

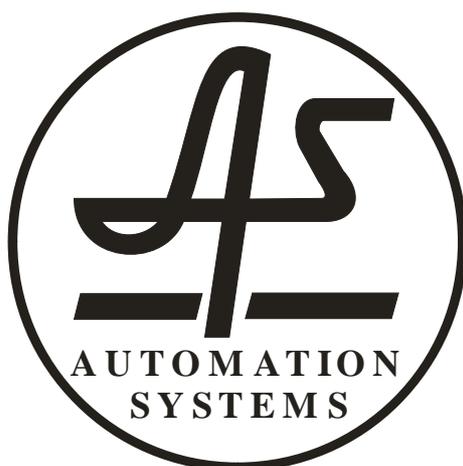
Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
Кузбасский научный центр Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова
Кузбасский центр САН ВШ
Российский фонд фундаментальных исследований
ОАО «Компания «Кузбассшахтострой»
ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»
ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»

*Посвящается 50-летию кафедры
автоматизации и информационных систем СибГИУ*

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ

AS' 2009

**ТРУДЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**



**НОВОКУЗНЕЦК
12-14 НОЯБРЯ 2009 г.**

СЕКЦИЯ 1

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ

СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ВУЗА

В.Н. Белов

Пензенский государственный университет, г. Пенза

Целесообразность создания системы оценки деятельности структурных подразделений университета вытекает из необходимости перехода на новую систему оплаты труда с обязательным выделением 30% фонда оплаты труда с 1 января 2010 г. на стимулирование эффективной работы сотрудников в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации. Также имеется приказ Федерального агентства по образованию №1770 от 28.11.2008 «Об установлении целевых показателей эффективности работы государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, подведомственных Рособразованию», реализация которого требуется для стимулирования выполнения некоторых конкретных направлений работы университета.

Для того чтобы определить порядок выполнения данных предписаний в Пензенском государственном университете был разработан проект системы рейтинговых оценок деятельности структурных подразделений и сотрудников университета [1].

Выполнение требований, перечисленных в данном документе, связано со сбором и обработкой большого количества информации. Так, для определения рейтинга должно быть осуществлено их разбиение на три категории:

- а) профессора;
- б) доценты и старшие преподаватели;
- в) ассистенты.

Далее необходимо провести вычисления для четырех групп показателей:

- а) квалификация преподавателя;
- б) учебно-методическая работа;
- в) научная работа;
- г) внеаудиторная работа со студентами.

При определении значения показателя необходимо осуществлять операцию нормализации и взвешенное суммирование баллов. При этом осуществляется отдельное вычисление баллов набранных за текущий год и за все время работы.

Принимая во внимание разделение необходимых сведений по различным отделам и управлениям университета, можно представить всю сложность решения этой задачи без использования средств автоматизации. С целью упростить процесс подсчета рейтинга была реализована система мониторинга деятельности сотрудников университета.

Учитывая то, что доступ к системе должен быть возможен по всему университету, для нее была выбрана трехуровневая архитектура. Так как для работы системы был выделен отдельный сервер, то все вычисления было решено перенести на него. Серверная часть системы является приложением, разработанным средствами языка Java, обеспечивающими поддержку приложений уровня предприятия. На рисунке 1 представлены компоненты системы.

Так как подсчет рейтинга в системе проводится автоматически на основе имеющихся данных, то основное внимание в системе уделено процессу сбора информации. Было рассмотрено два варианта сбора данных о сотрудниках. В первом из них все данные вносятся соответствующими отделами и управлениями. Однако в таком случае на них возлагается весьма большая нагрузка по обработке документов. Кроме того, все данные, которые сотрудники забыли подать о себе, не будут учтены, что повлияет на результаты рейтинговой оценки. При втором варианте данные о сотрудниках вносятся ответственными лицами на

каждой кафедре. Данный подход обеспечивает актуальность информации и распределение нагрузки по вводу информации. При этом на отделы и управления, ответственные за достоверность информации, возлагается обязанность по проверке предоставленных данных. Данный вариант был признан более удачным.

