения амальгамной лампы, помещённой в кварцевый чехол, от температуры омывающей воды при оптимальной конструкции лампового узла

Как уже упоминалось выше, для безопасности и удобства обслуживания лампы размещаются в кварцевых чехлах. Параметры чехла выбираются в зависимости от типа применяемой лампы, гидродинамических условий и особенностей обрабатываемой воды: температурного диапазона, вероятности загрязнения чехла и многих других.

Наиболее важным условием при выборе чехла является оптимальный температурный режим работы лампы. Температура обрабатываемой воды, как правило, изменяется от 0 до 30 °С. У амальгамы, расположенной на внутренней стенке кварцевой колбы лампы, также есть диапазон температур, в котором давление паров ртути слабо зависит от температуры амальгамы. Давление паров ртути должно быть близко к оптимальному значению (10–15 Па), при котором выход УФ излучения максимален.

При выборе внутреннего диаметра чехла необходимо учитывать соотношение мощности тепловыделения лампы, диапазон возможной температуры воды и выбор зазора между внутренней стенкой чехла и внешней стенкой лампы таким образом, чтобы при изменении температуры воды, температура стенки колбы лампы не выходила за пределы, при которых давление паров ртути в лампе оптимально.

Оптимальность температурного режима для спроектированного лампового узла проверяется экспериментально. В ходе эксперимента снимается зависимость мощности УФ излучения лампы от температуры воды, проходящей через установку.

Ламповый узел годен к эксплуатации, если снижение мощности УФ излучения лампы при изменении температуры воды от 0 до 30 °С не превышает 10–15 %. Пример измеренной зависимости приведён на рис. 1.

Дополнительные сложности возникают при регулировке мощности потребления электроэнергии установки в зависимости от расхода воды. Если расход обрабатываемой воды не меняется в течение суток, то нерационально держать установки постоянно включёнными на полную мощность.

Для экономии электроэнергии необходимо отключить часть ламп. Однако частые включения отрицательно сказываются на ресурсе работы ламп. Кроме того, при отключении части ламп не всегда можно пропорционально снизить расход воды. Например, при выключении половины ламп в установке нельзя снизить расход в 2 раза, так как существенно изменяется распределение интенсивности излучения в камере обеззараживания. Образуются зоны с низким уровнем облучённости из-за увеличения расстояния между работающими лампами. Поэтому при отключении половины ламп среднее время прохождения воды через установку должно быть увеличено более чем в два раза.

Другим методом регулировки мощности, потребляемой лампами, является изменение разрядного тока, осуществляемое специальным регулируемым электронным источником питания.

Однако этот подход также имеет ряд недостатков, основным из которых является изменение температуры лампы при варьировании разрядного тока. Вследствие этого необходимо существенно увеличить температурный диапазон оптимальной работы амальгамы, который зависит от её состава, или размещать амальгаму в колбе лампы так, чтобы её температура была менее чувствительной к температуре колбы лампы. Работа ламп при неоптимальной температуре амальгамы не только снижает КПД генерации УФ излучения, но и уменьшает ресурс работы лампы на тысячи часов.

Условия, в которых амальгамные лампы работают в установках обеззараживания воды, нельзя назвать благоприятными, так как проявляются многие факторы воздействия, накладывающие дополнительные ограничения на надёжность источника УФ излучения. Установки часто механически соединены с различными насосами. Это вызывает вибрацию и установки, и ламп, что может привести к разрушению кварцевой колбы лампы и защитного слоя на внутренней поверхности лампы, образованию микротрещин, осыпанию оксидного слоя на электродах, нарушению электрических контактов и другим негативным явлениям, сокращающим срок службы лампы и снижающим надёжность работы установки.

Лампа подвергается воздействию повышенной влажности, а при неблагоприятных условиях может оказаться в воде. Также может быть и противоположная ситуация, когда при неправильной регулировке расхода воды несколько ламповых чехлов целиком или частично оказываются на воздухе и не охлаждаются водой, что может привести к перегреву, в результате которого ресурс работы ламп уменьшится, а в отдельных случаях возможен и выход ламп из строя. Эти ситуации должны быть предусмотрены конструкцией лампы и УФ установки.

Для снижения влажности, образующейся из-за конденсата, в ламповом чехле применяется специальный дренаж, а для снижения риска повреждения от коррозии все электрические соединения сделаны из материалов, устойчивых к этому фактору, и по возможности герметизированы. При работе установки все узлы лампы (провода, цоколи, цоколевочная мастика) подвергаются воздействию мощного УФ излучения, которое может разрушать многие материалы с выделением вредных веществ.

Поэтому все материалы, из которых изготавливаются лампа и установка, проходят испытания на устойчивость к воздействию жёсткого ультрафиолета.

Ещё одним фактором риска является то, что кварцевые чехлы могут совершать колебания под

воздействием потока воды или при механической вибрации всей установки. Колебания могут усиливаться под действием гидроударов при резком изменении расхода воды через установку. Частота и амплитуда таких колебаний во многом определяются геометрией чехла, что также учитывается при его выборе.

В ЗАО «ЛИТ» («Лаборатория импульсной техники», г. Москва) разработаны амальгамные лампы с погонной электрической мощностью более 220 Вт/м, с КПД генерации бактерицидного УФ излучения более 40 % на длине волны 254 нм. Для питания лампы используется переменный электрический ток с частотой 30–59 кГц от электронного пускорегулирующего аппарата. Длина лампы определяется конкретной схемой применения, и для большинства установок межэлектродное расстояние составляет 144 см.

На основе разработанных амальгамных ламп созданы различные установки для обеззараживания питьевых и сточных вод, производительность которых в 3–5 раз выше по сравнению с аналогичными установками с ртутными лампами низкого давления.

На рис. 2 представлена установка УДВ-36А350 для обеззараживания питьевой воды с продольным обтеканием кварцевых чехлов.

Установка имеет цилиндрическую камеру обеззараживания, в которой параллельно её оси размещены 36 бактерицидных ламп мощностью 330 Вт каждая. Такая конструкция установки позволяет обеззараживать до 450 м³/ч воды при давлении до 1 МПа. Обеспечиваемая установкой УФ доза достаточна для обеззараживания питьевой воды повышенной санитарно-эпидемиологической надёжности.

Одно из первых применений установки УДВ 36А350 – это водоочистная станция подготовки питьевой воды в г. Кронштадте, построенная на базе четырёх таких установок. Технические характеристики станции приведены в таблице.

Общая производительность станции 1800 м³/ч. Доза УФ облучения выбрана почти с двукратным запасом, так как вода поступает на станцию из Невы, для которой характерна высокая микробиологическая загрязнённость (общее микробное число (ОМЧ) достигает нескольких тысяч КОЕ/мл). При этом среди видового состава микроорганизмов присутствуют термотолерантные бактерии и вирусы, устойчивые к воздействию хлора. Всё это свидетельствует об интенсивном загрязнении данного источника воды и диктует необходимость создания дополнительных барьеров для обеспечения эпидемиологической безопасности. Кроме того, запас прочности по УФ дозе необходим из-за снижения мощности УФ излучения ламп во время их эксплуатации, а также для компенсации

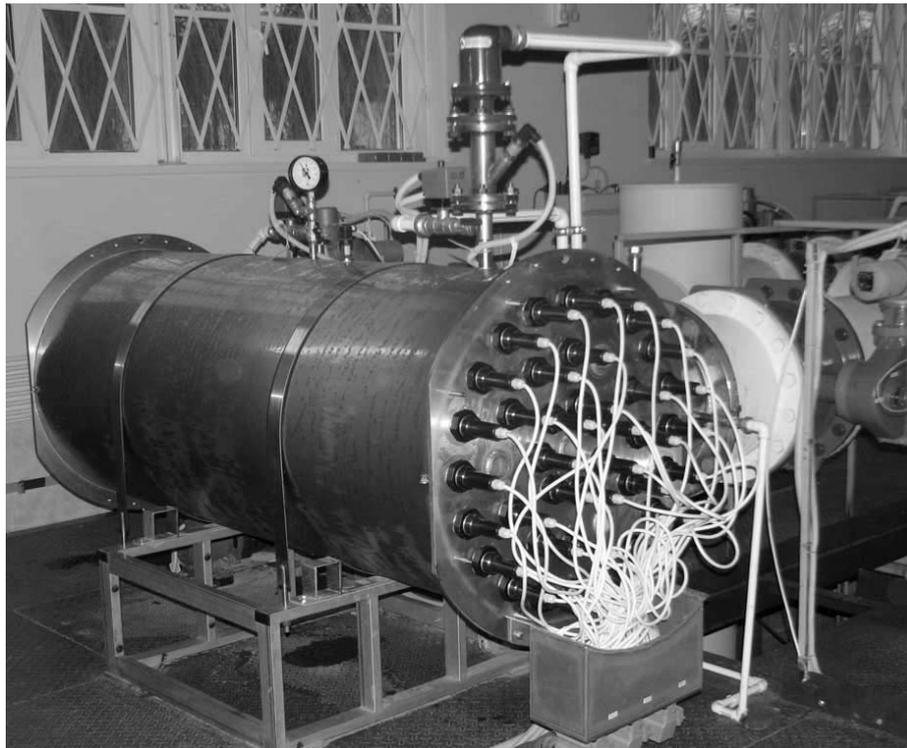


Рис. 2. Установка обеззараживания воды на амальгамных лампах

Технические характеристики установок, размещённых на водоочистой станции подготовки питьевой воды в г. Кронштадте

Тип установки	УДВ-36А350
Число установок	4
Расход Q через установку, м ³ /ч	450
Интегральная облучённость, мВт/см ²	8,7
Сечение камеры обеззараживания, см ²	505
Длина камеры обеззараживания, см	144
Среднее время нахождения воды в установке, с	5,19
Доза УФ облучения, обеспечиваемая установкой, мДж/см ²	45,1

загрязнения кварцевых чехлов между регламентными работами.

Для решения задачи расчёта дозы, обеспечиваемой установкой, необходимы данные о геометрии установки, схеме расположения УФ ламп, их мощности, возможные значения пропускания воды, результаты гидродинамических расчётов. На основании этих данных вычисляется интегральная интенсивность в камере обеззараживания при разных коэффициентах пропускания воды и среднее время нахождения воды в установке. Произведением этих величин определяется доза УФ облучения в камере обеззараживания. Для воды или воздуха при развитом турбулент-

ном движении применяется модель полного перемешивания, которая предполагает, что любой объём воды (воздуха) проходит через всю установку. Тогда при полном вытеснении обрабатываемой жидкости получаемая доза УФ запишется в виде

$$D = \langle E \rangle t,$$

где $\langle E \rangle$ — средняя облучённость в установке;
 $\langle E \rangle = \frac{1}{V} \iiint_V E dV$; V — объём бактерицидной установки; t — среднее время прохождения воды через установку.

В многоламповых установках при расчёте средней облучённости учитывается также перекрывание одних ламп другими. Эффективное время нахождения воды в установке определяется по производительности установки Q и эффективно-му объёму установки:

$$t = V_a / Q = (V - V_z - V_l) / Q,$$

где V_l – объём кварцевых чехлов, окружающих лампы; V_z – объём застойных зон, который зависит от конструкции установки и линий тока (может составлять 5–20 %).

Среднее время прохождения воды через установку находится исходя из геометрических размеров камеры обеззараживания и предельного расхода воды. Более точную картину показывает гидродинамическое компьютерное моделирование, позволяющее учесть образование застойных зон или зон с малыми скоростями движения воды.

Реальное время облучения следует определять экспериментально. При расчёте необходимо учитывать факторы, уменьшающие бактерицидный эффект установки: поглощение УФ излучения при прохождении воды или воздуха, снижение бактерицидного потока ламп по мере выработки их ресурса (15–50 % в зависимости от типа лампы), колебание температуры среды у стенки лампы или чехла, загрязнение чехлов и отражающих поверхностей, влияние колебаний сетевого напряжения и т. д. Окончательно микробиологическая эффективность бактерицидной установки оценивается только при натурных испытаниях службами Госсанэпиднадзора.

Суммарная интенсивность $E_{общая}(\tau)$ вычисляется численным интегрированием по всему объёму камеры обеззараживания. При этом используется аппроксимированная по экспериментальным данным функция радиального распределения интенсивности одной лампы $I(r, \tau)$ в круглом сечении при различных коэффициентах пропускания воды τ , которая значительно отличается от радиального распределения интенсивности вокруг лампы на воздухе, описываемого моделью Кайтца [3]. Для расчёта дозы УФ облучения D на модели полного перемешивания осуществляется численное интегрирование интенсивности УФ излучения в корпусе установки для каждой лампы. При этом учитывается экранирование излучения другими лампами, элементами конструкции:

$$E(\tau) = \iiint IdV \approx L \int_0^{2\pi} \int_{R_0}^{\infty} I(\tau, R) R d\alpha dR \approx$$

$$** \approx L \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M I(\tau, R_0 + j\Delta R)(R_0 + j\Delta R)\Delta\alpha\Delta R, \quad (1)$$

где $\Delta R = \frac{R_{lim} - R_0}{M}$; $\Delta\alpha = \frac{2\pi}{N}$; α – полярный угол; R_0 – радиус чехла; $E(\tau)$ – зависимость интегральной интенсивности в объёме установки от пропускания воды для одной лампы; $I(\tau, R)$ – функция интенсивности пропускания воды и радиуса для одноламповой установки; N, M – параметры разбиения для суммирования.

При переходе * пренебрегается спадом излучения на краях лампы, а при переходе ** интегрирование заменяется конечными суммами.

Суммирование проводится только по областям, куда достигает излучение лампы. Функция интенсивности от пропускания воды и значения радиуса $I(\tau, R)$ аппроксимируется исходя из экспериментальных данных по соответствующим зависимостям в простейшей коаксиальной установке.

Для расчёта дозы излучения полученная интегральная интенсивность УФ излучения в установке делится на объём камеры обеззараживания и умножается на среднее время нахождения воды в камере обеззараживания t .

Таким образом, для применения амальгамных бактерицидных ламп низкого давления в установках по обеззараживанию воды требуется выполнить определённые условия, касающиеся всех узлов конструкции лампы и установки. Наиболее важными из них являются: правильный расчёт светового поля и дозы УФ излучения в воде, обеспечение оптимального температурного режима работы ламп при меняющейся температуре воды и регулировании мощности лампы, возможность кратковременной работы ламп в аварийном режиме при отсутствии воды, обеспечение надёжности работы лампы в установке и защита от факторов риска, таких как повышенная влажность, воздействие жёсткого УФ и возможных вибрационных воздействий.

Работа водоочистой станции свидетельствует об успешном применении бактерицидных амальгамных ламп низкого давления с погонной электрической мощностью более 220 Вт/м. За три года эксплуатации УФ установок при прохождении еженедельных микробиологических тестов обработанной воды величина ОМЧ не превышала установленных СЭС нормы.

Библиографические ссылки

1. **Справочная** книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак, 2006. 951 с.
2. **Методические** указания МУК 4.3.2030-05. М.: Эко-никс, 2006. 147 с.
3. **Keitz H.** Light calculations and measurement. Macmillan, London: 1971. 420 с.



УДК 510.52

В.А. Головешкин, д-р техн. наук, проф., **А.В. Пономарёв**, канд. физ.-мат. наук.
(Московский государственный университет приборостроения и информатики),
М.В. Ульянов, д-р техн. наук, проф.
(Московский государственный университет печати им. Ивана Фёдорова)

muljanov@mail.ru

РЕГУЛЯРНЫЕ ДЕРЕВЬЯ РЕКУРСИИ: ОПИСАНИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Анализ рекурсивных алгоритмов методом подсчёта вершин порождённых деревьев предполагает детальное исследование их структур. В связи с этим в статье предложено специальное описание регулярных деревьев, характерных для ряда рекурсивных алгоритмов. Разработан метод, доставляющий аналитическое решение для числа порождённых вершин на каждом уровне такого регулярного дерева, и базирующийся на введённом регулярном описании. Полученные в статье результаты позволяют провести теоретический анализ трудоёмкости рекурсивных алгоритмов, порождающих регулярные деревья рекурсии.

Ключевые слова: деревья рекурсии, описание регулярных деревьев, аналитическое решение числа порождённых вершин.

Recursive algorithms analysis by method of the generated trees tops calculation assumes detailed research of their structures. In this connection the special description of regular trees, typical for a recursive algorithms number is proposed in article. The analytical decision delivering method for number of generated tops at each level of such regular tree, based on the entered regular description, is developed. The received results in article allow to carry out the theoretical analysis of labor input of the recursive algorithms generating regular recursion trees.

Key words: recursion trees, regular trees description, generated tops number analytical decision.

1. Введение. Решение задачи выбора рационального алгоритма в процессе разработки программного обеспечения базируется, как правило, на одной из основных характеристик качества алгоритма – трудоёмкости. Под трудоёмкостью понимается число базовых операций принятой модели вычислений, заданных алгоритмом на конкретном входе [1]. Более значимой оценкой является функция трудоёмкости, аргументом которой является длина входа алгоритма. Содержательно функция трудоёмкости рассматривается в лучшем, худшем и среднем случаях [2]. Существующие методы анализа алгоритмов позволяют получить вычислительную сложность алгоритма — асимптотическую оценку функции трудоёмкости в худшем случае, и в ряде случаев — точную функцию трудоёмкости, позволяющую решать задачу рационального выбора в реальных диапазонах длин входов. Задача получения точной функции трудоёмкости является актуальной как для итерационных, так и для рекурсивных реализаций алгоритмов, в аспекте теоретического анализа которых в настоя-

щее время предложен ряд методов, позволяющих получить аналитические выражения для функций трудоёмкости [1, 2, 3]. Одним из перспективных в этом направлении является метод анализа порождённого дерева рекурсии, наиболее сложным этапом которого является получение аналитических выражений для числа вершин порождённого дерева рекурсии на каждом его уровне [1].

