

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗАЦИЯ

#### НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Пищухин А.М., Шевченко М.Н. Зонное моделирование процесса переработки материала в шнековом экструдере .....	3
Святский В.М., Сентяков Б.А., Широбоков К.П. Исследование дутьевой головки для получения полиэтилентерефталатного волокна способом вертикального раздува ...	6

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Петухов И.В. Исследование процессов принятия решения человеком-оператором .....	11
Капгер И.В., Юзаков А.А., Юзаков А.А. Повышение достоверности информации в системах управления промышленных сетей LON интеллектуальных зданий .....	17
Титов В.С., Бобырь М.В., Иванов В.И. Система автокоррекции нуля .....	23
Исаева О.С. Технология формирования консолидированной базы данных для планирования муниципальных потребностей .....	27
Жежера Н.И., Тымкин С.А., Сайденова Г.А. Математическое описание реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению газов .....	33

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бегунов Н.А., Клебанов Б.И., Рапопорт И.А. Объединение подходов интеллектуального анализа данных и имитационного моделирования для прогнозирования доходов бюджета.....	37
---	----

### ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Cisco изложила свою стратегию модернизации энергетической инфраструктуры России в целях повышения её эффективности и обеспечения экономического роста ....	41
«Агропроммаш-2010» .....	42

### ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов .....	44
Указатель статей, опубликованных в журнале «Автоматизация и современные технологии» в 2010 году .....	45

**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](mailto:realiz@mashin.ru), на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru) (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298**

Художественный редактор Галицина Т.Н.  
Компьютерный набор Путинов В.Н.  
Компьютерная верстка Тугаринов А.А.

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

**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 несет рекламодатель**

## CONTENTS

### AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Pishchukhin A.M., Shevchenko M.N. Zone modeling of the material remaking process in the screw extruder .....	3
Svyatskiy V. M., Sentyakov B.A., Shirobokov K.P. Research of the blowing head for polyethylene terephthalate fibre receipt by method of vertical bulge .....	6

### MODERN TECHNOLOGIES

Petukhov I.V. Decision acceptance process research by human-operator .....	11
Kapger I.V., Yuzhakov A.A., Yuzhakov A.A. Information reliability growth in the control systems of the industrial nets LON for intellectual buildings .....	17
Titov V.S., Bobyr M.V., Ivanov V.I. Zero self-correction system .....	23
Isaeva O.S. Consolidate data base forming technology for municipal needs planning .....	27
Zhezhera N.I., Tyamkin S.A., Saydenova G.A. Mathematical description of pyrolysis reactor of the wear out tires as object of the automatic control according to gas pressure .....	33

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC AKTIVIES

Begunov N.A., Klebanov B.I., Rapoport I.A. Consolidation of the intellectual analysis dates and simulation modeling for budget profit prediction .....	37
--	----

### EXHIBITION AND PRESENTATIONS

Cisco stated its modernization strategy of the Russia energy infrastructure for the purpose of efficiency rice and economic growth ensuring .....	41
Agroprommash-2010 .....	42

### SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review .....	44
Index of articles, published in the magazine «Automation and modern technology» in 2010 .....	45

Сдано в набор 30.09.10. Подписано в печать 29.11.10.  
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Заказ 932. Цена свободная

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



УДК 681.5

**А.М. Пищухин, д-р техн. наук, проф., М.Н. Шевченко**  
(Оренбургский государственный университет)

fit@unpk.osu.ru

## ЗОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ МАТЕРИАЛА В ШНЕКОВОМ ЭКСТРУДЕРЕ

*Выявлены технологические зоны с различным поведением материала, приведены расчётные схемы для выбранных зон.*

**Ключевые слова:** автоматизированное проектирование, моделирование, экструдер.

*Technological zones with different material behavior are revealed, calculating schemes for selected zones are adduced.*

**Key words:** automatic projecting, modeling, extruder.

Эффективность применения средств автоматизированного проектирования напрямую зависит от моделирования сложных физико-химических процессов, протекающих в технологических установках, например в таких, как экструдеры. Экструзионные технологии особенно удобны для массовой переработки продуктов, например теста, фарша, различных комбикормов для животных.

Структуру и параметры конструкции экструдера, определяющие эффективность его работы, невозможно оптимизировать без математического моделирования.

Общая схема экструдера представлена на рис. 1.

Математическое описание движения перерабатываемого материала внутри цилиндра экструдера осложняется тем, что материал в зависимости от степени обработки проявляет различные физические свойства. Поэтому целесообразно выделить несколько зон рабочего пространства, внутри которых механические свойства материала могут быть описаны в рамках известных реологических зависимостей, и провестистыковку (сшивание) полученных решений.

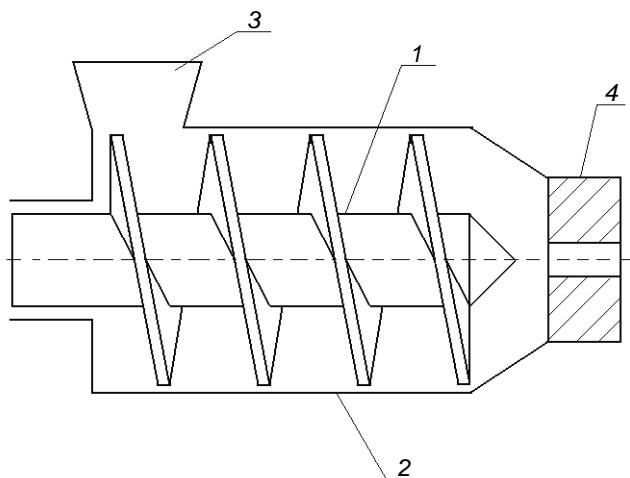
В технологическом плане в качестве основных можно выделить следующие зоны.

**Зона жидкотекучести.** В непосредственной близости к формующей матрице материал находится в достаточно перемешанном состоянии, близком к сплошной среде в классическом её понимании [1]. Давление, обусловленное сопротивлением матрицы выпрессовыванию продукта и напором материала, поступающего в эту зону под действием шнека, передаётся во всех направле-

ниях в соответствии с законом Паскаля. Движение материала описывается уравнениями Навье–Стокса и уравнением неразрывности:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \nabla) \vec{v} + \mu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f}; \\ \nabla \cdot \vec{v} = 0,$$

где  $\nabla$  — оператор Гамильтона;  $\Delta$  — оператор Лапласа;  $t$  — время;  $\mu$  — ньютоновская вязкость материала;  $\rho$  — плотность;  $p$  — давление;  $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$  — векторное поле скоростей;  $\vec{f}$  — векторное поле массовых сил.



**Рис. 1. Общая схема экструдера**

1 — шнек; 2 — шнековый цилиндр; 3 — загрузочное устройство; 4 — формирующая матрица

В цилиндрических координатах  $(r, \phi, z)$  уравнения Навье–Стокса имеют вид

$$\begin{aligned} \rho \left( \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\phi}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \phi} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_\phi^2}{r} \right) = \\ = - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} - \right. \\ \left. - \frac{v_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} \right] + \rho g_r; \quad (1) \\ \rho \left( \frac{\partial v_\phi}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\phi}{\partial r} + \frac{v_\phi}{r} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} + v_z \frac{\partial v_\phi}{\partial z} + \frac{v_r v_\phi}{r} \right) = \\ = - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \phi} + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_\phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial z^2} - \right. \\ \left. - \frac{v_\phi}{r^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \phi} \right] + \rho g_\phi; \\ \rho \left( \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\phi}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \phi} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \\ + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right] + \rho g_z; \\ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r v_r \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \end{aligned}$$

где  $v_r, v_\phi, v_z$  — проекции скорости материала;  $g_r, g_\phi, g_z$  — проекции гравитационного ускорения  $g$ .

При стационарном течении материала в экструдере производные скорости по времени равны нулю. В связи с тем что гравитационная сила неизначительна по сравнению с внутренними силами в слоях материала, этим слагаемым можно пренебречь.

В качестве граничного условия выступает условие «прилипания» к цилиндуру (скорость в тонком слое около цилиндра равна нулю). В области материала, граничащей со шнеком, скорость равна скорости вращения шнека, т. е.  $v_\phi = \omega r, v_r = v_z = 0$ . Начальные условия при стационарном процессе отсутствуют.

**Зона смешивания и прессования.** В этой зоне смешивание ещё не завершено, а давление мало по сравнению с предыдущей зоной; материал

проявляет свойства псевдопластического тела. Механические свойства материала представляются реологическим степенным уравнением Оствальда–де Виля:

$$\tau = \mu(\gamma')^n,$$

где  $\gamma'$  — скорость сдвига материала;  $\tau$  — напряжение сдвига в материале;  $n$  — индекс течения материала.

Для расчёта напряжений, возникающих в псевдопластическом материале, можно использовать уравнения (1) с заменой в них слагаемых с ньютоновской вязкостью на слагаемые, определённые по уравнению Оствальда–де Виля. Границные условия также могут базироваться на гипотезе прилипания материала к стенкам цилиндра и шнеку.

В работе [2] распределение напряжений сдвига принимается линейным:

$$\tau_u = \frac{d\sigma_u}{du}(z - z_s),$$

где  $u$  — подвижная ось канала шнека (винтовой канавки);  $\tau_u$  — проекция касательного напряжения сдвига на ось  $u$ ;  $\sigma_u$  — нормальное напряжение в слое материала;  $z$  — радиальная ось (от стержня шнека к цилиндуру);  $z_s$  — координата нулевого напряжения (зависит от свойств материала).

Условиемстыковки с предыдущей зоной является равенство давления в зоне жидкотекучести нормальному напряжению в зоне смешивания и прессования.

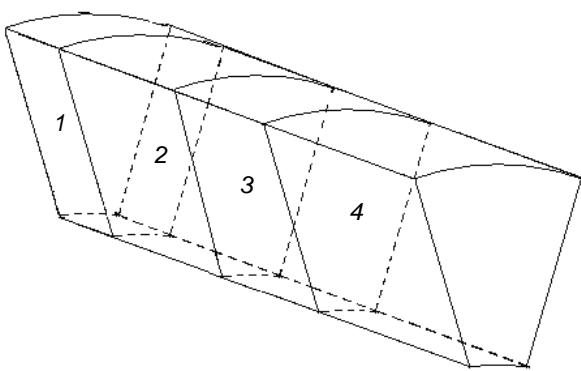
**Зона уплотнения.** Здесь происходит интенсивное вытеснение подмешанного при заполнении воздуха и уплотнение перерабатываемого материала. Касательное напряжение в этой зоне меняет направление по отношению к зоне смешивания и прессования.

Условиемстыковки с зоной смешивания и прессования можно выбрать равенство нулю касательных и нормальных напряжений. Расчётная модель движения перерабатываемого материала аналогична модели для предыдущей зоны, за исключением уравнения неразрывности материала из-за его сжимаемости.

**Зона заполнения.** В этой зоне в экструдере поступает исходный материал. Обычно это происходит под действием силы тяжести, но возможно и поддавливание материала предыдущим смешивающим устройством. Здесь возникает проблема непрерывности подачи.

Условиемстыковки с зоной уплотнения является возникновение нормальных напряжений, параллельных оси экструдера.

В зоне заполнения для количественного анализа может быть применён статистический под-



**Рис. 1. Развёртка винтовой канавки:**

1 – зона заполнения; 2 – зона уплотнения; 3 – зона смешивания и прессования; 4 – зона жидкотекучести

ход с исследованием среднего размера воздушных пустот и их количества на единицу объёма материала.

Так как рабочим пространством экструдера является винтовая канавка шнека, то указанные технологические зоны необходимо выявлять на развёртке этой канавки, изображённой на рис. 2.

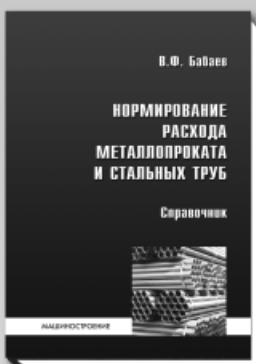
Технологические параметры перерабатываемого материала следует рассчитывать вдоль этой развёртки, вырезая из неё тонкие конечные элементы и составляя их уравнения равновесия.

В некоторых случаях необходимо учитывать тепловые эффекты при переработке материалов. Тогда применяется уравнение теплопроводности.

Таким образом, разработка зонной модели позволит повысить точность автоматизированного расчёта существующих и новых шнековых механизмов. При этом необходимо продолжить исследования в направлениистыковки соответствующих математических аппаратов на трёх границах, а также в направлении определения оптимальных размеров выявленных зон, которые зависят от конструкции и размеров шнека, реологических свойств перерабатываемого материала и интенсивности отвода тепловых потоков.

#### **Библиографические ссылки**

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1. М.: Наука, 1970. 492 с.
2. Полищук В.Ю., Коротков В.Г., Зубкова Т.М. Проектирование экструдеров для отраслей АПК. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 201 с.



## **НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА МЕТАЛЛОПРОКАТА И СТАЛЬНЫХ ТРУБ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ: справочник**

**В.Ф. Бабаев**

**Цена 500 р.**

2010. – 160 с ISBN: 978-5-94275-498-3

Приведена методика расчета норм расхода металлопроката (сортовой прокат, листовой прокат, рулонные материалы и др.) и стальных труб, широко применяемая в машиностроении и металлообработке, с учетом стоимости материала, типа производства, размера квартальной потребности в прокате, метода раскроя материала (на штучные или групповые заготовки, комбинированный раскрой) и т.п. Учтены передовые формы организации производства и другие достижения по экономическому расходованию материалов.

Для специалистов и инженерно-технических работников предприятий, научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами нормирования расхода и эффективного использования материальных ресурсов; также полезен преподавателям и студентам вузов.

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

УДК 678.05

**В.М. Святский, Б.А. Сентяков, д-р техн. наук, проф., К.П. Широбоков, канд. техн. наук, доц.**  
(Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета)

svlad-2000@rambler.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДУТЬЕВОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОГО ВОЛОКНА СПОСОБОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАЗДУВА

*Предложена конструкция дутьевой головки с кольцевым сходящимся соплом для получения полиэтилентерефталатного волокна способом вертикального раздува. Приведены экспериментальные данные, устанавливающие зависимость разрежения в центральном канале дутьевой головки от параметров её проточной части и величины давления питания.*

**Ключевые слова:** дутьевая головка, полиэтилентерефталатное волокно, кольцевое сходящееся сопло, разрежение в центральном канале.

*Blowing head design with annular coinciding nozzle for polyethylene terephthalate fibre receipt by method of vertical bulge is proposed. Experimental dates establishing dependence of the vacuum in the central canal of the blowing head from the flowing part parameters and supply pressure size are adduce.*

**Key words:** blowing head, polyethylene terephthalate fibre, annular coinciding nozzle, the vacuum in the central canal.

Полиэтилентерефталатное волокно (например, синтепон) широко применяется в промышленности. Такое волокно используют в лёгкой промышленности при пошиве тёплой одежды, изготовлении мягкой мебели, а также в чрезвычайных ситуациях, например, для сбора нефти с водных поверхностей. Авторы экспериментально проверили возможность получения такого волокна способом вертикального раздува струи расплавленного полиэтилентерефталата потоком воздуха [1] и испытали установку для реализации такой технологии, имеющую простую конструкцию и небольшую энергоёмкостью.

Одним из основных элементов установки для получения полиэтилентерефталатного волокна таким способом является дутьевая головка. В такой установке предусматривается агрегат для плавления исходного сырья – первичного или вторичного полиэтилентерефталата, через выходное отверстие которого под действием гидростатического давления в атмосферу истекает струя расплавленного материала. Струя проходит через центральный канал дутьевой головки, на выходе которой под действием потока сжатого воздуха она расщепляется на элементарные штапельные волокна. От конструкции дульевой головки зависит не только качество получаемого волокна, но и принципиальная возможность реализации такой технологии.

Конструктивная схема дульевой головки с кольцевым сходящимся соплом, один из вариантов которой защищён патентом [2], приведена на рис. 1.

Дульевая головка состоит из нижней 1 и верхней 2 частей корпуса, между которыми установлена уплотнительная регулировочная шайба 3. Нижняя и верхняя части корпуса обра-зуют внутреннюю кольцевую по-лость с каналами 4 и 5 для подвода сжатого воздуха и кольцевой сходящийся зазор шириной  $h$ , через который сжатый воздух истекает в атмосферу. В нижней части корпуса соосно кольцевому соплу установлен диф-фузор 6 длиной  $L$ , который зафиксирован прижимным кольцом 7. В верхней части корпуса выполнен центральный канал для ввода струи расплавленного материала. Один из подводящих каналов 4 выполнен тангенциально к внутренней кольцевой по-лости, а другой – канал 5 – радиально к ней. Для получения закрученного потока воздуха на выходе из кольцевого сопла дуль-евой головки воздух давлением  $P_0$  подводит-ся через канал 4, а без закручивания – в ка-нал 5. Неиспользуемый при этом канал за-крывается пробкой 8.

Важнейшей энергетической характеристи-кой такой дульевой головки является разре-жение  $P$  в её центральном канале, обуслов-ленное эффектом эжекции потока воздуха из атмосферы. Определение зависимости вели-чины такого разрежения от конструкции дульевой головки явилось задачей настояще-го исследования.

Исследованная головка может трансфор-мироваться за счёт изменения способа под-

вода сжатого воздуха для её питания – через радиальный или тангенциальный канал, путём присоединения или отделения от корпуса диффузора, размещения в вихревой камере головки стального шарика и изменения ширины кольцевого зазора  $h$ , через который происходит истечение воздуха в результате изменения толщины уплотнительной регулировочной шайбы 5 между верхней и нижней частями корпуса. Варианты таких конструктивных изменений дутьевой головки приведены в табл. 1.

В ходе экспериментальных исследований дутьевой головки ширина кольцевого зазора  $h$  в каждом из пяти её исполнений имела значения от 0,3 до 0,6 мм; разрежение  $P$  в центральном канале измерялось при разных значениях давления питания  $P_0$  – от 10 до 200 кПа.

Экспериментальные зависимости разрежения  $P$  в центральном канале дутьевой головки исполнений 1 и 2 (по табл. 1) от величины давления питания  $P_0$  при различной ширине кольцевого зазора  $h$  представлены на рис. 2, откуда видно, что разрежение существенно зависит не только от указанных параметров  $P_0$  и  $h$ , но и от наличия на выходе дутьевой головки диффузора. Использование диффузора позволяет не только увеличить разрежение в центральном канале, но и обеспечить равномерность распределения параметров воздушного потока ниже по течению струи. При отсутствии диффузора струя существенно отклоняется от оси дутьевой головки вследствие неконцентричности кольцевого зазора.

Исследование дутьевых головок исполнений 3, 4 и 5, в которых было предусмотрено закручивание потока воздуха, показало, что разрежение  $P$  в их центральных каналах при одинаковом давлении питания  $P_0$  и одинаковой ширине кольцевого зазора  $h$  существенно меньше, чем для головок исполнений 1 и 2. Например, разрежение  $P$  при работе головки исполнения 3

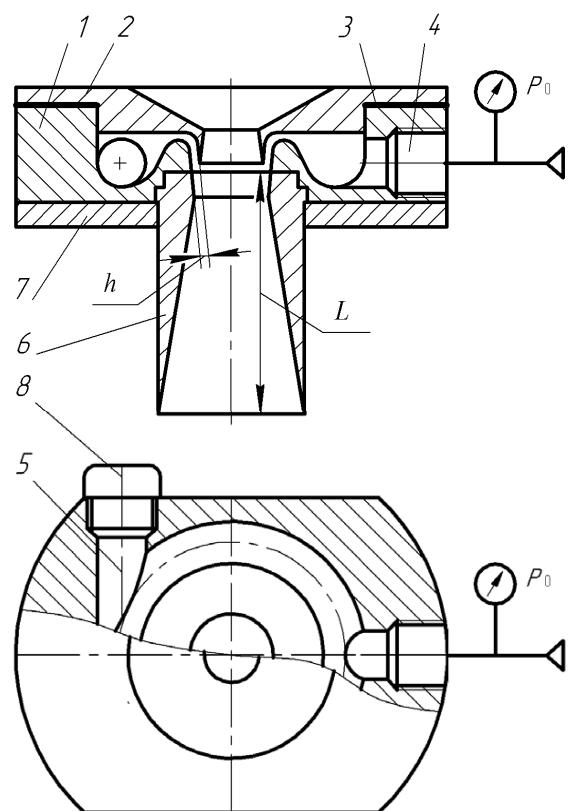


Рис. 1. Конструктивная схема дутьевой головки с кольцевым соплом

оказалось в 10 раз меньше, чем при работе головки исполнения 1, а при работе головки исполнения 4 – в 3 раза меньше, чем при работе головки исполнения 2. Это объясняется тем, что закрученная струя воздуха распространяется в атмосфере с увеличенным углом факела. При работе головки исполнения 3 визуально подтверждено, что струя воздуха на выходе из кольцевого сопла имеет угол факела около  $180^\circ$  – воздух распространяется почти под прямым углом к оси дутьевой головки. Именно поэтому

Таблица 1

#### Определение зависимости характеристик от конструкции дутьевой головки

Вариант исполнения дутьевой головки	Наличие (+) или отсутствие (-) закручивания потока воздуха	Наличие (+) или отсутствие (-) диффузора	Наличие (+) или отсутствие (-) шарика в вихревой камере
1	–	–	–
2	–	+	–
3	+	–	–
4	+	+	+
5	+	+	–

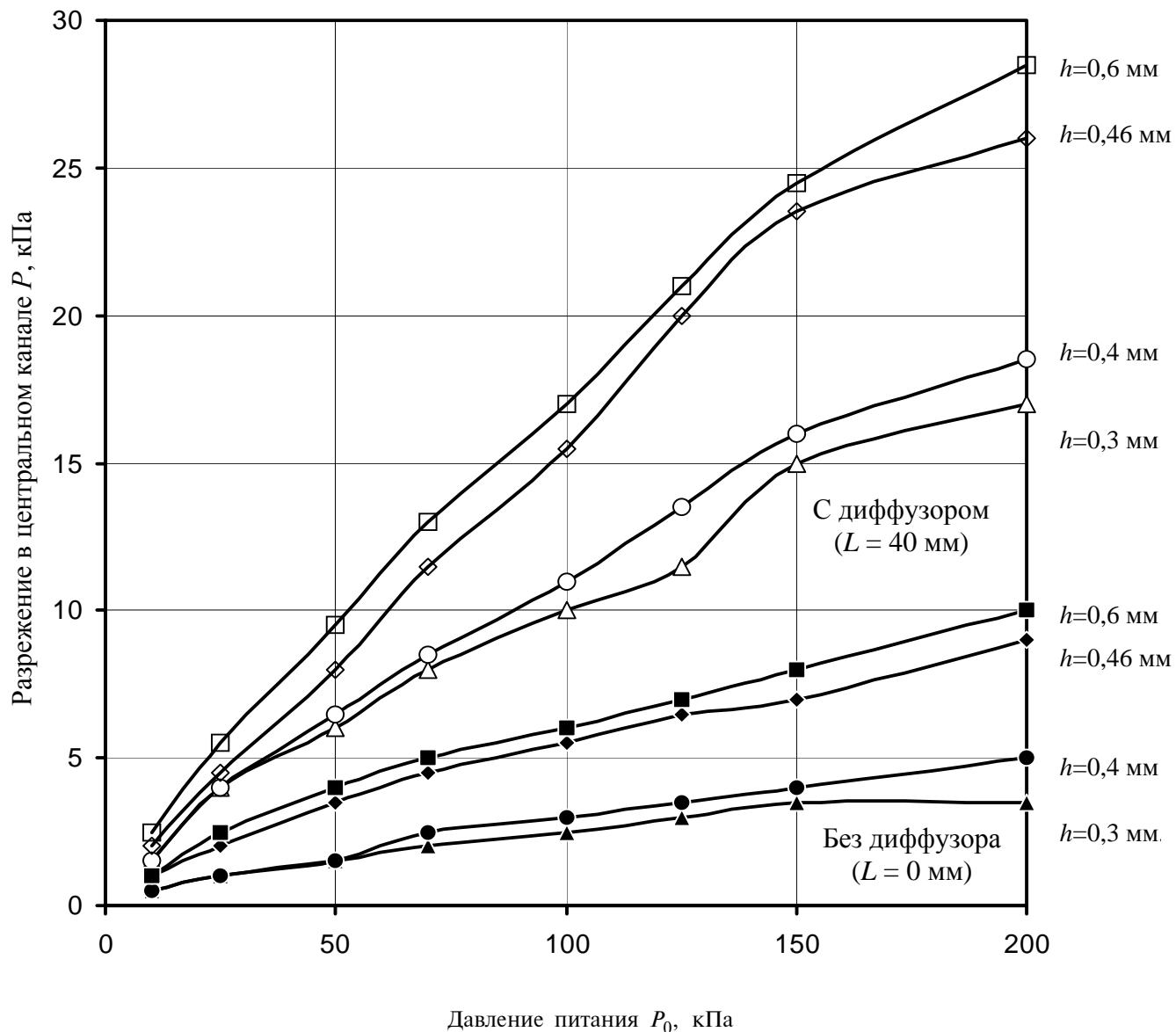


Рис. 2. Зависимость разрежения в центральном канале от величины давления питания при различной ширине кольцевого зазора  $h$

эффект эжекции воздуха из центрального канала весьма слаб. Однако практическое применение дутьевых головок с закручиванием потока позволяет обеспечить лучшую равномерность распределения получаемого волокна на приемной поверхности, что было экспериментально доказано авторами ранее.