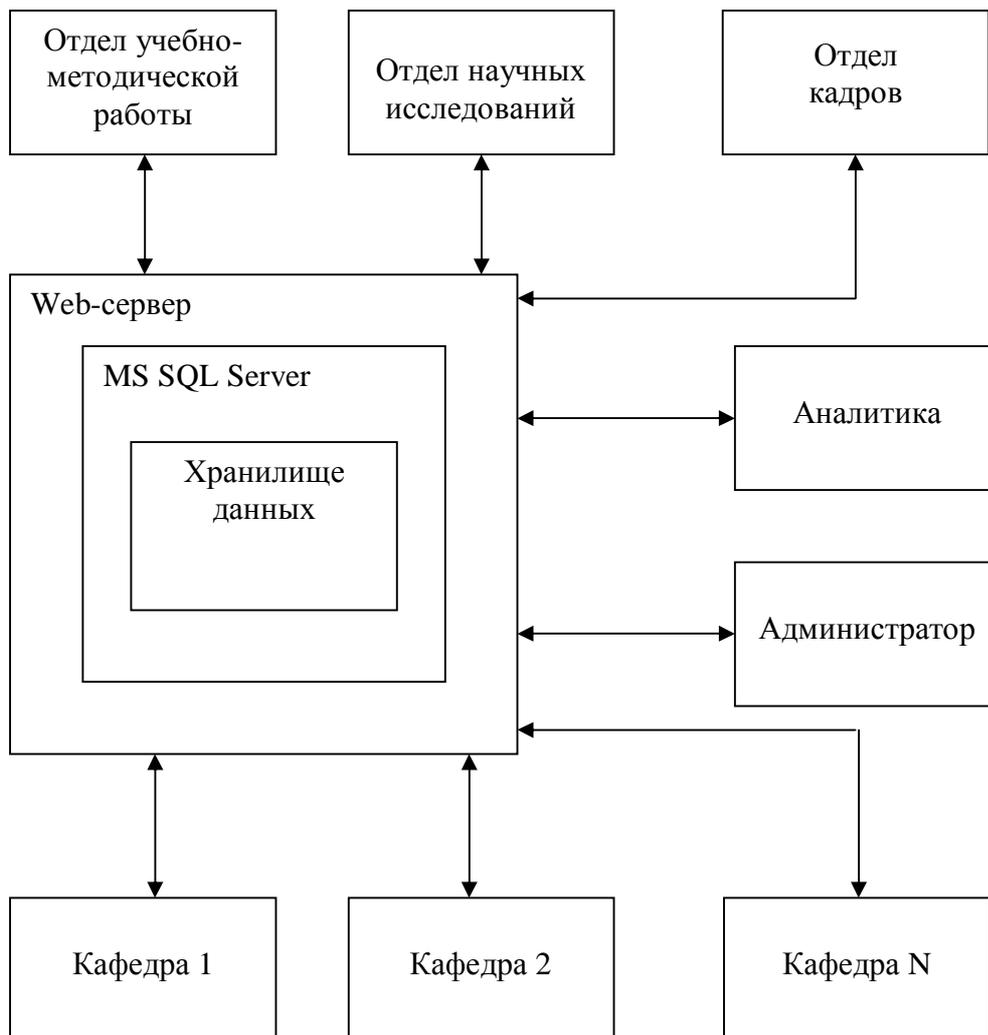


Рисунок 1 – Компоненты системы

Использование браузера в качестве тонкого клиента является весьма распространенным решением. Такой подход исключает проблему развертывания системы на клиентских машинах и сокращает время на обучение пользователей. Однако при этом возникает проблема кросс-браузерной совместимости HTML/CSS/JavaScript, в связи с чем особое внимание было уделено тестированию достижению совместимости с Internet Explorer 6/7/8 и Mozilla Firefox 3, так как они используются во всех структурных подразделениях университета.

Реализация OLTP (обработки транзакций в реальном времени) использует систему разделения прав доступа к данным. Так, ввод персональных данных о преподавателях и сведений об их деятельности осуществляется разными пользователями системы. Для доступа к введенным данным разными структурными подразделениями используется один и тот же программный модуль и интерфейс пользователя, но объем данных зависит от роли пользователя системы. На рисунке 2 представлен интерфейс пользователя, демонстрирующий ограничения на доступ к данным при внесении сведений, требуемых для вычисления рейтинга факультета.

Использование единого программного кода для доступа к разным данным позволяет провести более широкое отладочное тестирование за счет сокращения времени разработки.