Основная проблема теоретического анализа дерева рекурсии состоит в том, что в общем случае число порождённых вершин является функцией как номера уровня дерева, так и номера порождающей вершины на данном уровне. Более того, в ряде случаев такая функция не задаётся аналитически, и структура дерева определяется специфической конкретным входом алгоритма, что существенно усложняет поставленную задачу. В качестве примера приведём рекурсивный алгоритм решения классической задачи оптимальной упаковки методом динамического программирования, для которого порождённое дерево определяется как объёмом упаковки, так и объёмами типов грузов

[1]. Тривиальными для этой задачи являются лишь решения для полных m -арных деревьев.

Таким образом, в аспекте исследования рекурсивных алгоритмов очевидный интерес представляет задача теоретического анализа порождённых деревьев рекурсии в случаях, отличных от тривиальных.

2. Постановка задачи. В соответствии с методом анализа трудоёмкости на основе подсчёта вершин порождённого дерева рекурсии [1] будем использовать далее следующие обозначения:

n – глубина дерева рекурсии, т. е. число его уровней, при этом корень дерева не нумеруется, а имеет специальный индекс Root, а нумерация далее начинается с нуля;

S – формальное описание структуры порождённого дерева рекурсии;

$R_A(n, S)$ – суммарное число вершин по всем уровням дерева рекурсии глубины n , имеющего структуру с описанием S ;

$R_V(n, S)$ – суммарное число внутренних вершин дерева;

$R_L(n, S)$ – число листьев дерева рекурсии, т. е. число вершин на уровне n .

Настоящая работа преследует две цели:

1. Предложить формальное описание дерева рекурсии S с регулярной структурой, характерной для порождающих их рекурсивных алгоритмов, в том числе для алгоритмов, реализующих метод динамического программирования.

2. Разработать метод решения, позволяющий по данному формальному описанию структуры дерева S и заданному номеру уровня j получить аналитическое решение для числа вершин дерева на данном уровне $R(j, S)$. Таким образом, если данный вход алгоритма порождает дерево глубины n со структурой S , то основные характеристики дерева, необходимые для анализа трудоёмкости рекурсивного алгоритма, вычисляются в виде

$$\begin{aligned} R_A(n, S) &= \sum_{j=0}^n R(j, S) + 1; \\ R_V(n, S) &= \sum_{j=0}^{n-1} R(j, S) + 1; \\ R_L(n, S) &= R(n, S). \end{aligned} \quad (1)$$

Заметим, что дополнительная единица учитывает вершину корня дерева рекурсии.

3. Формальное описание структуры регулярного дерева рекурсии. Начнём формирование описания структуры с рассмотрения полного m -арного дерева. Очевидно, что в этом случае на каждом уровне (кроме уровня листьев) каждая

вершина порождает ровно m новых вершин, и дерево полностью самоподобно, начиная с любой вершины. Поскольку особенности ряда рекурсивных алгоритмов состоят в том, что вершины одного уровня порождают различное число вершин следующего уровня, не превышающее, однако, некоторого наперёд заданного значения, авторы предлагают следующее формальное описание регулярного дерева в виде упорядоченного m -мерного кортежа (строки S) с отсортированными не по возрастанию значениями компонент

$$\begin{aligned} S &= (k_1; k_2; \dots; k_j; \dots; k_m), \quad j = \overline{1, m}; \\ k_1 &\geq k_2 \geq \dots \geq k_j \geq \dots \geq k_m. \end{aligned} \quad (2)$$

Порождение дерева со структурой, описываемой строкой S , происходит по следующему алгоритму, использующему специальную нумерацию вершин в уровне и понятие типа вершины. На уровне корня дерева вершина Root порождает m вершин уровня $n = 0$ с нумерацией $1, 2, \dots, m$. Присвоим каждой вершине характеристику, которую будем называть «тип вершины» – число из сегмента $[1, \dots, m]$. Будем говорить далее, что если вершина имеет тип « j », то она порождает k_j вершин на следующем уровне дерева. На уровне $n = 0$ порождённые корнем вершины получают тип, равный собственному номеру, таким образом, вершина с номером j имеет тип « j », и, следовательно порождает k_j вершин на уровне 1. Далее, на следующих уровнях, порождённые вершины нумеруются относительно родительской вершины начиная с номера m , справа налево в порядке убывания номеров, и получают типы, соответствующие полученным номерам. Таким образом, вершины, непосредственно порождённые из вершины с типом « j » (таких вершин k_j) описываются следующей строкой

$$(0; 0; \dots; k_l; k_{l+1}; \dots; k_m), \quad l = m - k_j + 1. \quad (3)$$

Предложенное формальное описание в виде строки S задаёт регулярное дерево, т. е. дерево, подчиняющееся единой на всех уровнях закономерности порождения вершин, заданной типом вершины в соответствии с её нумерацией, и способом порождения, указанным в формуле (3). Отметим, что в случае если $k_1 = m$, то корень имеет тип «1» и строка S имеет вид $S = (m; k_2; \dots; k_j; \dots; k_m)$, и описывает регулярное неполное (усечённое) m -арное дерево.

Например, формальное описание $S = (3; 3; 3)$ задаёт полное тернарное дерево, а описание

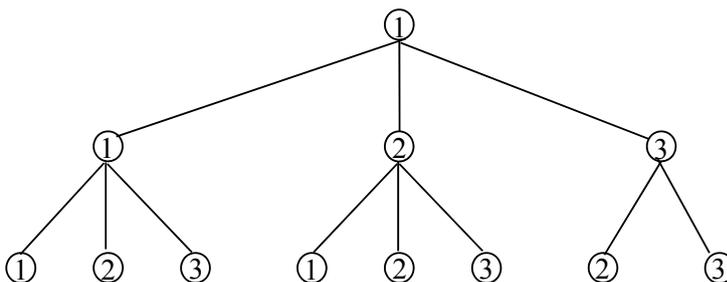


Рис. 1. Фрагмент дерева, заданного описанием $S = (3; 3; 2)$ с указанием типов вершин

$S = (3; 3; 2)$ – регулярное неполное тернарное дерево, вид которого приведён на рис. 1. В вершинах дерева указаны их номера, совпадающие, в соответствии с описанным правилом нумерации, с присвоенными им типами. Так, из всех вершин с типом "3" порождаются на следующем уровне две вершины, т. к. в строке формального описания $S = (3; 3; 2)$ значение $k_3 = 2$. Заметим также, что уровень корня дерева имеет индекс Root и не нумеруется, следующие уровни дерева имеют номера 0, 1 и т. д. Отметим, что введённый тип вершины соответствует её номеру в строке формального описания $S = (k_1; k_2; \dots; k_j; \dots; k_m)$, и из вершины с типом "j" порождается k_j вершин, строка описания которых указана в формуле (3).

4. Метод аналитического решения задачи о числе вершин регулярного дерева. Не теряя общности, сформулируем задачу подсчёта числа вершин, как задачу определения числа листьев дерева глубины n , порождённого описанием $S = (k_1; k_2; \dots; k_j; \dots; k_m)$, т. е. числа вершин регулярного дерева на уровне n – уровне листьев дерева. Во введённых обозначениях мы решаем задачу определения $R(j, S)$ при $j = n$, т. е. задачу получения аналитического решения для $R(n, S) = R_L(n, S)$.

Введём в рассмотрение характеристику $F(j)$ вершины, имеющей тип "j". Содержательно $F(j)$ есть число типов вершин, порождающих тип "j" по описанию S . Значение $F(j)$ вычисляется по формуле

$$F(j) = \max_{1 \leq i \leq m} \{i : m - k_i + 1 \leq j\}. \tag{4}$$

Пусть $w_{n,j}$ есть число вершин, имеющих тип "j" на n -ом уровне дерева. Введём в рассмотрение вектор $W_n = \{w_{n,1}; w_{n,2}; \dots; w_{n,m}\}$ размерности m , таким образом, компоненты вектора W_n содержат число вершин каждого типа на уровне n дерева рекурсии. Тогда с учётом введённой характеристики $F(j)$ для вычисления значений $w_{n,j}$ получаем систему линейных рекуррентных соотношений

$$\begin{cases} w_{\text{Root},1} = 1, w_{\text{Root},j} = 0, j = \overline{2, m}; n = \text{Root}; \\ w_{0,j} = 1, j = \overline{1, m}; n = 0; \\ w_{n+1,j} = \sum_{i=1}^{F(j)} w_{n,i}; n \geq 1. \end{cases} \tag{5}$$

Заметим, что в соответствии с (5) $W_0 = \{1; 1; \dots; 1\}$, а если $k_1 = m$, то $W_{\text{Root}} = \{1; 0; \dots; 0\}$.

На основании известного метода решения линейных рекуррентных соотношений [1, глава 1] будем искать решения соотношения (5) вида

$$\begin{aligned} H_n &= \lambda^n H_0, \quad H_0 = \{h_{0,1}; h_{0,2}; \dots; h_{0,m}\}, \\ H_n &= \{h_{n,1}; h_{n,2}; \dots; h_{n,m}\}, \end{aligned} \tag{6}$$

где H_n, H_0 – некоторые вектора размерности m , а значения λ определяются из условия равенства нулю определителя следующей системы уравнений, рассматриваемой относительно неизвестных $h_{0,j}$:

$$\left\{ \lambda \cdot h_{0,j} = \sum_{i=1}^{F(j)} h_{0,i}, \quad \forall j = \overline{1, m}. \right. \tag{7}$$

Искомое решение нашей задачи – вектор W_n получается линейной комбинацией найденных решений (6) с учётом начальных условий из (5).

Сформулируем этапы предложенного метода для решения рекуррентного соотношения (5) в случае, когда число собственных векторов H_0 равно m .

1. Вычисление характеристик типов вершин $F(j)$ по формуле (4) на основе предложенного формального описания регулярного дерева рекурсии в виде строки S .

2. Построение системы линейных рекуррентных соотношений (5).

3. Получение решений вида

$$H_n = \lambda^n H_0.$$

3.1. Построение системы уравнений (7).

3.2. Определение значений λ из условия равенства нулю определителя системы (7).

3.3. Нахождение значений собственных векторов H_0 для каждого значения λ .

4. Построение решений исходной системы (5) W_n как линейной комбинации полученных решений для H_0 на основе определения неизвестных коэффициентов линейной комбинации по значениям начальных условий, заданных вектором W_0 .

5. Подсчёт числа вершин на уровне n исследуемого дерева рекурсии

$$R(n, S) = \sum_{j=1}^m w_{n,j}. \tag{8}$$

6. Поскольку полученное аналитическое решение для W_n справедливо для любого значения n , то формула (8) доставляет решение и для $R(j, S) \forall j = \overline{0, n}$, что даёт возможность определения полного числа порождённых вершин на всех уровнях дерева глубины n и числа внутренних вершин в соответствии с формулой (1).

Особо отметим, что в случае, когда число собственных векторов H_0 меньше, чем m , необходимо использовать известные [1, 3, 4] специальные методы получения решений.

5. Примеры анализа регулярных деревьев рекурсии. Ниже мы приводим примеры анализа регулярных деревьев как для случая, когда число собственных векторов H_0 равно m , так и для случая, когда это число меньше, чем m .

а) Вначале рассмотрим пример дерева, заданного описанием $S = (3; 3; 2)$, вид которого приведён на рис. 1. Заранее укажем, что в этом случае число собственных векторов H_0 равно m . Мы подробно иллюстрируем метод, непосредственно указывая номера и содержание этапов предложенного метода решения.

1. Вычисление $F(j)$ по описанию $S = (3; 3; 2)$:

$$F(1) = 2, F(2) = 3, F(3) = 3.$$

2. Построение системы линейных рекуррентных соотношений (5):

$$\begin{cases} w_{0,j} = 1, j = \overline{1, 3}; \\ w_{n+1,1} = w_{n,1} + w_{n,2}; \\ w_{n+1,2} = w_{n,1} + w_{n,2} + w_{n,3}; \\ w_{n+1,3} = w_{n,1} + w_{n,2} + w_{n,3}. \end{cases}$$

3.1. Построение системы уравнений (7):

$$\begin{cases} \lambda h_{0,1} = h_{0,1} + h_{0,2}; \\ \lambda h_{0,2} = h_{0,1} + h_{0,2} + h_{0,3}; \\ \lambda h_{0,3} = h_{0,1} + h_{0,2} + h_{0,3}. \end{cases} \tag{9}$$

3.2. Определение значений λ из условия равенства нулю определителя системы:

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 1 & 0 \\ 1 & 1-\lambda & 1 \\ 1 & 1 & 1-\lambda \end{vmatrix} = 0.$$

Вычисляя определитель, получаем уравнение $\lambda(\lambda^2 - 3\lambda + 1) = 0$, корни которого равны:

$$\lambda_1 = 0; \quad \lambda_2 = \frac{3-\sqrt{5}}{2}; \quad \lambda_3 = \frac{3+\sqrt{5}}{2}.$$

3.3. Нахождение значений собственных векторов H_0 для каждого значения λ .

Подставляя полученные корни в (9) и решая полученные системы, получим собственные вектора H_0 , соответствующие по нумерации корням характеристического уравнения:

$$H_0^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix}; H_0^{(2)} = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1-\sqrt{5}}{2} \\ \frac{1-\sqrt{5}}{2} \end{pmatrix}; H_0^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1+\sqrt{5}}{2} \\ \frac{1+\sqrt{5}}{2} \end{pmatrix}.$$

4. Построение решений исходной системы (5) W_n , как линейной комбинации полученных решений для H_0 с начальными условиями W_0 :

$$W_n = A \cdot 0^n \cdot H_0^{(1)} + B \cdot \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2}\right)^n \cdot H_0^{(2)} + C \cdot \left(\frac{3+\sqrt{5}}{2}\right)^n \cdot H_0^{(3)},$$

где по определению $0^0 = 1$, а A, B, C – неизвестные коэффициенты линейной комбинации, определяемые по начальным условиям W_0 :

$$\begin{cases} A + B + C = 1; \\ -A + \frac{1-\sqrt{5}}{2} B + \frac{1+\sqrt{5}}{2} C = 1; \\ \frac{1-\sqrt{5}}{2} B + \frac{1+\sqrt{5}}{2} C = 1. \end{cases}$$

Решение полученной системы имеет вид:

$$A = 0; \quad B = \frac{\sqrt{5}-1}{2\sqrt{5}}; \quad C = \frac{\sqrt{5}+1}{2\sqrt{5}},$$

что доставляет окончательное решение для числа вершин исследуемого регулярного дерева

$$W_n = \frac{\sqrt{5}-1}{2\sqrt{5}} \cdot \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2}\right)^n \cdot H_0^{(2)} + \frac{\sqrt{5}+1}{2\sqrt{5}} \cdot \left(\frac{3+\sqrt{5}}{2}\right)^n \cdot H_0^{(3)}$$

5. Подсчёт числа вершин на уровне n исследуемого дерева рекурсии.

В соответствии с формулой (8) общее число вершин на уровне n есть сумма числа вершин каждого типа:

$$R(n, S) = \sum_{j=1}^3 w_{n,j}$$

и, выполняя необходимые преобразования, получаем искомое решение для $S = (3; 3; 2)$:

$$R(n, S) = \frac{7+3\sqrt{5}}{2\sqrt{5}} \cdot \left(\frac{3+\sqrt{5}}{2}\right)^n + \frac{3\sqrt{5}-7}{2\sqrt{5}} \cdot \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2}\right)^n$$

Непосредственной подстановкой можно проверить, что $R(1, S) = 8$, $R(2, S) = 21$.

б) Второй пример, в котором регулярное дерево задаётся описанием $S = (3; 3; 1)$, также приводит к трём различным собственным векторам. В данном случае мы приведём только основные результаты. Значения λ , определённые из условия равенства нулю определителя системы, оказываются равными

$$\lambda_1 = 0; \lambda_2 = 1; \lambda_3 = 2,$$

что приводит к следующему решению для числа вершин с соответствующими типами

$$w_{n,1} = 2^n; w_{n,2} = 2^n; w_{n,3} = 2 \cdot 2^n - 1.$$

Выполняя суммирование по всем типам, получаем решение для уровня дерева

$$R(n, S) = 2^{n+2} - 1.$$

в) Следующий пример порождает случай, для которого необходим специальный метод решения. Рассмотрим описание $S = (m; m-1; m-2; \dots; 1)$. Дерево, представленное на рис. 2, соответствует этому описанию при значении $m=3$, т. е. $S = (3; 2; 1)$.