Наличие стального шарика диаметром 5 мм в рабочей полости дутьевой головки исполнения 5 к существенному изменению разрежения не приводит, но пульсации потока воздуха на выходе струи оказываются заметными. При работе такой дутьевой головки на установке для получения полиэтилентерефталатного волокна следует ожидать повышения качества волокна: пульсации давления с постоянной частотой

позволят стабилизировать длину отдельных элементарных волокон. Определение амплитуды и частоты пульсаций будет выполнено позднее.

Проведённых опытов по определению разрежения в центральном канале дутьевой головки исполнений 1 и 2 оказалось достаточно для обработки результатов с применением теории планирования эксперимента. Использовалась матрица полного факторного эксперимента для трёх факторов, изменяющихся на двух уровнях. Функцией отклика явилось безразмерное разрежение  $q$ , определённое отношением разрежения  $P$  в центральном канале дутьевой головки к атмосферному давлению  $P_a$ . В качестве независимых факторов приняты давление питания  $P_0$ , ширина коль-

цевого зазора  $h$  и длина диффузора  $L$ . Значения варьируемых факторов приведены в табл. 2. Матрица планирования эксперимента с результатами опытов приведена в табл. 3.

Представленные в табл. 3 нормализованные факторы имеют вид

$$X_1 = 2(P_0 - 125)/150; X_2 = 2(h - 0,45)/0,3;$$

$$X_3 = 2(L - 20)/40; X_4 = X_1 X_2; X_5 = X_1 X_3;$$

$$X_6 = X_1 X_3; X_7 = X_1 X_2 X_3.$$

Приняв функцию отклика в виде линейного полинома с взаимодействием факторов и вычислив коэффициенты регрессии, получили математическую зависимость безразмерного разрежения  $q$  в центральном канале дутьевой головки без закручивания потока воздуха от указанных выше факторов:

$$\begin{aligned} q = & 0,1 + 0,048X_1 + 0,029X_2 + 0,053X_3 + 0,016X_4 + \\ & + 0,027X_5 + 0,008X_6 - 0,0044X_7. \end{aligned} \quad (1)$$

После проведения опытов по измерению разрежения в центральном канале дутьевой головки с промежуточными значениями факторов  $P_0$ ,  $h$  и  $L$  была проверена адекватность полученной формулы (1) для расчёта безразмерного разрежения. Результаты проверки представлены в табл. 4, откуда видно, что расхождение расчётных и экспериментальных данных в принятых интервалах варьирования факторов составляет от 10 до 15 %.

Экспериментальные исследования процесса получения полиэтилентерефталатного волокна с применением дутьевой головки такой конструкции показали, что расширение указанных в табл. 2 интервалов не целесообразно. Например, увеличение давления питания  $P_0$  более 200 кПа и ширины кольцевого зазора  $h$  более 0,6 мм приводит к существенному повышению расхода

Таблица 2

#### Уровни варьирования факторов

Уровень фактора	Варьируемые факторы		
	Давление питания $P_0$ , кПа	Ширина кольцевого зазора $h$ , мм	Длина диффузора $L$ , мм
Верхний	200	0,6	40
Нижний	50	0,3	0

Таблица 3

#### Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Факторы и их взаимодействия								Функция отклика $q = P/P_a$
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	
1	+	-	-	-	+	+	+	-	0,015
2	+	+	-	-	-	-	+	+	0,035
3	+	-	+	-	-	+	-	+	0,035
4	+	+	+	-	+	-	-	-	0,100
5	+	-	-	+	+	-	-	+	0,060
6	+	+	-	+	-	+	-	-	0,170
7	+	-	+	+	-	-	+	-	0,095
8	+	+	+	+	+	+	+	-	0,285

П р и м е ч а н и е. Матрица планирования эксперимента построена в соответствии с рекомендациями, приведёнными в работе [3]. Знак (+) означает, что соответствующий нормализованный фактор в соответствующем опыте принимает значение +1, а знак (-) – значение -1.

Таблица 4

**Проверка адекватности формулы для расчёта безразмерного разрежения  $q$** 

Номер опыта	Факторы			Результат эксперимента $q$	Функция отклика $q$	Ошибка, %
	$P_0$ , кПа	$h$ , мм	$L$ , мм			
1	100	0,30	0	0,025	0,0216	13,30
2	125	0,40	0	0,035	0,0391	-11,70
3	150	0,46	0	0,070	0,0598	14,57
4	70	0,60	0	0,050	0,0457	8,60
5	100	0,30	40	0,100	0,0987	1,30
6	150	0,40	40	0,160	0,1627	-1,69
7	70	0,46	40	0,115	0,099	13,90
8	125	0,60	40	0,210	0,190	9,50

воздуха и уровня шума дутьевой головки без изменения качества получаемого волокна. Увеличение длины диффузора более 40 мм приводит к незначительному повышению разрежения в центральном канале и повышению вероятности налипания волокна на внутреннюю поверхность диффузора. В результате опытов установлено, что стремление к увеличению разрежения в центральном канале дутьевой головки не всегда приводит к положительному результату. Например, испытание головки исполнения 8 (табл. 3), которая имела наибольшее разрежение в центральном канале, показало невозможность получения штапельного волокна. В этом случае происходит интенсивное охлаждение струи расплавленного материала потоками эжектируемого из атмосферы воздуха и образуется непрерывная нить диаметром 0,2–0,4 мм. Для получения штапельного волокна разрежение в центральном канале дутьевой головки должно быть минимальным.

Таким образом, в результате проведённых исследований дутьевой головки с кольцевым сходя-

щимся соплом для получения полиэтилентерефталатного волокна способом вертикального раздува струи расплавленного материала потоком воздуха определены рациональные параметры её проточной части, рациональный интервал давления питания её сжатым воздухом и влияние этих параметров на разрежение в центральном канале, от величины которого зависит качество получаемого волокна.

**Библиографические ссылки:**

1. Экспериментальная проверка возможности производства синтетического волокна способом вертикального раздува воздухом К.Б. Сентяков, Б.А. Сентяков, К.П. Широбоков, А.А. Иванов // Автоматизация и современные технологии. 2008. № 12. С. 8–11.
2. Патент РФ № 2360871. Дутьевая головка. Б.А. Сентяков, К.Б. Сентяков, Ф.Ф. Шайхразиев, К.П. Широбоков МПК C 01 B 37/06. Опубл. 10.07.2009. Бюл. № 19.
3. Статистические методы в имитационном моделировании: Пер. с англ. / Под ред. Ю.П. Адлера, В.Н. Варыгина. М.: Статистика, 1978. 222 с.

**Уважаемые читатели!**

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



УДК 004:62

**И.В. Петухов**, канд. техн. наук, проф.

(Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола)

laboratory502@rambler.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ**

*Представлен новый способ исследования процесса принятия решения методом оценки реакции на движущийся объект. Разработанный способ ориентирован на исследование способности к оценке временных и пространственных характеристик движения объекта управления и новую методику обработки результатов измерений. Установлено, что разработанный способ обладает более высокими функциональными и диагностическими возможностями в сравнении с известными способами.*

**Ключевые слова:** человек-оператор, операторская деятельность, человеко-машинные системы, принятие решения, время реакции на движущийся объект.

*A new research method of the decision acceptance process through the use of a responses valuation to movable object is introduced. Developed method is oriented to capability valuation research of the temporal and spatial behavior for control object movement and new methodology for measuring processing results. Is established that developed method possesses more higher functional and diagnostic facilities compared to known means.*

**Key words:** human-operator, operator activity, man-machine systems, decision acceptance, responses time on the movable object.

**Введение.** Современное производство характеризуется прежде всего всеобщей тенденцией к автоматизации технологических процессов, позволяющей не только уменьшить расходы на производство, стабилизировать производственный процесс, снизив влияние человека на конечный результат работы технологической линии, но и повысить безопасность труда – снизить производственный травматизм и уменьшить смертность на производстве.

В то же время существует большой класс производственных процессов, не поддающихся полной автоматизации, или же, где полная автоматизация нецелесообразна. В этом случае говорят об использовании автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП). АСУТП относятся к человеко-машинным системам (ЧМС), так как центральное место в управлении сохраняется за человеком.

Очевидно, что проблема обеспечения надёжности и безопасности ЧМС представляется актуальной и востребованной для большинства областей промышленного производства и управления транспортными средствами.

**Теоретическое обоснование и методическое обеспечение оценки.** Надёжность и точность работы оператора, а так же своевременность реше-

ния задачи принято считать одними из основных параметров функционирования ЧМС.

Под надёжностью ЧМС принято понимать долгосрочный показатель работоспособности технических систем, которые актуально обслуживаются людьми во всевозможных условиях её функционирования.

Анализ литературных источников свидетельствует, что более 70 % аварий и несчастных случаев на производстве и транспорте происходит по причинам, связанным с влиянием человеческого фактора [1–3].

Известно, что процесс операторской деятельности может быть условно разделён на следующие отдельные этапы [4]:

1. Приём, восприятие поступающей информации, где выполняются следующие основные действия: обнаружение сигнала, выделение наиболее важных сигналов, расшифровка и декодирование информации, построение предварительного образа ситуации.

2. Оценка и переработка информации (в основе – сопоставление заданных и текущих режимов работы СЧМ) предполагают выполнение следующих действий: запоминание информации, извлечение из памяти нормативных информационных образцов, декодирование информации.

3. Принятие решения (во многом зависит от имеющихся альтернатив – от «энтропии множества решений»). При этом важную роль играет выделение оператором критерия правильного решения (критерия выбора одной из альтернатив), соответствующего представлениям оператора о цели и результате своей работы.

4. Реализация принятого решения, которая во многом зависит от готовности оператора быстро, на уровне автоматизма, выполнять сложные действия в экстремальных условиях. Для поддержания такой (автоматизированной) готовности важную роль играют специальные занятия на тренажёрах, где моделируются различные экстремальные ситуации.

5. Проверка решения и его коррекция (по возможности).

При этом 51,6 % аварий сводятся к ошибкам категории «принятие решения» [3].

Кроме того, ошибка на третьем этапе операторской деятельности (этапе принятия решения) влечёт ошибочность действий на четвертом этапе. Возможность же исправления ошибки на пятом этапе операторской деятельности не всегда возможна.

Таким образом, очевидно, что повышение качества функционирования ЧМС возможно за счёт повышения надёжности человека-оператора в составе системы, в том числе за счёт повышения надёжности его на отдельных этапах операторской деятельности.

В настоящее время накоплен обширный и глубокий эмпирический материал, имеются серьёзные методологические разработки, обоснованы многочисленные практические рекомендации по обеспечению надёжности человека-оператора путём профессионального отбора, профессионального обучения, учёта психологических и эргономических факторов.

Установлено, что на качество операторской деятельности влияют время суток, климатические условия, производственные факторы (температура, загазованность, запылённость, освещённость), причём степень влияния зависит от профессии и стажа работы. Имеются многочисленные данные о зависимости успешности выполнения операторских функций от особенностей процесса управления, его динамических характеристик, времени, отведённого на принятие решения и т. д.

В то же время отдельно отмечается, что индивидуальная способность к успешному выполнению операторской деятельности в значительной степени зависит от особенностей организации свойств центральной нервной системы человека и его текущего функционального состояния (ФС). При этом абсолютное большинство вышеперечисленных факторов внешних среды и процесса

управления оказывают влияние на ФС оператора и его динамику в процессе профессиональной деятельности. В ФС так же находят отражение мотивация, состояние стресса, эмоциональное состояние и утомление. Согласно этому, задачи проф-ориентации персонала и оценки профпригодности на основе дифференциации свойств нервной системы человека и определения интегральных показателей профессиональной деятельности приобретают особую значимость и актуальность.

Анализ литературных источников показывает, что наибольшее внимание в инженерной психологии и эргономике уделяется деятельности человека-оператора в режиме визуально-ручного управления динамическим объектом и в режиме слежения.

Одним из таких методов исследования операторской деятельности на этапе принятия решения является метод оценки времени реакции на движущийся объект (РДО) [5]. Метод оценки РДО представляет собой сложный зрительно-моторный тест и является индикатором точности восприятия временных и пространственных характеристик движения.

Ценность метода РДО заключается в том, что он позволяет изучать процесс саморегуляции, поиска минимальных коррекций, приводящих к желаемому результату в оценке времени и пространства, способность к экстраполяции и ориентированию в новой обстановке, умение планировать и рассчитывать свои действия [6].

Метод РДО основан на предъявлении испытуемому символного изображения движущегося объекта, движение которого испытуемый останавливает в момент предполагаемого его совпадения с заданной меткой (способ с остановом), различные модификации которого описаны Н.М. Пейсаходовым [6] и О.И. Масловой [7].

Согласно способу Н.М. Пейсахова испытуемый по команде «Можно» включает секундомер и останавливают его в момент достижения стрелкой заданного деления на циферблате. Индикатором реакции на движущийся объект является средняя величина ошибок запаздывания и средняя величина ошибок упреждения. Для оценки индивидуальной тенденции к запаздыванию (упреждению) подсчитывается средняя величина ошибок запаздывания тзап (упреждения тупр). Простое сопоставление средних величин даёт представление о преобладающей тенденции в реакциях испытуемого [6].

Согласно способу О.И. Масловой испытуемому предъявляют на экране видеомонитора окружность, на которой помешены курсор и метка, обозначающая «Стоп». Для обеспечения движения курсора по окружности испытуемый удерживает

вает щупом кнопку пульта управления в нажатом состоянии. В момент предполагаемого совпадения курсора с меткой испытуемый отжимает щупом кнопку пульта. По количеству опережающих, отстающих и точных реакций судят об оценке реакции на движущийся объект [7].

При этом большинство авторов ошибки упреждения в реакциях РДО склонны считать показателем преобладания возбудительного процесса, а ошибки запаздывания – индикатором преобладания процесса торможения. Предполагается также, что точные реакции в РДО показывают лица с уравновешенными процессами возбуждения и торможения [6].

Так как в известных способах испытуемый корректирует ошибки упреждения увеличением пути движения объекта, а ошибки запаздывания – сокращением пути движения объекта, очевидно, что известные способы позволяют прежде всего оценить способность к корректировке своих действий, обучению и адаптации.

В то же время следует констатировать, что известные способы не позволяют оценить индивидуальную способность к восприятию времени и пространства, экстраполяции и принятию решения.

Кроме того, экспериментально установлена зависимость результатов оценки РДО от методики обработки результатов измерений и вынесения оценки, в частности, когда число ошибок запаздывания не равно числу ошибок упреждения, а их величины незначительно отличаются друг от друга, или, когда число ошибок запаздывания равно числу ошибок упреждения, но их величины отличаются друг от друга.

Целью работы является разработка методического аппарата для исследования процессов операторской деятельности на этапе принятия решения методом РДО на основе дифференциации свойств нервной системы человека.

**Метод исследования операторской деятельности.** Для исследования индивидуальной способности к восприятию времени, пространства, экстраполяции и принятия решения предложено развитие метода РДО.

На рис. 1 представлена обобщённая схема реализации метода РДО.

Согласно известным способам, действия испытуемого при определении времени РДО соответствуют управлению в следящих системах, основанному на непрерывных коррекциях, которые осуществляются после каждого очередного акта и базируются на текущей информации. То есть текущая информация об ошибке совмещения точечного объекта и метки поступает испытуемому по обратной связи, на основании которой испытуемый корректирует свои действия.

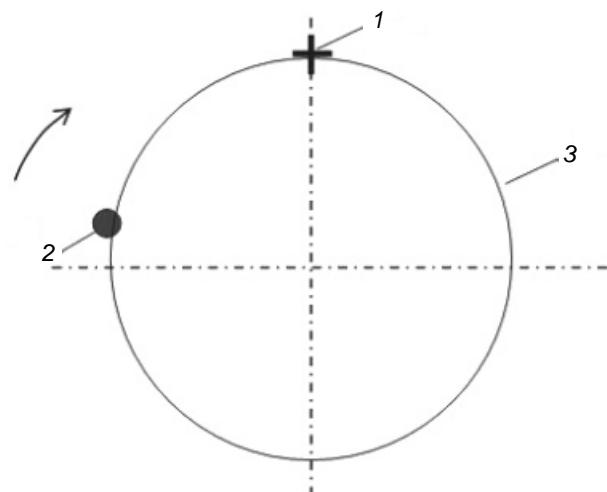


Рис. 1. Обобщённая схема реализации метода РДО:

1 – метка; 2 – точечный объект, движущийся с заданной скоростью по окружности; 3 – траектория, на которой движущийся по окружности точечный объект

Устранение обратной связи (информации о величине ошибки несовпадения точечного объекта и метки) позволит исследовать действия испытуемого при определении времени РДО при отсутствии корректирующих воздействий.

На основании вышеизложенного предложен способ исследования операторской деятельности методом РДО осуществляемый следующим образом. В момент предполагаемого совпадения движущегося по окружности точечного объекта с меткой испытуемый нажатием кнопки «Стоп» фиксирует положение точечного объекта относительно метки, при этом движение точечного объекта по окружности продолжается без остановки. В момент фиксации вычисляют ошибку несовпадения положений точечного объекта и метки – время ошибки запаздывания или упреждения, и описанную процедуру повторяют заданное число раз [8].

Время реакции  $T_p$  человека на движущийся объект вычисляют по формуле [9]

$$T_p = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

где  $t_i$  –  $i$ -я ошибка запаздывания с положительным знаком или упреждения с отрицательным знаком, мс;  $n$  – число остановок точечного объекта в районе метки.

**Экспериментальная часть.** Для экспериментальной апробации разработанного способа проведены экспериментальные исследования в группе из 30 испытуемых. В качестве испытуемых

отобраны практически здоровые люди 22–23 лет, прошедшие предварительное обучение.

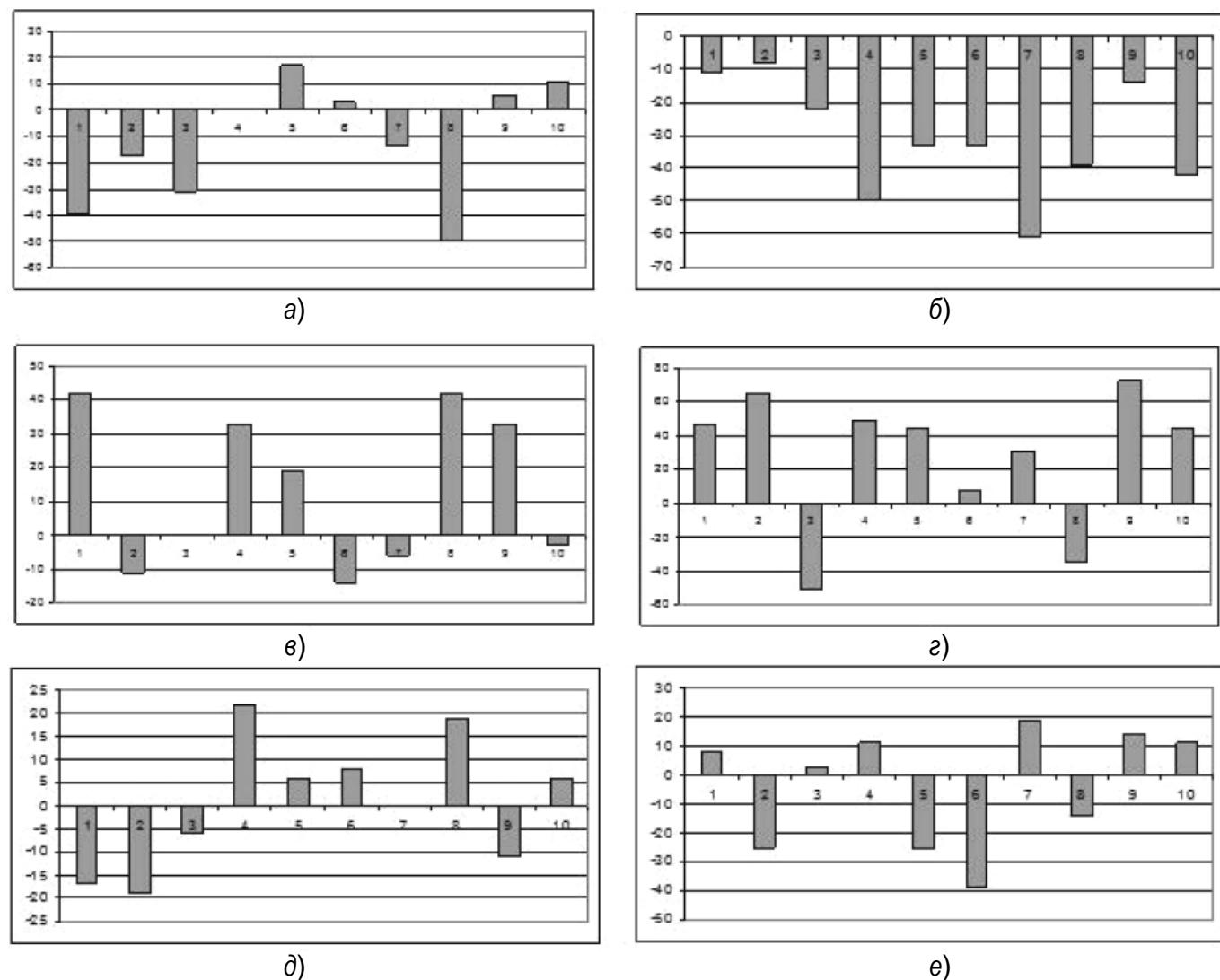
На первом этапе был выполнен сравнительный анализ предложенного и известных способов обработки результатов измерений времени РДО. Использовали разработанный способ без останова. Обработку результатов измерений проводили предложенным способом по формуле (1) и известным способам обработки Н.М. Пейсахова и О.И. Масловой.