Каждый отдел может пометить доступные им данные как требующие подтверждения в случае отсутствия необходимых документов, что будет отражено на странице данных, доступных сотруднику для просмотра. В соответствии с федеральным законом "О персональных данных" доступ сотрудника к хранящимся о нем персональным данным должен быть обеспечен в обязательном порядке [2]. После подачи подтверждающих документов данные снова будут включены в систему расчета рейтинга. Важно отметить, что доступ к системе лицам, вносящим сведения о сотрудниках, закрывается по окончании выделенного на эту деятельность периода, после чего начинается процесс проверки введенных данных, что исключает возможность внесения данных после прохождения проверки.

Рисунок 2 – Ограничения на данные

Рейтинг руководителей структурных подразделений напрямую зависит от рейтинга подразделения. Это определяет необходимость включения расчета рейтинга подразделений в общую систему, исходные данные для которого вводятся сотрудниками соответствующих структурных подразделений на основании целевых показателей, устанавливаемых выше названным приказом, и показателей, ежегодно собираемых Федеральным агентством по образованию.

Вся информация, введенная за текущий год, хранится в реляционной базе данных под управлением Microsoft SQL Server. Достаточно очевидным решением задачи подсчета рейтинга на основе имеющихся данных является использование хранимой процедуры, написанной на языке SQL, хорошо приспособленной для решения такого рода задач.

Важно отметить, что было бы неправильно использовать полученные данные и возможности системы только с целью подсчета рейтинга. На основе собранных данных можно проводить их интеллектуальный анализ, осуществлять мониторинг деятельности и обеспечивать поддержку принятия решений. Так, изменяя весовые значения групп показателей в системе рейтинга, можно добиться изменения приоритетов в деятельности

сотрудников в том случае, если будут наблюдаться низкие результаты деятельности по определенным группам показателей. Однако для проведения подобного анализа объем данных, хранящихся в текущей базе данных, представляется избыточным. Решение указанной проблемы предполагает разработку хранилища данных и правил осуществления ETL (процесса управления хранилищами данных, включающего извлечение данных из внешних источников, их трансформацию и загрузку в хранилище).

В то же время, рейтинговая система оценки способна помочь в решении следующих задач: а) стимулирование деятельности сотрудников с помощью материального, а также, в известной мере, морального поощрения; б) выявление роли каждого сотрудника в составе вуза; в) определение слабых сторон деятельности сотрудников и разработка рекомендаций по ее улучшению; г) проведение более объективного анализа деятельности структурных подразделений.

Таким образом, разработанная система рейтинговой оценки сотрудников и структурных подразделений университета должна помочь в улучшении качества деятельности вуза в целом и стать основой для дальнейшего развития системы мониторинга деятельности сотрудников.

Литература

1. Проект системы рейтинговых оценок деятельности структурных подразделений и сотрудников университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pnzgu.ru/dep/news/files/Rating_PGU.pdf.

2. Российская Федерация. Законы. О персональных данных [Текст]: федер. закон: [принят Гос. Думой 8 июля 2006 г.: одобр. Советом Федерации 14 июля 2006 г.]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12148567-003.htm>.

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С.С. Гусев

*Учреждение Российской Академии Наук Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва*

1. Введение.

Качество идентификации объекта управления (ОУ) в большей степени определяет и качество управления сложным объектом. Важную роль при этом играет учет априорной информации о структуре и параметрах объекта. Основная задача, возникающая при разработке алгоритма идентификации динамического объекта автоматизированной системы управления (АСУ), состоит в определении функциональной зависимости, которая представляет собой математическую модель ОУ. Для построения функциональной зависимости выходной переменной от определяющих факторов используется априорная информация об ОУ. Функциональная зависимость представляет собой аналитическое выражение, связывающее между собой входные и выходные переменные объекта управления. В случае сложного ОУ построение функциональной зависимости неочевидно. Система считается сложной, если для построения ее адекватной модели априорной информации недостаточно.

Определение функциональной зависимости также требует уточнения для случая сложного ОУ. Выходные параметры связаны с состояниями сложного ОУ неоднозначным образом, поэтому известных параметров сложных ОУ недостаточно для полного и однозначного определения его состояния. Следовательно, принимать решение об управляющем воздействии на сложный ОУ, зная только его выходные параметры, нецелесообразно. Управление сложными ОУ должно осуществляться не по его параметрам, а по состояниям. Но для этого необходимо уметь идентифицировать эти состояния. Таким образом, в АСУ сложного ОУ возникает задача вероятностной идентификации состояния сложного ОУ по его известным параметрам. Данная задача должна решаться на основе

математической модели сложного ОУ. Для ее построения целесообразно использовать более общие классы моделей, чем аналитические, например, матричные и информационные. Подобные модели не могут быть непосредственно применены для управления и поэтому требуют предварительной привязки путем заполнения их конкретной информацией о фактическом поведении сложного ОУ.