Начальные этапы аналитического решения для этого случая совпадают с уже описанным методом:

1. Вычисление $F(j)$ по описанию $S = (m; m-1; m-2; \dots; 1)$:

$$F(1) = 1, F(2) = 2, F(3) = 3, \dots, F(m) = m.$$

2. Построение системы линейных рекуррентных соотношений (5):

$$\begin{cases} w_{0,j} = 1, j = \overline{1, 3}; \\ w_{n+1,1} = w_{n,1}; \\ w_{n+1,2} = w_{n,1} + w_{n,2}; \\ \dots \\ w_{n+1,j} = w_{n,1} + w_{n,2} + \dots + w_{n,j}; \\ \dots \\ w_{n+1,m} = w_{n,1} + w_{n,2} + w_{n,3} + \dots + w_{n,m}. \end{cases} \quad (10)$$

3.1. Построение системы уравнений (7):

$$\begin{cases} \lambda h_{0,1} = h_{0,1}; \\ \lambda h_{0,2} = h_{0,1} + h_{0,2}; \\ \lambda h_{0,3} = h_{0,1} + h_{0,2} + h_{0,3}; \\ \dots \\ \lambda h_{0,m} = h_{0,1} + h_{0,2} + h_{0,3} + \dots + h_{0,m}. \end{cases} \quad (11)$$

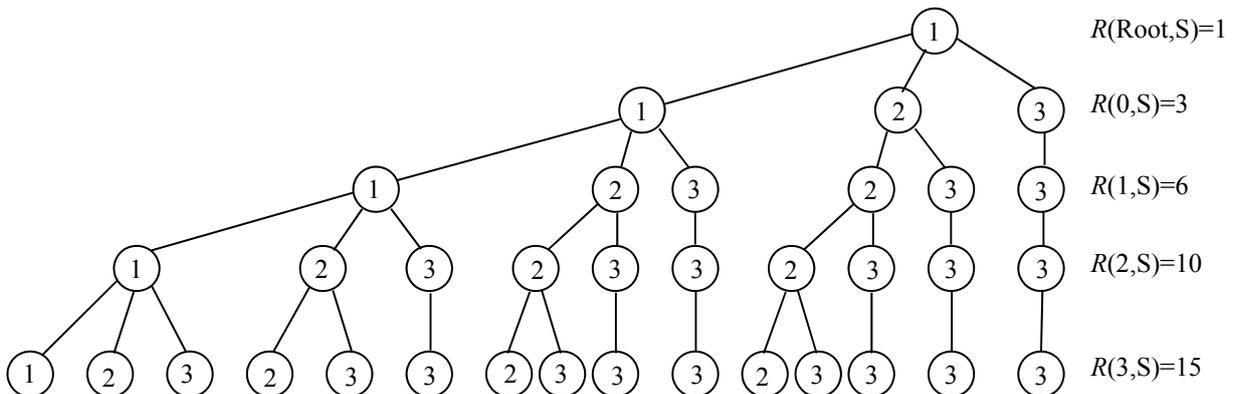


Рис. 2. Фрагмент дерева, заданного описанием $S = (3; 2; 1)$ с указанием типов вершин

3.2. Определение значений λ из условия равенства нулю определителя системы:

Вычисляя определитель системы (11), получаем уравнение $(1-\lambda)^m = 0$, и, следовательно, корень $\lambda = 1$ имеет кратность m . В данной задаче число собственных векторов меньше, чем m , и мы используем специальный метод, который в данном случае предусматривает непосредственное решение системы (10).

4. Непосредственное решение системы (10).

4.1. Решим рекуррентное соотношение для $j = 1$:

$$\begin{cases} w_{0,1} = 1; \\ w_{n+1,1} = w_{n,1}. \end{cases} \Rightarrow \forall n \ w_{n,1} = 1.$$

4.2. На основании полученного решения имеем рекуррентное соотношение для $j = 2$:

$$\begin{cases} w_{0,2} = 1; \\ w_{n+1,2} = w_{n,2} + 1. \end{cases} \Rightarrow \forall n \ w_{n,2} = n + 1.$$

4.3. С учётом этого решения рекуррентное соотношение для $j = 3$ имеет вид

$$\begin{cases} w_{0,3} = 1; \\ w_{n+1,3} = w_{n,3} + (n + 1) + 1. \end{cases} \quad (12)$$

Ищем частное решение в виде $w_{n,3}^* = An^2 + Bn + C$, и, подставляя его в (12), получаем

$$2An + A + B = n + 2, \Rightarrow A = \frac{1}{2}, B = \frac{3}{2}$$

начальное условие доставляет решение $C = 1$, и окончательно

$$w_{n,3} = \frac{1}{2}n^2 + \frac{3}{2}n + 1 = \frac{(n+1)(n+2)}{2}.$$

4.4. Заметим, что $w_{n,1} = 1 = C_n^0$, $w_{n,2} = n + 1 = C_{n+1}^1$, $w_{n,3} = C_{n+2}^2$. Докажем по индукции, что для произвольного значения m

$$w_{n,m} = C_{n+m-1}^{m-1}. \quad (13)$$

Соотношение (13) верно при $m = 1$, $m = 2$, $m = 3$. Предположение индукции состоит в том, что соотношение $w_{n,k} = C_{n+k-1}^{k-1}$ верно для всех $k \leq m$. Тогда на основе продолжения системы линейных рекуррентных соотношений (10) для $m + 1$ получаем рекуррентное соотношение

$$\begin{aligned} w_{n+1,m+1} &= w_{n,1} + w_{n,2} + w_{n,3} + \dots + w_{n,m} + \\ &+ w_{n,m+1} = C_n^0 + C_{n+1}^1 + C_{n+2}^2 + \dots + \\ &+ C_{n+m-1}^{m-1} + w_{n,m+1}. \end{aligned} \quad (14)$$

Заметим, что $C_n^0 = C_{n+1}^0$, $C_n^k + C_n^{k-1} = C_{n+1}^k$ [3], тогда

$$\begin{aligned} C_n^0 + C_{n+1}^1 + C_{n+2}^2 + \dots + C_{n+m-1}^{m-1} &= C_{n+2}^1 + C_{n+2}^2 + \\ &+ \dots + C_{n+m-1}^{m-1} = C_{n+m}^{m-1}. \end{aligned}$$

Покажем, что $w_{n,m+1} = C_{n+m}^m$ является решением рекуррентного по n соотношения (14). Подставляя это предполагаемое решение в (14), получаем

$$w_{n+1,m+1} = C_{n+m}^{m-1} + C_{n+m}^m = C_{n+m+1}^m,$$

что соответствует (13) с подстановкой соответствующих индексов, таким образом, решение системы (10) $\forall m \geq 1, \forall n \geq 1$ имеет вид

$$w_{n,m} = C_{n+m-1}^{m-1},$$

что и доказывает предположение индукции (13).

На основании полученных решений определим общее число вершин на уровне дерева с номером n , суммируя число вершин всех типов на этом уровне. Мы вводим третий аргумент m в функцию числа вершин, т. к. рассматриваем обобщённое описание $S = (m; m - 1; m - 2; \dots; 1)$ и, используя известные соотношения для биномиальных коэффициентов [3], получаем:

$$R(n, m, S) = \sum_{j=1}^m w_{n,j} = \sum_{j=1}^m C_{n+j-1}^{j-1} = C_{n+m}^{m-1}. \quad (15)$$

На основе (15) определим общее число вершин дерева с описанием $S = (m; m - 1; m - 2; \dots; 1)$, суммируя, очевидно, число вершин на всех уровнях, включая корень дерева

$$\begin{aligned} R_A(n, m, S) &= 1 + \sum_{i=0}^n R(i, m, S) = \\ &= \sum_{i=0}^n C_{i+m}^{m-1} = C_{n+m+1}^m. \end{aligned} \quad (16)$$

Обращаясь к фрагменту дерева, представленному на рис. 2 с описанием $S = (3; 2; 1)$, т. е. с $m = 3$, получим общее число вершин на уровне $n = 3$. Для этого используем формулу (15) – $R(3, 3, S) = C_{3+3}^{3-1} = C_6^2 = 15$. Также получим и суммарное число вершин на всех уровнях, включая уровень $n = 3$ на основе формулы (16) – $R_A(3, 3, S) = C_{3+3+1}^3 = C_7^3 = 35$. Отметим, что полученное решение совпадает с результатами анализа порождённого дерева рекурсии для алгоритма решения задачи оптимальной одномерной упаковки методом динамического программирования при регулярной параметризации задачи [1]. При этом результат, приведённый в [1], является частным, по отношению к результатам данной статьи, поскольку доставляет

решение только для деревьев с описанием вида $S = (m; m - 1; m - 2; \dots; 1)$.

6. Заключение. В целях анализа и исследования рекурсивных алгоритмов предложено специальное описание регулярных деревьев рекурсии, характерных для ряда рекурсивных алгоритмов. Такие деревья порождаются, например, алгоритмами, рекурсивно реализующими метод динамического программирования при определённой параметризации, регуляризирующей деревья, порождаемые рекурсивными алгоритмами. На базе этого описания предложен метод решения, доставляющий число порождённых вершин на каждом уровне такого регулярного дерева. Предложенный метод позволяет получить аналитическое решение для числа порождённых вершин по каждому уровню дерева рекурсии, и, следовательно, общее число вершин как функцию глубины дерева.

Полученные результаты могут быть использованы в целях детального теоретического анализа рекурсивных алгоритмов, порождающих регулярные деревья рекурсии, для получения точных функций трудоёмкости и ёмкостной эффективности.

Библиографические ссылки

1. Головешкин В.А., Ульянов М.В. Теория рекурсии для программистов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 296 с.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. 2-е изд./ Пер. с англ. М.: ИД «Вильямс», 2005. 1296 с.
3. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основание информатики/ Пер. с англ. М.: Мир, 1998. 703 с.
4. Сачков В.Н. Введение в комбинаторные методы дискретной математики. 2-е изд., испр. и доп. М.: МЦНМО, 2004. 424 с.

УДК 658.5

В.А. Шутеев (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

aspirant.mgtu@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЁМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Представлены определения и характеристики интеллектуальных агентов, сферы их применения и трудности, существующие в развитии данной концепции. Рассмотрена схема мультиагентной системы для решения одной из задач, стоящих на этапе маркетинга жизненного цикла наукоёмкой продукции. Предложено строить информационно-логистическую систему поддержки жизненного цикла наукоёмкой продукции на основе мультиагентных систем.

Ключевые слова: мультиагентные системы, интеллектуальные агенты, жизненный цикл, наукоёмкая продукция, информационные системы.

Intellectual agents definitions and characteristics, their application spheres and the difficulties existing in this concept development are presented. The multi agent system scheme for the one task decision appearing at a marketing stage of the science intensive products vitally cycle is considered. It is proposed to build information-logistic system for science intensive products vitally cycle support on the basis of multi agent systems.

Key words: multi agent systems, intellectual agents, vitally cycle, science intensive products, information systems.

Новые тенденции в развитии мировой экономики в сторону глобализации усиливают конкуренцию на мировых рынках, приводя к существенным изменениям в организации производства, а также сбыте и поддержке продукции, в особенности высокотехнологичной. В результате происходит коренное изменение структуры конкурентообразующих факторов, характера и методов конкуренции на мировых рынках изделий наукоёмких производств.

В современных условиях обеспечить высокую эффективность могут только гибкие и мобильные распределённые производства, способные быстро реагировать на постоянно меняющиеся условия рынков (запросы потребителей, изменения цен на рынках сырья и комплектующих, появление новых технологий производств и новых продуктов).

Современные информационные системы (ИС) поддержки различных этапов жизненного цикла

(ЖЦ) наукоёмкой продукции (НП), которые занимаются сбором и анализом информации в рамках ЖЦ продукции для формирования рекомендаций к принятию решений по основным вопросам в приведённых выше условиях, оказываются слишком централизованными и, как следствие, монолитными, чтобы справиться с постоянно изменяющимися информационными потоками и требованиями потребителей продукции.

Необходимо принимать решения в режиме реального времени для синхронизации целей и процессов производства с постоянно меняющимися реалиями. Технология, которая может обеспечить такую информационную поддержку, – концепция мультиагентных систем.

Эта технология относится к разработкам в области искусственного интеллекта и тесно связана с таким ответвлением, как распределённый искусственный интеллект, где организационные сущности обладают собственными целями и взаимодействуют для решения общей задачи.

На данный момент не существует единого определения агента. В работе [1] приводится подборка определений и высказываний об агентах. Приведём одно из определений агента, которое является наиболее цитируемым [2]: «Агент – компьютерная система, которая находится в определённом окружении и имеет возможность автономно действовать в нём, для того чтобы достичь целей, поставленных при проектировании».

Обычно приводятся следующие характеристики, которые присущи агентам [2, 3]:

автономность – способность информационного агента (ИА) функционировать без вмешательства человека и при этом осуществлять самоконтроль над своими действиями и внутренним состоянием;

общественное поведение (*social ability*) – способность функционировать с другими агентами, обмениваясь с ними сообщениями с помощью некоторого общепонятного языка коммуникаций;

реактивность (*reactivity*) – способность воспринимать состояние среды и своевременно отвечать (реагировать) на те изменения, которые в ней происходят;

про-активность (*pro-activity*) – способность агента брать на себя инициативу, т. е. способность генерировать цели и действовать рационально для их достижения, а не только реагировать на внешние события.

Это так называемое слабое определение агента.

Существует также «сильное» определение, в которое входят следующие свойства, обеспечивающие его «интеллектуальность» (подмножество так называемых ментальных свойств, называемых также интенциональными понятиями):

знания (*knowledge*) – это постоянная часть знаний агента о себе, среде и других агентах, т. е. та часть, которая не изменяется в процессе его функционирования;

убеждения (*beliefs*, вера) – знания агента о среде, в частности о других агентах. Это те знания, которые могут изменяться во времени и становиться неверными, однако агент может не иметь об этом информации и продолжать оставаться в убеждении, что на них можно основывать свои выводы;

желания (*desires*) – это состояния, ситуации, достижение которых по разным причинам является для агента желательным, однако они могут быть противоречивыми, и потому агент не ожидает, что все они будут достигнуты;

намерения (*intentions*) – это либо то, что агент обязан сделать в силу своих обязательств по отношению к другим агентам (ему это поручено, и он взял задачу на себя), либо то, что вытекает из его желаний (т. е. непротиворечивое подмножество желаний, выбранное по тем или иным причинам, совместимое с принятыми обязательствами);

цели (*goals*) – конкретное множество конечных и промежуточных состояний, достижение которых агент принял в качестве текущей стратегии поведения;

обязательства по отношению к другим агентам (*commitments*) – задачи, которые агент берёт на себя по просьбе (поручению) других агентов в рамках кооперативных целей или целей отдельных агентов в рамках сотрудничества;

мобильность (*mobility*) – способность агента мигрировать по сети в поисках необходимой информации для решения своих задач, при кооперативном решении задач совместно или с помощью других агентов и т. д.;

благжелательность (*benevolence*) – готовность агентов помочь друг другу, а также готовность агента решать именно те задачи, которые ему поручает пользователь, что предполагает отсутствие у агента конфликтующих целей;

правдивость (*veracity*) – свойство агента не манипулировать информацией, о ложности которой ему известно заранее;

рациональность (*rationality*) – свойство агента действовать так, чтобы достигнуть целей, а не избегать их достижения, по крайней мере, в рамках своих знаний и убеждений.

Первые два понятия называют позицией агента, его точкой зрения (*attitudes*), остальные характеризуют в англоязычной литературе общим термином «*pro-attitude*», суть которого в том, что они «направляют» поведение агента таким образом, чтобы сделать отвечающие данному термину содержательные и формальные утверждения истинными.

Мультиагентная система (МАС) – система, состоящая из множества интеллектуальных агентов, которые действуют, контактируя друг с другом. Они могут конкурировать, сотрудничать или находиться в некоторой комбинации между кооперацией и конкурированием. Однако существует общая инфраструктура, которая и позволяет получить нужный результат.

Любая МАС состоит из следующих основных компонентов [1]:

- множество организационных единиц, в котором выделяются подмножества агентов, манипулирующих подмножеством объектов;

- множество задач;

- среда, т. е. некоторое пространство, в котором существуют агенты и объекты;

- множество отношений между агентами;

- множество действий агентов (например, операций над объектами).

В МАС задачи распределены между агентами, каждый из которых рассматривается как член группы или организации. Распределение задач предполагает назначение ролей каждому из членов группы, определение меры его ответственности и требований к опыту.

В работе [3] приводятся основные направления исследований в области многоагентных систем, которые можно выделить:

- теория агентов, в которой рассматриваются формализмы и математические методы для описания рассуждений об агентах и для выражения желаемых свойств агентов;

- методы кооперации агентов (организации кооперативного поведения) в процессе совместного решения задач или при каких-либо других вариантах взаимодействия;

- архитектура агентов и многоагентных систем – это область исследований, посвящённая построенной компьютерной системе, удовлетворяющая тем или иным свойствам, которые выражены средствами теории агентов;

- языки программирования агентов;

- методы, языки и средства коммуникации агентов;

- методы и программные средства поддержки мобильности агентов (миграции агентов по сети).

Особое место занимают исследования, связанные с разработкой приложений многоагентных систем и инструментальных средств поддержки технологии их разработки.

При использовании МАС решение находится автоматически в результате взаимодействия множества самостоятельных агентов, обладающих индивидуальными целями.

Основными особенностями МАС являются:

- расширяемость (добавление к уже существующей системе новых организационных единиц);

- масштабируемость (увеличение масштаба модели и количества моделируемых процессов);

- мобильность (возможность передвигаться по компьютерным сетям);

- переносимость (возможность реализации на различных аппаратных платформах и/или операционных системах);

- интероперабельность (способность системы к взаимодействию с другими системами);

- децентрализация (возможность принятия локальных решений в системе её элементами, физически или логически удалёнными).