Результаты тестирования представляли в виде диаграммы в координатах «значение ошибки – номер попытки». Критерием преобладающей тенденции к запаздыванию или упреждению является соотношение суммарных значений величин столбцов диаграммы в области положительных или отрицательных значений.

На рис. 2 представлены диаграммы шести испытуемых, отобранных из 30 человек, разделённых на три подгруппы: «преобладание упреждающих реакций», «преобладание запаздывающих реакций» и «сбалансированность реакций».

Из каждой подгруппы взяты результаты двух испытуемых – один испытуемый со средним значением времени РДО внутри подгруппы и один испытуемый с максимальным значением времени РДО внутри данной подгруппы.

Результаты расчёта оценки времени РДО данных шести испытуемых по известным способам [6, 7] и предложенному способу представлены в таблице, где  $t_{\text{зап}}$  – средняя величина ошибок запаздывания;  $t_{\text{упр}}$  – средняя величина ошибок упреждения;  $N_{\text{зап}}$  – количество запаздывающих реакций;  $N_{\text{упр}}$  – количество упреждающих реакций.



**Рис. 2. Диаграммы индивидуальных значений ошибок запаздывания и упреждения**

(по горизонтальной оси – номер попытки, по вертикальной – время РДО, мс):

a – 1-й , б – 2-й , в – 3-й , г – 4-й , д – 5-й , е – 6-й испытуемые соответственно

Анализ значений времени РДО для шести испытуемых показывает, что полученные оценки принятия решения испытуемыми по предложенному способу обработки результатов измерений во всех случаях совпали с оценками, полученными на ос-

нове анализа диаграмм, в четырёх случаях совпали с оценками по способу Н.М. Пейсахова и в трёх случаях – с оценками по способу О.И. Масловой.

Сравнительный анализ оценок по группе из 30 испытуемых показал, что оценки по предложен-

**Результаты обработки экспериментальных данных по известным способам [6, 7]  
при оценке РДО в группе из шести испытуемых**

Номер исп.	Способ оценки времени реакции испытуемого на движущийся объект	Результаты расчёта	Результат оценки
1	Способ [6]	$t_{зап}$ + 9,3 мс	Преобладание упреждения
		$t_{упр}$ – 30,2 мс	
	Способ [7]	$N_{упр}$ 5	Сбалансированность реакций
		$N_{зап}$ 4	
	Разработанный способ	$T_p$ – 114,0 мс	Преобладание упреждения
	Способ [6]	$t_{зап}$ + 0 мс	Преобладание упреждения
2		$t_{упр}$ – 31,3 мс	
Способ [7]	$N_{упр}$ 10	Преобладание упреждения	
	$N_{зап}$ 0		
Разработанный способ	$T_p$ – 313 мс	Преобладание упреждения	
3	Способ [6]	$t_{зап}$ + 33,8 мс	Преобладание запаздывания
		$t_{упр}$ – 8,5 мс	
	Способ [7]	$N_{упр}$ 4	Сбалансированность реакций
		$N_{зап}$ 5	
	Разработанный способ	$T_p$ + 135 мс	Преобладание запаздывания
4	Способ [6]	$t_{зап}$ + 45,4 мс	Сбалансированность реакций
		$t_{упр}$ – 42,5 мс	
	Способ [7]	$N_{упр}$ 2	Преобладание запаздывания
		$N_{зап}$ 8	
	Разработанный способ	$T_p$ + 278 мс	Преобладание запаздывания
5	Способ [6]	$t_{зап}$ + 12,2 мс	Сбалансированность реакций
		$t_{упр}$ – 13,3 мс	
	Способ [7]	$N_{упр}$ 5	Сбалансированность реакций
		$N_{зап}$ 4	
	Разработанный способ	$T_p$ + 8 мс	Сбалансированность реакций
6	Способ [6]	$t_{зап}$ + 11,0 мс	Преобладание упреждения
		$t_{упр}$ – 25,8 мс	
	Способ [7]	$N_{упр}$ 4	Преобладание запаздывания
		$N_{зап}$ 6	
	Разработанный способ	$T_p$ – 37 мс	Сбалансированность реакций

ному способу обработки результатов измерений во всех случаях совпадают с оценками, полученными на основе анализа диаграмм. Совпадение оценок по способам Н.М. Пейсахова и О.И. Масловой с оценками, полученными на основе анализа диаграмм, наблюдается только в 30 % случаев.

Таким образом, показано, что достоверность оценки способности к операторской деятельности методом РДО с использованием предложенного способа обработки результатов измерений выше в сравнении с известными способами Н.М. Пейсахова и О.И. Масловой.

На втором этапе экспериментов исследовали зависимость полученных оценок от способа реализации метода РДО – с остановом и обратной связью (известный способ) и без останова и обратной связи (разработанный способ). Обработка результатов измерений осуществлялась по формуле (1). На рис. 3 представлена диаграмма индивидуальных значений времени РДО, полученных с использованием предложенного и известного способов.

Анализ результатов показывает, что совпадение оценок времени РДО наблюдается только в 37 % случаев. Это свидетельствует о том, что полученные результаты характеризуют отдельные аспекты операторской деятельности.

Очевидно, что разработанный способ позволяет исследовать успешность выполнения операторской деятельности при отсутствии возможности анализа результатов принятого решения и корректировки, т. е. оценить индивидуальную способность к восприятию времени и пространства, экстраполяции и принятию решения.

Известные способы с остановом движущегося объекта позволяют исследовать успешность вы-

полнения операторской деятельности при наличии возможности проверки и анализа решения, а так же его коррекции, т. е. оценить способность к корректировке своих действий, обучению и адаптации.

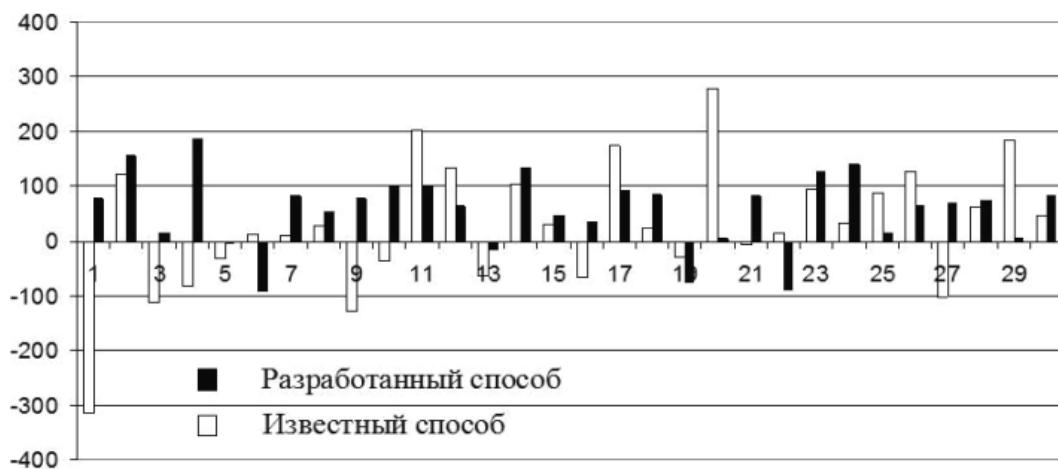
**Выводы.** Таким образом, разработанный способ исследования процессов принятия решения оператором обладает следующими преимуществами:

позволяет исследовать индивидуальные возможности оператора на третьем-четвёртом этапах операторской деятельности, определяемые особенностями организации его нервной системы, в частности соотношением процессов возбуждения и торможения;

обладает большей достоверностью за счёт применения нового способа обработки результатов измерений в сравнении с известными.

Разработанный способ оценки РДО может быть рекомендован для практического применения центрами профдиагностики и профтистирования при решении задач подбора кадров, подготовки и тренировки персонала для исследования индивидуальных способностей принятия решений.

Исследования по разработке способа принятия решений человеком-оператором методом РДО проводятся при поддержке гранта ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. «Методы, модели и алгоритмы когнитивных исследований процессов восприятия, переработки информации, принятия решений и аспектов интерфейсного взаимодействия человека-оператора и информационной системы» (государственный контракт № 1005П от 20 августа 2009 г.) и гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых МК-913.2009.8 «Разработка научных основ проекти-



**Рис. 3. Диаграмма индивидуальных значений времени РДО по группе из 30 испытуемых**  
(по горизонтальной оси – испытуемые; по вертикальной оси – время РДО, мс)

рования человеко-ориентированных эргатических систем высокой надёжности и производительности».

#### **Библиографические ссылки**

1. Глебова Е.В. Снижение риска аварийности и травматизма в нефтегазовой промышленности на основе модели профессиональной пригодности операторов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Уфа, 2008. 46 с.
2. Абашин В.Г. Автоматизация процесса определения психофизиологического состояния оператора автоматизированного рабочего места в АСУТП: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Орёл, 2007. 20 с.
3. Дженсеном Р. Ошибки пилота. М.: Транспорт, 1986. 120 с.
4. Хрестоматия по инженерной психологии / Под ред. Б.А. Душкова. М.: Высшая школа, 1991. 287 с.
5. Петухов И.В. Оценка профпригодности операторов человеко-машинных систем // Управление персоналом. 2009. № 4. С. 51–53.
6. Пейсаход Н.М. Закономерности динамики психических явлений. – Казань: КГУ, 1984. 235 с.
7. Маслова О.И., Горюнова А.В., Гурьева М.Б. и др. Применение тестовых компьютерных систем в диагностике когнитивных нарушений при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью у детей школьного возраста // Медицинская техника. 2005. № 1. С. 7–13.
8. Патент № 2322187 РФ. Песошин А.В., Петухов И.В., Роженцов В.В. Способ оценки соотношения процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе. Опубл. 20.04.2008. Бюл. № 11.
9. Патент № 2369326 РФ. Петухов И.В. Способ оценки времени реакции человека на движущийся объект. Опубл. 10.10.2009. Бюл. № 28.

УДК [004.384:004.722.4:004.773].056.55:004.052.42

**И.В. Капгер, А.А. Южаков**, д-р техн. наук, проф., **А.А. Южаков**  
(Пермский государственный технический университет)

kapger@mail.ru

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ LON ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ**

*Рассмотрены проблемы промышленных сетей LON, используемых для построения интеллектуальных систем жизнеобеспечения зданий, связанные с защитой от несанкционированных действий. Показаны возможности повышения надёжности и достоверности сообщений, передаваемых в промышленных сетях LON, включая методы аутентификации узлов, шифрования сообщений, использования стеганографических вставок. Предложена реализация алгоритмов шифрования и стеганографии в рамках протокола LonTalk. Достигнутые результаты позволяют исключить несанкционированное чтение информации из промышленных сетей LON и использование разрушительных и компрометирующих воздействий на них.*

**Ключевые слова:** интеллектуальное здание, LON, LonTalk, промышленные шины, надёжность, достоверность, аутентификация, шифрование, стеганография.

*Problems of the industrial nets LON, used to construction of the building life sustenance intellectual systems are considered. The problems are connected with protection from unauthorized actions. Safety and reliability growth facilities of the messages transmitted in the industrial nets LON, including methods of unit authentication, messages encoding, steganographical inserts utilization are shown. Realization of the encoding algorithms and steganography in the LonTalk report framework is proposed. Achieved results permit to exclude unauthorized information reading from industrial nets LON and utilization of the destructive and compromise influence upon these nets.*

**Key words:** intellectual buildings, LON, LonTalk, industrial wires, safety, reliability, authentication, encoding, steganography.

**Введение.** В настоящее время компьютерные сети всё чаще применяются для автоматизации производственных процессов, построения интеллектуальных систем жизнеобеспечения зданий. Идея полной автоматизации производства основана на применении промышленных (полевых) шин, так называемых Fieldbus-сетей, которые

представляет и сеть LON (Local Operating Network) [1]. В основе сети LON лежит прогрессивная концепция, сущность которой состоит в сокращении иерархических уровней децентрализованной системы: отпадает необходимость в главных устройствах, выполняющих функции централизованного управления. Опосредованный обмен информа-

мацией при помощи сетевых переменных облегчает задачу программирования. Поддержка коммуникаций осуществляется на аппаратном уровне, пользователю предоставляется микросхема Neuron Chip, в которой функции обмена информацией являются составной частью системного языка. Протокол LON (точнее LonTalk) разработан американской компанией Echelon Corporation изначально для построения интеллектуальных систем жизнеобеспечения зданий. Суть обсуждаемой задачи состоит в том, что при эксплуатации Fieldbus-сетей имеются проблемы повышения надёжности и достоверности передаваемых сообщений, связанных с защитой промышленных сетей от несанкционированных действий [2]. При этом должно быть обеспечено противодействие следующим угрозам:

несанкционированное чтение информации из сети LON при подключении к шине;

внесение изменений в работу системы с нарушением её работоспособности при изменении настроек сетевых параметров шины передачи данных сети LON, в том числе перевод контроллеров в неактивное состояние;

внесение изменений в работу сети LON для выполнения необходимых действий без нарушения её работоспособности при передаче ложных сообщений.

В работе [3] рассматривались варианты применения симметричного шифрования, основанного на блочном шифре согласно ГОСТ 28147–89 [4], и алгоритма шифрования [5]. Наиболее простым примером служит процесс обмена сообщениями между узлами сети LON при идентификации и аутентификации пользователей в системах контроля и управления доступом интеллектуальных зданий. В статье рассмотрены варианты применения симметричного шифрования, основанного на блочном шифре (ГОСТ 28147–89 [4]), и алгоритма шифрования [5], а также использования стеганографических вставок [6] в прошивках (firmware) узлов сети LON, построенных на микросхеме Neuron Chip, с применением языка программирования Neuron C. В литературе встречаются аналогичные попытки встроить функции алгоритмов криптографических преобразований в специализированный кристалл. Так, например, исследовались алгоритмы криптографических преобразований согласно ГОСТ 28147–89, ГОСТ Р 34.10–94 и ГОСТ Р 34.11–94 а для ускорения работы предлагалось использование специализированных жёстких кристаллов, реализующих функции, используемые в данных алгоритмах.

**Основная часть.** Узлы сети LON — объекты, которые взаимодействуют с физически подключенными устройствами ввода-вывода и соединяются с другими узлами в сети, используя про-

токол LonTalk. Каждый узел имеет микросхему Neuron Chip, интерфейсы ввода-вывода и приёмопередающее устройство для подключения к сети. Поведение узла определяется его конфигурацией и программой, содержащейся в памяти. Конфигурирование, настройка узла и сети LON, а также загрузка программ в память узла осуществляется специализированным программным обеспечением, например, LonMaker. Для большинства узлов микросхема Neuron Chip содержит прикладную программу узла и обеспечивает протокол LonTalk. В узлах, которые используются для управления или контроля сети, прикладная программа может выполняться на персональном компьютере или микропроцессоре. Ниже рассмотрено программирование приложения на языке Neuron C только для узлов с микросхемой Neuron Chip версии 3150, используя программное обеспечение LonMaker, NodeBuilder и специализированный стенд Mini Evaluation Kit, который состоит из одного узла с микросхемой Neuron Chip версии 3150 и одного — версии 3120. Узел 3120 исключен по причине малого объёма памяти приложений и заменён на аналогичный версии 3150.

К достоинствам сетей LON относится аутентификация отправителя, однако здесь не учитывается угроза прослушивания промышленных сетей для получения информации. Так, защищённость сетей LON от несанкционированного доступа, гарантирующего подлинность отправителя, реализована в протоколе LonTalk, где не используется кодирование в прямом смысле этого слова. Сообщение передаётся незакодированным, но идентичность отправителя проверяется кодом. Алгоритм кодирования представлен любым 48-битным ключом аутентификации и случайным 64-битным числом, из которых динамически вычисляется 64-битное число кодирования. Так как сообщения не кодируются, установку нового ключа аутентификации командой сетевого менеджмента проводят с помощью особой функции прибавлением некоторой величины (инкремента) к ключу аутентификации, тем самым изменяя его без передачи явного ключа по сети. Коммуникация между узлами выполняется как сетевыми переменными, размером не более 31 байта, так и обменом явными сообщениями размером до 259 байтов. Сетевые переменные определяются в прикладной программе и могут быть переменными ввода или вывода. Для обмена можно выбрать способ передачи, при котором данные могут передаваться, если отправитель и получатель имеют одинаковый ключ аутентификации.

*Вариант 1.* Применение криптографического преобразования сообщений согласно ГОСТ 28147–89 [4], в котором ключевая информация

состоит из ключа размером 256 бит и таблицы замен размером 512 бит. Для применения блочного шифра к потоку информации в сети LON можно использовать только режим гаммирования — наложения (снятия) при помощи операции побитового исключающего «ИЛИ» на открытые (зашифрованные) данные криптографической гаммы, т. е. последовательности элементов данных, вырабатываемых с помощью алгоритма. Для выработки гаммы необходим начальный элемент — синхропосылка. Для обратимости процедуры шифрования должна использоваться одна и та же синхропосылка, что достигается использованием предопределённого значения синхропосылки или выработкой её синхронно источником и приёмником по определённому закону. При смене значения синхропосылки у источников и приёмников с помощью встроенной функции необходимо прибавить некоторую величину (инкремент) к ключу аутентификации, тем самым изменив его и, соответственно, добившись одинаковой синхропосылки у всех источников и приёмников. Как вариант можно использовать генерацию случайных чисел узлом-передатчиком и безопасную отправку значения синхропосылки приёмнику, зашифрованную в режиме простой замены. Аналогично можно использовать генерацию случайных чисел передатчиком для формирования сессионных ключей с последующим их шифрованием на долгосрочных ключах в режиме простой замены и безопасной отправкой приёмнику.

*Вариант 2.* Применение криптографического преобразования сообщений по алгоритму шифрования [5], который отличается от остальных тем, что вычисления проводятся с определённой точностью на основе тригонометрических функций. Особенность состоит в том, что при увеличении точности вычислений период гаммирования может достигнуть сколь угодно большого значения. Алгоритм реализован при использовании периодических функций косинуса. Вычисление тригонометрической функции относительно открытого (или зашифрованного) значения, используя ключевые параметры, фактически является гаммой, с которой осуществляется сложение исходного значения. Расчёты выполняются по формулам вычисления рядов, так как в языке Neuron C отсутствуют встроенные тригонометрические функции.

*Вариант 3.* Применение алгоритмов стеганографии [6] для скрытой передачи данных. Скрываемое сообщение встраивается в потоковый контейнер в те отсчёты, искажение которых не приводит к существенным искажениям контейнера, открыто транспортирующегося адресату. Отсчёты как открытого, так и скрываемого сигнала в различные последовательные моменты

времени дискретизации принимают определённые двоичные значения. Для уменьшения погрешности исходной открытой последовательности целесообразно искажать только её младшие биты. В узле-получателе сети LON восстанавливается как открытая, так и скрываемая информация из передаваемой последовательности, причём открытая информация имеет определённую заранее погрешность. В литературе встречаются рекомендации по шифрованию сообщения, дроблению зашифрованного сообщения на возможно мелкие части и распылению частей в пространстве по большому числу контейнеров. Повысить криптостойкость можно использованием пустых контейнеров, а также ложных контейнеров, в которых содержится только шум. Для внедрения скрываемой информации в переменные сети LON с максимальным размером 16 бит целесообразно использовать от 1 до 4 бит переменной-контейнера. Кроме того, для указания начала или окончания передачи скрываемой информации внутри потока открытой информации целесообразно использовать предопределённые или вычисляемые значения. Скрываемое сообщение предварительно шифруется одним из рассмотренных алгоритмов.

При реализации данных алгоритмов на языке Neuron C, применительно к сообщениям, передаваемым в сети LON, следует учесть, что Neuron C — язык программирования, разработанный для микросхем Neuron Chip и основанный на языке ANSI C. Язык Neuron C не поддерживает напрямую вычисления с плавающей точкой с синтаксисом языка ANSI C. Однако, в составе инструмента разработчика имеется библиотека, которая заменяет и упрощает работу с плавающей точкой. В языке Neuron C максимальная разрядность переменных составляет 16 бит. Указанные алгоритмы реализуются внедрением специфичных функций в основную программу прошивки на этапе проектирования и подготовки к программированию микросхемы Neuron Chip. После внедрения указанных функций проводится отладка программы узла и её компиляция, после чего прошивка загружается в узел сети LON. В вариантах программы на языке Neuron C реализованы все комбинации использования ключевых данных, в том числе генерация случайных чисел, использование секретных значений ключей аутентификации, определённых в узле-приёмнике и узле-передатчике на стадии проектирования, а также функции безопасного обмена ключами. В литературе при исследовании потоковых алгоритмов криптографических преобразований, когда сообщения кодируются побайтово без внесения избыточности, рекомендуется для защиты от накопления статистики осущест-

влять динамическую смену вектора инициализации потокового алгоритма. Для этого после передачи каждого, например,  $N$  бит информации от источника передаётся служебное сообщение, содержащее вектор инициализации длиной  $M$  бит. Периодическая передача векторов инициализации обусловлена необходимостью защиты потокового алгоритма от сбоев синхронизации работы отправителя и получателя и накопления статистики. В программе на языке Neuron C предусмотрена как смена ключевого материала, так и вектора инициализации указанных алгоритмов с безопасной передачей их между узлами LON по сети.

При реализации указанных алгоритмов использовалось шифрование выходной сетевой переменной nvoLuxLevel из функционального профиля LightSensor, передача сетевой переменной по сети и последующее расшифрование входной сетевой переменной nviLuxLevel, полученной узлом-приёмником из сети. Правильность реализации функций шифрования (ГОСТ 28147–89) в режиме простой замены проверялась на примере, приведённом в приложении А (ГОСТ Р 34.11–94). Программные реализации указанных алгоритмов в настоящее время зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам в качестве программ для ЭВМ [7, 8, 9].

В литературе особое внимание уделялось анализу поточных шифров и используемых для этого статистических тестов. Поточные шифры используют ключ для генерации псевдослучайной последовательности (ПСП) – гаммы или ключевого потока. Такая ПСП должна быть практически неотличимой от истинно случайной. Существует множество статистических тестов, позволяющих обнаружить различные типы неслучайности, которые могут существовать в ПСП. Например, частотный тест определяет, является ли число единиц и нулей в двоичной ПСП приблизительно таким же, как в истинно случайной последовательности, т.е. количество единиц и нулей должно быть примерно одинаковым. Наиболее известными являются статистические тесты, описанные в книге Д. Кнута, а также наборы статистических тестов Diehard и NIST. Фундаментальный статистический анализ ПСП неоднократно проводился в диссертационных работах и изданиях [10]. Программное обеспечение, ссылка на которое приведена в работе [10] и которое использовалось для проведения тестирования, позволяет проводить как графические, так и оценочные тесты. Графические тесты представлены гистограммой распределения элементов, распределением на плоскости, проверкой серий и на монотонность, автокор-

реляционной функцией (АКФ), профилем линейной сложности и графическим спектральным тестом. В отличие от графических тестов, где результаты интерпретируются пользователями, вследствие чего возможны различия в трактовке результатов, оценочные тесты характеризуются тем, что они выдают численную характеристику, позволяющую однозначно сказать, пройден тест или нет. Набор тестов, представленных в указанном программном обеспечении, базируется на статистических тестах Д. Кнута, Diehard и NIST.

Для сбора статистики и последующего проведения тестов использовался специализированный стенд Mini Evaluation Kit, реализующий криптографическое преобразование сообщений с нулевым значением и их последующую передачу с темпом одно 16-битное сообщение за две секунды, а также программное обеспечение LonScanner, обеспечивающее перехват пакетов сети LON и их последующее сохранение в течение 12 ч, в результате чего получены несколько зашифрованных последовательностей размером 43 Кбайт, согласно ГОСТ 28147–89 [4] и алгоритму шифрования [5]. Для сравнения полученных результатов дополнительно получены и использованы в тестах последовательности аналогичного размера с аппаратного датчика случайных чисел (ДСЧ) платы одного из средств защиты информации от несанкционированного доступа (см. таблицу).