Основная цель всякой АСУ, в том числе и АСУ сложного ОУ состоит в том, чтобы эффективно перевести ОУ в целевое состояние. Но АСУ сложного ОУ должны обеспечивать также формирование конкретной информационной модели сложного ОУ на основе абстрактной модели и фактической информации о поведении сложного ОУ.

В статье исследуется работа алгоритма идентификации, учитывающей определенную информацию о параметрах объекта. При этом объект исследования представляет собой динамический объект АСУ с одной входной и одной выходной переменными. Исследуется работа алгоритма при наличии помехи при измерении выхода. Анализируется связь точности идентификации и величины ошибки измерения. Далее ОУ будем именовать просто объектом.

2. Постановка задачи.

Рассмотрим алгоритм идентификации объекта, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта. Уравнение динамического объекта будет иметь следующий вид:

$$y(t) = \sum_{i=1}^a h_i x(t-i) + \sum_{i=1}^b h_{a+i} y(t-i) \quad (1)$$

где $y(t)$ – скалярный выход объекта управления в момент времени t , $x(t)$ – скалярный вход объекта управления в момент времени t , h_i – i -ый неизвестный параметр объекта управления, a – глубина памяти по входу, b – глубина памяти по выходу.

Уравнению (1) соответствует схема на рисунке 1.

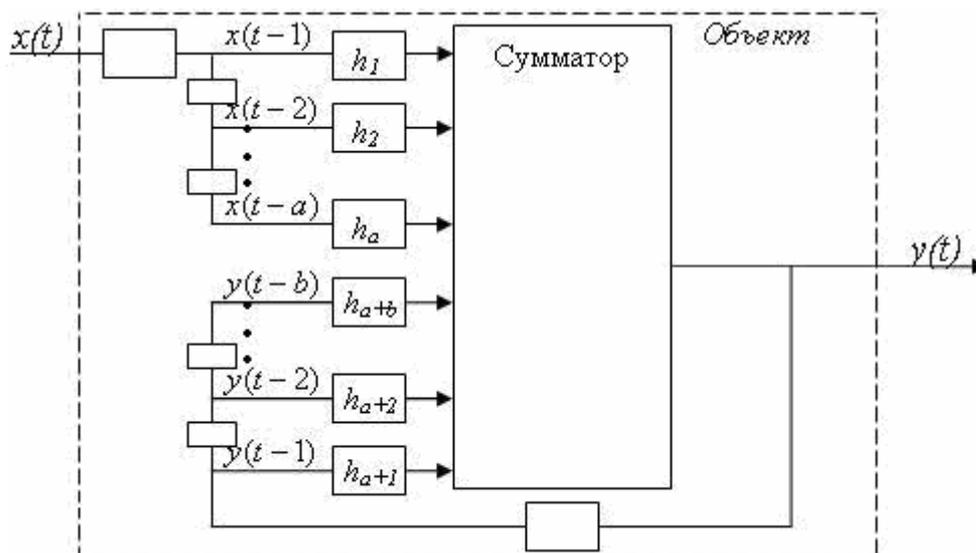


Рисунок 1 – Динамический объект с одной входной переменной $x(t)$ и выходной переменной $y(t)$

Модель объекта будем искать в виде

$$y^*(t) = \sum_{i=1}^a k_i x(t-i) + \sum_{i=1}^b k_{a+i} y(t-i) \quad (2)$$

где $y^*(t)$ – оценка выхода объекта,

k_i – оценки неизвестных параметров h_i , $i = (1, 2, \dots, n)$,

$n = a + b$.

Обозначим:

$X(t) = \|x(t-1) \ x(t-2) \ \dots \ x(t-a+1) \ x(t-a)\|$ – вектор-строка входных переменных размерности a ,

$Y(t) = \|y(t-1) \ y(t-2) \ \dots \ y(t-b+1) \ y(t-b)\|$ – вектор-строка входных переменных размерности b ,

$H = \|h(1) \ h(2) \ \dots \ h(a-1) \ h(a) \ h(a+1) \ \dots \ h(a+b-1) \ h(n)\|$ – вектор-строка неизвестных параметров объекта размерности n .