Именно данные свойства обеспечивают возможность эффективной реализации информационных систем.

В последнее время популярна идея использования интеллектуальных агентов для решения различных задач, хотя и существуют препятствия в создании точной модели того процесса или «мира», в котором описывается решаемая проблема.

Проектирование и создание МАС требуют специальных знаний для решения следующих вопросов:

- определения множества типов агентов, включённых в схему системы;

- определения теоретических основ поведения агентов;

- определения множества отношений между агентами и их теоретических основ;

- определения языка и метода коммуникации между агентами;

- выбора платформы для реализации МАС;

- определения необходимых данных для агентов;

- проверки модели поведения агентов в среде;

- проведения тестирования модели (неоднократный запуск и анализ выходных данных).

На официальном сайте сообщества разработчиков, целью которых является стандартизация агентных технологий (Foundation for Intelligent Physical Agents, США), представлен список платформ для разработки МАС, которые согласованы с требованиями FIPA [4]. Существующие агентные платформы можно разделить на две большие группы:

- настольные системы для процессов моделирования (пример такой системы – NetLogo). Данные системы могут быть простыми и лёгкими для изучения, их можно использовать для обучения основам моделирования с помощью агентов, тестирования разработанных агентных моделей и анализа полученных результатов. Часто применяются для моделирования биологических, социальных и экономических процессов. Содержат средства визуализации (3D анимации) и анализа результатов функционирования схемы и взаимодействия агентов. Применение таких систем ограничено максимальным количеством агентов,

которые используются в схеме (от десятков до нескольких сотен);

крупномасштабные системы для промышленного использования (примерами таких систем являются Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods (MASON) и The Recursive Porous Agent Simulation Toolkit (Repast). Системы данного класса позволяют проводить моделирование с использованием большего количества агентов (до миллионов организационных единиц) во взаимодействии.

Моделирование происходит в специальной среде, которая включает планировщика по времени, механизмы взаимодействия, топологии взаимодействий агентов, различные устройства для отображения состояний агентов.

Данные системы можно запустить не только на высокопроизводительных вычислительных машинах, но и на локальном компьютере.

Они отличаются надёжностью, масштабируемостью, возможностью интегрироваться с существующими системами, реализацией поддержки стандартов взаимодействия и сложных методов искусственного интеллекта.

Существует множество как коммерческих, так и открытых разработок для дальнейшего развития и свободного использования широким кругом пользователей.

Проработанность области применения интеллектуальных агентов, к сожалению, не так высока, как теория, которая их описывает. На данный момент существует несколько работ [5–8], в которых описываются разрабатываемые и уже разработанные системы для разных областей промышленности с использованием мультиагентного подхода. В данный момент не существует индустриальных решений на основе МАС.

Как и любая другая технология, технология мультиагентов не является панацеей для задач промышленности. Технологии эффективно применимы там, где их возможности полностью отвечают требованиям. Так, применение интеллектуальных агентов эффективно для задач, которые характеризуются модульностью, децентрализованностью, подверженностью частым изменениям, плохой структурированностью и сложностью [6].

Модульность – возможность естественным образом разделить задачу на некоторые части.

Децентрализованность – возможность выделения отдельных, максимально независимых друг от друга процессов, описывающих проблему.

Подверженность частым изменениям (изменчивость) – необходимость внесения изменений в значения параметров и условий для поддержания актуальности решения.

Плохая структурированность – сложность при структурировании задачи.

Сложность оценивается количеством возможных вариантов поведения системы.

В работе [6] приводятся МАС, которые используются при проектировании изделия. Здесь также рассматривается МАС для решения задач планирования и управления в режиме реального времени.

В работе [5] рассматриваются МАС, используемые на транспорте, а также причины, по которым МАС могут эффективно решать задачи в данной области.

В работе [7] выделяются сферы, где возможно применение МАС. Так, в промышленности данные системы используются для управления производством, телекоммуникации, управления воздушным трафиком, транспортными системами. Среди коммерческих применений выделяются системы сбора информации, а также системы её фильтрации, что связано с ростом информации и развитием сети Интернет. Кроме того, МАС могут использоваться для электронной коммерции, управления бизнес-процессами. Что касается применения МАС для развлечения, то выделяют интерактивные кинотеатры и компьютерные игры. В области медицины МАС используются для систем медицинского обслуживания и присмотра за пациентами.

В работе [8] приведены примеры использования МАС для задач управления цепочкой поставок.

В работе [5] поднимается вопрос о редком использовании МАС. Ссылаясь на работу [9], можно сказать, что большинство применений МАС – результат исследовательских работ по очень специфическим темам. Их трансформация в крупные индустриальные системы не представляется возможной. Промышленные компании и разработчики ПО пока не готовы поверить в парадигму агентов.

В академической среде много исследователей, которые работают над МАС, концепциями, языками, стандартами и другими теоретическими аспектами, и при этом практически не взаимодействуют с индустрией. В работе [5] отмечается: «игнорирование промышленных технологий ведёт только к опубликованию статей, тогда как игнорирование хорошо изученных принципов продвинутых распределённых вычислений может привести к торможению промышленного процесса из-за необходимости переобучения на основе опыта». Таким образом, отмечается особая важность взаимодействия между исследователями и профессионалами из разных областей промышленности.

Отсутствие контакта приводит к тому, что научные труды имеют строго теоретическую направленность, в них мало эмпирических или экспериментальных исследований для применения на практике. Задачи, рассматриваемые в научных трудах, часто упрощены и кажутся слишком абст-

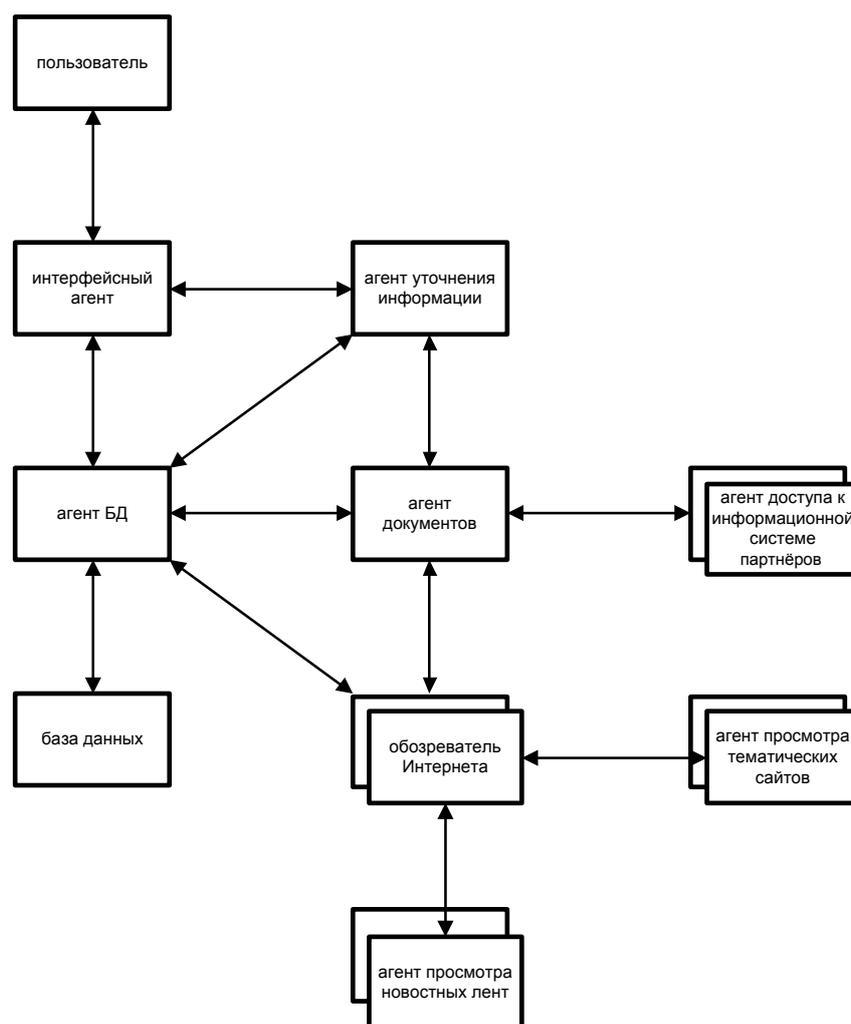


Схема мультиагентной системы для поддержания информации об изделиях и технологиях в актуальном состоянии

рактными для применения в реальных условиях. Порой при решении не используются основные механизмы взаимодействия агентов – коммуникация и процесс переговоров.

Ниже представлены сферы применения агентного моделирования и приложений:

логистика (управление цепочками поставок, транспортом и перевозками, складами);

направленная реклама, маркетинг и электронная коммерция;

интеллектуальный поиск товаров и услуг в сети Интернет;

планирование производства и сбыта продукции, управление проектами;

системы управления на предприятиях, в энергетических и телекоммуникационных сетях;

здравоохранение (наблюдение за больными, управление отделениями скорой помощи);

киноиндустрия и компьютерные игры, компьютерные системы и другие сферы деятельности.

Также МАС применяются для решения задач: в социальных науках (агенты представляют интересы людей или групп людей, моделируя их взаимодействие в обществе с определённым уровнем абстракции);

экономике (агенты используются для моделирования экономических процессов; отдельный случай – моделирование бирж, аукционов);

антропологии (моделирование древних цивилизаций для проверки теорий на основе археологических данных);

социологии (рассматривается моделирование социальной жизни – взаимодействие между взаимодействующими агентами);

политологии (происходит задействование агентов для моделирования государственного строя);

когнитологии – науке о мышлении (моделирование эмоций, познаний для подтверждения теории о том, что эмоциональное состояние человека влияет на его поведение в социуме);

биологии (моделирование бактерий и самоорганизации колоний бактерий);

физике (моделирование структур на молекулярном уровне).

Представим схему МАС для поддержания информации об изделиях и технологиях в актуальном состоянии для определённой области производства промышленного предприятия в рамках развития системы поддержки ЖЦ НП. К схеме приложено описание типов агентов, которые в ней представлены, и характер информации, которая передаётся между агентами (см. рисунок).

На схеме прямоугольниками представлена организационная единица – агент, пользователь или база данных (БД). Стрелки между прямоугольниками отражают потоки информации между данными агентами. Множественные прямоугольники означают, что в данной схеме данный тип агента создаётся не в одном экземпляре.

Интерфейсный агент – агент, напрямую взаимодействующий с пользователем через графический интерфейс. Пользователь вводит запрос на интересующую тему, выбирает из списка нужное, расставляет приоритеты, т. е. так или иначе передаёт агенту входные данные. Результаты выдаются в виде множества документов, таблиц, графиков, рисунков. Можно сказать, что это агент, представляющий интересы пользователя в данной информационной МАС. Коммуникация между мультиагентной средой и пользователем происходит через данного агента.

Интерфейсный агент отвечает за идентификацию пользователя, форму запроса и выбора предпочтений, а также отображение найденной информации на экране.

Прежде всего пользователь должен идентифицировать себя для более эффективного поиска, после чего необходимо ввести текстовую строку, по которой следует проводить поиск. Дополнительной может быть функция определения широты поиска, используемых источников информации, временных ограничений. После получения данных от пользователя интерфейсным агентом они передаются агенту уточнения информации.

Агент БД получает запросы от других агентов, после чего формирует ряд запросов к БД для получения данных. Результаты передаются агенту, отправившему запрос, для дальнейшей обработки.

Агент просмотра новостных лент – агент, который проводит мониторинг определённого новостного сайта в сети Интернет. Он создаётся обозревателем Интернета, к которому результаты работы передаются в виде файла html-формата.

Агент просмотра тематических сайтов – агент, проводящий мониторинг тематических сайтов в сети Интернет. Создаётся обозревателем интернета, результаты работы передаются ему в виде файла html-формата.

Обозреватель интернета – агент, который создаётся агентом документов, отвечает за сбор новой информации из сети Интернет созданием агентов просмотра новостных лент, просмотром тематических сайтов и получением от них новых данных по заданным запросам с заданных сайтов. Адреса сайтов считываются из БД, так же как и уже известная информация. Результат работы данного агента – информация в специальном формате, которая передаётся агенту документов для дальнейшей обработки.

Агент доступа к ИС партнеров – агент, который имеет доступ к ИС предприятий-партнёров, позволяющих использовать информацию этой системы для задач кооперации производств. Агент доступа к ИС партнёров создаётся агентом документов и передаёт результаты в специальном формате. Также данный агент может не только считывать информацию из БД ИС партнёров, но и пополнять их новой информацией.

Агент документов – агент, получающий от агентов информацию, найденную в Интернете и ИС предприятий-партнёров, в специальном формате. Агент фильтрует получаемую информацию, структурирует её по заданным шаблонам и предлагает свои, сравнивает с уже существующей информацией в корпоративной БД и создаёт связи между новой и старой информацией. Результаты работы передаются агенту уточнения информации.

Агент уточнения информации запрашивает у пользователя подтверждение догадок и реакцию на предложения, предоставляя для графического отображения новую информацию.

Пользователь оценивает полученную информацию, реагируя на результат работы всей системы. При необходимости изменяет шаблоны обработки информации, закладывает дополнительные правила её обработки.

Таким образом, интеллектуальные агенты способны изменить представление о принципах построения ИС в области поддержки ЖЦ НП, что обеспечит конкурентоспособность продукции, эффективное управление информацией о ЖЦ, а также надёжность созданной системы. МАС могут использоваться для распределённого решения тех или иных вопросов как на производстве, так и на других этапах ЖЦ, при этом обеспечивая поддержку всего ЖЦ в целом. Это означает, что каждое решение будет приниматься с учётом всей информации, которая собирается на этапах ЖЦ, что позволит обеспечить выработку оперативных

оптимальных решений для существующих проблем без риска попутного создания новых.

Библиографические ссылки

1. **Тарасов В.Б.** Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 2. С. 5–63.
2. **Wooldridge M., Jennings N.R.** Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. In: Intelligent Agents. ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architecture and Languages. Amsterdam, The Netherlands, August 8–9, 1994, (Eds. M.J. Wooldridge and N.R. Jennings). Proceedings. Springer Verlag: 1994. P. 3–39.
3. **Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В.** Многоагентные системы (обзор) // Новости искусственного интеллекта, 1998. № 2. С. 64–116.
4. **Publicly Available Implementations of FIPA Specifications** // FIPA.org: Foundation for Intelligent Physical Agents. URL: <http://www.fipa.org/resources/livesystems.html> (дата обращения 20.06.2011).
5. **Lang Niels, Moonen Hans, Srour F., Jordan and Zuidwijk, Rob A.** Multi-Agent Systems in Logistics: A Literature and State-of-the-Art Review (July 31, 2008) // ERIM Report Series Reference No. ERS-2008-043-LIS. URL: <http://ssrn.com/abstract=1206705> (дата обращения 20.06.2011).
6. **H. Van Dyke Parunak.** Industrial and Practical Applications of DAI, Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence: MIT Press, 1999. P. 377–421.
7. **Nicholas R. Jennings, Katia Sycara, Michael Wooldridge.** A Roadmap of Agent Research and Development. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 1, 1998. P. 7–38.
8. **Mouaux T., Chaib-Draa B., D'Amours S.** Supply Chain Management and Multiagent Systems: An Overview, 2006. [Online]. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-33876-5_1 (дата обращения 20.06.2011).
9. **Caridi M., Cavalieri S.** «Multi-agent systems in production planning and control: an overview» Production Planning & Control. 2004. № 15 (2). P. 106–118.

УДК 004(075.32)

С.В. Мкртычев, канд. техн. наук, доц.

(Открытое акционерное страховое общество «АСтрО-Волга», г. Тольятти)

sm4602@rambler.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ

Предложена классификация специализированных компонентов корпоративной информационной системы страховой компании, соответствующая современным тенденциям автоматизации страховой деятельности.

Ключевые слова: классификация, корпоративная информационная система, специализированный компонент, страховая компания.

Specialized components classification of the insurance company corporative information system corresponding to modern tendency in the automation of insurance activity automation is proposed

Key words: classification, corporative information system, specialized component, insurance company.

В решении широкого круга учётных и управленческих задач страховой компании ведущая роль принадлежит её корпоративной информационной системе (КИС).

В настоящее время наибольшее распространение получила интеграционная концепция построения КИС страховой компании, рассматриваемая в качестве её ядра страховую автоматизированную информационную систему (АИС), которая в процессе развития КИС интегрируется с новыми функциональными компонентами [1].

Однако, как показывает практика, успешная реализация данной концепции возможна только при условии выработки правильного подхода к

выбору компонентов КИС конкретной страховой компании.

Одной из проблем, с которой придётся столкнуться системным интеграторам и страховщикам при решении данной задачи, является отсутствие классификации специализированных компонентов КИС страховой компании, в полной мере соответствующей современному уровню автоматизации страховой деятельности. Разработка такой классификации представляет научный и практический интерес.

Под специализированными компонентами КИС страховой компании понимают информационные системы (подсистемы), обеспечивающие автома-

тизацию бизнес-процессов операционной деятельности страховой компании (продажа страховых продуктов, учёт и сопровождение договоров страхования, урегулирование убытков, формирование оперативной отчётности и т. д.) и имеющие ярко выраженную отраслевую специфику.

Помимо страховых АИС, к специализированным компонентам КИС относятся такие классы ИТ-решений, как системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM-системы), системы электронного документооборота (СЭД), системы анализа данных и формирования отчётности, а также другие функциональные АИС, обеспечивающие поддержку бизнес-задач страховой компании [2].