По результатам пройденных оценочных тестов (алгоритмы шифрования [4] и [5] прошли 16 и 17 из 18 соответственно, аппаратный ДСЧ – 17 из 18) можно сделать вывод, что рассматриваемые псевдослучайные последовательности являются качественными. Графические тесты оказались положительными для всех трёх вариантов.

В результате применения предложенных реализаций криптографических преобразований сообщений, передаваемых в промышленных сетях LON, достигнуты цели по повышению достоверности передачи сообщений. Программные реализации алгоритмов шифрования и стеганографических вставок в узлах сети LON, построенных на микросхеме Neuron Chip, обеспечивают шифрование и последующее расшифрование сетевых переменных, передаваемых в сети LON. Программирование приложений реализовано на языке Neuron C только для узлов с микросхемой Neuron Chip версии 3150, используя программное обеспечение LonMaker, NodeBuilder и специализированный стенд Mini Evaluation Kit. С применением указанных реализаций временные характеристики, затрачиваемые узлом на криптографические преобразования, увеличиваются незначительно (порядка 0,002 с на каждое сообщение).

## Результаты тестирования последовательности размером 43 Кбайт

Наименование тестов	Теоретическое значение	Аппаратный ДСЧ		Алгоритм [4]		Алгоритм [5]	
		расчётоное значение	результат теста	расчётоное значение	результат теста	расчётоное значение	результат теста
Проверка 0 и 1	не более 6,63500	0,13113	+	5,18349	+	0,03401	+
Проверка 0 и 1 в подпоследовательностях	не менее 0,01000	0,24565	+	0,01403	+	0,43283	+
Проверка несцеплённых серий	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	+	не нормируется	+
Проверка сцеплённых серий	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	-	не нормируется	+
Проверка «дырок»	не менее 0,01000	0,65336	+	0,35054	+	0,69478	+
Проверка «дырок» в подпоследовательностях	не менее 0,01000	0,91298	+	0,18863	+	0,89466	+
Проверка непересекающихся шаблонов	не менее 0,01000	1,00000	+	1,00000	+	1,00000	+
Проверка пересекающихся шаблонов	не менее 0,01000	1,00000	+	1,00000	+	1,00000	+
Проверка частот	не более 310,900	253,707	+	205,629	+	265,289	+
Посимвольная проверка	не нормируется	не нормируется	-	не нормируется	+	не нормируется	-
Проверка интервалов	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	+	не нормируется	+
Проверка перестановок	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	+	не нормируется	+
Проверка на монотонность	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	+	не нормируется	+
Проверка рангов матриц 32x32	не менее 0,01000	0,39172	+	0,39223	+	0,99756	+
Проверка кумулятивных сумм	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	-	не нормируется	+
Проверка случайных отклонений	не нормируется	не нормируется	+	не нормируется	+	не нормируется	+
Проверка линейной сложности	не менее 0,01000	0,62947	+	0,49287	+	0,94796	+
Проверка сжатия по Лемпел-Зиву	не менее 0,01000	0,81180	+	0,73888	+	0,88640	+

Таким образом, возможно обеспечить надёжную передачу сообщений между узлами сети LON при идентификации и аутентификации пользователей в системах контроля и управления доступом интеллектуальных зданий.

**Заключение.** При реализации алгоритмов криптографических преобразований сообщений, передаваемых в промышленных сетях LON, для повышения достоверности передаваемых сообщений найдено решение, позволяющее использо-

вать указанные алгоритмы в рамках протокольных функций LonTalk:

применение криптографических преобразований сообщений в сети LON;

применение стеганографических вставок для передачи скрытой информации в сети LON;

хранение долговременных ключевых параметров в памяти аппаратных средств;

регулярная смена сессионных ключевых параметров.

Целесообразно в качестве основных секретных ключевых параметров использовать имеющиеся в узлах сети LON одинаковые 48-битные ключи аутентификации, а также хранить долговременный ключевой материал в памяти каждого узла. При необходимости смены значения секретных ключевых параметров у источников и приёмников с помощью функции протокола LonTalk прибавляется некоторая величина к ключу аутентификации, что обеспечивает наличие одинаковых секретных ключевых параметров у всех необходимых источников и приёмников. При необходимости передачи сессионного ключевого материала по сети необходимо его шифровать.

Предложенная программная реализация указанных алгоритмов криптографических преобразований в прошивках узлов сети LON, построенных на микросхемах Neuron Chip, обеспечивает защищённую передачу, в том числе скрытую, любых значений, передаваемых в сети LON. В результате применения криптографических преобразований длина сообщений не изменяется. Таким образом, можно зашифровывать и расшифровывать сетевые переменные длиной до 31 байта или явные сообщения длиной до 259 байтов, передаваемые в сети LON с использованием протокола LonTalk. Применение криптографических преобразований позволит исключить несанкционированное чтение информации из сетей LON и исключить возможность использования разрушительных и компрометирующих воздействий на них, что повышает безопасность современных офисных и промышленных зданий.

#### **Библиографические ссылки**

1. Дитмар Д. LON-технология: построение распределённых приложений. Пер. с нем.; [под ред. О.Б. Низамутдинова]. Пермь: Звезда, 1999. 345 с.

2. Латышев Г. Принцип построения безопасных систем автоматизации зданий и сооружений. URL: <http://sga-bms.ru/publications/1082/>.

3. Капгер И.В., Южаков А.А. Реализация криптографического преобразования сообщений, передаваемых в промышленных сетях LON. // Труды XXXVI Междунар. конф. Украина, Крым, 1–10 октября 2009 г. Ялта–Гурзуф, 2009. С. 56–58.

4. ГОСТ 28147–89. «Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования». Госстандарт СССР, 1990. 26 с.

5. Сизов В.П. Новый алгоритм шифрования // Вопросы защиты информации. 2008, №2. С. 4–10.

6. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. // М.: Солон-Пресс, 2002. 265 с.

7. Программа «Реализация криптографического преобразования сообщений, передаваемых в промышленных сетях LON, по ГОСТ 28147-89». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009616305, опубл. 13.11.2009 Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

8. Программа «Реализация криптографического преобразования сообщений, передаваемых в промышленных сетях LON, по алгоритму шифрования В.П. Сизова». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010610256, опубл. 11.01.2010 Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

9. Программа «Реализация применения стеганографических вставок в сообщениях, передаваемых в промышленных сетях LON». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010610255, опубл. 11.01.2010 Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

10. Иванов М.А., Чугунков И.В. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. 240 с.

## **Уважаемые авторы и читатели журнала!**

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

УДК 621:658.011.56

**В.С. Титов**, д-р техн. наук, проф., **М.В. Бобырь**, канд. техн. наук, доц.,  
**В.И. Иванов**, канд. техн. наук, доц. (Курский государственный технический университет)  
fregat\_mn@rambler.ru

## СИСТЕМА АВТОКОРРЕКЦИИ НУЛЯ

*Рассмотрены системы управления оборудованием с ЧПУ, использующие для сравнения медленно меняющихся сигналов операционные усилители. Приведены стандартные методы автокоррекции нуля операционных усилителей и выявлены их недостатки. Предложены система автокоррекции нуля, способная в режиме реального времени компенсировать возмущения, и методика определения компенсирующего напряжения.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, оборудование с ЧПУ, операционные усилители, дрейф нуля, автокоррекция нуля.

*CNC equipment control systems utilizing of the executive booster for slowly changing signals comparison are considered. Standard zero self-correction methods of the executive booster are adduced and their limitations are indicated. Zero self-correction system capable to compensate of the disturbance in the real time regime and determination methodology of the compensate tension size are proposed.*

**Key words:** utomatic control system, CNC equipment, executive boosters, zero drift, zero self-correction.

**Введение.** Для сравнения двух электрических величин в системах управления оборудованием с ЧПУ и усиления медленно меняющихся сигналов различных датчиков применяются усилители постоянного тока, в частности операционные усилители (ОУ). Обычно используется схема неинвертирующего усилителя. В выходном сигнале ОУ присутствует аддитивная погрешность, обусловленная некоторой разбалансировкой во входном каскаде. Приведённое ко входу ОУ напряжение смещения нуля  $U_{\text{см}}$  может достигать 15 мВ для интегральных схем на биполярных транзисторах и 30 мВ – на полевых. При любых схемных решениях не удается полностью устранить ни временной, ни температурный дрейф выходного сигнала. К тому же вследствие наличия гальванических связей весь спектр низкочастотных шумов входных транзисторов равномерно усиливается и беспрепятственно проходит на выход. Иногда эти шумы, имеющие характер инфрази-кочастотных случайных колебаний выходного сигнала, оказываются не менее опасными, чем температурный дрейф.

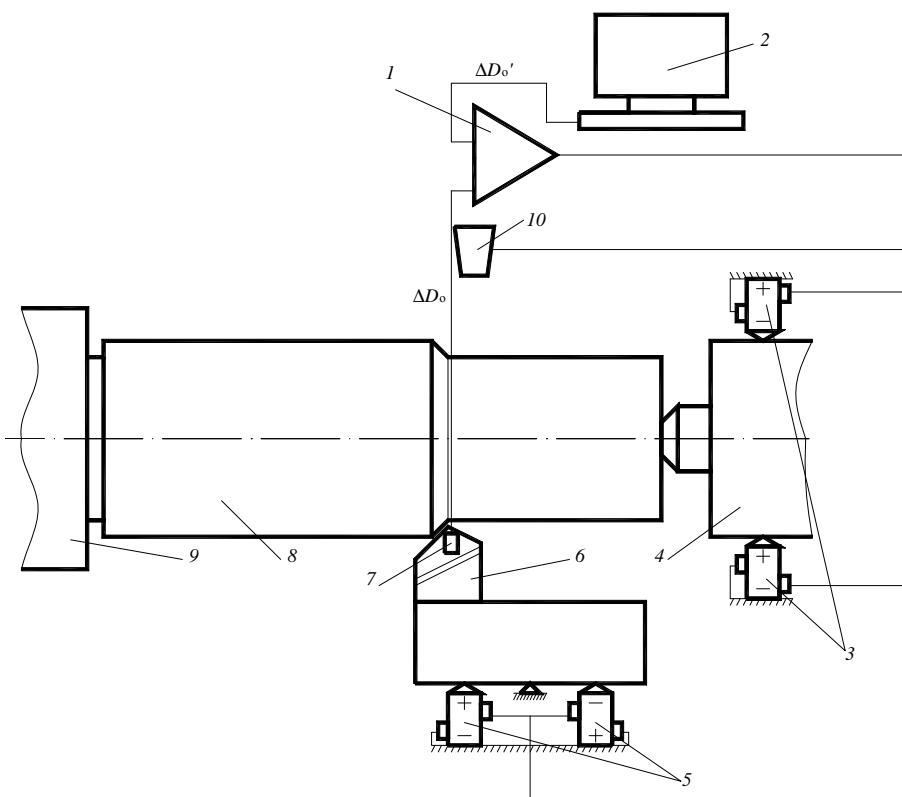
Системы управления, использующие операционные усилители. При обработке деталей на оборудовании с ЧПУ в режиме реального времени возникают температурные деформации, влияющие на точность обрабатываемых поверхностей деталей. Обычно для их устранения в зону резания подаётся смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ). Автоматизированная система контура оборудования с ЧПУ, управляющая подачей СОЖ в зону резания, изображена на рис. 1 [1, 2].

Принцип работы такой системы следующий. Текущее значение температуры в зоне резания посредством термодатчика 7 передаётся на ОУ, куда также передаётся рассчитанное значение температурной деформации  $\Delta D_o$ :

$$\Delta D_o = l \alpha_t (t - t_0),$$

где  $l$  – линейный размер поверхности обрабатываемой детали;  $\alpha_t$  – температурный коэффициент линейного расширения, зависящий от материала обрабатываемой детали;  $t - t_0$  – изменение температуры нагрева заготовки во время обработки деталей на оборудовании с ЧПУ в реальном времени.

В ОУ сравнивается текущее значение температурной деформации  $\Delta D_o$  с допустимым значением  $\Delta D_o'$ . Если значение  $\Delta D_o$  не превышает допустимого, то процесс обработки продолжается, если же значение  $\Delta D_o$  превышает заданное, то сигнал от ОУ поступает в систему управления подачей объёма СОЖ. В данной системе операцию сравнения выполняет ОУ. Недостаток системы заключается в том, что при её работе, если не ограничить большое петлевое усиление, то ОУ может перейти в режим самовозбуждения (дрейф нуля), что вызовет непроизвольное включение системы управления подачей СОЖ. Таким образом, система управления подачей СОЖ может запуститься произвольно, даже в тот момент, когда её работа не требуется, что приведёт к дополнительной потере электроэнергии.



**Рис. 1. Автоматизированная система управления подачей смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания:**

1 – операционный усилитель; 2 – компьютер; 3, 5 – исполнительные механизмы оборудования с ЧПУ; 4, 9 – задняя и передняя бабки станка с ЧПУ; 6 – резец; 7 – термодатчик; 8 – деталь; 10 – блок подачи СОЖ

**Стандартные методы автокоррекции нуля операционных усилителей.** В стандартных схемах для компенсации дрейфа, смещения нуля и инфрази-  
кочастотных шумов ОУ применяется периодиче-  
ская коррекция начального уровня выходного сиг-  
нала путём формирования напряжения коррекции  
 $U_{\text{кор}}$  и последующего вычитания этого напряжения  
из входного напряжения усилителя (рис. 2) [3].

В отсутствие полезного сигнала напряжение смещения нуля на выходе ОУ определяют по формуле

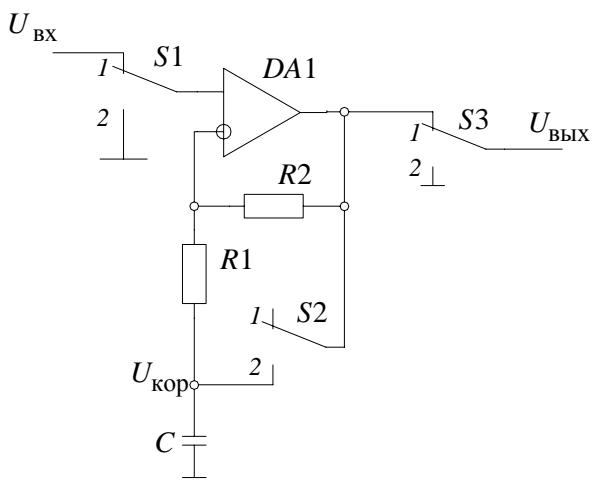
$$U_{\text{см.вых}} = K_y U_{\text{см}} + (K_y - 1) U_{\text{кор}}, \quad (1)$$

где  $K_y = \frac{R_2 + R_1}{R_1}$  – коэффициент усиления входного сигнала по неинвертирующему входу, по инвертирующему входу усиление ОУ на единицу меньше;  $U_{\text{см}}$  – напряжение смещения ОУ;  $R_1, R_2$  – сопро-  
тивление на резисторах.

Из уравнения (1) следует, что для полной ком-  
пенсации напряжения смещения ОУ необходи-  
мо, чтобы напряжение коррекции составляло

$$U_{\text{кор}} = \frac{K_y}{K_y - 1} U_{\text{см}}. \quad (2)$$

В ОУ медленно изменяющихся сигналов, где допустима «потеря» сигнала в течение короткого времени, периодически формируется напряжение коррекции, необходимое для компенсации дрей-  
фа нуля. В схему периодической компенсации дополнительно введены ключи  $S_1, S_2$  и кон-  
денсатор  $C$ , «запоминающий» значение напряже-  
ния



**Рис. 2. Схема периодической компенсации дрейфа и смещения нуля**

ния коррекции нуля  $U_{\text{кор}}$ . Усилитель поочерёдно работает или в рабочем режиме (все ключи – в положении 1), или в режиме запоминания компенсирующего напряжения (все ключи – в положении 2).

В режиме запоминания на конденсаторе  $C$  устанавливается напряжение  $U_{\text{кор}}$ , которое равно напряжению смещения нуля  $U_{\text{см.вых}}$  на выходе усилителя:

$$U_{\text{кор}} = U_{\text{см.вых}} = K_y U_{\text{см}} + (K_y - 1)U_{\text{кор}},$$

откуда получаем  $U_{\text{кор}} = U_{\text{см}}$ .

В рабочем режиме, когда все ключи установлены в положение 1, аддитивная погрешность выходного сигнала согласно уравнению (1) составляет  $U_{\text{см.вых}} = U_{\text{см}}$ , т. е. для полной компенсации смещения нуля на выходе ОУ этого напряжения  $U_{\text{кор}}$  недостаточно. В этом заключается первый недостаток схемы коррекции, представленной на рис. 2.

Второй недостаток схемы заключается в том, что в рабочем режиме при разомкнутом ключе  $S_2$  конденсатор  $C$  изменяет свой заряд под действием тока утечки этого ключа и входного тока ОУ, поэтому период повторения импульсов приходится устанавливать исходя из допустимой аддитивной погрешности, обусловленной неточностью хранения полученного напряжения.

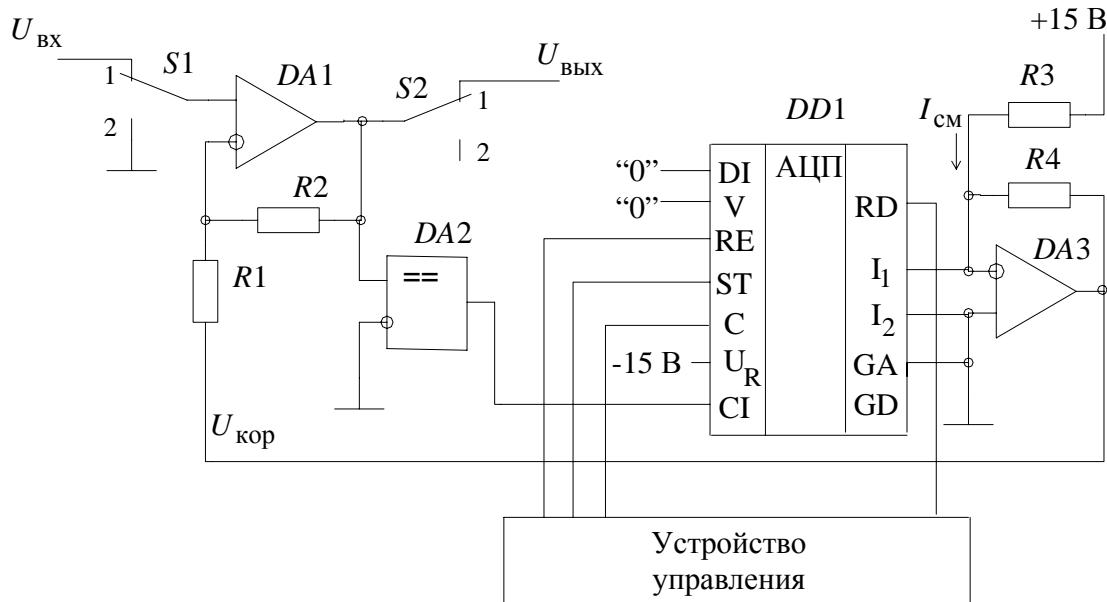
Кроме того, остаточная погрешность в значительной степени зависит от качества применяе-

мых переключателей. При использовании, например, переключателей на МОП-транзисторах погрешность цепи коррекции зависит от ёмкости между затвором и каналом. Когда ключ  $S_2$  переходит в разомкнутое состояние, импульс из цепи затвора проходит через эту ёмкость на запоминающий конденсатор  $C$ . Если, например, упомянутая паразитная ёмкость МОП-транзистора равна 10 пФ, а ёмкость запоминающего конденсатора – 1 мкФ, то перепад закрывающего импульса на затворе транзистора, равный 10 В, приведёт к ошибке полученного напряжения, равной 100 мВ.

И, наконец, длительность импульсов генератора, управляющего ключами  $S_1$  и  $S_2$ , должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить полное окончание переходных процессов при запоминании напряжения коррекции. В отдельных случаях это может оказаться недопустимым для требуемой полосы частот усилителя.

Применение микросхем выборки-хранения вместо конденсатора  $C$  не устраниет в полной мере указанные недостатки схемы компенсации смещения нуля на выходе ОУ.

**Система автокоррекции нуля операционных усилителей.** Авторами предлагается автоматизированная система автокоррекции смещения нуля на выходе ОУ сигнала датчика на основе аналогоцифрового преобразователя (АЦП) последовательного приближения (рис. 3). Интегральная схема АЦП  $DD1$  содержит  $N$ -разрядный регистр последовательного приближения (РПП) и  $N$ -разряд-



**Рис. 3. Система автокоррекции смещения нуля на выходе операционного усилителя:**

$S_1 - S_3$  – ключи;  $DA1, DA3$  – операционные усилители;  $DA2$  – компаратор напряжения;  $R1 - R4$  – резисторы;  $DD1$  – АЦП, содержащий  $N$ -разрядный РПП и  $N$ -разрядный ЦАП

ный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), например, в интегральной схеме ИС 572 ПВ 1  $N = 12$ . АЦП  $DD1$  вырабатывает напряжение коррекции  $U_{\text{кор}}$ , минимизирующее напряжение смещения на выходе усилителя в отсутствие сигнала на его входе.

Коды от 000...00 до 011...11 соответствуют отрицательной полярности напряжения  $U_{\text{кор}}$ , а коды от 100...00 до 111...111 – положительной полярности, причём на границе между кодами 011...11 и 100...00 напряжение  $U_{\text{кор}}$  должно переходить через нулевой уровень. С этой целью во входную цепь ОУ  $DA3$  вводится ток смещения  $I_{\text{см}}$ , равный половине максимального значения выходного тока ЦАП  $I_{1\max}$ .

Запуск интегральной схемы (ИС 572 ПВ) осуществляют подачей на стартовый вход  $ST$  положительного импульса, служащего началом поразрядного уравновешивания. По этой команде РПП записывает в старший разряд логическую «1», и на выходе ЦАП устанавливается выходной ток  $I_1 = 0,5I_{1\max}$ . Если при этом на выходе ОУ  $U_{\text{см.вых}} > 0$ , то компаратор напряжения  $DA2$  выдаёт в РПП команду оставить «1» в старшем разряде и подать логическую «1» в соседний младший разряд ЦАП. Если же  $U_{\text{вых}} < 0$ , то компаратор  $DA2$  выдаёт в РПП команду установить в старшем разряде логический «0» и в соседний младший разряд ЦАП подать логическую «1». Таким же образом проверяется, нужна ли единица в соседнем младшем разряде регистра. Уравновешивание продолжается до тех пор, пока не будут опрошены все разряды регистра, включая самый младший. Работа АЦП синхронизируется тактовыми импульсами на входе  $C$ . На последнем такте сравнения приращение напряжения  $U_{\text{кор}}$  равно одному кванту  $\Delta U_{\text{кв}}$ .

Величина кванта  $\Delta U_{\text{кв}}$  вычисляется по формуле

$$\Delta U_{\text{кв}} = \frac{I_{1\max} R4}{2^N}, \quad (4)$$

где  $N$  – разрядность АЦП.