$K = \|k(1) \ k(2) \ \dots \ k(a-1) \ k(a) \ k(a+1) \ \dots \ k(a+b-1) \ k(n)\|$ – вектор-строка оценок неизвестных параметров объекта размерности n .

Введем вектор-строку $Z(t)$ размерности n .

$$Z(t) = \|x(t-1) \ x(t-2) \ \dots \ x(t-a) \ y(t-1) \ y(t-2) \ \dots \ y(t-b)\|.$$

В новых обозначениях уравнения объекта (1) и модели (2) примут вид

$$y(t) = HZ^T(t),$$

$$y^*(t) = KZ^T(t).$$

Возможно и другое представление объекта (1) и модели (2).

Обозначим:

$X(t) = \|x(t-1) \ x(t-2) \ \dots \ x(t-a+1) \ x(t-a)\|$ – вектор-строка входных переменных размерности a ,

$Y(t) = \|y(t-1) \ y(t-2) \ \dots \ y(t-b+1) \ y(t-b)\|$ – вектор-строка входных переменных размерности b ,

$K_1 = \|k(1) \ k(2) \ \dots \ k(a)\|$ - оценки параметров объекта h при входных переменных $X(t)$,

$K_2 = \|k(a+1) \ k(a+2) \ \dots \ k(n)\|$ - оценки параметров объекта h при выходных переменных $Y(t)$.

Тогда уравнения объекта (1) и модели (2) примут вид

$$y(t) = X(t)K_1^T + Y(t)K_2^T,$$

$$y^*(t) = X(t)K_1^T + Y(t)K_2^T,$$

$$X^T(t-i)X(t-i)k_1^T + X^T(t-i)Y(t-i)k_2^T = X^T(t-i)Y(t),$$

где i принадлежит множеству $[1 \dots m]$.

Даны исходные экспериментальные данные в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Исходные данные

t	1	2	...	i	...	s
x	$x(1)$	$x(2)$	...	$x(i)$	...	$x(s)$
y	$y(1)$	$y(2)$	...	$y(i)$	...	$y(s)$

По экспериментальным данным, приведенным в таблице 1, известной структуре объекта (1) и априорной информации о принадлежности параметров объекта к области G , получить оценки K параметров объекта.

Известно, что среди всех измерений выхода $y(t)$ присутствует m ошибок, но где они располагаются – неизвестно.

3. Алгоритм идентификации

Для реализации алгоритма идентификации необходимо будет преобразовать данные, приведенные в таблице 1, к виду, в котором выход $y(t)$ зависел бы только от переменных в этой же строке, как это показано в таблице 2.

В таблице 2 приняты обозначения

$$x_{ij} = x(t - j); t = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, a;$$

$$y_{im} = y(t - m); t = 1, 2, \dots, s; m = 1, 2, \dots, b.$$

А в строке заголовков

$$x_j = x(t - j); j = 1, 2, \dots, a;$$

$$y_m = y(t - m); m = 1, 2, \dots, b.$$

Таблица 2 - Исходные данные, преобразованные для идентификации

n	x_1	x_2	...	x_a	y_1	y_2	...	y_b	$y(t)$
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	y_{11}	y_{12}	...	y_{1n}	y_1
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	y_{21}	y_{22}	...	y_{2n}	y_2
...
i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{in}	y_{i1}	y_{i2}	...	y_{in}	y_i
...
s	x_{s1}	x_{s2}	...	x_{sn}	y_{s1}	y_{s2}	...	y_{sn}	y_s

Таблице 2 соответствует матрица

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots \\ i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots \\ s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{pmatrix},$$

Введем в рассмотрение матрицу A_0 , отличающуюся от A отсутствием первого столбца.