Заметим, что базовые функции указанных систем могут быть представлены в том или ином виде и в страховой АИС. Однако в соответствии с упомянутой интеграционной концепцией предпочтение следует отдавать системам, обеспечивающим наилучшую информационную поддержку в конкретных областях использования, а они, как правило, реализуются в виде функционально-независимых ИТ-решений.

Следует учесть проблематичность применения общепринятых классификаций АИС экономики и управления для систематизации страховых ИТ-решений, что объясняется такими особенностями автоматизации страховой деятельности, как низкий уровень стандартизации и отсутствие единой терминологии [3].

Классификация, основанная на делении специализированных компонентов КИС на системы автоматизации фронт-офиса, мидл-офиса и бэк-офиса организации, имеет существенный недостаток, который заключается в очевидной условности группировки структурных подразделений конкретной страховой компании по указанным слоям бизнес-архитектуры и, как следствие, в не-

точности позиционирования АИС, обеспечивающих их информационную поддержку [4].

Как показал анализ, наиболее полно соответствует особенностям страхового сегмента ИТ-отрасли модернизированная классификация страховых АИС по версии компании IBS [5].

Дальнейшая модификация её классификационной схемы позволила создать обобщённую классификацию специализированных компонентов КИС страховой компании, отвечающую современным требованиям.

Так, ввиду наметившейся тенденции перехода страховщиков на тиражируемые АИС, доработанные под специфику бизнес-модели конкретной компании, практически теряет актуальность признак уникальности используемых ИТ-решений. Кроме того, недостаточность сведений о системах, позиционируемых разработчиками как уникальные, снижает возможность их объективной оценки.

На рисунке представлена структурная схема предлагаемой классификации, согласно которой специализированные компоненты КИС страховой компании классифицируются по следующим признакам (основаниям): класс ИТ-решения, поставщик, функциональные особенности, особенности реализации и специализация компонента КИС по видам страхования.

Использование указанных признаков обеспечивает расширение функциональных возможностей предлагаемой классификации. Так, введение признака поставщика компонента КИС позволяет охватить различные категории производителей программного обеспечения: помимо указания конкретной фирмы-вендора поставщики компонентов могут группироваться, например как отечественные или зарубежные, а при использовании страховой компанией собственных или заказных ИТ-решений – как внут-



Структурная схема классификации специализированных компонентов корпоративной информационной системы страховой компании

рение или сторонние разработчики информационных систем.

Как известно, ключевым критерием выбора компонента КИС является соответствие его базовой функциональности требованиям, предъявляемым к исследуемому классу ИТ-решений, и задачам страховщика.

С целью упрощения выбора компонентов по результатам сравнительного анализа функциональных возможностей известных ИТ-решений были выделены их подклассы.

Так, наиболее востребованный страховщиками класс страховых АИС подразделяется на следующие подклассы:

АИС операционной поддержки продаж страховых продуктов (автоматизированные рабочие места страховых агентов), основными функциями которых являются расчёт стоимости, оформление и печать страховых полисов;

АИС страхового учёта, поддерживающие решение задач учёта договоров страхования и перестрахования, бланков строгой отчётности и убытков;

**Классификация специализированных компонентов
корпоративной информационной системы страховой компании**

Класс ИТ-решения		
Подкласс ИТ-решения (по функциональным особенностям)	Примеры ИТ-решений	
	Отечественные ИТ-решения	Зарубежные ИТ-решения
Страховые АИС		
АИС операционной поддержки продаж страховых продуктов	Страховые калькуляторы, Virtu Front Office System, ПолисОфис	Нет данных
АИС страхового учёта	АИС «СМ-Полис», КИАС: Страхование, Q-Polis, ДМС-3 (1), InsCom (Life) (1)	ТИА, INSIS (Life) (1)
Комплексные страховые АИС	Diasoft FA# Insurance, ИНЭК-Страховщик, Континент: Страхование (2), 1С: Управление страховой компанией 8 (2)	PREMIA, SAP for Insurance (2)
CRM-системы		
Операционные CRM-системы	Нет данных	Discovery
Операционно-аналитические CRM-системы	СМ-CRM	Oracle Siebel CRM (2), Microsoft Dynamics CRM (2)
Системы электронного документооборота		
СЭД специализированных бизнес-процессов страховой компании	АИС урегулирования убытков на базе DocsVision (2)	ClaimCenter
СЭД расчета затрат на восстановление поврежденных объектов страхования	НАМИ-Сервис, АС: СМЕТА	Silver DAT, Audatex
Системы обработки стандартных форм страховых документов	Cognitive Forms Авгострахование	Нет данных
Системы анализа данных и формирования отчетности		
Страховые отчётно-аналитические системы	Instras-Report, СМ-Аналитика (ОСАГО) (1)	ИТ-решения для страхования на базе Oracle Financial Services Applications (2)
Системы подготовки и формирования регламентированной страховой отчетности	Комплекс программ подготовки отчетности субъектов страхового дела «Пикософт»	

Примечание. (1) – автоматизация отдельного вида страхования, (2) – реализация на базе УТП.

комплексные страховые АИС, обеспечивающие автоматизацию основных бизнес-процессов страховой деятельности.

Системы управления взаимоотношениями с клиентами рекомендуется идентифицировать согласно общепринятой классификации CRM-систем, выделяющей страховые операционные CRM-системы, используемые, например, для автоматизации бизнес-процессов прямого страхования, и страховые операционно-аналитические CRM-системы, главное назначение которых заключается в информационной поддержке клиенто-ориентированной стратегии страховой компании.

Для СЭД страховой деятельности характерны следующие группы:

СЭД специализированных бизнес-процессов страховой компании;

СЭД расчёта затрат на восстановление повреждённых объектов страхования;

системы обработки стандартных форм страховых документов (например, заявлений о заключении договора страхования).

Системы анализа данных и формирования отчётности подразделяются на страховые отчётно-аналитические системы (такие системы обеспечивают расчёт страховых резервов, оперативный анализ данных и формирование всех видов страховой отчётности) и системы подготовки и формирования регламентированной страховой отчётности.

И, наконец, многообразие представленных на рынке видов страхования и связанных с ними бизнес-моделей страховой деятельности обусловило введение признака специализации компонента КИС по видам страхования, на основании которого определены две группы АИС:

системы автоматизации комплексов видов страхования. Как правило, такие АИС охватывают классические виды добровольного страхования (автострахование, страхование от несчастных случаев, страхование имущества и др.). Отметим, что к этой категории систем относится большинство страховых ИТ-решений;

системы автоматизации отдельных видов страхования, обеспечивающие информационную поддержку видов страхования, которые отличаются спецификой ведения учёта, часто меняющейся правовой базой или регламентированной концепцией автоматизации (добровольное медицинское страхование (ДМС), страхование жизни, ОСАГО и др.).

Как показывает практика, компоненты КИС могут быть реализованы на базе узкоспециализированных или универсальных технологических платформ (УТП), в том числе на базе зарубежных ERP-систем.

Следует обратить внимание на отсутствие жёсткой иерархии рассмотренных признаков, что

обеспечивает гибкость предлагаемой классификации и широкие возможности для её развития.

В таблице представлена версия классификации специализированных компонентов КИС страховой компании, разработанная на основе предлагаемой классификационной схемы.

При составлении классификации были исследованы функциональные и архитектурные особенности ИТ-решений, внедрённых страховщиками России и стран СНГ. Подчёркнутым шрифтом выделены собственные разработки ОАСО «АСтрО-Волга».

Информационную основу анализа составили технические описания и иные материалы, открыто предоставляемые компаниями-поставщиками и пользователями систем.

Предлагаемая классификация использована при разработке концепции модернизации КИС ОАСО «АСтрО-Волга» (г. Тольятти). Так, на этапе выбора специализированных компонентов с её помощью была произведена идентификация подсистем существующей КИС компании, создано и исследовано на предмет соответствия требованиям страховщика несколько структурно-функциональных моделей будущей КИС.

В результате сравнительного анализа указанных моделей принято решение о переходе на использование в качестве ядра КИС комплексной страховой АИС «Континент: Страхование», реализованной на базе отечественной универсальной технологической платформы «1С: Предприятие 8» и интеграции с ней других специализированных компонентов, наиболее полно соответствующих бизнес-модели ОАСО «АСтрО-Волга», в том числе собственных разработок компании [6].

Библиографические ссылки

1. Орлова Е., Тихонова Е. Тернистый путь автоматизации // Русский полис. 2008. № 4 (92). С. 64–69.
2. Мкртычев С.В., Очеповский А.В. Основы автоматизации страхового бизнеса: учеб. пособие (гриф МО РФ). Тольятти: ТГУ, 2011. 97 с.
3. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник / под ред. В.В. Трофимова. М.: Юрайт-Издат, 2009. 521 с.
4. Генатулин М. Автоматизация страховой компании в условиях финансового кризиса: возможности и перспективы отечественных ИТ-решений [Электронный ресурс] // II конференция «ИТ в страховом бизнесе». 2009. URL: http://www.plusworld.ru/weekly/page1_4094.php (дата обращения 20.12.2011).
5. Мкртычев С.В. Особенности классификации страховых автоматизированных информационных систем // Информационные технологии моделирования и управления. 2009. № 2. С. 159–162.
6. Континент: Страхование. Конфигурация для «1С: Предприятие 8»: рук. пользователя. СПб.: Франчайзи Континент, 2011. 273 с.

УДК 004.4

А.З. Бигалиева, М.М. Коккоз, канд. пед. наук, доц.
(Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан)
alfija84@mail.ru

РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассмотрен неординарный метод разбиения модели на конечные элементы в вершине трещины и по её фронту. Описан метод виртуального роста трещины.

Ключевые слова: механика разрушения, метод конечных элементов, напряжённо-деформированное состояние конструкции, анализ прочности.

Uncommon method of the model partitioning on finite elements at the crack top and its front is considered. The crack growth virtual method is described.

Key words: destruction mechanics, final elements method, stress-deformed condition of a design, strength analysis.

Для исследования появления и распространения трещин в тех или иных условиях успешно используется механика разрушения. Однако на сегодняшний день аналитические решения существуют только для простых трещин. Сложные трещины (наклонные, разветвлённые и т. д.) могут быть рассмотрены только с использованием численных методов.

Благодаря постоянно развивающимся компьютерным технологиям инженеры и учёные получили возможность анализа прочности, напряжённо-деформированного состояния конструкции с трещинами или без, не прибегая к созданию моделей эквивалентных данных, а лишь работая в системах инженерного анализа (CAE-системы).

Метод, использующий математические модели вместо экспериментальных стендов, очень перспективен с точки зрения автоматизации и ускорения инженерных расчётов, он экономичен по материальным и трудовым затратам.

Классификация задач механики разрушения. Все задачи механики разрушения делятся на две части:

линейные задачи, когда находятся основные параметры механики разрушения для горизонтальных либо вертикальных трещин (I тип деформации объекта);

нелинейные задачи (II, III типы деформации при растрескивании).

Для нелинейных задач также рассчитываются коэффициенты интенсивности напряжений, J -интеграл и интенсивность освобождения энергии в вершине трещины.

С помощью нелинейных задач механики разрушения рассматривают произвольно ориентированные, наклонные, разветвляющиеся трещины, сочетающие несколько типов деформации. Для

одной модели иногда невозможно аналитически вывести формулы для расчёта коэффициентов интенсивности, с помощью которых и определяют прочность и предел стойкости конструкции [1].

Сегодня данные задачи решаются численными методами, в частности методом конечных элементов (МКЭ). Программно-методический комплекс (ПМК) *ANSYS* позволяет реализовать расчёт модели с трещинами методом виртуального роста трещины, но только для двумерных моделей. Также в данном пакете предусмотрены встроенные команды для нахождения коэффициентов интенсивности I, II, III родов. Однако применение таких команд имеет ограниченный круг действия.

При трёхмерном моделировании необходимо искусственно сдвигать узлы конечного элемента к вершине трещины. Следовательно, появляется необходимость разработки метода автоматизированного процесса построения сетки конечных элементов в вершине трещины для трёхмерных объектов. Данный метод должен подходить для разбиения любой модели, имеющей произвольно ориентированную трещину, на конечные элементы, а затем для нахождения коэффициентов интенсивности.

Исследование пластины с краевой наклонной трещиной. Дана пластина, имеющая краевую наклонную трещину. Внешний вид данной пластины изображён на рис. 1. Исходные параметры: $b = 5$ мм, $t = 1$ мм, $\alpha = 45^\circ$. На пластину действуют растягивающие силы, равные 1 МПа. Свойства материала заданы таким образом: модуль Юнга $2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,3. Необходимо исследовать поведение трещин длиной $l = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5$ мм.

Строится модель, разбивается на конечные элементы, прикладываются нагрузки, проводится расчёт.

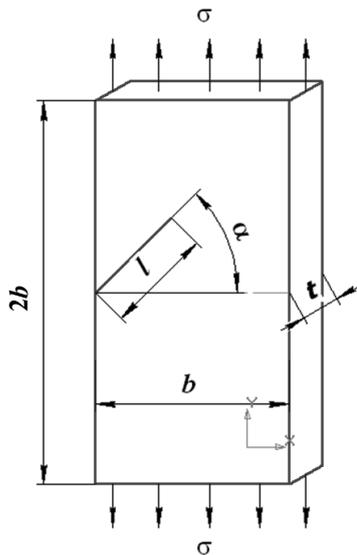


Рис. 1. Пластина с краевой наклонной трещиной: b – габаритные размеры пластины; σ – векторы напряжений; α – угол наклона трещины; l – длина трещины; t – толщина пластины

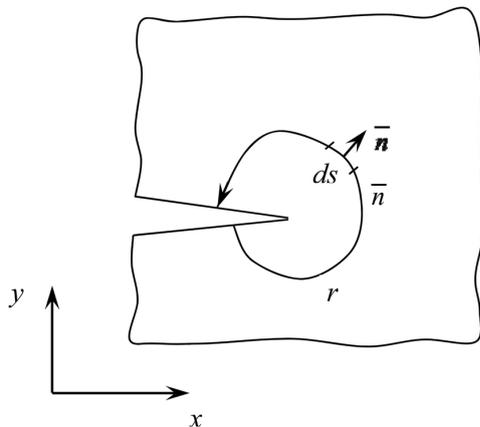


Рис. 2. Произвольный путь вокруг вершины трещины

Нахождение J -интеграла и коэффициентов интенсивности. Для нахождения J -интеграла используется методика, представленная ниже:

$$J = \int_r W dy - \int_r \left(t_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + t_y \frac{\partial u_y}{\partial y} \right) ds, \quad (1)$$

где r – произвольный путь вокруг вершины трещины; W – плотность энергии деформации; t_x, t_y – векторы силы сцепления вдоль осей x и y соответственно; $t_x = \sigma_x n_x + \sigma_{xy} n_y$; $t_y = \sigma_y n_y + \sigma_{xy} n_x$; σ – компоненты напряжений; n – единичный внешний век-

тор, нормальный к пути; u – вектор перемещения; s – расстояние вдоль пути r .

Следует отметить, что в случае, представленном на рис. 2, трещина расположена в глобальной декартовой системе координат xOy , а ось x параллельна фронту трещины. Имея дело с нелинейной механикой разрушения, где трещина находится под каким-либо углом к оси x , мы не можем использовать формулу (1) в её первоначальном виде.

Искомый J -интеграл необходимо разложить на две составляющие: по осям x и y . К тому же вычисление J -интеграла осуществляется только тогда, когда фронт трещины параллелен оси Ox . Необходимо ввести локальную декартовую систему координат $x_1O_1y_1$, которая удовлетворяет этому условию (рис. 3). В этой системе координат следует определить формулы для составляющих J -интеграла, а затем перейти в глобальную систему координат. Ниже следует вывод формул для J -интеграла, которые впоследствии запрограммированы в макрофайле.

Используя формулу (1), получим выражение для J_1 в случае произвольно ориентированной трещины:

$$J_1 = \int_r W dy_1 - \int_r \left(t_x \frac{\partial u_x}{\partial x_1} + t_y \frac{\partial u_y}{\partial x_1} \right) ds = J_{W1} - J_{U1}.$$

В результате ряда экспериментов были получены данные, которые представлены в таблице.