После  $N$  тактов сравнения  $U_{\text{вых}}$  с нулевым значением в запоминающем регистре формируется  $N$ -разрядный двоичный код, который является цифровым эквивалентом напряжения коррекции

$U_{\text{кор}}$  на выходе  $DA3$ . Время преобразования АЦП типа ИС 572 ПВ1 равно 110 мкс. Сигнал окончания преобразования  $RD$  используется для переключения ключей  $S1$  и  $S2$  в рабочий режим. Сигнал «1» на входе  $RE$  устанавливает режим хранения напряжения коррекции  $U_{\text{кор}}$ .

Остаточное смещение нуля на выходе операционного усилителя – напряжение коррекции  $U_{\text{кор}}$  установится на уровне

$$U_{\text{кор}} = \frac{K_{y,\text{oc}}}{K_{y,\text{oc}} - 1} U_{\text{см}} \pm \Delta U_{\text{кв}},$$

где  $K_{y,\text{oc}}$  – коэффициент усиления обратной связи операционного усилителя  $DA1$ , равный  $K_{y,\text{oc}} = \frac{R1 + R2}{R1}$ .

Например, при  $I_{1\max} = 1$  мА и  $R4 = 100$  Ом величина одного кванта при разрядности АЦП  $N = 12$  составляет  $\Delta U_{\text{кв}} = \frac{100}{2^{12}} = 25$  мкВ.

Напряжение  $U_{\text{кор}}$  может принимать значения от – 50 мВ до + 50 мВ, и при  $R1 = 39$  кОм,  $R2 = 1$  кОм,  $K_{y,\text{oc}} = \frac{39 + 1}{1} = 40$ ,  $U_{\text{см}} = 5$  мВ найдется  $U_{\text{кор}} = 5,15$  мВ.

**Заключение.** В системе автокоррекции смещения нуля на выходе (см. рис. 3) нет запоминающего конденсатора, напряжение  $U_{\text{кор}}$  хранится в памяти АЦП и не изменяется в паузе между импульсами коррекции нуля. Поэтому нет ограничений на длительность периода коррекции, что является преимуществом перед известными системами автокоррекции нуля.

Работа выполнена в Курском государственном техническом университете при поддержке гранта Президента РФ МК-470.2009.8.

#### Библиографические ссылки

1. Бобырь М.В., Титов В.С., Милостная Н.А. Устройство высокоточной обработки деталей на оборудовании с ЧПУ // Патент Российской Федерации 2280540. 2006. Бюл. № 21.
2. Автоматизированная система теплового контроля печатных плат / М.В. Бобырь, В.И. Иванов, Т.А. Ширбакина, Н.А. Милостная // Датчики и системы. 2008. № 7. С. 36–38.
3. Eric Nolan Demystifying Auto-Zero Amplifiers. Part 1 & 2 / Analog Dialogue 34-1 (2000). Р. 25–30.

УДК 004.6

О.С. Исаева, канд. техн. наук

(Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск)

isaeva@icm.krasn.ru

## ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНСОЛИДИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ

*Рассмотрена технология формирования базы данных для решения задачи планирования муниципальных потребностей. Приведены методы консолидации, унификации данных и схема проверки корректности информации. Разработанные структура базы данных и методы контроля позволяют достичь компромисса между оперативностью обновления данных и обеспечением их актуальности.*

**Ключевые слова:** системы поддержки муниципального управления, сбор и консолидация данных, унификация данных, централизованные базы данных.

*Consolidate data base forming technology for solve the municipal needs planning problems is considered. Methods of consolidation, dates unification and information correctness inspection scheme are adduced. Developed data base structure and control methods permit to reach compromise between dates renovation efficiency and their currency guaranteeing.*

**Key words:** municipal direction support systems, dates collection and consolidation, dates unification, centralized data base.

**Введение.** Реализация приоритетных направлений социального и экономического развития любого муниципального образования включает, в числе основных задач, решение задачи рационального распределения бюджетных средств [1]. Для централизованного контроля объёмов и состава продукции, закупаемой муниципальными организациями, необходим консолидированный информационный ресурс, объединяющий потребности муниципального образования в единую базу данных – реестр муниципальных потребностей. Организация такого ресурса позволит обеспечить объективный учёт нормативно обоснованных потребностей муниципальных образований в товарах, работах и услугах [2].

Системный анализ предметной области, обзор существующих разработок, анализ нормативно-правовой базы [3] и информационных источников данных показали, что задача автоматизированной поддержки формирования реестров муниципальных потребностей в настоящее время решена фрагментарно. Поэтому необходимо создание общих правил и принципов формирования консолидированной базы данных реестра муниципальных потребностей. Для автоматизации процесса ведения реестра разработана технология сбора, консолидации данных с возможностью актуализации сведений и внесения корректировок в реестр, которая включает создание структуры централизованной базы данных, разработку методов и средств информационного наполнения и контроля данных. Для автоматизации реестра муниципальных потребностей решены задачи

обеспечения централизованного сбора данных, унификации данных, консолидации и актуализации, проверки корректности данных, реестра для аналитической обработки.

Исследования и разработка технологических подходов проводились на примере анализа потребностей г. Красноярска. Методический состав информации регламентируется нормативными актами муниципального образования [4].

**Иерархическая организация сбора данных.** При формировании реестра выделены три уровня иерархической подчинённости организаций: уполномоченный орган, главные распорядители бюджетных средств и муниципальные заказчики (рис. 1).

Процедура формирования реестра заключается в следующем: суммы запланированных в бюджете ассигнований доводятся до главных распорядителей бюджетных средств и их подведомственных организаций; муниципальные организации формируют перечень потребностей в соответствии с выделенными бюджетными ассигнованиями; главные распорядители бюджетных средств собирают заявки с подведомственных муниципальных заказчиков; сведения поступают для консолидации и контроля в уполномоченный орган на ведение реестра муниципальных потребностей [5]. Данные от главных распорядителей бюджетных средств поступают в уполномоченный орган в специально разработанных формах (в виде Excel-таблиц). В заявках специалисты указывают следующий набор информации: наименование товаров (работ, услуг), детализацию (описание деталей потребности), объём предусмотрен-

ных бюджетных ассигнований (тыс. руб.), срок подачи документов, способ закупки и наименование муниципального заказчика.

В процессе формирования реестра можно выделить три основные задачи, требующие автоматизации: планирование расходов муниципальными заказчиками, составление сводной заявки главными распорядителями и консолидация заявок в единый реестр специалистами уполномоченного органа. На рис. 2 показана диаграмма потоков данных, отражающая неавтоматизированную схему планирования муниципального заказа.

Проблема указанной выше схемы заключается в том, что невозможно решать задачу консолида-

ции данных без включения в информационный обмен единых классификаторов и справочников и отсутствие автоматизированных методов контроля информации. Решение задач централизованного сбора данных требует создания средств консолидации, унификации и агрегирования информации, поступающей от главных распорядителей бюджетных средств и их подведомственных организаций.

**Консолидация и унификация информации.** Создание единой информационной среды и разработка правил сбора и контроля данных выполнялись с использованием программы «Система ведения справочников» [6]. Инструментальная сис-



Рис. 1. Процесс формирования реестра

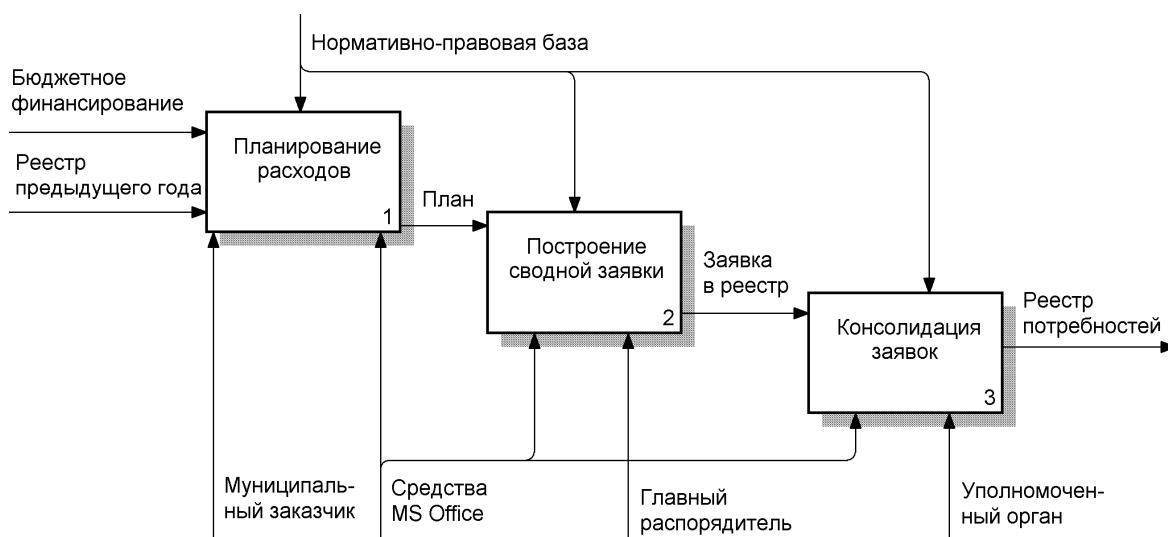


Рис. 2. Планирование муниципального заказа

тема позволила оперативно решить задачу разработки структур данных, выполнить информационное наполнение основных справочников, создать функции консолидации, проверки, исправления данных и агрегирования информации.

База данных системы создана с учётом требований соблюдения временной и ссылочной целостности данных. Используемая программная система позволяет вести историю изменения записей.

Обеспечение функций консолидации информации основано на разработке специализированных средств унификации данных – справочников и классификаторов. Основной справочник – «Номенклатура продукции». При сборе данных решалась проблема выбора или построения этого справочника. Оценивались преимущества и недостатки подходов к построению справочника: на основе существующих федеральных классификаторов или ретроспективных данных о муниципальных потребностях предыдущих лет. В качестве критериев рассмотрены полнота представления данных, объём данных и возможность решать функциональные задачи. В итоге справочник построен на основе проекта «Структурированная номенклатура товаров, работ и услуг для государственных и муниципальных нужд» (разработка Министерства экономического развития РФ). Данный справочник позволяет упорядочить потребности в товарах, работах, услугах, например для автоматизации сбора прогноза объёмов продукции, закупаемой для муниципальных нужд, а также дополнен ретроспективными данными реестра, включёнными в от-

дельный раздел. Дополнительно для формирования реестра введены централизованные справочники муниципальных организаций, способов размещения заказа, категорий продукции. На рис. 3 представлена схема базы данных для ведения реестра муниципальных потребностей.

Заполнение базы данных реестра муниципальных потребностей от главных бюджетных распорядителей выполняется процедурами импорта данных, настройки которых и параметры соединения сохранены в виде схем импорта. С помощью процедур импорта выполнена загрузка заявок от всех главных распорядителей бюджетных средств в единый реестр муниципальных потребностей.

Для решения аналитических задач при большом объёме реестра (~ 40 тыс. позиций) необходимо разработать дополнительные критерии группировки информации. Кроме разработанных на этапе проектирования системы справочников создан справочник «Группы реестра», в который вошли типовые группы товаров, работ и услуг. При создании справочника рассматривались аналитические материалы, подготовленные специалистами уполномоченного органа.

Поступившие заявки содержат ошибки, как по содержанию информации, так и по написанию. После автоматической загрузки данных необходимо выполнить проверку корректности данных, поиск и исправление ошибок. Разработаны методы контроля и приведения разрозненной информации из заявок к унифицированным справочникам и рекомендации по поиску содержательных ошибок.



Рис. 3. Схема базы данных для ведения реестра муниципальных потребностей

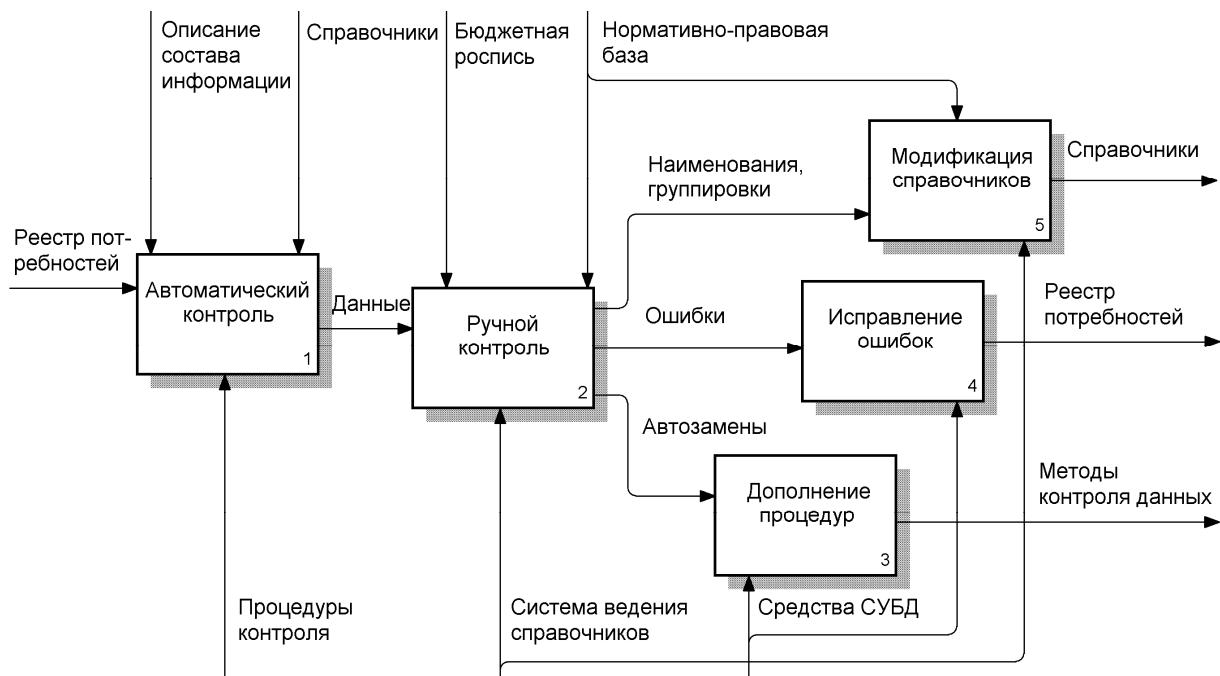


Рис. 4. Проверка корректности данных реестра

**Проверка корректности данных.** Для решения аналитических задач необходимо не только объединить разрозненные заявки в единой структуре данных, но и привести их к общим измерениям, по которым можно проводить сравнение данных. Проверка корректности данных выполняется в три этапа: автоматическая проверка, изменение данных и справочников и неавтоматизированный контроль данных (рис. 4).

При автоматической проверке данных осуществляется контроль заполнения обязательных полей, ввода числовых значений и соответствия строковой информации данным из справочников. В результате контроля стала возможна процедура автоматической проверки данных. Основные справочники дополнены значениями из реестра. В процессе автоматизированного контроля данных выполнена проверка агрегированных данных на соответствие числовым критериям, например, суммы консолидированного бюджета главных распорядителей по заявке и по бюджетной расписи. Наличие неформализуемых критериев проверки данных потребовало выполнения ручного контроля, что позволило систематизировать типовые ошибки и построить алгоритм контроля данных (рис. 5).

Алгоритм предназначен для развития автоматических процедур и является дополнением к проверке корректности заполнения информации из справочников. Предлагается фиксировать согласованные ранее данные, прошедшие процедуры размещения заказов, и, следовательно, изменения в них при корректировке реестра вносятся не должны. Дополнительным контролем является

проверка соответствия заявок статьям бюджетной расписи и корректности выбора способов размещения заказов.

**Актуализация данных.** Важной задачей ведения консолидированной базы данных реестра муниципальных потребностей является поддержка функций внесения корректировок, поступающих от главных распорядителей бюджетных средств. Корректировки могут быть вызваны изменениями бюджета или перераспределением бюджетных ассигнований между статьями реестра.

Для внесения корректировок введено понятие «состояние реестровой записи». Главные распорядители бюджетных средств, изменяя планы закупок, формируют заявки для внесения в базу данных корректировок с указанием способа изменения данных. Целостность базы данных во времени обеспечивается организацией процесса изменения данных. Наличие истории изменения каждой записи базы данных, признака состояния реестровой записи и специального режима отмены записей (при необходимости их удаления) позволяет, выбирая способ просмотра данных, работать с реестром по состоянию на момент подписания или внесения корректировок. Автоматизация ведения истории изменения записей даёт возможность при решении задач контроля данных рассматривать все изменения, которые проводились с реестровыми записями в процессе наполнения и актуализации базы данных реестра муниципальных потребностей.

Внедрение консолидированной базы данных реестра муниципальных потребностей показало

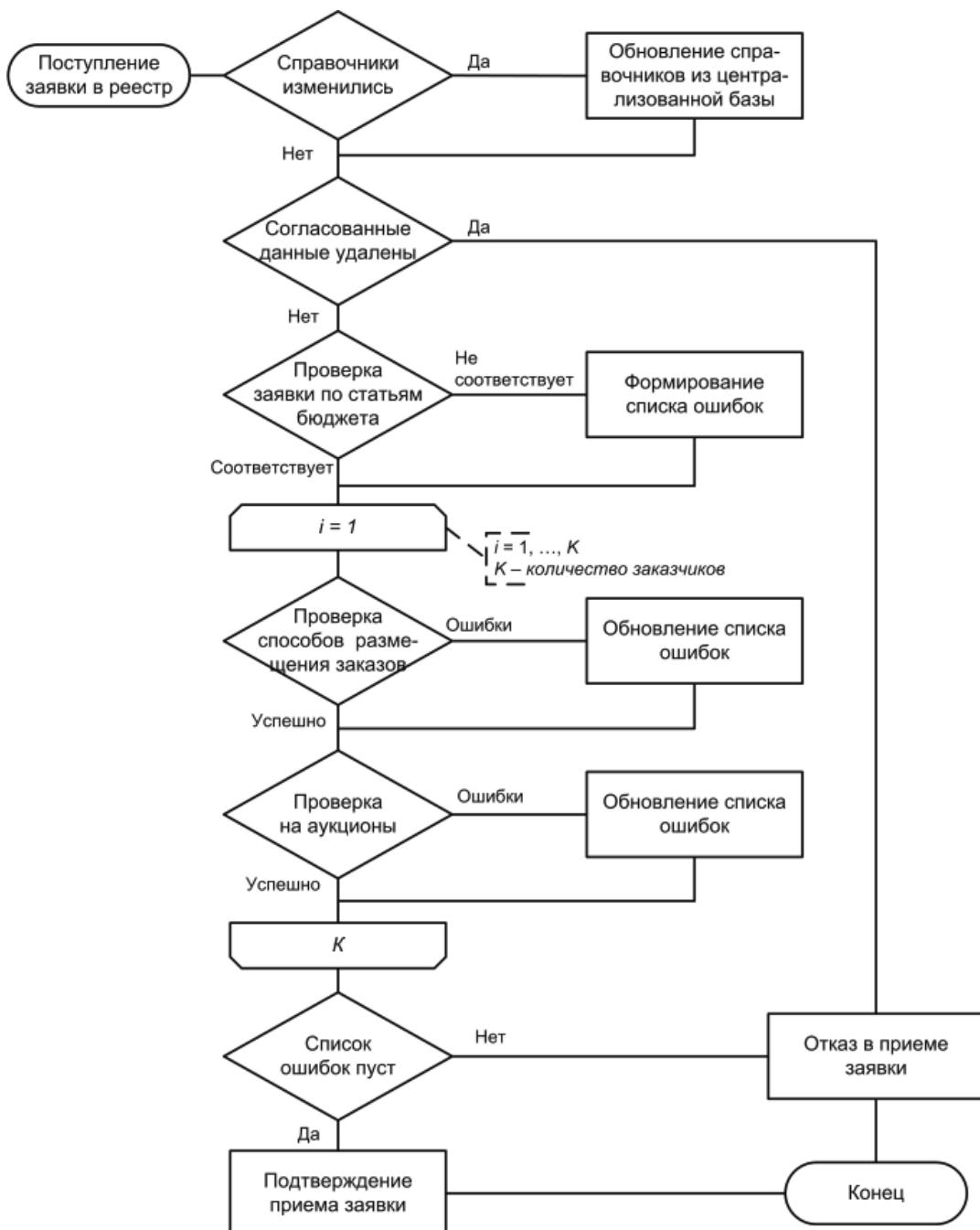


Рис. 5. Алгоритм контроля данных

необходимость создания средств автоматической поддержки данных в актуальном состоянии. Технология формирования базы данных реестра дополнена проектом схемы организации автоматизированных рабочих мест у главных распорядителей бюджетных средств. Дальнейшее развитие предполагает создание и внедрение специализированных программных систем на всех этапах формирования базы данных. На основе систематизации проведённого контроля данных и formalизации методов исправления ошибок разработаны методические рекомендации.

**Решение аналитических задач.** Созданная структура организации информации позволяет решать аналитические задачи выбора данных по категориям продукции, группам потребностей и другим значимым критериям, например, контролировать планируемые затраты согласно выделяемым бюджетным ассигнованиям, сравнивать потребности и объёмы закупок муниципальных заказчиков и пр.

Внедрение программных средств для ведения и корректировки реестра муниципальных потребностей позволило поддерживать реестр в актуальном состоянии, проверять корректность вноси-

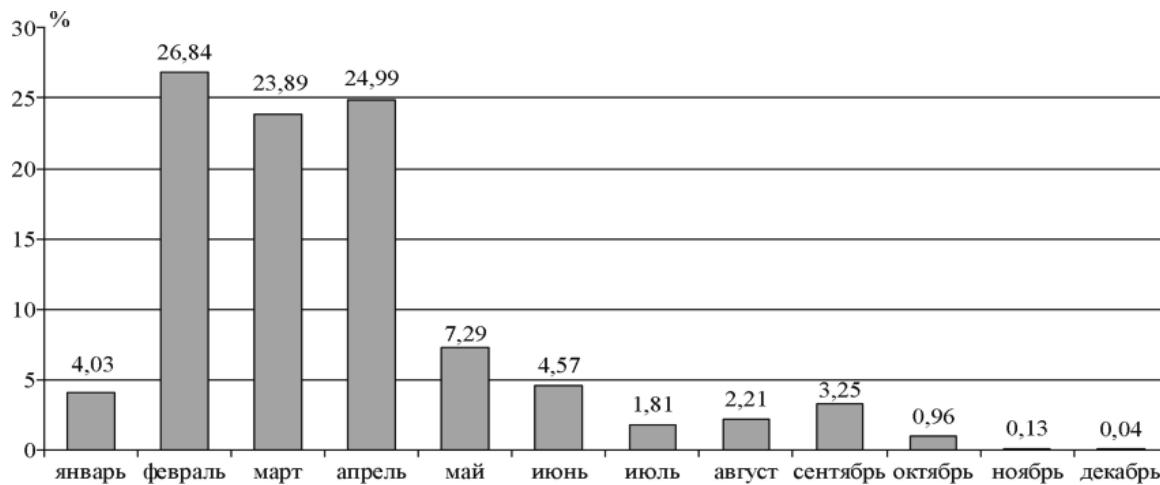


Рис. 6. Планируемое количество закупок в течение года

мых данных, планировать и оценивать количество закупок по временным периодам, решать другие аналитические задачи, например, оценивать распределение рабочей нагрузки на специалистов уполномоченного органа по времени (рис. 6). Предложенная организация базы данных реестра муниципальных потребностей решает задачи контроля планируемых муниципальными заказчиками процедур размещения заказа.

На основании автоматизации функций проверки и унификации данных построим консолидированный реестр и проведём анализ потребностей всех муниципальных организаций с единых позиций. При внесении корректировок возможно контролировать расходование средств на протяжении всего бюджетного периода на основе данных актуального реестра [7].