$$A_0 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots \\ x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Алгоритм идентификации, описанный в [1], состоит в следующем. Из матрицы исходных данных (3) выбираются блоки из произвольных n строк (по размерности объекта). Предполагается, что определители всех блоков не равны нулю. Для каждого блока составляется система уравнений. Ниже приведен первый из таких блоков

$$\begin{aligned} k_1 x_{11} + k_2 x_{12} + \dots + k_a x_{1n} + k_{a+1} y_{11} + k_{a+2} y_{12} + \dots + k_n y_{1n} &= y_1 \\ k_1 x_{21} + k_2 x_{22} + \dots + k_a x_{2n} + k_{a+1} y_{21} + k_{a+2} y_{22} + \dots + k_n y_{2n} &= y_2 \\ \dots & \dots \\ k_1 x_{i1} + k_2 x_{i2} + \dots + k_a x_{in} + k_{a+1} y_{i1} + k_{a+2} y_{i2} + \dots + k_n y_{in} &= y_i \\ \dots & \dots \\ k_1 x_{n1} + k_2 x_{n2} + \dots + k_a x_{nn} + k_{a+1} y_{n1} + k_{a+2} y_{n2} + \dots + k_n y_{nn} &= y_n \end{aligned} \quad (4)$$

По этому блоку данных строится система нормальных уравнений

$$X^T(t)X(t)K_1^T + X^T(t)Y(t-i)K_2^T = X^T(t)Y(t)$$

и вычисляются МНК оценки K параметров объекта (1).

Из матрицы (3) можно получить C_s^n таких n -мерных блоков, для каждого из которых строится свой вектор оценок параметров объекта (1).

Таблица 3 - Результаты идентификации по всем возможным n -мерным блокам

N	Набор из любых n строк				Оценки параметров							
	n_1	n_2	...	n_n	k_1	k_2	...	k_a	k_{a+1}	k_{a+2}	...	k_n
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	k_{11}	k_{12}	...	k_{1a}	$k_{1(a+1)}$	$k_{1(a+2)}$	...	k_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	k_{21}	k_{22}	...	k_{2a}	$k_{2(a+1)}$	$k_{2(a+2)}$	...	k_{2n}
...
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{in}	k_{i1}	k_{i2}	...	k_{ia}	$k_{i(a+1)}$	$k_{i(a+2)}$	...	k_{in}
...
L	a_{L1}	a_{L2}	...	a_{Ln}	k_{L1}	k_{L2}	...	k_{La}	$k_{L(a+1)}$	$k_{L(a+2)}$	...	k_{Ln}

Таблице 3 соответствует матрица B , содержащая C_s^n строк и $2n$ столбцов и имеющая вид

$$B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1a} & k_{1(a+1)} & k_{1(a+2)} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2a} & k_{2(a+1)} & k_{2(a+2)} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{L1} & a_{L2} & \dots & a_{Ln} & k_{L1} & k_{L2} & \dots & k_{La} & k_{L(a+1)} & k_{L(a+2)} & \dots & k_{Ln} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где $L = C_s^n$.

В каждой строке матрицы B в первых n позициях перечислены номера строк a_{ij} матрицы A (i – номер строки матрицы B , j – номер строки матрицы A), использованные для вычисления n оценок k_{ij} таблицы 2, вычисленных по этим строкам и расположенных в (4) на последних n позициях. Априорное условие (3) учитывается путем вычеркивания из (4) всех строк, в которых оценки k не удовлетворяют условию

$$k \in G,$$

где $k_i = \|k_{i1} \ k_{i2} \ \dots \ k_{in}\|$, $i = 1, 2, \dots, L$.

В результате после вычеркивания N строк из матрицы B получим матрицу

$$B_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1a} & k_{1(a+1)} & k_{1(a+2)} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2a} & k_{2(a+1)} & k_{2(a+2)} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{Nn} & k_{N1} & k_{N2} & \dots & k_{Na} & k_{N(a+1)} & k_{N(a+2)} & \dots & k_{Nn} \end{pmatrix},$$

$$k_i \in G,$$

где $N \leq L$.

Введем вектор w , размерности s , имеющий вид

$$w = \|w(1) \ w(2) \ \dots \ w(s)\|,$$

где $w(j)$ - частота использования номера j -ой строки матрицы A в матрице B_0 (напомним, в матрице B_0 элементы a_{ij} - номера строк матрицы A).