Был рассмотрен данный пример с трещиной и приведены результаты нахождения коэффици-

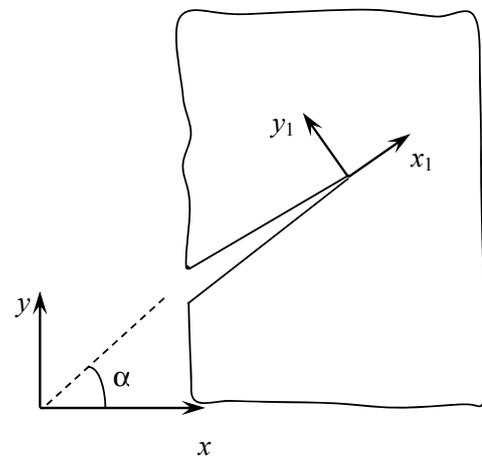


Рис. 3. Свободно ориентированная трещина с глобальной и локальной декартовыми системами координат

Результаты исследования пластины с наклонной краевой трещиной

1/B	Коэффициенты интенсивности по Никишкову		Экспериментальные данные из ПМК ANSYS	
	$\frac{K_I}{\sigma\sqrt{\pi l}}$	$\frac{K_{II}}{\sigma\sqrt{\pi l}}$	$\frac{K_I}{\sigma\sqrt{\pi l}}$	$\frac{K_{II}}{\sigma\sqrt{\pi l}}$
0,1	0,731	0,398	0,806	0,355
0,2	0,795	0,428	0,877	0,393
0,3	0,896	0,474	0,926	0,457
0,4	1,040	0,532	1,055	0,502
0,5	1,261	0,604	1,296	0,584
0,6	1,575	0,685	1,601	0,648
0,7	2,051	0,779	2,101	0,743

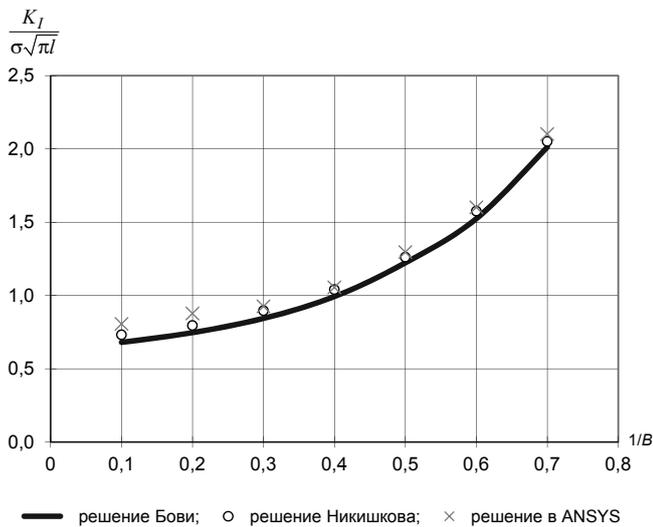


Рис. 4. Зависимость коэффициента интенсивности напряжения K_I от длины трещины

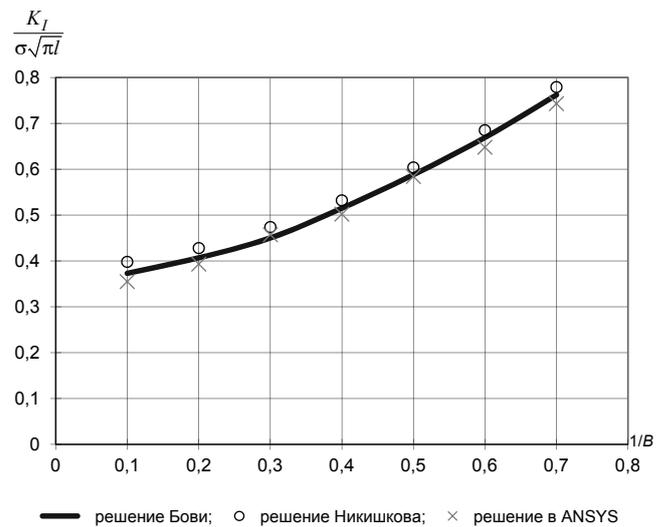


Рис. 5. Зависимость коэффициента интенсивности напряжения K_{II} от длины трещины

ентов интенсивности через J -интеграл путём программирования на ЭВМ БЭСМ-6 с использованием изопараметрических квадратичных элементов [2].

Коэффициенты интенсивности также были рассчитаны и О. Бови [3].

Для сравнения методов строятся графики зависимостей коэффициентов интенсивности от длины трещины (рис. 4–5).

Метод расчёта на прочность трёхмерных объектов проектирования на основе метода конечных элементов применим к практическим задачам, например в конструкциях, имеющих усталостные трещины. Метод достаточно простой. Его реализация в ПМК ANSYS позволяет без

лишних затрат проводить расчёты напряжённо-деформированного состояния детали, выяснять долговечность и пределы прочности конструкции.

Библиографические ссылки

1. Сиратори М., Миёси Т., Мацусита Т. Вычислительная механика разрушения. М.: Мир, 1986. 336 с.
2. Никишков Г.П., Вайншток В.А. Метод виртуального роста трещины для определения коэффициентов интенсивности K_I и K_{II} // Проблемы прочности. 1980. № 6. С. 26–30.
3. Bowie O.L. Solution of plane crack problems by mapping technique In: Methods of analysis and solutions of crack problems, Leyden, Noordhoff, 1973. P. 1–55.



УДК 338.465.2

В.Л. Белоусов, д-р экон. наук, проф., **Н.А. Дивуева**

 (Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы,
г. Москва)

tus@extech.ru

**ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНЫ ЭКСПЕРТНЫХ УСЛУГ
В НАУЧНОЙ СФЕРЕ**

Рассмотрены особенности определения цены экспертных услуг в научной сфере, связанные с технологией организации и проведением научной и научно-технической экспертизы.

Ключевые слова: научная и научно-техническая экспертиза, экспертные услуги, эксперт-аналитик, цена экспертных услуг.

Definition features of the expert services price in the scientific sphere, connected with organization technology and carrying out scientific and scientific and technical examination are considered.

Key words: scientific and scientific and technical examination, expert services, expert-analyst, expert services price.

Экспертиза как разновидность деятельности, связанной с исследованиями специфических характеристик тех или иных объектов (в частности, содержания, качества подготовки, ожидаемой результативности научно-технических проектов, инновационных предложений, организационных решений, нормативных актов и т. п.), может быть выполнена, если для этого созданы необходимые предпосылки, в том числе сформированы группы квалифицированных экспертов, предоставлена достаточная информация об исследуемых объектах, обеспечено необходимое финансирование проводимой экспертной работы. Что касается последнего, то в настоящее время отсутствуют какие-либо нормативы, которые могли бы стать основой для её определения. Как правило, при определении стоимости проведения экспертизы практически используют такие понятия, как «договорная цена» с весьма размытыми границами, «трехпроцентные отчисления» от стоимости экспертируемого объекта (научного или инновационного проекта), «использование зарубежного опыта», накопленного в странах с развитой экономикой и т. д. [1]. Все эти подходы объединяет одна особенность — принимаемые решения в значительной степени зависят от начального объёма денежных средств, выделяемых (по тем или иным соображениям) на организацию и проведение экспертизы, оставаясь в большинстве случаев непонятными и необъяснимыми по причине непрозрачности связей между исходными финансо-

выми установками и окончательной ценой экспертных работ. Целью настоящей работы является определение процедур при формировании цены экспертных услуг, которая может быть определена из выражения [2]:

$$Ц = С + П, \quad (1)$$

где Ц — цена экспертных услуг; С — стоимость экспертных услуг; П — планируемая экспертной организацией прибыль.

Структура цены экспертных услуг складывается из затрат по следующим статьям:

- материалы;
- спецоборудование для научных (экспериментальных) работ;
- затраты на оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы;
- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы;
- командировочные расходы;
- затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями;
- прочие расходы;
- прибыль;
- цена.

Анализ указанных статей показывает, что расчёт многих из них формализован. Например затраты по статье «Специальное оборудование» определяются на основе его характеристик, установленных в техническом задании. Затраты на

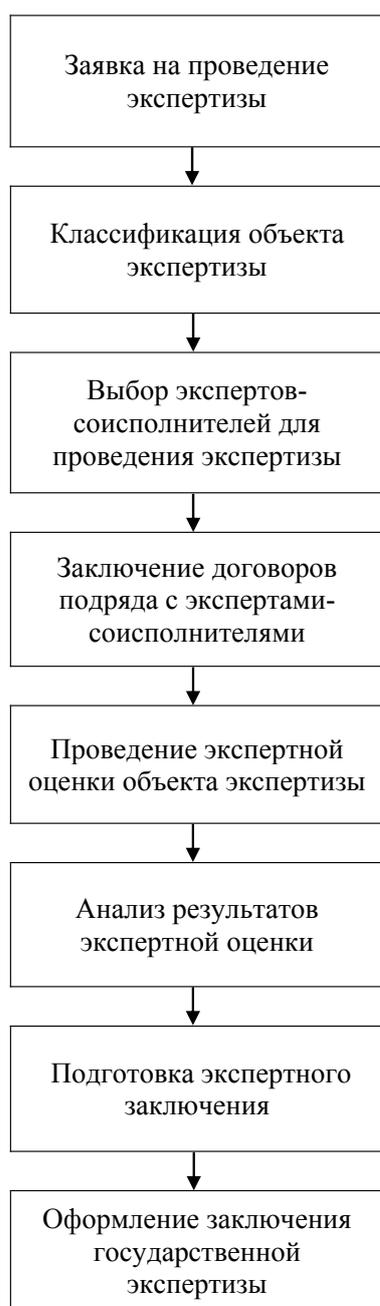


Рис. 1. Модель организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы

командировочные расходы также регламентированы стоимостью соответствующих услуг. Это можно отнести и к другим статьям, кроме «Затраты на оплату труда работников», «Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями» и «Прочие расходы» в части оплаты соисполнителей.

Это связано с тем, что в практике оказания экспертных услуг экспертная организация в ряде случаев в качестве эксперта привлекает не только

экспертов (физических лиц), но и исследовательские организации (юридических лиц). При этом, если оплата экспертных услуг финансируется из бюджетных средств, то физические лица оплачиваются по статье «Прочие расходы», а юридические лица – по статье «Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями».

Что касается статьи «Затраты на оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы», то объёмы её финансирования определяются, как правило, штатным расписанием экспертной организации и установленной дирекцией системой надбавок к заработной плате. Такая оплата труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы, обеспечивается при выполнении экспертных услуг в плановом порядке, предусмотренных бюджетным финансированием.

В то же время в условиях рынка необходимо для определения оплаты труда за экспертные услуги исходить из затрат труда каждого участника процесса организации и проведения научной и научно-технической экспертизы.

Для разработки методики определения цены экспертных услуг необходимо иметь в виду, что они включают как исследовательскую, так и организационную деятельность.

Это подтверждается более чем 20-летним опытом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ), выполняющего государственную научную и научно-техническую экспертизу.

На рис. 1 представлена модель процесса организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы. Рассмотрим данный процесс.

При поступлении в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ заявки на проведение экспертизы с приложением объекта экспертизы (в виде НИР, НИОКР, инновационных проектов, программ и других исследовательских работ) она регистрируется в установленном порядке и передаётся в Центр экспертизы в сфере науки и инноваций (подразделение института). В указанном Центре сосредоточены специалисты высшей квалификации (доктора и кандидаты наук), которые являются экспертами-аналитиками по научным направлениям. На них возложена обязанность организации и проведения государственной экспертизы, в том числе с привлечением экспертов-соисполнителей.

Для организации и проведения каждой государственной экспертизы руководителем Центра назначается эксперт-аналитик. В его функции

входит проведение классификации объекта экспертизы, на основании которой он производит подбор экспертов-соисполнителей в количестве трёх человек. После выбора экспертов-соисполнителей с каждым из них заключается трудовой договор на проведение экспертизы. При этом оговариваются условия о конфиденциальности участия эксперта в экспертизе данной работы со стороны ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ и нераспространении сведений об экспертизуемой работе со стороны эксперта-соисполнителя.

Следующим этапом является проведение исследования и экспертной оценки объекта экспертизы. Экспертная оценка проводится одновременно независимо экспертом-аналитиком и тремя экспертами-соисполнителями по согласованным с заказчиком экспертизы критериям. После завершения этого этапа эксперты-соисполнители передают результаты своих оценок объекта экспертизы с подробным обоснованием их исследования эксперту-аналитику. Он анализирует результаты исследований, проведённых экспертами-соисполнителями рассматриваемого объекта экспертизы, и при необходимости требует разъяснения по представленным материалам.

Далее на основании результатов проведённого анализа и собственных исследований эксперт-

аналитик подготавливает проект экспертного заключения, который направляется на рассмотрение директору Центра экспертизы в сфере науки и инноваций. После этого согласования эксперт-аналитик оформляет заключение государственной экспертизы, подписываемое директором данного Центра и генеральным директором ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Затем заключение государственной экспертизы в установленном порядке направляется заказчику.

На этом завершается процесс организации и проведения научной и научно-технической экспертизы.

Для определения необходимого финансирования на организацию и проведение указанной экспертизы следует оценить затраты труда эксперта-аналитика, экспертов-соисполнителей и других лиц, участвующих в этом процессе.

Представим процесс организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы в табличной форме (см. табл.).

При заполнении граф 3–5 таблицы был использован метод экспертных оценок для определения в количественном выражении элементов процесса организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы. Для выполнения этой процедуры были выбра-

Процесс организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы

№ п/п	Наименование элементов процесса организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы	Исполнитель	Кол-во исполнителей	Время работы исполнителя в днях	Затраты труда исполнителей в человеко-днях
1	2	3	4	5	6
1	Классификация объекта экспертизы	Эксперт-аналитик	1	1	1
2	Выбор экспертов-соисполнителей для проведения экспертизы	Эксперт-аналитик	1	3	3
3	Заключение договоров подряда с экспертами-соисполнителями	Эксперт-аналитик, сотрудник планово-экономического отдела, директор Центра, генеральный директор ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ	1 1 1 1	1 1 0,5 0,5	1 1 0,5 0,5
4	Проведение экспертной оценки объекта экспертизы	Эксперт-аналитик, эксперт-соисполнитель	1 3	7 14	7 42
5	Анализ результатов экспертной оценки	Эксперт-аналитик	1	3	3
6	Подготовка экспертного заключения	Эксперт-аналитик, директор Центра	1 1	2 1	2 1
7	Оформление заключения государственной экспертизы	Эксперт-аналитик, директор Центра, генеральный директор ФГУ НИИ РИНКЦЭ	1 1 1	1 1 1	1 1 1

ны 8 экспертов-аналитиков, которые независимо друг от друга заполнили опросный лист в виде табл. Далее был определён разброс мнений этих экспертов по опросным листам, который не превысил 10 %. В связи со столь небольшим разбросом мнений экспертов в графах 3–5 были внесены их среднеарифметические значения.

Анализируя таблицу, можно сделать следующие выводы: в указанной работе принимают участие 6 исполнителей; сроки её исполнения – 30 дней, учитывая, что проведение экспертной оценки объекта экспертизы проводят параллельно во времени эксперт-аналитик – 7 дней и три эксперта-соисполнителя по 14 дней каждый; затраты труда на данную работу составили 62 человекодня.

Используя полученные в таблице результаты, определим необходимый объём финансирования организации и проведения научной и научно-технической экспертизы.

Оплата каждого эксперта определяется временем для проведения экспертизы (K_B – коэффициент времени) и сложностью предлагаемой экспертизы (K_C – коэффициент сложности).

Обозначим через Θ_3 оплату одного эксперта при условии его двухнедельной работы ($K_B = 1$) и средней сложности объекта экспертизы ($K_C = 1$).

При необходимости сокращения сроков проведения экспертизы по заявке заказчика, например с 7 до 3 дней и с 14 до 8 дней (см. табл.) изменяется и коэффициент времени: $K_B = 1,5 \dots 2$.

Как показала многолетняя практика ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, коэффициент сложности может колебаться от 1 до 5.

Согласно действующему порядку проведения экспертизы для её проведения на каждый объект привлекаются три эксперта ($n = 3$). Оплату экспертов одного объекта можно представить как:

$$O_3 = K_B K_C n \Theta_3, \quad (2)$$

где O_3 – оплата труда экспертов одного объекта экспертизы; K_B – коэффициент времени; K_C – коэффициент сложности; n – число экспертов; Θ_3 – оплата труда одного эксперта.

Следует отметить, что значения n , K_B и K_C определяет эксперт-аналитик. Величина Θ_3 формируется на договорной основе между экспертом и ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

Оплату труда экспертов по всем объектам экспертизы, включаемым в заказ, можно определить, используя следующее выражение:

$$O_{3з} = \sum_1^m O_{3i}, \quad (3)$$

где $O_{3з}$ – оплата труда экспертов по всем объектам экспертизы; O_{3i} – оплата труда экспертов i -го объ-

екта экспертизы при $i = 1, 2, \dots, m$; m – количество объектов экспертизы.

Используя выражение (2), можно определить оплату труда экспертов-соисполнителей в статье «Прочие расходы».

Кроме экспертов-соисполнителей, в процессе организации и проведения экспертизы участвуют (см. таблицу): эксперт-аналитик, сотрудник планово-экономического отдела, директор Центра и генеральный директор института.

Что касается генерального директора и сотрудника планово-экономического отдела, оплата их участия в указанном процессе входит в статью «Накладные расходы», которые рассчитываются по соответствующим методикам, имеющимся в НИИ.

Анализ таблицы показывает, что эксперт-аналитик обеспечивает как организацию этого процесса, так и проведение экспертной оценки объекта экспертизы, т. е. исследовательскую и аналитическую работу. На исследовательскую и аналитическую работу согласно пунктам 4 и 5 таблицы он затрачивает 10 дней.

В связи с тем, что объекты экспертизы для эксперта-аналитика и экспертов-соисполнителей одинаковы, то и оплату его труда можно определить, используя выражения (2) и (3) с учётом особенностей его деятельности.

Для определения оплаты труда эксперта-аналитика может быть использовано выражение:

$$O_a = K_B K_C \Theta_a, \quad (4)$$

где O_a – оплата труда эксперта-аналитика; K_B – коэффициент времени; K_C – коэффициент сложности; Θ_a – установленная в НИИ средняя оплата труда эксперта-аналитика за исследовательскую и аналитическую работу.