**Заключение.** Таким образом, создана единая технология формирования консолидированной базы данных для ведения реестра муниципальных потребностей, предназначенная для автоматизированной поддержки функций сбора, проверки и актуализации потребностей и позволяющая достичь компромисс между оперативностью обновления данных и обеспечением их достоверности.

Разработанные подходы к организации данных позволяют контролировать исполнение бюджета в двух направлениях: от плановых объёмов бюджетных ассигнований, включённых в бюджет главных распорядителей бюджетных средств, к планируемым потребностям муниципальных заказчиков в конкретных товарах, работах и услугах. Эффективность процессов контроля повышается за счёт внедрения консолидированной базы данных.

В настоящий момент апробированы технологические и методологические подходы для централизованного сбора данных со всех уровней иерархии подчинения получателей бюджетных средств. Дальнейшим развитием технологии сбора, кон-

троля и актуализации реестра будет создание специализированного программного обеспечения рабочих мест всех специалистов, участвующих в планировании муниципальных потребностей.

#### Библиографические ссылки

- Черных Е.Н. Совершенствование инструментов управления государственными закупками на региональном уровне в свете 94-ФЗ // Госзаказ: управление, размещение, обеспечение. 2006. № 3. С.108–109.
- Комплексная автоматизированная поддержка подготовки, размещения и контроля муниципальных заказов / В.Ф. Щербенин, Н.Ф. Лузан, Л.Ф. Ноженкова, Д.В. Жучков, О.С. Исаева // Материалы XX Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы информатизации региона». Т. 1. Красноярск: Сиб. федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. С. 3–11.
- О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд: федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 2005 года № 94-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 8 июля 2005 г // Рос. газ. 2005. 28 июля.
- Постановление главы г. Красноярска от 13 июля 2006 г. № 637. URL: [http://krasnoyarsk.news-city.info/docs/systems/dok\\_ieqrev.htm](http://krasnoyarsk.news-city.info/docs/systems/dok_ieqrev.htm).
- Исаева О.С., Кочетков С.Н., Морозов Р.В. Распределенная система планирования и контроля муниципального заказа // Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием) «Современные информационные технологии в науке, образовании и практике». Оренбург: ОГУ, 2008. С. 363–371.
- Жучков Д.В., Никитина М.И., Виноградов К.А. Система ведения базы данных нормативно-справочной информации // Врач и информационные технологии. 2004. № 3. С. 21–27.
- Исаева О.С. Первый этап автоматизации сбора заявок от бюджетополучателей и формирования реестра муниципальных потребностей // Материалы X Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы информатизации региона». Т. 1. Красноярск: Сиб. федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. С. 97–101.

УДК 681.5.015:62-403:629.11.012.5

**Н.И. Жежера, д-р техн. наук, проф., С.А. Тымкин, Г.А. Сайденова**  
 (Оренбургский государственный университет)

tsatsatsa@yandex.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РЕАКТОРА ПИРОЛИЗА ИЗНОШЕННЫХ ШИН КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ДАВЛЕНИЮ ГАЗОВ

*Рассмотрено математическое описание реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению рециркулируемых газов. Проведены линеаризация составленного дифференциального уравнения и преобразование его к операторному виду, а также структурная схема реактора пиролиза изношенных шин относительно давления газа*

**Ключевые слова:** математическое описание, изношенные шины, реактор, пиролиз, рециркулируемые газы, давление, динамические звенья, структурная схема.

*Mathematical description of pyrolysis reactor of the wear out tires as object of the automatic control according to circulating gas pressure is considered. Prepared differential equation linearization and its transformation to operational type as well as the scheme of pyrolysis reactor of the wear out tires according to gas pressure are adduced.*

**Key words:** mathematical description, wear out tires, reactor, pyrolysis, circulating gases, pressure, dynamical links, structural scheme.

Интенсивно развивающимся способом утилизации изношенных автомобильных шин является пиролиз, т. е. термическое разложение вещества при отсутствии или недостатке кислорода. При пиролизе изношенных шин предотвращается образование и выброс в окружающую среду токсичных газов оксида углерода, диоксида серы и оксида азота.

Способ термической переработки изношенных шин в среде рециркулируемых газов пиролиза в реакторе при температуре 200–500 °C [1] характеризуется тем, что продукты пиролиза из реактора поступают в аппарат разделения, из которого газообразные углеводороды от  $\text{CH}_4$  до  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  подаются повторно как рециркулируемые газы в нижнюю часть реактора (рис. 1), заполненного крошкой изношенных шин. Газообразные углеводороды используются в реакторе в качестве топлива для получения продуктов горения изношенных шин.

На рис. 2 приведена функциональная схема реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению рециркулируемых газов, состоящая из регулирующих клапанов 1 и 6, расположенных на входе и выходе рециркулируемых газов из реактора (ёмкости), и реактора, состоящего из двух частей 2 и 5, разделённых крошкой изношенных шин. Крошка изношенных шин, через которую проходят рециркулируемые газы, моделируется параллельно соединёнными пневматическими сопротивлениями 4. Пневматические сопротивления можно представить одним эквивалентным пневматическим сопротивлением 3.

При разработке систем автоматизации пиролиза изношенных шин в реакторе необходимо иметь данные по реактору как объекту автоматического управления. Давление рециркулируемых газов в реакторе можно регулировать одной системой ав-

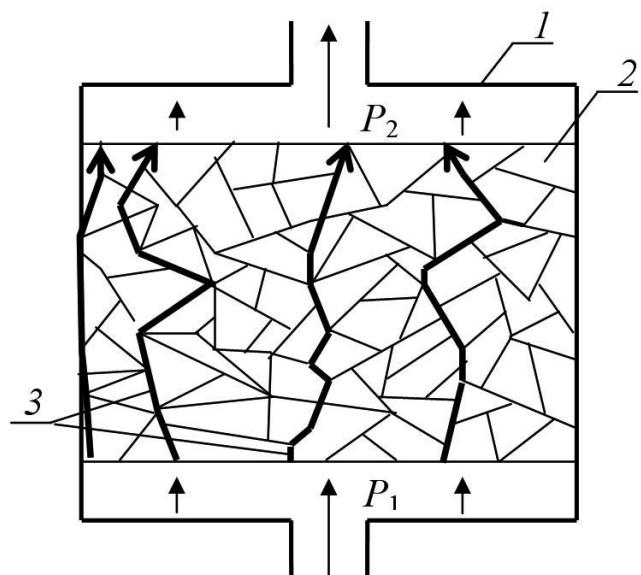
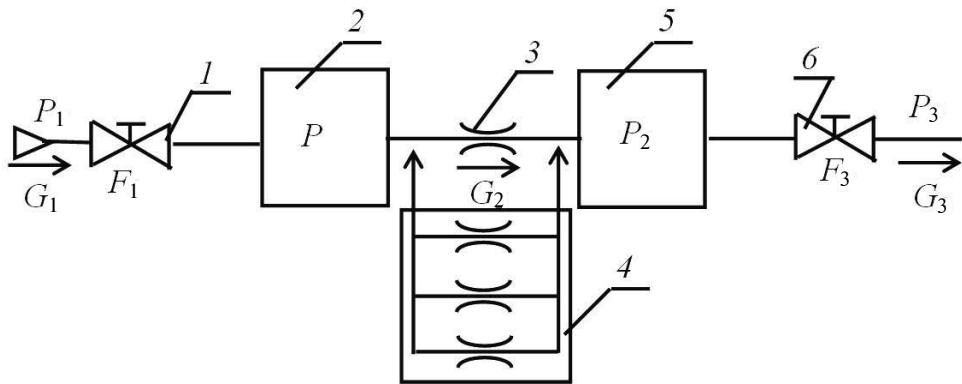


Рис. 1. Схема расположения крошки изношенных шин и потоков рециркулируемых газов в реакторе пиролиза изношенных шин:

1 – реактор; 2 – крошка изношенных шин;  
 3 – потоки рециркулируемых газов внутри реактора в крошке изношенных шин



**Рис. 2. Функциональная схема реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению рециркулируемых газов**

томатического управления в нижней или верхней части реактора изменением подачи газов через регулирующий клапан 1 (см. рис. 2) или двумя системами автоматического управления: первой в нижней части реактора изменением подвода рециркулируемых газов через регулирующий клапан 1, и второй в верхней части изменением отвода рециркулируемых газов через регулирующий клапан 6.

Учитывая, что реактор крошкой изношенных шин делится на две части, принимаем, что нижняя часть реактора (ёмкость 2) является первой частью объекта автоматического управления, а верхняя – второй частью объекта автоматического управления. Эти две части объекта автоматического управления соединены последовательно по движению рециркулируемых газов в реакторе.

Уравнение динамики устройства, состоящего из ёмкости 2 и регулирующего клапана 1, расположенного на входе рециркулируемых газов в реактор, и обобщённого пневматического сопротивления 3, расположенного на выходе газов из ёмкости 2 (см. рис. 2) может быть представлено в виде [2]

$$V_k d\rho/dt = G_1 - G_2, \quad (1)$$

где  $V_k$  – объём рециркулируемых газов в ёмкости 2;  $\rho$  – плотность рециркулируемых газов;  $t$  – время;  $G_1$  и  $G_2$  – массовый расход рециркулируемых газов в ёмкость 2 и из неё.

Для газообразных сред используют уравнение  $P/\rho = RT$  [2]. Дифференцируя это уравнение по  $P$  и  $\rho$  как  $dP = RTd\rho$  или  $(1/RT)dP/dt = d\rho/dt$  и подставив его в выражение (1), получим

$$(V_k/RT)dP/dt = G_1 - G_2. \quad (2)$$

Скорость течения рециркулируемых газов через клапан 1 принимаем докритической. Для докритического течения газов массовый расход через клапан 1  $G_1$  определяется по формуле [3]

$$G_1 = \mu_1 F_1 K_a \sqrt{P_1(P_1 - P)/RT}, \quad (3)$$

где  $\mu_1$  – коэффициент расхода входного регулирующего клапана 1;  $F_1$  – площадь проходного сечения входного регулирующего клапана 1;  $P_1$  и  $P$  – давление рециркулируемых газов до клапана 1 и в ёмкости 2;  $K_a$  – коэффициент, определяемый по формуле  $K_a = \sqrt{k[2/(k+1)]^{(k+1)/(k-1)}}$  [2];  $k$  – показатель адиабаты для газа.

Для определения расхода рециркулируемых газов через одно из пневматических сопротивлений 4 (микроканалов в крошке изношенных шин в реакторе) воспользуемся формулой для определения расхода через щели при малых перепадах давления, приложенного к границам щели [4], которая запишется в виде

$$Q_d = \phi(\pi d_{\text{щ}}^2/4) \sqrt{(2/\rho_f)(P - P_2)},$$

где  $Q_d$  – объёмный расход рециркулируемых газов через одно пневматическое сопротивление 4;  $d_{\text{щ}}$  – условный диаметр пневматического сопротивления (микрощели);  $P$  и  $P_2$  – давление рециркулируемых газов до и после пневматического сопротивления;  $\rho_f$  – плотность рециркулируемых газов, протекающих через пневматическое сопротивление (микроканал в крошке изношенных шин);  $\phi$  – коэффициент расхода рециркулируемых газов через пневматическое сопротивление.

Массовый расход рециркулируемых газов через  $n$  микрощелей в крошке изношенных шин запишется в виде

$$G_{\text{пор}} = \varphi F_2 \sqrt{2\rho_r (P - P_2)}, \quad (4)$$

где  $F_2 = n(\pi d_{\text{ш}}^2 / 4)$  – площадь проходного сечения обобщённого пневматического сопротивления всех параллельно расположенных микрощелей в крошке изношенных шин.

Уравнение (2) с учётом соотношений (3) и (4) принимает вид

$$(V_k / RT) dP/dt = \mu_1 K_a F_1 \sqrt{P_1 (P_1 - P)} / RT - \varphi F_2 \sqrt{2\rho_r (P - P_2)}. \quad (5)$$

Уравнение (5) нелинейное, поэтому его необходимо линеаризовать. Переменными величинами в уравнении (5) являются  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $P$ ,  $P_1$  и  $P_2$ . Установившиеся значения этих переменных величин обозначаем:  $F_1 \rightarrow F_{10}$ ;  $F_2 \rightarrow F_{20}$ ;  $P \rightarrow P_0$ ;  $P_1 \rightarrow P_{10}$ ;  $P_2 \rightarrow P_{20}$ . Координаты переменных величин, выраженные через приращения и установившиеся значения, имеют вид:  $F_1 = F_{10} + \Delta F_1$ ;  $F_2 = F_{20} + \Delta F_2$ ;  $P_1 = P_{10} + \Delta P_1$ ;  $P = P_0 + \Delta P$ ;  $P_2 = P_{20} + \Delta P_2$ . Разложим выражение (5) в ряд Тейлора, пренебрегая членами второго и выше порядков малости, по переменным  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $P_1$ ,  $P$  и  $P_2$ :

$$\begin{aligned} \frac{V}{RT} \frac{dP}{dt} &= \mu_1 K_a F_{10} \sqrt{\frac{P_{10}(P_{10} - P_0)}{RT}} + \\ &+ \mu_1 K_a \sqrt{\frac{P_{10}(P_{10} - P_0)}{RT}} \Delta F_1 + \\ &+ \mu_1 K_a F_{10} \frac{(2P_{10} - P_0)}{2RT \sqrt{P_{10}(P_{10} - P_0) / RT}} \Delta P_1 - \\ &- \mu_1 K_a F_{10} \frac{P_{10}}{2\sqrt{RTP_{10}(P_{10} - P_0)}} \Delta P - \\ &- \varphi F_{20} \sqrt{2\rho_r (P_0 - P_{20})} - \varphi \sqrt{2\rho_r (P_0 - P_{20})} \Delta F_2 - \\ &- \varphi F_{20} \frac{\rho_r}{\sqrt{2\rho_r (P_0 - P_{20})}} \Delta P + \\ &+ \varphi F_{20} \rho_r \frac{\rho_r}{\sqrt{2\rho_r (P_0 - P_{20})}} \Delta P_2 \end{aligned} \quad (6)$$

Для установившегося течения рециркулируемых газов уравнение (5) при значениях переменных величин  $F_1 \rightarrow F_{10}$ ,  $F_2 \rightarrow F_{20}$ ,  $P \rightarrow P_0$ ,  $P_1 \rightarrow P_{10}$ ,  $P_2 \rightarrow P_{20}$ , принимает вид

$$(V_k / RT) dP_0/dt = \mu_1 K_a F_{10} \sqrt{P_{10}(P_{10} - P_0) / RT} - \varphi F_{20} \sqrt{2\rho_r (P_0 - P_{20})} = 0. \quad (7)$$

Это соотношение равно нулю, так как  $dP_0/dt = 0$ , т.е. производная от постоянной величины. Уравнение (7) позволяет определить установившийся расход рециркулируемых газов через регулирующий клапан 1 и обобщённое пневматическое сопротивление 3 (см. рис. 2):

$$\begin{aligned} G_0 &= \mu_1 K_a F_{10} \sqrt{P_{10}(P_{10} - P_0) / RT} = \\ &= \varphi F_{20} \sqrt{2\rho_r (P_0 - P_{20})}. \end{aligned}$$

Вычитая выражение (7) из уравнения (6) и разделив обе части полученного соотношения на установленный расход  $G_0$ , получим

$$\begin{aligned} \frac{VP_0}{G_0 RT} \frac{d(\Delta P/P_0)}{dt} + \frac{P_0(P_{20} - P_{10})}{2(P_{10} - P_0)(P_0 - P_{20})} \frac{\Delta P}{P_0} &= \frac{\Delta F_1}{F_{10}} - \\ - \frac{\Delta F_2}{F_{20}} + \frac{(2P_{10} - P_0)}{2(P_{10} - P_0)} \frac{\Delta P_1}{P_{10}} + \frac{P_{20}}{2(P_0 - P_{20})} \frac{\Delta P_2}{P_{20}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{VP_0}{G_0 RT} = T_a; \frac{\Delta P}{P_0} = x(t); \frac{\Delta F_1}{F_{10}} = a(t); \frac{\Delta F_2}{F_{20}} = b(t); \\ \frac{\Delta P_1}{P_{10}} = c(t); \frac{\Delta P_2}{P_{20}} = d(t); \frac{P_0(P_{20} - P_{10})}{2(P_{10} - P_0)(P_0 - P_{20})} = k_1; \\ \frac{(2P_{10} - P_0)}{2(P_{10} - P_0)} = k_2; \frac{P_{20}}{2(P_0 - P_{20})} = k_3. \end{aligned} \quad (9)$$

С учётом соотношений (9) уравнение (8) принимает вид

$$T_a dx/dt + k_1 x(t) = a(t) - b(t) + k_2 c(t) + k_3 d(t),$$

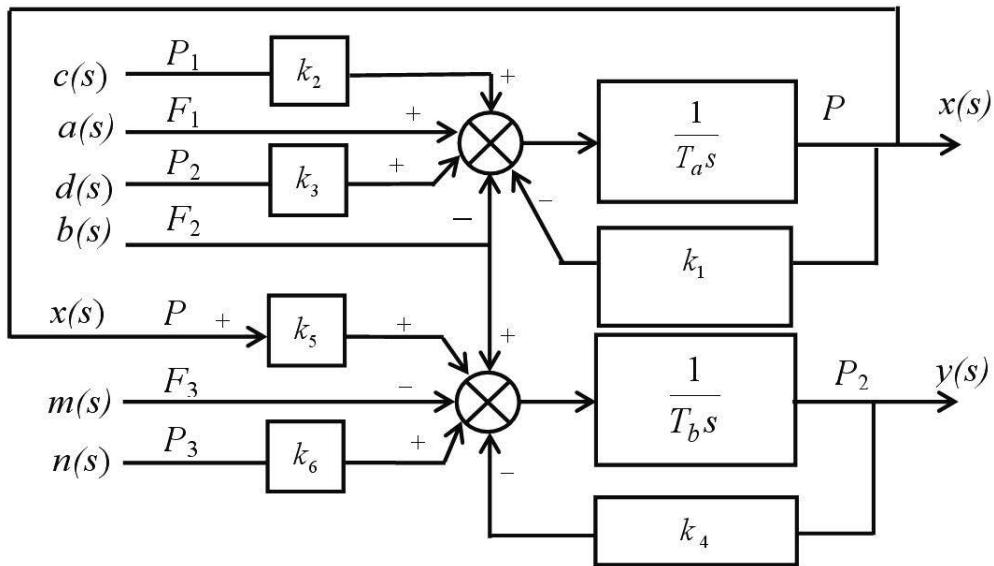
или после преобразования по Лапласу

$$(T_a s + k_1) x(s) = a(s) - b(s) + k_2 c(s) + k_3 d(s), \quad (10)$$

где  $s$  – оператор Лапласа.

Для верхней части реактора пиролиза изношенных шин, состоящего из обобщённого пневматического сопротивления 3, расположенного на выходе рециркулируемых газов из крошки изношенных шин, ёмкости 5 и регулирующего клапана 6, расположенного на выходе рециркулируемых газов из верхней части реактора, рассуждая аналогично, получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\begin{aligned} T_b dy/dt + k_4 y(t) &= \\ &= b(t) - m(t) + k_5 x(t) + k_6 n(t), \end{aligned} \quad (11)$$



**Рис. 3. Структурная схема реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению рециркулируемых газов**

$$\text{где } \frac{V_2 P_{20}}{G_0 RT} = T_b; \quad \frac{\Delta P}{P_0} = x(t); \quad \frac{\Delta F_2}{F_{20}} = b(t); \quad \frac{\Delta P_2}{P_{20}} = y(t);$$

$$\frac{\Delta F_3}{F_{30}} = m(t); \quad \frac{\Delta P_3}{P_{30}} = n(t); \quad \frac{P_{20}(P_0 - P_{20}) + P_{30}P_0}{2(P_0 - P_{20})(P_{20} - P_{30})} = k_4;$$

$$\frac{P_0}{2(P_0 - P_{20})} = k_5; \quad \frac{P_{20}P_{30}}{2P_{20}(P_{20} - P_{30})} = k_6.$$

После преобразования выражения (11) по Лапласу получим

$$(T_b s + k_4) y(s) = b(s) - m(s) + k_5 x(s) + k_6 n(s). \quad (12)$$

На рис. 3 представлена структурная схема, составленная по уравнениям (10) и (12), реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению рециркулируемых газов, состоящая из регулирующих клапанов, расположенных на входе и выходе рециркулируемых газов из реактора, и реактора, состоящего из двух частей, разделённых крошкой изношенных шин.

Исходя из структурной схемы реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению рециркулируемых газов, по каждому входному параметру можно определить передаточную функцию. Например, передаточная функция изменения давления  $P$  в нижней части реактора по изменению положения проходного сечения  $F$  регулирующего клапана, расположенного на входе рециркулируемых газов в нижнюю часть реактора, имеет вид

$$W_{P/F_1}(s) = x(s)/a(s) = 1/(T_a s + k_1).$$

Передаточная функция изменения давления  $P_2$  в верхней части реактора по изменению положения  $F$  регулирующего клапана, расположенного на входе рециркулируемых газов в нижнюю часть реактора, имеет вид

$$W_{P_2/F_1}(s) = y(s)/a(s) = k_5/(T_a s + k_1)(T_b s + k_4).$$

Полученные дифференциальные уравнения и передаточные функции применительно к реактору пиролиза изношенных шин как объекту автоматического управления по давлению рециркулируемых газов позволяют рационально проектировать цифровые системы автоматического управления с вычислением установленных коэффициентов дифференциальных уравнений и передаточных функций.

#### Библиографические ссылки

1. Жежера Н.И., Тымкин С.А. Способ термической переработки изношенных шин и резинотехнических изделий // Патент России № 2339510. 2008. Бюл. № 33.
2. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 440 с.
3. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. М.: Машиностроение, 1978. 736 с.
4. Нагорный В.С., Денисов А.А. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем. М.: Высшая школа, 1991. 367 с.



УДК 004.67

**Н.А. Бегунов, Б.И. Клебанов, канд. техн. наук., И.А. Рапопорт**  
 (Уральский государственный технический университет, г. Екатеринбург)

i.r@inbox.ru

## ОБЪЕДИНЕНИЕ ПОДХОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОХОДОВ БЮДЖЕТА

*Рассмотрено проведение статистического анализа параметров бюджетного процесса для прогнозирования доходов бюджета и модернизации мультиагентной имитационной модели муниципального образования г. Екатеринбурга.*

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных, агентная технология, модель знаний, мультиагентные системы, бизнес-аналитика, имитационная модель.

*Statistical analysis accomplishment of the budget process parameters for budget profit prediction and multagent simulation model modernization of the municipal formation for Ekaterinburg is considered.*

**Key words:** intellectual dates analysis, agent technology, knowledge model, multagent systems, business-analytics and simulation model.

**Введение.** Существует множество путей прогнозирования социально-экономического развития (СЭР). Рассмотрим следующие:

имитационное моделирование;

анализ временных рядов;

регрессионный анализ.

Логика функционирования базовых моделей агентов имитационной модели СЭР муниципального образования (МО) может определяться изнутри (на уровне отдельного объекта) (локальная модель) и извне (на уровне множества объектов, объединённых на основании определённого признака) (например, модели системной динамики) (глобальная модель).

При обоих подходах используются регрессионные зависимости, для получения которых необходимы соответствующие статистические данные. Для получения локальных моделей (подход изнутри) требуются статистические данные по всем видам экономических агентов, являющихся источниками доходов бюджета. Эти данные неполные, например отсутствуют статистические данные по имуществу физических лиц. В таких случаях применяется подход «извне».

Источниками регрессионных зависимостей могут быть научные публикации, мнения экспертов и интеллектуальный анализ статистических данных.

Сравним пути прогнозирования доходов бюджета: анализ временных рядов с регрессионным анализом.

При анализе временных рядов исследуется изменение величин во времени. Этот подход основывается на предположении о сохранении динамики, заданной историческими данными.

При регрессионном анализе исследуются показатели системы в различных временных точках без учёта их порядка во времени (хотя время может быть одной из переменных). Этот подход полагается на то, что система будет вести себя так же, как и в проанализированных точках.

Иными словами, при анализе временных рядов расчёт делается на планомерное развитие системы. При регрессионном анализе учитывается возможность существенного изменения показателей системы (например, резкий спад производства при экономическом кризисе), но при сохранении законов, действующих в системе.

Результатом анализа временных рядов являются значения прогнозируемой величины в будущих моментах времени:

$$d_{t+1} = f(d_t),$$

где  $d$  – прогнозируемая величина;  $t$  – текущий момент времени;  $(t+1)$  – следующий момент времени.

При регрессионном анализе выявляется устойчивая зависимость прогнозируемой величины от других показателей системы:

$$d_t = f(P_t),$$

где  $P$  – значения показателей системы.

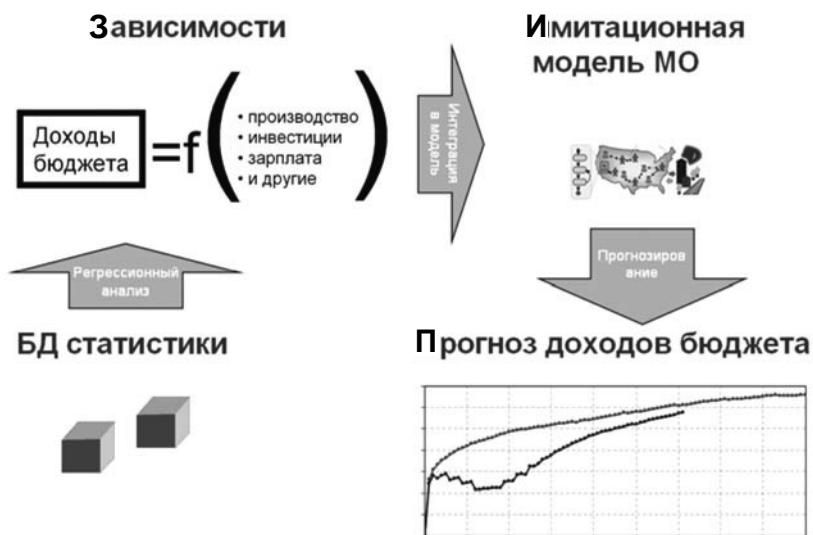


Рис. 1. Процесс прогнозирования доходов бюджета

Регрессионные зависимости могут использоваться для прогнозирования доходов городского бюджета, однако основным недостатком такого подхода прогнозирования в условиях кризисной ситуации может быть невозможность учёта скрытых факторов взаимного влияния объектов промышленности, городской инфраструктуры, населения МО и внешней среды. Это может быть успешно решено с использованием средств имитационного моделирования данных объектов.

Чтобы использовать зависимость для прогноза доходов бюджета, она интегрируется в имитационную модель СЭР МО (рис. 1) [1, 2]. Имитационная модель является поставщиком изменяющихся во времени значений показателей системы для регрессионной зависимости.

**Статьи доходов бюджета.** Часть статей доходов бюджета вычисляется в имитационной модели напрямую из текущих показателей агентов (людей, предприятий). Для некоторых статей это невозможно: для них на основе статистических данных выявляется устойчивая зависимость от показателей СЭР. Безвозмездные перечисления не прогнозируются, так как для каждого года они определяются на основе договорённостей.

Таким образом, статьи доходов бюджета можно разбить на три группы:

1) налоги с предприятий вычисляются в имитационной модели из показателей агентов-предприятий. На основании данных из системы таблиц «Выпуск–затраты России» существует возможность определить налоговую нагрузку на каждую из отраслей. Таким образом, для предприятий каждой отрасли вычисляется суммарный налог как процент от объёма производства этой

отрасли. Объём отчислений в городской бюджет определяется на основании задаваемого экспертом процента отчислений от общей суммы налогов с предприятий, вычисляемой как сумма собираемых налогов с отраслей;

2) налог на доходы физических лиц вычисляется в имитационной модели (13 % от суммарной заработной платы жителей города);

3) неналоговые доходы и налог на имущество физических лиц (для суммы этих статей доходов бюджета на основе статистических данных выявляется устойчивая зависимость от показателей СЭР, и затем она интегрируется в модель).

После получения прогнозируемых значений перечисленных групп доходов бюджета они суммируются. Результатом является прогноз суммарного дохода бюджета, за исключением безвозмездных перечислений.

**Интеллектуальный анализ данных.** Временной аспект охватывает статистические данные за период с 1999 по 2007 г. (за 1998 и 2008 гг. данные неполные). В качестве факторов, влияющих на сумму неналоговых доходов и налога на имущество физических лиц на душу населения ( $y$ ), рассматриваются следующие показатели ( $x_i$ , где  $i = \overline{1,10}$ ):

$y$  — сумма неналоговых доходов и налога на имущество физических лиц на душу населения, руб.;

$x_1$  — сопоставимый оборот общественного питания на душу населения, тыс. руб.;

$x_2$  — число безработных на 1000 человек населения;

$x_3$  — сопоставимые инвестиции в основной капитал на душу населения, тыс. руб.;

$x_4$  — сопоставимый объём платных услуг на душу населения, тыс. руб.;

$x_5$  – сопоставимая дебиторская задолженность на одну организацию, млн руб.;

$x_6$  – сопоставимая кредиторская задолженность на одну организацию, млн руб.;

$x_7$  – сопоставимый оборот розничной торговли на душу населения, тыс. руб.;

$x_8$  – вводимое жильё на 1000 человек населения, тыс. м<sup>2</sup>;

$x_9$  – сопоставимый объём производства на душу населения, тыс. руб.;

$x_{10}$  – сопоставимая средняя заработная плата, руб.

При выполнении интеллектуального анализа данных СЭР использовалась версия StatSoft STATISTICA 6.1.

С помощью многофакторного анализа выявлены зависимые переменные. В результате отобрана одна независимая значимая переменная, наиболее влияющая на сумму неналоговых доходов и налога на имущество физических лиц на душу населения: сопоставимая средняя заработная плата, руб.

Регрессионные модели строились с помощью пошаговых алгоритмов включения и исключения переменных. Получена устойчивая нелинейная регрессионная модель:

$$\begin{aligned} y &= 265,6588 + 0,0003 x_{10}^2; \\ &(7,10136) \quad (29,35286) \\ &= F_{\text{набл}} = 861,59; R^2 = 0,99079. \end{aligned}$$

Уравнение регрессии значимо, так как  $F_{\text{набл}} = 861,59$  больше критического значения при уровне значимости  $p < 0,00001$ . Указанные в скобках под уравнением регрессии значения больше критического, поэтому все коэффициенты регрессии зна-

чимы. Множественный коэффициент детерминации  $R^2 = 0,99079$  означает, что 99,079 % вариации у объясняются включёнными в модель показателями.

**Проверка адекватности модели и прогноз доходов бюджета при стабильном развитии.** Эксперимент включает в себя:

проверку адекватности модели;  
прогнозирование доходов бюджета.

В качестве исходных использовались данные статистики за 2006 г. Для отраслей были введены примерные соотношения товаров, производимых на экспорт и для внутреннего рынка, для всех отраслей в качестве экспертной оценки был задан максимальный объём экспорта (спрос внешней среды). Период моделирования составил 10 лет (120 шагов модели).

На рис. 2–5 отображены результаты моделирования (линия «модель»), фактические (линия «факт») и спрогнозированные Министерством экономического развития РФ [3] (линия «прогноз министерства»). Охвачен период с 2006 по 2011 г.

Таким образом, разработанная имитационная модель показывает высокую степень соответствия прогнозируемых показателей и данных статистики.

**Заключение.** Объединение подходов интеллектуального анализа данных и мультиагентного имитационного моделирования для прогнозирования доходов бюджета позволило учесть скрытые факторы взаимного влияния объектов промышленности, городской инфраструктуры, населения МО и внешней среды и решить проблему недостатка статистических данных по экономическим агентам МО. Разработанный инструмент прогнозирования доходов бюд-

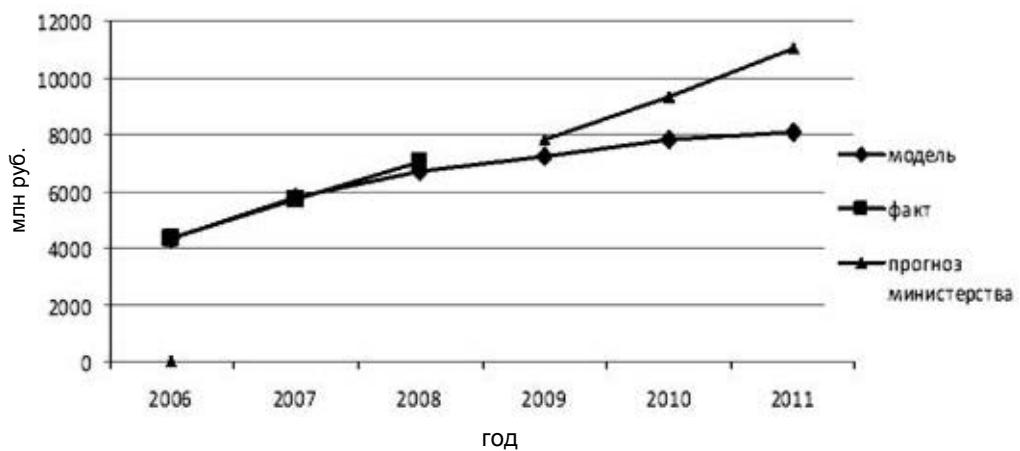
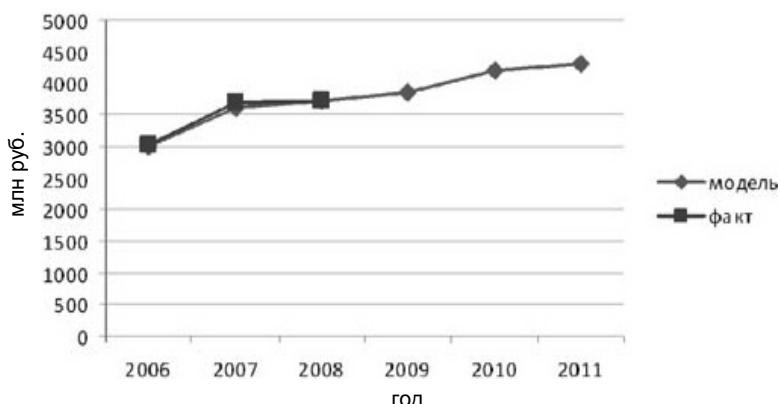
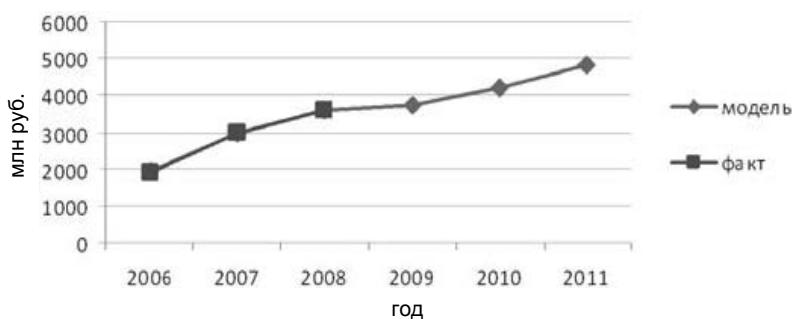


Рис. 2. Налог на доходы физических лиц:

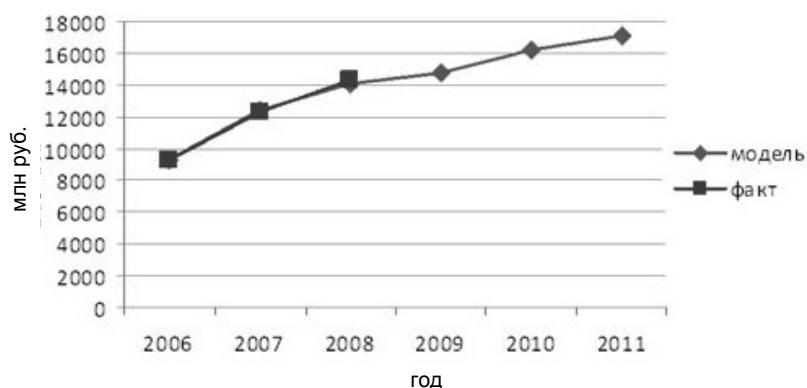
среднее отклонение от факта 1,9 %, среднее отклонение от прогноза 7,5 %



**Рис. 3. Налоги с предприятий:**  
среднее отклонение от факта 0,7 %



**Рис. 4. Неналоговые доходы и налог на имущество физических лиц:**  
среднее отклонение от факта 0,9 %



**Рис. 5. Доходы бюджета, за исключением безвозмездных перечислений:**  
среднее отклонение от факта 0,3 %

жета позволяет оценивать комплексное влияние внешних и внутренних факторов на развитие социально-экономической ситуации в городе.

#### **Библиографические ссылки**

1. Прогнозирование развития муниципального образования с использованием имитационной модели. Муниципальные информационные системы: достижения, проблемы, перспективы: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 25–26 октября 2008 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2009. С. 135–146.

2. Использование результатов Data Mining в мультиагентных имитационных моделях. Науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. «СВЯЗЬ-ПРОМ 2009» в рамках 6-го Междунар. форума «СВЯЗЬ-ПРОМЭКСПО 2009», посвящённого 150- летию со дня рождения изобретателя радио А.С. Попова. Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2009. С. 38–40.

3. Министерство экономического развития РФ. Прогноз социально-экономического развития муниципального образования «город Екатеринбург» на 2009 г. и основные параметры прогноза на период до 2011 г. С. 9–28.



## ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

### CISCO ИЗЛОЖИЛА СВОЮ СТРАТЕГИЮ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИИ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

*В ближайшее время Cisco начнёт поставки соответствующих продуктов на российский рынок*

Выступая 27 октября 2010 г. в Москве на открытии конференции Cisco Expo-2010, старший вице-президент компании Cisco, генеральный менеджер подразделения по разработке решений Cisco Smart Grid Лора Ипсен (Laura Ipsen) высказала убеждённость в том, что сетевые технологии могут помочь модернизировать энергетическую инфраструктуру РФ и тем самым способствовать внедрению инноваций в стране и строительству современной, сильной, процветающей России.

Лора Ипсен изложила концепцию того, как Cisco может содействовать созданию в Российской Федерации энергетической суперинфраструктуры (по-английски – Smart Grid), которая объединяет новаторские энергетические и информационно-коммуникационные технологии, давая возможность коммунальным службам и их клиентуре более эффективно управлять энергопотреблением. Лора Ипсен рассказала о том, как компания взаимодействует с коммунальными службами, государственными учреждениями и разработчиками инновационных технологий, чтобы создать такую суперинфраструктуру в России. Она также объявила о том, что в ближайшее время Cisco начнёт поставки соответствующих продуктов на российский рынок. Принципиальное решение на этот счёт уже принято, и осталось завершить переговоры с российскими компаниями, через которые эти поставки будут осуществляться.

В июне 2010 г. в ходе встречи с Президентом Российской Федерации Дмитрием Медведевым глава компании Cisco Джон Чемберс (John Chambers) заявил о готовности инвестировать один млрд. долларов США в развитие предпринимательства и устойчивых инноваций в России. В том числе это предусматривает участие Cisco в проекте «Сколково» с тем, чтобы сделать Сколково первым в России населённым пунктом, где будет внедрена передовая концепция Cisco по формированию «умных» и подключённых к Интернету сообществ и создана модель совместной работы в поддержку дальнейшего устойчивого социально-экономического и экологического развития России. В настоящее время Российская Федерация занимает третье место в мире как по потреблению энергии, так и по её потерям. Начав строительство «умных» сетей Smart Grid, Россия может

радикальным образом улучшить свои показатели в области энергетики и экономики в целом.

«Технология обладает способностью реформировать методы решения человечеством своих проблем в области энергетики, охраны окружающей среды и экономики, – подчеркнула в своем выступлении Лора Ипсен. – Совместно внедряя решения, модернизирующие энергетическую инфраструктуру, бизнес и органы власти могут сделать российскую энергосеть более эффективной и надежной. Кроме того, Smart Grid будет содействовать экономическому росту и созданию новых рабочих мест в области энергетики и экологических инноваций в стране. В этом Россия может положиться на компанию Cisco».

Концепция Cisco по строительству «умных» сетей Smart Grid заключается в том, чтобы на основе стандартов интернет-протокола создать полную коммуникационную структуру в области энергетики, охватывающую всю энергосистему – от генерации до корпоративных и частных пользователей. Это придаст российской системе электрораспределения свойства «умных» и гибких сетей с многоканальными коммуникациями, что, в свою очередь, будет способствовать созданию более современной, эффективной и экологичной энергоинфраструктуры, способной работать с существующими устройствами и адаптироваться к нововведениям. Решения Cisco® Smart Grid разрабатываются в расчете на применение в критически важных звеньях энергетической инфраструктуры – от центров обработки и подстанций до локальных сетей, корпоративных и частных пользователей. Cisco уже выпустила ряд решений для мониторинга электропотребления, оптимизации доставки электроэнергии, снижения энергопотребления и его стоимости, повышения надежности соответствующих систем и защиты окружающей среды. Эти продукты Cisco внедряются коммунальными службами во многих странах мира, включая Соединенные Штаты, Канаду, Германию, Италию и Австралию.

В своём докладе Лора Ипсен отметила, что потенциал «умных» сетей Smart Grid может быть реализован сполна лишь при условии, если эта концепция будет равномерно опираться на все три составляющие «гридonomики»: политику, технологию и экономику. Строительство Smart Grid, подчеркнула она, потребует партнерства государства с частным бизнесом. В этом плане одна из важнейших функций органов власти будет состоять в том, чтобы в партнёрстве с отраслью работать над устранением регулятивных барьеров на пути «умных» сетей и вводить в действие такие правила, которые способствовали бы инновациям и стимулировали их.

В мае 2010 г. Cisco анонсировала свои первые продукты, специально разработанные для комплексных решений Cisco Smart Grid (подробности – на странице <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2010/052610c.html>). Эти продукты помогают коммунальным службам надёжнее и эффективнее доставлять электроэнергию от генерирующих мощностей в жилые здания и промышленные предприятия, что, в свою очередь, оптимизирует управление доставкой электроэнергии и обеспечивает целый ряд экономических и экологических преимуществ. Речь идёт о маршрутизаторе Cisco Connected Grid Router 2010 (CGR 2010) и коммутаторе Cisco Connected Grid Switch 2520 (CGR 2520), специально разработанных для применения в условиях весьма требовательной среды силовых подстанций. С их помощью можно построить безопасную коммуникационную инфраструктуру для записи и анализа (в режиме, близком к реальному времени) информации, поступающей от множества «умных» электронных устройств, установленных на территории подстанции. Как уже говорилось, поставки этих продуктов на российский рынок начнутся в ближайшее время.

В сентябре 2010 г. Cisco объявила о партнерстве с производителем «умных» счетчиков – компанией Itron в целях совместной разработки решений, позволяющих применять технологию «умных» счётчиков в открытых, допускающих взаимодействие сетях корпоративного класса, используемых коммунальными службами. Кроме того, Cisco анонсировала новые средства управления энергопотреблением, предназначенные для применения частными пользователями и в «умных», подключенных к Интернету зданиях (см. раздел <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2010/063010e.html>).

## «АГРОПРОДМАШ-2010»

В Центральном выставочном комплексе «Экспоцентр» (г. Москва) в октябре 2010 г. прошла очередная 15-я Международная выставка «Оборудование, машины и ингредиенты для пищевой промышленности» – «Агропромд маш-2010». Выставка была организована ЗАО «Экспоцентр» при содействии Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства промышленности и торговли РФ под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ и Правительства Москвы. На протяжении 15 лет выставка «Агропромд маш» является главным выставочным форумом для специалистов и инвесторов в пищевую и перерабатывающую промышленность. Все эти годы смотр демонстрирует устойчивую динамику развития: объём выставочных площадей вырос в 3 раза, достигнув более 40 тыс. м<sup>2</sup>, число участников увеличилось в 2,5 раза и составило около 700 компаний из 35

стран. Ежегодно увеличивается количество посетителей, особенно специалистов, даже в прошлый кризисный год общее количество посещений достигло 32 тыс. человек. Экспозиция выставки существенно приросла не только количественно, но и качественно: на стенах крупнейших производителей оборудования, работающих в России, появились новые высокопроизводительные машины, которые ранее выставлялись на крупных международных смотрах. Выставка «Агропромд маш-2010» стала одним из ведущих промышленных смотров России, отразила ключевые тенденции развития мирового агропромышленного комплекса и по своим масштабам и коммерческой результативности вошла в десятку ведущих европейских промышленных смотров технологий для переработки и упаковывания продуктов питания.

Тематика выставки была представлена следующими основными разделами:

техническое оборудование для производства продуктов питания и напитков;

ингредиенты, добавки, специи, технологии производства и применения;

упаковочное оборудование и материалы, весовое оборудование;

контрольно-измерительное и аналитическое оборудование;

холодильное оборудование;

торговое оборудование;

складская и производственная логистика;

промышленные напольные покрытия;

машины, комплектующие и материалы, обеспечивающие основные технологические процессы в пищевой промышленности;

информационные технологии, автоматизация производственных и бизнес-процессов, программное обеспечение, комплексные решения и услуги для предприятий пищевой промышленности;

промышленная санитария, уборочное оборудование, моющие средства;

безопасность пищевых производств, контроль качества;

сельскохозяйственная техника, животноводство и производство кормов;

лизинг, кредиты и инвестиции в АПК, строительство и реконструкция объектов пищевой промышленности.

Смотр «Агропромд маш»-2010 дал представление о рынке машиностроительной продукции для агропромышленной отрасли, отразил тенденции развития во всех секторах российского и мирового рынка пищевой и перерабатывающей промышленности. Выставка явилась главным связующим звеном между производителями оборудования и переработчиками сельскохозяйственной продукции, чему, безусловно, способствовал формат смотра: от переработки сырья до получения готового упакованного продукта.

В экспозиции выставки были представлены технологии, которые позволяют обеспечить высокую эксплуатационную эффективность оборудования, реализовать современные технологии и вместе с тем, что чрезвычайно важно, являются финансово привлекательными. Лидеры мировой индустрии продовольствия и ведущие российские компании и предприятия продемонстрировали свои инновационные продукты и разработки, способствующие эффективной работе предприятий отрасли.

Выставка «Агропроммаш» объединила в единую экспозицию разделы по всем отраслям пищевой и перерабатывающей промышленности. В этом году наблюдался рост экспозиций по всем салонам, в том числе таким как «Переработка мяса», «Производство напитков», «Переработка овощей и фруктов», «Упаковочное оборудование», «Промышленная санитария и гигиена, контроль качества продукции», «Ингредиенты, добавки и специи» и др. Актуальными и востребованными стали современные решения в области птицеводства и переработки мяса и птицы, а также обеспечения безопасности поставляемой на отечественный рынок продукции — мяса птицы.