Значения K_B , K_C в выражении (4) должны быть аналогичны установленным в выражении (2).

Используя выражение (3), представим следующую форму для определения оплаты труда эксперта-аналитика, принимавшего участие в m экспертизах:

$$O_{за} = \sum_1^m O_{ai}, \quad (5)$$

где $O_{за}$ – оплата труда эксперта-аналитика за выполненную работу в m экспертизах; O_{ai} – оплата труда эксперта-аналитика i -го объекта экспертизы, при $i = 1, 2, \dots, m$; m – количество объектов экспертизы.

Оплата труда эксперта-аналитика в статье «Затраты на оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы», определяется выражением (5).

Достаточно сложно определить оплату труда директора Центра, участвующего в процессе организации и проведения экспертизы (см. пункты 3, 6 и 7 таблицы). Это связано с тем, что практические затраты его времени на участие в каждой экспертизе составляют меньше 3 дней. В то же время, он подписывает экспертное заключение, т. е. в полной мере несёт ответственность за результаты проведённой экспертизы. Кроме того, директор Центра обязан контролировать процесс организации и проведения экспертизы, в том числе участвовать в отборе экспертов-соисполнителей. В условиях, когда ему необходимо ещё ежедневно изучать и подписывать определённое количество экспертных заключений, оплату труда директора Центра целесообразно устанавливать в процентном отношении от оплаты труда эксперта-аналитика. Этот процент устанавливается руководством НИИ.

Следовательно, оплату труда директора Центра можно представить в виде

$$O_{\text{д}} = \sum_1^m \left(\frac{O_{ai} \ell}{100} \right), \quad (6)$$

где $O_{\text{д}}$ – оплата труда директора Центра; O_{ai} – оплата труда эксперта-аналитика i -го объекта экспертизы при $i = 1, 2, \dots, m$; ℓ – процент, установленный руководством НИИ; m – количество объектов экспертизы.

Используя выражения (3), (5) и (6), определим необходимую оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы m различных объектов (статья «Затраты на оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы»):

$$O_{\text{з.п.}} = O_{\text{за}} + O_{\text{д}} = \sum_1^m \left(O_{ai} + \frac{O_{ai} \ell}{100} \right) =$$

$$= \sum_1^m O_{ai} \left(1 + \frac{\ell}{100} \right), \quad (7)$$

где $O_{\text{з.п.}}$ – оплата труда сотрудников НИИ в статью «Затраты на оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы»; O_{ai} – оплата труда эксперта-аналитика i -го объекта экспертизы при $i = 1, 2, \dots, m$; m – количество объектов экспертизы; ℓ – процент, установленный руководством НИИ.

Таким образом, можно определить оплату труда, используя выражения (3) и (7), и обосновать статьи «Прочие расходы» и «Затраты на оплату труда работников, занятых организацией и проведением экспертизы». При сложении полученных по всем статьям затрат получим стоимость экспертных услуг.

Предлагаемая методика расчёта цены позволяет определить цену проведения как одной экспертизы, так и всех экспертиз в целом по экспертной организации.

Что касается цены экспертных услуг, то используя выражение (1), при сложении полученной себестоимости с планируемой в НИИ прибылью, получим искомую цену.

Таким образом, на практическом примере ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ сформирована структура цены экспертных услуг по статьям затрат, а также разработан комплекс процедур определения необходимого объёма финансирования организации и проведения государственной научной и научно-технической экспертизы.

Библиографические ссылки

1. Белоусов В.Л. Менеджмент: практика управления научными исследованиями: Монография. М.: ФГУ НИИ РИНКЦЭ, 2009.
2. Герасименко В.В. Эффективное ценообразование: учебник для вузов. М.: Финстатинформ, 2000.

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 658(045)

В.М. Безденежных, д-р экон. наук, проф.
(Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

savrula@gmail.com

ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА УПРАВЛЕНИЯ РОССИЙСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Рассмотрено внедрение современных методов управления в практику российских предприятий. Сравнительный анализ российского и зарубежного (немецкого) опыта применения стратегического процессного подхода выявил особенности российской бизнес-среды и пути расширения практики применения российскими предприятиями современных методов управления.

Ключевые слова: процессный подход, стратегическая компетентность предприятия, критерии управляемости, система управления рисками в деятельности предприятий.

Modern management methods implementation in the Russian enterprises practice is considered. The comparative analysis of the Russian and foreign (German) application experience of a strategic process approach revealed the Russian business environment features and a application practice expansion ways of the modern management methods by the Russian enterprises.

Key words: process approach, enterprise strategic competence, manageability criteria, risks management system in the enterprises activity.

Процессный подход как новая управленческая парадигма представляет собой радикальное решение проблемы операционно-управленческой ограниченности, расширяя возможности применения современных моделей управления (например, системы «Investors in People», стратегических карт Нортон–Каплана и многих других). В рамках процессного подхода управленческое внимание концентрируется сразу на первопричине проблем низкой эффективности. При этом к решению стратегических задач развития привлекается коллективный потенциал работников реализующих эти процессы.

В многочисленных исследованиях [1–3] выделяют три проблемы внедрения стратегического менеджмента, которые характерны также и для российских предприятий:

отсутствие в корпорации современной системы стратегического менеджмента;

отсутствие конкретной адаптированной к реальным условиям стратегии развития корпоративной системы;

отсутствие реализации (механизмов и ресурса) стратегии развития корпоративной системы.

В отдельную группу предложено выделить ещё одну важную проблему — отсутствие внедрённых систем комплексного анализа и регулирования рисков в деятельности хозяйствующих субъектов.

Решение первой проблемы включает следующие меры: необходимость использования стратегического менеджмента, повышение приоритета вопросов развития компании, налаживание меха-

низма сбора информации о внешней среде компании.

При решении второй проблемы рассматривается развитие технологий стратегического анализа, переход от анализа к решениям (реализация на уровне стратегических планов — карт развития, например Нортон–Каплана). Кроме того, если при традиционном планировании будущее развитие компании определяется из прошлого (опирается на тенденции предыдущего развития), то при современном стратегическом планировании настоящее определяется из будущего, его возможных изменений и готовности компании к этим изменениям.

Решение третьей задачи включает создание механизмов и ресурса развития, обучение персонала новому формату работы, создание системы мотивации к реализации стратегии на основе управления знаниями.

Наконец, трудности решения четвёртой проблемы связаны с недостаточной теоретической и практической проработанностью вопросов проектирования и применения систем регулирования рисков в деятельности хозяйствующих субъектов. Поэтому преодоление проблемы стратегического управления корпоративными структурами в условиях нарастающей неопределённости управления рисками становится всё более значимой для предприятий.

Традиционные модели выбора стратегии хороши для стабильного и относительно легко прогнозируемого развития или эволюции среды, чего, наверное, не произойдёт. Нелинейные из-

менения, которые происходят или могут произойти каждый день, нельзя учесть с помощью традиционных математических методов. Причём изменения надо не только предвидеть, но и реагировать на них быстрее других.

Ранее неоспоримые достоинства процветающих предприятий – устойчивая организационная структура и устоявшиеся процессы. Сейчас это становится недостатком, так как консервативная организация своевременно не реагирует на изменение требований рынка.

Наиболее современные компании провоцируют мобильность, постоянно обновляя или внедряя новейшие управленческие модели. Другой аспект стратегии «на опережение», т. е. влияние на развитие среды (рынка) и формирование желаемой ситуации в этой среде, с одной стороны, и подстраивание внутренней среды бизнеса к изменениям, с другой. Стратегические решения, связанные с серьёзной перестройкой организации бизнеса, стали приниматься уже не раз в пять лет, а ежегодно. При реализации стратегического развития компании наиболее актуальны следующие задачи:

выбор направлений развития с помощью современных технологий стратегического мониторинга, анализа и принятия стратегических решений;

точное представление организации деятельности, которое необходимо для проведения изменений;

координация задач стратегического и оперативного управления, для которого стратегический блок задаёт целевые показатели.

Стремление предприятий к доктрине управления знаниями [4, 5] выдвигает новые цели и задачи, и, естественно, требуются адекватные ответные изменения внутренней среды, направленные на повышение эффективности их деятельности.

Использование процессного подхода означает качественное возрастание детальности объекта управления. Это происходит в условиях возрастания масштабов управляемой системы.

Проблема сложности применения процессного подхода состоит в том, что в организации приходится рассматривать и координировать сотни и сотни процессов. Универсальность процессного описания позволяет группировать и компактно описать управляемую систему. Выход предлагается введением в рассмотрение иерархии процессного описания [3, 6, 7].

Критическую важность при этом имело введение в рассмотрение концепции макропроцессов, т. е. процессов, в реализации которых участвуют несколько подразделений. Каждый макропроцесс позволяет достичь одной из важных задач организации как единого целого (например, разра-

ботка и вывод новой продукции на рынок, выполнение заказа на поставку, разработка стратегического плана и т. д.). Как показывает опыт, для большинства организаций типичное количество выделяемых макропроцессов (стратегических на момент принятия управленческих решений) не превышает 10. В сложных случаях их число не следует увеличивать более чем до 15–18, как рекомендуется в исследованиях Нортон–Каплана. Это позволяет высшему менеджменту рассматривать работу организации как единое целое и наиболее эффективным образом использовать возможности для анализа, диагностики и проектирования организационных систем.

С одной стороны, введение процессного описания позволило естественным и логическим образом решить трудную и всегда болезненную для функционально и финансово ориентированного менеджмента проблему связи стратегических целей с организационной структурой и методами управления на корпоративном уровне. С другой стороны, это позволило логическим и рациональным методом решить основные задачи организационного проектирования, организации управления, включающих структурирование, развёртывание стратегических целей в систему требований к структурным подразделениям и отдельным рабочим циклам. Использование концепции макропроцессов позволило по новому решить задачи координации действий подразделений и распределения ресурсов. Все указанные выше задачи решаются исходя из вклада каждого подразделения в корпоративные макропроцессы.

Таким образом, процессные модели из инструмента специалистов и функциональной области управления становятся основным инструментом менеджеров всех уровней управления. Они определяют стратегическую компетентность компании как круг вопросов и полномочий, которые находятся в сфере ведения руководства корпоративной структуры и являются наиболее значимыми с точки зрения формирования стратегии предприятия. Стратегическая компетентность компании – это способность последовательно и чётко проводить стратегическую линию, намеченную в миссии компании. Важным качеством стратегической компетенции является гибкость, определяющая способность к изменению стратегии и её адаптации к постоянно меняющимся условиям внешней среды, тем самым снижая риски до допустимого уровня (риск-аппетита). В качестве измерений гибкости можно рассматривать вариативность, т. е. возможный спектр мер и время реагирования, необходимые для приведения стратегии предприятия в соответствие с изменившимися условиями.

У менеджеров имеются два пути, две возможные траектории решения проблемы сложности управления. Первая траектория связана с обходом сложности, качественного упрощения модели управляемой системы за счёт перехода к функциональному, финансово-ориентированному менеджменту. Этот путь можно представить как понижение уровня неопределённости внешней среды (перевод некоторых параметров в константы) для локализации наиболее уязвимых и опасных факторов образования рисков с тем, чтобы определить меры по их регулированию.

Вторая траектория связана с приведением сложности модели управления в соответствие со сложностью объекта управления на основе стратегического менеджмента процессов. По существу, это является условием или критерием управляемости хозяйственным субъектом, так как управление не может быть более сложным, чем сама система, и менее сложным, т. е. не решающим управленческие задачи на требуемом уровне.

Каждая траектория имеет свои сильные и слабые стороны. Трудность — это освоение процессного подхода, заключающееся в опасности чрезмерного усложнения. В конкурентной борьбе это немаловажный фактор. Самый дефицитный ресурс для российской экономики — «эффективный менеджер», его время, квалификация высших менеджеров и руководителей.

Таким образом, опыт российской бизнес-практики показывает, что во многих случаях освоение процессного подхода управления на основе стратегического развития по разным причинам затруднено. Особенно отчётливо это проявляется в тех случаях, когда, подчиняясь моде или темпераменту руководителей, делаются попытки точного копирования зарубежного опыта, но при этом бездумного заимствования философии западных моделей управления (распространённых как стандарты менеджмента качества СМК, в том числе ИСО 9001: 2008).

Часто это происходит в организациях, где реальные потребности управления не являются условием выживания в существующих внешних условиях, а имеющийся запас устойчивости достаточно велик. Распространённости этой «увлечённости» способствует ограниченность отечественной литературы, разъясняющей применение в российской социально-экономической среде теории и методов стратегического менеджмента на основе процессного управления качеством.

Другая крайность — это инерционное распространение консервативного подхода к выбору методов управления без учёта происходящих изменений внутри и вне предприятия.

На практике часто происходит, что при управлении процессами деятельности хозяйствующих

субъектов могут использоваться комбинации приёмов первого и второго способов регулирования.

По данным сравнительного исследования вопроса о вкладе стратегического планирования в успех компаний Германии и РФ [4] 71,3 % немецких менеджеров оценили как огромный (26,3 %) и большой (45 %). Российские предприниматели высказались более спокойно: 27,8 % оценили как огромный успех и только 22,9 % — как большой, т. е. всего 50,7 %. Треть российских предприятий не признаёт роли планирования в коммерческом успехе, а среди немецких предпринимателей таких оказалось всего 7,9 %.

Возможно, это объясняется хаосом в российской экономике постсоветского периода и нестабильностью, не позволяющей планировать будущее.

Основной вывод заключается в том, что многие предприниматели в РФ до сих пор находятся во власти стереотипов о рынке, эффективности и оценке результатов бизнеса. Не удивительно, что финансово-ориентированный менеджмент (ФОМ) как управляющая доктрина, обещающая обманчивую простоту оценки финансового результата, продолжает занимать значительное место [8].

Так, только 31,4 % российских компаний видят в синергии системы источник и потенциал роста бизнеса. Большая часть российских предприятий не видит выгоду от синергетического эффекта, а обмена информацией о системных эффектах и их возможностях нет. Для собственников и менеджеров, создающих новые предприятия, ФОМ представляется естественным подходом. В результате финансовый менеджмент под руководством зарубежных консультантов укореняется в российской экономической практике и по всей управленческой (включая бюрократическую) вертикали под лозунгом: взять под контроль финансовые потоки. Существенным условием предупреждения, присутствующих ФОМ-рисков, является производственный опыт и интуиция высших руководителей, личное владение административным ресурсом и связями (в том числе неформальными), которые абстрактные модели игнорируют.

Нужно подчеркнуть, что речь идёт не об объявлении финансово-экономических моделей неправильными. Экономический и финансовый анализы — абсолютно необходимое условие для успешной работы предприятий по реализации стратегических целей более широкого спектра, чем только прибыль (рост капитализации компании, укрепление конкурентоспособности, расширение ниши на рынке, диверсификация выпуска продукции, повышение экономической безопасности, устойчивости и др.).

Заметим, что наибольшие различия между немецкими и российскими компаниями выявились

в вопросе использования при стратегическом анализе оценки стоимости компании: 69,1 % российских компаний используют этот инструмент анализа, а в Германии – только 34,2 % [4].

Российские компании трудно расстаются со сложившимися стереотипами о приоритете прибыли как главной цели бизнеса. В полной мере это относится и к освоению российским бизнесом систем управления риском как составной и имманентно присущей системе менеджмента предприятия частью в целом. Освоение стандартов риск-менеджмента в работе российских предприятий находится в начальной фазе. Если прогресс в области производственных технологий не подкрепляется соответствующим изменением организационных технологий, то угрозы потери эффективности функционирования неминуемы. Эффективность организаций достигается только в том случае, когда обе группы технологий управления эффективны.

Определённую надежду на освоение новой управленческой парадигмы даёт результат ответа на вопрос о том, в какой мере видится предприятиям в качестве фактора успеха управление знаниями как механизм стратегического управления. Примечательно, что для 70 % немецких и 80 % (!) российских компаний управление знаниями обладает большим или очень большим значением и является важным стратегическим ресурсом. Однако в РФ основное внимание в силу различных причин уделяется оперативному управлению зна-

ниями по данным уже цитированного исследования, но следующим шагом может стать их использование для получения стратегических преимуществ.

Библиографические ссылки

1. **Дадалко В.А., Орешина Е.Ю.** Обучающая компания как метод управления эффективностью бизнеса. М.: Известия, 2009. 248 с.
2. **Нестерова Д., Сабирьянова К.** Инвестиции в человеческий капитал в переходный период в России // Российская программа экономических исследований. (РПЭИ). Фонд Евразия: научный доклад № 99/04, декабрь 1998.
3. **Barberis Nicholas, Thaler Richard.** A Survey of Behavioral Finance / Ed. by G.Constantinides, M. Harris, and R.Stultz Handbook of the Economics of Finance, North-Holland, Amsterdam. 2003.
4. **Пфау В., Йенш К., Манглиерс Ш., Большаков А.** Международное исследование стратегической компетенции предприятия: учеб. пособие. М.: Финакадемия, 2009. 64 с.
5. **Kahneman Daniel, Amos Tversky.** Prospect Theory: An Analysis of Decision Making Under Risk. Econometrica 47, 1979. № 2. P. 263–291.
6. **Miller Merton.** Behavioral Rationality in Finance: The Case of Dividends // Journal of Business 59. 1986. P. 451–468.
7. **Shiller Robert.** From Efficient Market Theory to Behavioral Finance // Cowless Foundation Discussion Paper. 2002. № 1385.
8. **Коуз Р.** Фирма, рынок и право / пер. с англ. Б. Пинскера. М.: Дело ЛТД, 1993. 192 с.



КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК МЕТАЛЛИСТА

Под общ. ред. А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова

960 с. ISBN: 5-217-03261-8

Цена 1650 р.

В справочнике использовано более 700 ГОСТов, действующих и утвержденных на 1 июля 2004 г.

Приведены сведения по расчету технологических размеров заготовок, основам взаимозаменяемости, методам и средствам контроля, материалам, металлорежущим станкам, токарной обработке, обработке отверстий осевым инструментом и другим видам обработки металлов резанием, электрофизическим и электрохимическим методам обработки, слесарным работам и сборке. Также изложены сведения по технологичности деталей, обеспечению качества и размерной стабильности заготовок, выбору режимов резания, повышению износостойкости резцов и обработке на станках с ЧПУ.

Четвертое издание (3-е изд. 1986 г.) переработано в соответствии с новыми стандартами и технической документацией, дополнено сведениями по восстановлению режущих свойств инструментов, смазывающе-охлаждающим технологическим средствам и другими материалами.

Для инженерно-технических работников всех отраслей промышленности, полезен преподавателям и студентам вузов.

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

**ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ**

УДК 621.002.51

По страницам журналов

Снижение динамической нагруженности силовой передачи автомобиля-тягача за счёт многокритериальной оптимизации упругой характеристики полуоси. *Грузовик.* 2011. № 7.

Рассмотрены современные методы оптимального проектирования и создания машин. Поставлена задача параметрической оптимизации динамических процессов в силовой передаче. Предлагается алгоритм многокритериального расчёта при исследовании динамической нагруженности силовых передач автомобилей-тягачей. Представлены результаты расчётов рациональных жёсткостных параметров участков силовой передачи автомобиля-тягача типа «УРАЛ» и рациональных передаточных чисел трансмиссии, а также расчёты упругой характеристики полуоси.

Вариационный метод поиска рациональной геометрии рабочего канала волокна для волочения круглого сплошного профиля. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2011. № 7.

Выполнены по предлагаемым функционалам расчёты прироста осевого напряжения при изменяющихся вдоль рабочего канала параметрах деформации. Значимость влияния формы канала волокна (выпуклая, коническая или вогнутая деформирующая поверхность) на осевое напряжение зависит от коэффициентов вытяжки, граничного трения и деформационного упрочнения протягиваемого металла.

Программное обеспечение регистратора информации, используемого в полигонных информационно-измерительных комплексах. *Полёт.* 2011. № 7.

Представлены особенности программного обеспечения высокоскоростного регистратора информации, предназначенного для цифровой регистрации высокоскоростного потока видео- и телеметрической информации во время проведения траекторных измерений летящих целей. Приводится математическая модель алгоритма считывания информации на базе теории сетей Петри. Рассматриваются дальнейшие пути развития устройства данного типа.

Определение коэффициентов коррекции для получения достоверных характеристик усталостной долговечности элементов конструкции ЛА. *Полёт.* 2011. № 7.

Изложена усовершенствованная методика определения используемых при расчёте усталостной

долговечности элементов конструкций летательных аппаратов (ЛА) коэффициентов коррекции, учитывающих влияние конструктивно-технологических особенностей изделий. Приведены результаты расчётной оценки сопротивления усталости критической зоны планера маневренного самолёта, подтверждающие корректность численного исследования выносливости с использованием коэффициентов коррекции и модифицированных кривых усталости, отражающих особенности геометрии реальной конструкции.

Исследование граничных условий применения метода многократной коррекции положения сопрягаемых изделий. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 7.

Рассмотрена возможность применения метода многократной коррекции положения сопрягаемых элементов для сборки осесимметричных изделий, представляющих собой тела вращения. Определены граничные условия их сборки методом многократной коррекции. Устранение рассогласования взаимного расположения изделий при их сопряжении позволяет повысить эффективность сборочных операций в машиностроении.

Влияние ультразвука на технологические параметры сборки соединений с крепёжно-резьбообразующими деталями. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 7.

Рассмотрены вопросы применения ультразвуковых колебаний в процессах сборки соединений с крепёжно-резьбообразующими деталями. Исследовано влияние ультразвука на степень упрочнения, высоту образуемого профиля, крутящий момент при сборке с учётом различных параметров процесса.

Тонкая структура трибоплазмы в контакте фтопласт–сталь и её связь с фрикционными параметрами узла трения. *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2011. № 7.

Предложены оригинальная методика и установка для исследования сверхактивных состояний вещества поверхностей трения – трибоплазмы. Информация о трибоплазме получена в виде спектров электромагнитных колебаний, по частоте которых можно заключить, что она состоит из разноимённо заряженных ионов, а также электронов. Каждая из составляющих трибоплазмы оказывает различное влияние на антифрикцион-

ные характеристики трибосопряжений, о чём может свидетельствовать связь амплитуд гармоник электромагнитного спектра с коэффициентом трения.

Общие положения создания перенастраиваемых автоматических станочных систем. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 7.

Рассмотрены вопросы создания станочных систем для многономенклатурного производства с требуемым уровнем автоматизации, а также повышения производительности общественного труда при создании системы перенастраиваемых станочных автоматических линий. Показано, что структура автоматических станочных систем оптимальна, если включает в себя минимальное число единиц оборудования и обеспечивает рациональную концентрацию операций на каждой позиции обработки.

Нейро-нечёткая настройка автоматизированной системы испытаний дизельных двигателей. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 7.

Рассмотрено применение интеллектуальной модели для настройки автоматизированной системы испытаний дизельных двигателей. Спроектирована нейро-нечёткая сеть для выработки управляющего воздействия на дизель. Разработана методика проектирования базы знаний для управления режимами работы дизеля в процессе его испытаний.

Управление работоспособностью металлорежущего инструмента. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 7.

Рассмотрен эффективный подход к разработке технологического процесса изготовления металлорежущего инструмента. Процесс «собирают» из отдельных типовых технологических приёмов путём их добавления или изъятия до достижения нужного эксплуатационного показателя.

Применение неньютоновских моделей смазочных жидкостей при расчёте сложнагруженных узлов трения поршневых и роторных машин. *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2011. № 7.

Представлены методика и результаты расчёта подшипников скольжения, смазываемых неньютоновскими жидкостями. В качестве математических моделей смазочных жидкостей использованы вязкоупругая модель Максвелла, модель микрополяриной жидкости, модель высоковязкого граничного слоя.

Моделирование износостойкости трибосопряжений при сложном динамическом нагружении. *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2011. № 7.

Рассмотрена модель разрушения металла, основанная на изменении состояния поверхностного слоя контактирующих деталей при трении с различными схемами динамического нагружения. Предложены установки и методики ускоренных

модельных испытаний на изнашивание при сложном динамическом нагружении.

Разработка и исследование технологии финишного электромеханического упрочнения направляющих токарного станка. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 7.

Приведены результаты разработки и исследования технологии для повышения динамической устойчивости токарного станка при резании и повышения его технологической надёжности.

Энергетический подход к выбору режимов обработки и оценки качества поверхностного слоя, упрочнённого динамическими методами ППД. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 7.

Предложены модели прогнозирования физико-механических характеристик качества поверхностного слоя, формируемого в процессе упрочнения, представлена методика расчёта технологических режимов обработки динамическими методами поверхностного пластического деформирования (ППД).

Повышение сопротивления усталости и износостойкости стальных изделий, восстановленных гальваническим железнением путём низкотемпературной нитроцементации. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 7.

Исследовано влияние режимов нитроцементации в высокоактивном пастообразном карбюризаторе на структуру и свойства железных гальванических покрытий. Разработана технология упрочнения стальных изделий, восстановленных железнением, и повышения их сопротивления усталости и износостойкости.

Оценка эффективности перевода магистральных пассажирских самолётов на сжиженный природный газ. *Вестник машиностроения.* 2011. № 8.

Показано использование комплексной математической модели для оценки эффективности применения сжиженного природного газа в качестве топлива в магистральных пассажирских самолётах.

Выбор параметров многофункциональных пневматических вихревых элементов с вращающимся завихрителем. *Вестник машиностроения.* 2011. № 8.

Рассмотрены многофункциональные пневматические вихревые элементы, определены основные параметры, предложена методика расчёта.

Эффективность применения двухрежимного ГПВРД в составе комбинированной силовой установки авиационно-космической системы. *Вестник машиностроения.* 2011. № 8.

Рассмотрены эффективность использования двухрежимных гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей в составе силовых установок гиперзвуковых авиационно-космических систем, приведены их схемы и рабочие характеристики.

Основы проектирования эффективной технологии изготовления режущего инструмента для конкретных условий обработки железнодорожных колёс. *Вестник машиностроения.* 2011. № 8.

Предложен эффективный метод использования тангенциальных режущих пластин для обработки железнодорожных колёс на основе упрочняющей технологии.

Оптимальные электромеханические системы рулевого управления с переменными параметрами нагрузки. *Грузовик.* 2011. № 8.

Рассмотрен метод оптимального управления электромеханической системой с переменным моментом инерции нагрузки с учётом корректирующей обратной связи по скорости на основе модифицированного принципа максимума.

Расчётно-экспериментальное исследование распылителей дизельных форсунок с различной геометрией проточной части. *Грузовик.* 2011. № 8.

Рассмотрены варианты конструктивного выполнения проточной части распылителей форсунок. Проведены расчётные исследования потока топлива в распылителях различных конструкций. Представлены результаты экспериментального исследования дизеля Д-245.12С, оснащённого распылителями различных типов.

Водорастворимые смазки марки «СИНЭРС» для холодной обработки металлов давлением. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2011. № 8.

Предложено усовершенствование технологии обработки металлов давлением путём применения водорастворимых технологических смазок, позволяющих минимизировать отделочные операции. Разработаны составы, технология получения и марочный ассортимент водорастворимых смазок. Изучены основные физико-механические характеристики смазок, определены области их использования в промышленности.

Исследование структуры и свойств алюмоматричных композиционных материалов, модифицированных наноразмерными частицами. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2011. № 8.

Приведены результаты разработки композиционных материалов (КМ) на базе алюминиевых матриц с интерметаллидным упрочнением, модифицированных тугоплавкими наноразмерными частицами, полученными плазмохимическим синтезом. Сделаны заключения о влиянии наноразмерных наполнителей и режимов изготовления на структуру и свойства КМ.

Модифицирование чугуна на высокопрочный продувкой сжатым воздухом в литниковой чаше. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2011. № 8.

Рассмотрена техническая схема модифицирования чугуна на высокопрочный с применением

продувки сжатым воздухом в литниковой чаше при заливке в литейную форму. Приведены результаты опробования данной схемы при литье крышек подшипников из высокопрочного чугуна.

Увеличения импульса за счёт эффекта присоединения массы в рабочем теле двигателя. *Полёт.* 2011. № 8.

Показана возможность увеличения импульса за счёт присоединения массы в рабочем процессе пульсирующих реактивных двигателей. При определённых условиях возможно создание импульса даже без выброса реактивной массы, что соответствует частному решению уравнения Мещерского. Эффект увеличения импульса за счёт взаимодействия масс может проявляться в жидкостях и упругих телах. Показано, что этим объясняются повышенная эффективность крыла в пульсирующем потоке, перемещение так называемых инерцидов без их взаимодействия с окружающей средой. Рассмотрены возможные пути реализации эффекта в различных областях техники.

Устройство для сборки осесимметричных деталей на базе манипулятора с параллельными кинематическими цепями. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 8.

Предложена конструкция устройства на базе манипулятора с параллельными кинематическими цепями для выполнения сборочной операции. Разработан способ роботизированной сборки цилиндрического соединения с гарантированным зазором. Приведена методика расчёта параметров автоматизированного сборочного устройства.

Программное обеспечение для автоматизированного проектирования приспособлений станков фрезерной группы в САПР «Космос». *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 8.

Разработано программное обеспечение для автоматизированного расчёта конструктивных параметров и построения чертежей тисков.

Имитационное моделирование испытания дизеля с системой подачи топлива Common Rail. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2011. № 8.

Предложена математическая модель дизеля с топливной системой Common Rail. На основе имитационного моделирования испытания доказана справедливость предложенной модели.

Оптимизация конструкции комбинированного инструмента для токарной обработки и алмазного выглаживания торцовых поверхностей деталей из меди. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 8.

Рассмотрена оптимизация конструкции комбинированного инструмента для токарной обработки и алмазного выглаживания торцовых поверхностей деталей из меди, выполняемые за один проход. Построены расчётные схемы и определена зависимость, учитывающая существенные геометрические и конструкторские параметры.

Повышение качества и производительности методов комбинированной обработки инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности на основе применения металлоплакирующих смазок. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 8.

Приведены экспериментальные исследования метода комбинированного волочения прутков из стали Ст3 с применением металлоплакирующей смазки, реализующей фундаментальный физический «эффект безызносности Гаркунова–Крагельского». Установлена оптимальная концентрация металлоплакирующей присадки «Валена», значительно уменьшающая силу деформирования и повышающая качество обработки.

Свойства покрытия из порошка титана на подложке из стали (0,3 % C), нанесённого кумулятивно-детонационным устройством. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 8.

Получено покрытие из порошка титана кумулятивно-детонационной технологией. Показано, что материал покрытия плотно прилегает к подложке, граница не имеет видимых дефектов, наблюдается проникновение титана в железо, покрытие отличается высокой плотностью и наличием нанодисперсных образований.

Повышение износостойкости поверхностей трения при лазерном борировании. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 8.

Исследована возможность структурной модификации боридных слоёв с использованием лазерного нагрева. Показано, что дополнительная лазерная обработка диффузионного боридного слоя обеспечивает его фрагментацию, залечивание пор, изменение фазового состава, плавное распределение твёрдости от поверхности в глубь детали. На больших поверхностях трения целесообразно нанесение лазерных дорожек, которые дополнительно играют роль релаксаторов напряжений.

Решение задач оптимизации трибосопряжений поршневых и роторных машин с использованием алгоритма сохранения массы. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2011. № 8.

Приведены методика и результаты решения задачи оптимизации конструктивных параметров сложнагруженных подшипников скольжения поршневых и роторных машин. Поле гидродинамических давлений в смазочном слое подшипников определено с использованием алгоритма сохранения массы. Этот алгоритм позволяет установить гидродинамические давления из модифицированного уравнения Эррода, описывающего течение жидкости в тонком смазочном слое. Показано, что выбором оптимальных параметров можно существенно улучшить гидромеханические характеристики, определяющие износостойкость подшипников, долговечность антифрикционного слоя, потери на трение.

Новые контактные уплотнения для герметизации неподвижных разъёмных соединений. *Автомобильная промышленность.* 2011. № 9.

Рассмотрены новые, отличающиеся улучшенными характеристиками конструкции контактных уплотнений для герметизации неподвижных разъёмных соединений. Показаны основные тенденции развития конструкций этих уплотнений.

Повышение долговечности резьбового соединения. *Вестник машиностроения.* 2011. № 9.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния конструктивно-технологических факторов на долговечность шпилек крепления шаровой опоры к картеру переднего ведущего моста грузового автомобиля.

Математическое моделирование системы автоматического управления газостатической шпиндельной опорой. *Вестник машиностроения.* 2011. № 9.

Предложена конструкция газостатической шпиндельной опоры. Разработаны модель системы управления положением её вращающегося элемента, формулы и программное обеспечение для расчёта коэффициентов передачи и постоянных времён.

Компьютерное моделирование и оптимизация структуры высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. *Вестник машиностроения.* 2011. № 9.

Приведена концепция компьютерного моделирования микроструктуры графитизированных чугунов, основанная на представлении структуры сплава как композиционного материала. Изложена методика оптимизации структуры высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для повышения прочности изделий.

Влияние металлоплакирующей присадки Валена на показатели комбинированной обработки. *Вестник машиностроения.* 2011. № 9.

Проведены экспериментальные исследования метода комбинированного прошивания (дорнования) отверстий инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности в условиях реализации фундаментального физического эффекта безызносности Гаркунова–Крагельского. Установлена оптимальная концентрация маслорастворимой металлоплакирующей присадки Валена, реализующей данный эффект.

Разработка структурной схемы процесса проектирования электрооборудования автомобиля на базе CALS-технологий. *Грузовик.* 2011. № 9.

Рассмотрена структурная схема процесса проектирования комплекса электрооборудования грузового автомобиля в рамках задач, решаемых автомобилестроительным конструкторским бюро (КБ). Выделены проектирующие модули, показаны логические связи между ними. Модули разделены на инвариантные, малозависящие от особенностей проектного процесса, и настраиваемые, учитывающие специфику конкретного КБ.



ПРОГРЕССИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Е.Н. Сосенушкин

2011 г. 480 с. ISBN 978-5-94275-596-6

Цена 600 р.

Освещены концепции проектирования технологических процессов холодной и полугорячей объемной штамповки, системы представления и обработки знаний о деталях, автоматизации решений системных задач проектирования технологии, системного проектирования штамповой оснастки для формоизменяющих операций.

Для разных термомеханических условий и прочих факторов проанализирован ряд физических моделей выхода из строя рабочих деталей штампов, и на основе их математических аналогов построена система прогнозирования стойкости и выбора штамповых материалов.

Для специалистов и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и промышленным внедрением прогрессивных технологий, систем их проектирования и экспертной оценки. Монография будет полезна для аспирантов и студентов машиностроительных вузов.



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