В рамках смотра уже во второй раз состоялась выставка-салон «Агропроммаш-Комплект-2010», где были продемонстрированы комплектующие, агрегаты и материалы для пищевой промышленности, насосы и насосное оборудование, водоподготовка и водоснабжение, металл для пищепрома.

Наиболее важным событием деловой программы выставки явился пятый международный форум пищевой промышленности «Оборудование. Технологии. Инновации». В форуме приняли участие более 300 руководителей и ведущих специалистов предприятий продовольственного сектора, а также поставщиков оборудования и тех-

нологий. В своих ответах на вопросы оргкомитета они выразили глубокую озабоченность ситуацией, складывающейся в отрасли, и назвали актуальные проблемы:

отсутствие сырьевой базы, нестабильное качество сырья и как следствие — готовой продукции;

рост затрат на сырьё, энергоресурсы, комплектующие;

консервативность российского пищевого производства, дефицит инноваций, технологическое отставание от зарубежных производителей;

неконтролируемые потери на различных стадиях производственного процесса — от энергопотребления до логистики;

острая нехватка квалифицированных специалистов на пищевых предприятиях, устаревшая система подготовки технологов, инженеров, рабочих.

Главной особенностью мероприятия «Агропроммаш-2010» явилась высокая перспективность демонстрируемого оборудования и применяемых новейших технологий. В непростых условиях, сложившихся в стране, участники выставки продемонстрировали свою конкурентоспособность на рынке. Участие в подобном мероприятии позволяет компаниям не только сохранить лидерство в своей отрасли, но и усилить его благодаря возможности продемонстрировать инновационные продукты, а также заключить новые, взаимовыгодные договоры с клиентами и партнёрами.

Главной целью участия в выставке стало образование крепкой платформы, соединяющей деловые цели с презентацией и популяризацией современных достижений последних тенденций. Выставка «Агропроммаш-2010» стала своего рода площадкой для обмена опытом и мнениями для специалистов в сфере пищевой промышленности.



## ЭНЦИКЛОПЕДИЯ “МАШИНОСТРОЕНИЕ” ТОМ IV-18. “КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ”

**Ю.А. Рундигин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков.**

Под ред. Ю.С. Васильева, Г.П. Поршнева

2009. — 400 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03417-8

**Цена 1100 р.**

Приведены виды и характеристики энергетических топлив, особенности процессов их горения и методы снижения вредных выбросов котельных установок.

Рассмотрены основы теплового расчета котлов, топочных камер, горелочных устройств, гидродинамики пароводяного тракта и аэrodинамики котла, конструктивные особенности его элементов, а также вспомогательного оборудования котельных установок.

Проанализирована эффективность циклов паротурбинных и парогазовых установок с энергетическими котлами и котлами-утилизаторами.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)



## ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

**Имитационная модель управления экологической безопасностью. Безопасность жизнедеятельности.** 2010. № 4.

Представлено имитационное моделирование технологических процессов предприятия топливно-энергетического комплекса «Кумертауская ТЭЦ» с использованием методов многомерной геометрии, планирования и обработки эксперимента с применением вычислительной техники и программных комплексов «Curve Expert» и «Mathematica Notebook».

**Комбинированное поверхностное упрочнение углеродистых сталей лазерным легированием с последующим азотированием. Упрочняющие технологии и покрытия.** 2010. № 4.

Предложена комбинированная технология поверхностного упрочнения высокоуглеродистых сталей, заключающаяся в лазерном легировании с последующим азотированием и позволяющая получать упрочнённые слои толщиной до 700 мкм с микротвёрдостью до 12 000 МПа. Установлены технологические параметры лазерной обработки, позволяющие формировать на поверхности углеродистой стали легированные слои с мелкозернистой структурой и дисперсными карбидами.

**Анализ механизма управления интегрированным производственно-технологическим комплексом при конструировании и производстве систем информационно-измерительной техники. Сборка в машиностроении, приборостроении.** 2010. № 4.

Изложен алгоритм реализации функционально-целевого подхода к анализу механизма управления при совершенствовании и развитии интегрированного производственно-технологического комплекса. Представлена схема выработки управляющих воздействий, в которой роль человека при анализе данных прошлого опыта, формировании целевой функции и ввода данных о состоянии объекта выполняет экспертная система, формирующая событийную модель структуры и функционирования технологических процессов.

**Непрерывно-дискретное робастное управление линейным объектом. Мехатроника, автоматизация, управление.** 2010. № 4.

Предложена схема робастной компенсации неизвестных возмущений, действующих на непрерывный линейный объект, реализованная на цифровой вычислительной машине (ЦВМ). Предполагается, что измерению доступны только скалярные вход и выход объекта. Компенсация осуществляется с заданной точностью за конечное число тактов. Приведены численные примеры и результаты

компьютерного моделирования, подтверждающие работоспособность предлагаемой системы управления.

**Системное проектирование вентильных двигателей с микропроцессорным управлением для прецизионных систем электропривода. Мехатроника, автоматизация, управление.** 2010. № 4.

Рассмотрены особенности проектирования вентильных двигателей нетрадиционного конструктивного исполнения, обеспечивающего высокую равномерность электромагнитного момента. Проведены экспериментальные исследования, подтвердившие возможность создания глубоко регулируемого безредукторного привода на базе вентильных двигателей с зубцовой активной зоной, эффективность применённого при проектировании подхода и высокую точность разработанных моделей.

**Расчёт релаксационной намагниченности ферромагнитного материала по намагниченности насыщения и остаточной намагниченности. Контроль. Диагностика.** 2010. № 5.

Разработана, экспериментально обоснована и проанализирована формула для расчёта релаксационной намагниченности материала по его намагниченности насыщения и остаточной намагниченности.

**Диагностические показатели стальных канатов как исходные данные прогноза остаточного ресурса. Контроль. Диагностика.** 2010. № 5.

Изложен подход к оценке остаточной прочности и срока службы стальных канатов с использованием данных магнитной дефектоскопии. Прогноз ресурса производится по параметру состояния — коэффициенту запаса прочности, который определяется расчётом каната с дефектами методами механики конструкций. Входными параметрами расчётной модели служат измеренные дефекты — потеря сечения прядей по металлу и обрывы проволок. Приведён пример расчёта ресурса шахтного каната по данным пяти обследований.

**Описание массопереноса смазочного материала у рабочей поверхности пористого подшипника с учётом переменной величины зазора. Трение и смазка в машинах и механизмах.** 2010. № 5.

Предложено математическое описание процесса массопереноса смазочного материала между рабочим зазором и системой пор пористого спечённого маслонаполненного подшипника скольжения. В модели учтена неравномерность толщины зазора, которая приводит к возможности циркуляции смазочного материала в системе.

## УКАЗАТЕЛЬ

**статьей, опубликованных в журнале «Автоматизация и современные технологии» в 2010 году**

№ журнала Стр.

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

<b>Барбасова Т.А., Шнайдер Д.А., Евчина Ю.Б., Дивнич П.Н.</b> Автоматизация регулирования режимов пароструйного компрессора с применением SCADA-системы TRACE MODE и теории нечётких множеств .....	1	3
<b>Буренин В.В.</b> Осушка воздуха охлаждением для систем пневмоавтоматики и силовых пневматических приводов .....	7	6
<b>Бржозовский Б.М., Захаров О.В.</b> Оценка погрешности бесцентрового измерения отклонения от круглости .....	11	3
<b>Дерябин М.Ю., Писарев А.И.</b> Регулирование температурного режима при восстановлении диоксида серы на горно-металлургических предприятиях .....	6	6
<b>Егорушкин Е.О.</b> Нейросетевой метод неразрушающего контроля качества материалов ячеистой структуры .....	10	18
<b>Жежера Н.И., Тымкин С.А.</b> Интенсификация газообмена в крошке изношенных шин при пиролизе в реакторе .....	6	3
<b>Захаров О.В.</b> Геометрические и кинематические особенности бесцентрового шлифования с продольной подачей .....	9	3
<b>Захаров О.В.</b> Моделирование образования погрешностей формы заготовок при бесцентровом суперфинишировании .....	11	11
<b>Зорин В.Д., Зорина Т.В., Калинин В.В., Исмагилов Ф.Р., Ишимбаев Н.А.</b> Автоматизация процесса окисления газов десорбции установок аминовой очистки .....	9	7
<b>Иванов А.Г., Бойков В.В.</b> Движение жидкости в поле центробежных сил инерции .....	4	3
<b>Иванов А.Г., Бойков В.В.</b> Процессы центробежного регулирования движения жидкости на основе множеств двоичных векторов ...	5	5
<b>Ивашов В.И., Каповский Б.Р.</b> Автоматизация процесса измельчения замороженных мясных блоков .....	5	3
<b>Ивкин Е.И., Сироткин И.А.</b> Высокоинтенсивная направленная ультразвуковая очистка охлаждаемых лопаток турбины в процессе их производства и ремонтных операций .....	11	7
<b>Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В.</b> Синтез и анализ оптимального позиционного управления технологическими процессами производства губчатого титана .....	9	18
<b>Клюев С.Б., Нефёдов Е.И., Черникова Т.Ю.</b> Согласующий переход между несимметричными щелевой и рёберно-диэлектрической линиями .....	8	3
<b>Конарев М.В.</b> Учёт радиационного воздействия на функционально-логическом уровне в САПР .....	8	7
<b>Коновалов А.В., Гагарин П.Ю., Шалягин С.Д.</b> Объектная модель ковки коротких поковок .....	6	11
<b>Лебедев В.А.</b> Аппарат для автоматической сварки толстолистовых конструкций элементов мощных алюминиевых шинопроводов ....	1	8
<b>Лушников Б.В.</b> Метод вибродиагностики диссипативных параметров сухого и вязкого трения на основе компьютерного анализа виброграмм свободных колебаний .....	5	11
<b>Мкртычев С.В.</b> Логическое моделирование подсистемы автоматизированного учёта бланков строгой отчётности в страховой деятельности .....	9	14
<b>Морозова Е.В., Редько С.Г.</b> Модели и алгоритмы имитации технологических процессов производства стеклотары .....	2	11
<b>Носов О.А., Васечкин М.А.</b> К расчёту подшипников, питаемых через пористую поверхность .....	2	9
<b>Онучин А.Л., Сердобинцев С.П.</b> Автоматизированный комплекс перевалки высоковязких нефтепродуктов .....	10	3
<b>Петриченко Г.С., Дудник Л.Н.</b> Выбор параметров контроля технического состояния для цифровых блоков корпоративной сети на основе использования методов факторного анализа .....	2	16
<b>Пищухин А.М., Шевченко М.Н.</b> Зонное моделирование процесса переработки материала в шнековом экструдере .....	12	3
<b>Радиева В.Д., Советкин Н.В., Поломошных С.П.</b> Жидкостные процессы кожевенного и мехового производств как объекты автоматизации .....	7	11
<b>Рягузов М.И., Савельев М.Ю.</b> Внедрение АСУ ТП «CentumCS3000» для автоматизации установки первичной переработки нефти АВТ-6 .....	3	6
<b>Садыков С.С., Ткачук М.И., Сафиулова А.А.</b> Система автоматизации обработки и анализа эхокардиографических снимков ...	10	10
<b>Святский В.М, Сентяков Б.А., Широбоков К.П.</b> Исследование дутьевой головки для получения полиэтилентерефлатного волокна способом вертикального раздува .....	12	6
<b>Сироткин А.В.</b> Автоматизация предпроектного анализа информационных процессов в системах управления .....	4	10
<b>Тугов В.В., Пищухин А.М., Трибунский А.В.</b> Оптимальное управление готовностью системы сбора и подготовки нефти к использованию .....	3	3
<b>Фомин А.А., Янишевская А.Г., Шевцов С.С.</b> Разработка алгоритма расчёта толщины стенки технологических трубопроводов ...	7	3
<b>Фортинский Ю.К.</b> Реализация проблемно-ориентированного обеспечения автоматизации проектирования .....	4	16
<b>Чертов Е.Д., Носов О.А., Васечкин М.А.</b> Математическая модель объекта «сферическая заслонка – цилиндрическое сопло – несущая газовая прослойка» .....	4	7

Шевцов А.А., Острикова Е.А. Управление ресурсосберегающей технологией обжарки зёрен кофе .....	7	15
Шевцов А.А., Дранников А.В., Бритиков Д.А. Концепция моделирования максимально прибыльных технологий сушки зерна в плотном подвижном слое .....	10	7
Щедринов А.В., Сериков С.А., Колмыков В.В. Автоматическая система ограничения раскачивания груза .....	2	3

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алиев Р.А., Ахмедов М.А., Мамедов Дж.Ф., Гусейнов А.Г. Создание инструмента автоматизированного проектирования нестандартных элементов гибкой производственной системы .....	1	28
Андреев С.М., Парсункин Б.Н., Нужин Д.В. Автоматизированная система управления топливосберегающим несимметричным нагревом металла перед прокаткой в современных методических печах .....	1	14
Аникеев Е.А., Щекалев Д.В. Моделирование переходной кривой криволинейного участка дороги без круговой вставки .....	10	45
Баканов В.М. Визуальная среда для разработки параллельных программ на языке НОРМА .....	4	31
Белоусов В.Л., Вершин В.Е., Вершин О.В. Использование функции «предсказание» математического пакета Mathcad в управлении экономическими объектами .....	3	17
Белоусов В.Л., Суров Д.Н. Моделирование процесса управления научными исследованиями .....	9	22
Блувштейн Д.В., Зубков В.П. Семантические сети фреймоподобного вида, использующиеся в интегрированной среде ....	8	27
Болдина Е.А., Солдатов В.В. Коррекция управления по отношению к контролируемым возмущениям .....	9	34
Васин В.А., Ивашов Е.Н., Лучников А.П., Степанчиков С.В. Перспективные устройства на основе многоступенчатых приводов в оборудовании электронной техники .....	4	34
Веремей Е.И. Алгоритм подхода к редукции гармонических возмущений .....	11	34
Ветров А.Н. Программный комплекс для исследования адаптивной среды автоматизированного обучения на основе когнитивных моделей .....	10	20
Владова А.Ю. Выявление на графах конечного множества состояний промышленных роботов .....	8	11
Горюнова В.В., Молодцова Ю.В., Сёмин Д.В. Методология использования концептуальных спецификаций интегрированных сред .....	8	17
Давыдова Н.С., Симаков А.Л. Методы и средства ориентации сопрягаемых деталей путём ненаправленного поиска для автоматизированной сборки .....	6	23
Долотовский И.В., Ларин Е.А., Долотовская Н.В. Информационно-аналитическая система энергетического комплекса предприятий по переработке углеводородного сырья .....	1	33
Дурнев Р.А. Информирование и оповещение населения в интересах обеспечения безопасности жизнедеятельности ....	6	29
Дьяков И.Ф. Применение метода конечных элементов для определения температурных напряжений в тормозном барабане .....	5	25
Егорова А.А., Акчурин М.Р. Направления развития автоматизации процессов управления и мотивации персонала на предприятии .....	2	22
Жежера Н.И., Тямыкин С.А., Сайденова Г.А. Математическое описание реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению газов .....	12	33
Иванов В.К. Автоматизация выбора рациональных параметров производственной системы .....	9	26
Иволгин А.А., Янишевская А.Г. Транспортная составляющая сотовой связи третьего поколения .....	8	32
Исаева О.С. Технология формирования консолидированной базы данных для планирования муниципальных потребностей .....	12	27
Капгер И.В., Южаков А.А., Южаков А.А. Повышение достоверности информации в системах управления промышленных сетей LON интеллектуальных зданий .....	12	17
Клементьева О.В. Автоматизированное управление информационной системой мониторинга инновационной деятельности .....	3	42
Колоколов А.А., Лукьянов А.Г. Эвристические алгоритмы для решения одной задачи планирования мелкосерийного производства сложных изделий .....	9	29
Кручинин А.Ю. Управление процессом распознавания образов в реальном времени .....	3	33
Кузырков П.П., Прошин И.А. Оптимизация устройств информационной совместимости .....	3	10
Кузнецов А.В. Методика комплексной оценки оптимальности технических объектов и её применение к оценке беспилотных систем .....	4	27
Лопух Д.Б., Вавилов А.В., Мартынов А.П., Роуч Дж., Ричардсон Дж. Современные инструменты для исследования индукционной плавки в холодном тигле .....	11	24
Лукинов А.П., Махонин А.К. Цифровые табличные регуляторы в следящих приводах .....	3	37

<b>Лучкин Н.А., Янишевская А.Г.</b> Создание системы автоматизированного проектирования технологического процесса транспортировки газа .....	10	39
<b>Малков А.В.</b> Опыт применения метода глубинной расходометрии при изучении коллекторских свойств геологического разреза .....	1	21
<b>Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А.</b> Специфика построения панелей управления систем ЧПУ по типу универсальных программно-аппаратных компонентов .....	7	34
<b>Нестеров П.В., Шашков Б.Д.</b> Алгоритмы и программные средства обработки, хранения и представления данных мониторинга строительного объекта .....	5	15
<b>Неусыпин К.А.</b> Реализация акцептора действия интеллектуальной системы управления летательного аппарата .....	5	39
<b>Петухов И.В.</b> Исследование процессов принятия решения человеком-оператором .....	12	11
<b>Полянков Ю.В., Евсеев А.Н., Емелин С.В.</b> Модель поведения концентрации механических примесей при движении смазочно-охлаждающей жидкости .....	11	32
<b>Савиных А.Б., Степина Л.А., Буканова Т.С.</b> Оптимизационная концепция синтеза современных элементов управления на основе электроприводов .....	11	20
<b>Соколов А.В.</b> Методика оценки эффективности поиска по нечётким характеристикам в автоматизированных информационных системах .....	3	25
<b>Степанов Л.В.</b> Применение нейронных сетей для моделирования совершенной конкуренции .....	10	33
<b>Тимошенков А.С., Ясицкий Л.Н.</b> Препроцессинг, построение и выбор оптимальных нейросетевых моделей в прогнозировании временных рядов .....	6	16
<b>Титов В.С., Бобры М.В., Иванов В.И.</b> Система автокоррекции нуля .....	12	23
<b>Ухов В.И.</b> Замещение данных в системах диспетчерского управления электрическими сетями .....	7	19
<b>Филимонов В.И., Марковцев В.А., Волков А.А., Илюшкин М.В.</b> Технология и оборудование для производства в роликах широкополосочных деталей с продольной кривизной .....	5	30
<b>Чернышев А.Б.</b> Интерпретация критерия абсолютной устойчивости для нелинейных распределённых систем .....	2	28
<b>Чернышев А.Б.</b> Исследование абсолютной устойчивости нелинейных распределённых систем .....	4	21
<b>Чернышов Н.Г., Белоусов О.А.</b> Система управления удалёнными динамическими объектами с использованием принципов когнитивной графики .....	7	28
<b>Шемелин В.К., Нежметдинов Р.А.</b> Применение технологии «клиент-сервер» при проектировании контроллера типа Soft PLS для решения логической задачи в рамках систем ЧПУ .....	3	20
<b>Шипилов В.В.</b> Концептуальная модель и методология построения унифицированных средств контроля радиоэлектронного оборудования .....	7	23
<b>Шичкина Ю.А.</b> Алгоритмизация процесса получения новых функциональных зависимостей на основе декларированных .....	8	23
<b>Шумилов В.Ф., Шумилова Н.И.</b> Метод плавнойстыковки режимов в управляемых системах .....	2	26
<b>Юдин А.В., Лобацевич К.Л.</b> Беспоисковая адаптивная система стабилизации скорости кристаллизации монокристаллов ..	11	16
<b>Янишевская А.Г., Иволгин А.А.</b> Модернизация структуры сетей сотовой связи .....	2	32

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

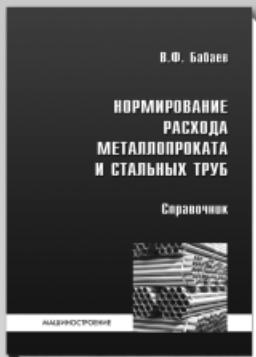
<b>Ахматдинов Ф.Н., Тюрганов А.Г., Галимов А.К.</b> Система операционных продуктов для моделирования бизнес-процессов нефтедобывающей компании .....	6	35
<b>Бегунов Н.А., Клебанов Б.И., Рапопорт И.А.</b> Объединение подходов интеллектуального анализа данных и имитационного моделирования для прогнозирования доходов бюджета .....	12	37
<b>Ерошкин С.Ю.</b> Вопросы научно-технологического прогнозирования экономики .....	2	40
<b>Ерошкин С.Ю.</b> Технологический аспект прогнозирования инновационных решений .....	6	38
<b>Иванов А.Г., Кукушкин В.А., Медведева Е.В.</b> Динамика производственной системы в условиях рентабельной реализации товара с учётом заданной налоговой ставки .....	8	38
<b>Иванов А.П., Минаков А.В.</b> Финансовая стабилизация производственно-хозяйственной деятельности предприятий ..	1	37
<b>Ирзаев Г.Х.</b> Выбор количественного состава экспертной группы при оценке свойств промышленных изделий .....	4	44
<b>Комаров Д.М., Комаров М.П.</b> Планирование окупаемости при множественной модификации ассортимента промышленного предприятия .....	3	44
<b>Пергун Е.Н., Янишевская А.Г., Лучкин Н.А.</b> Разработка системы электронного документооборота на предприятиях ....	9	42
<b>Солдатов А.А.</b> Агенты-помощники покупателя в приложениях электронной коммерции .....	7	41
<b>Степанов Л.В.</b> Модель взаимодействия предприятий в условиях монополистической конкуренции на рынке .....	1	42
<b>Фортинский Ю.К.</b> Аудит реализации специальных проектов в электронной промышленности .....	9	38

## ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Softcloud – новое имя в технологиях «облачных вычислений» .....	4	47
Cisco включается в борьбу с безработицей в России .....	5	45
«Продэкспо-2010» .....	5	46
PTC Innovation Forum 10 .....	6	46
Экономическое и географическое развитие киберпреступности в период кризиса не останавливается .....	6	46
NXP выпустила микросхему контроллера светодиодов с регулировкой мощности SSL2103 для создания энергосберегающих осветительных систем .....	7	45
Корпорация Symantec объявила о расширении продуктового портфеля для малого и среднего бизнеса .....	8	45
Cisco обязуется поддержать устойчивое развитие российской программы технологических инноваций рассчитанными на несколько лет инвестициями в размере одного млрд. долларов .....	11	43
Оргкомитет «Exporpriority'2010» начал работу .....	11	45
На Autodesk Форуме рассказали, как надо проектировать .....	11	47
Cisco изложила свою стратегию модернизации энергетической инфраструктуры России в целях повышения её эффективности и обеспечения экономического роста .....	12	41
«Агропроммаш-2010» .....	12	42

## ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов .....	1–12
Указатель статей, опубликованных в журнале «Автоматизация и современные технологии» в 2010 году .....	12



## НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА МЕТАЛЛОПРОКАТА И СТАЛЬНЫХ ТРУБ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ: справочник

**В.Ф. Бабаев**

**Цена 500 р.**

2010. – 160 с ISBN: 978-5-94275-498-3

Приведена методика расчета норм расхода металлопроката (сортовой прокат, листовой прокат, рулонные материалы и др.) и стальных труб, широко применяемая в машиностроении и металлообработке, с учетом стоимости материала, типа производства, размера квартальной потребности в прокате, метода раскрай материала (на штучные или групповые заготовки, комбинированный раскрой) и т.п. Учтены передовые формы организации производства и другие достижения по экономическому расходованию материалов.

Для специалистов и инженерно-технических работников предприятий, научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами нормирования расхода и эффективного использования материальных ресурсов; также полезен преподавателям и студентам вузов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:  
по почте: 107076, г. Москва, Строгинский 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