Введем новую матрицу F , отличающуюся от A тем, что в нее добавлен вектор w

$$F = \begin{pmatrix} w(1) & 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ w(2) & 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots \\ w(i) & i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots \\ w(s) & s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{pmatrix}.$$

Последний шаг алгоритма состоит в том, что строки матрицы F сортируются по первому столбцу так, что значения w возрастали снизу вверх. Оператор, реализующий описанный алгоритм, обозначим через Ψ . Полученную таким образом матрицу, учитывающую априорные условия $k_i \in G$, обозначим через F_0 . Это можно записать так

$$F_0 = \Psi\{A\}, \quad k_i \in G.$$

4. Условие точного определения параметров объекта

Строки матрицы исходных данных независимы в том смысле, что все C_s^n определителей линейно-независимых блоков $n \times n$ не равны нулю. Рассмотренный алгоритм идентификации при соблюдении некоторых условий дает возможность по экспериментальным данным (3) точно определить неизвестные параметры h объекта (1). Имеет место следующая теорема.

Теорема. Если в блоке исходных данных, содержащем s строк, только m выходных переменных измеряются с ошибками, то параметры объекта (1) можно определить точно, если выполняется неравенство

$$s - n - mb > 1.$$

Доказательство приведено в [2].

5. Заключение

Рассмотрен алгоритм идентификации динамического объекта с редкими ошибками измерения. Показано, что при использовании рассмотренного алгоритма возможно точное определение неизвестных параметров динамического объекта при условиях, которые найдены в докладе.

Литература

1. Чадеев В.М., Илюшин В.Б. Метод идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта // Труды V Международной конференции "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO '06. Москва, 30 января – 2 февраля 2006 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2006. С. 1091 – 1105.
2. Гусев С.С. Алгоритм идентификации конфликтных ситуаций двух противоборствующих коалиций. // V Всероссийская школа–семинар молодых ученых "Управление большими системами": Сборник трудов.– Т1.– Липецк, ЛГТУ 2008, С. 12 – 16.

О КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

А.А. Дубровин

Городское управление здравоохранения Администрации г. Абакана

Актуальность. В настоящее время в России остро воспринимается финансовая проблема, которая коснулась всех отраслей и аспектов нашей жизни. Не обошло это и систему здравоохранения и медицину. Сокращение финансирования новых технологий неизменно сказывается на производительности труда. Огромные массивы информации невозможно обработать без удобных средств вычислительной техники. Но ведь изыскать средства и купить компьютер это только полдела. Не менее важно и установить соответствующее программное обеспечение. Справочники, утилиты, специализированное медицинское программное обеспечение, программы бухгалтерии и учета кадров порой отличаются экзотическими требованиями как к установленным рядом с ними программам,

так и к конфигурации компьютера. Так же нужно учитывать стоимость пакета офисных программ, необходимых в любом делопроизводстве, а стоимость его в несколько раз больше чем цена операционной системы. С такими проблемами неизбежно сталкиваются руководители государственных и муниципальных учреждений. Конечно, в России еще велик процент «пиратов» вынужденных пользоваться нелегальным «софтом». Так как раньше, при покупке компьютера, не закладывали стоимость операционных систем. Но закон об авторских правах даже в нашей стране порой приходит в действие, иногда наказывая тех, кто попался.

Сразу оговоримся, эта статья не является рекламой какого-то определенного программного продукта, автор просто делится собственным опытом. Конечно, путей решения проблемы множество, расскажем лишь о выбранном нами.

Цель исследования – обосновать выбор программного обеспечения и преимущества решений «тонкий клиент» в компьютеризации здравоохранения г. Абакана.

Несомненно, полностью отказаться от платного программного обеспечения (ПО) и перейти на бесплатное, чревато некоторыми трудностями в плане совместимости программ. Но как найти ту тонкую грань обеспечения нормальной работы и максимально удешевить затраты на информационные технологии? - Вопрос интересный.

Расчет стоимости парка компьютеров с лицензионным ПО на 50 рабочих мест приведен в таблице 1. Стоимость оборудования и программных продуктов взята по розничным ценам г. Абакана в 2009 г.

Таблица 1 - Расчет стоимости парка компьютеров с лицензионным ПО на 50 рабочих мест

Наименование продукта (программы)	Стоимость (руб.)	Количество	Всего (руб.)
Win VistaBsns Vista Russian OpenLicensePack NoLevel Legalization GetGenuine – лицензия на операционную систему Windows	5 499,8	50	274 992,0
Office ProPlus 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel – лицензия на Microsoft Office	12 390,4	50	619 520,0
Kaspersky WorkSpace Security Russian Edition. 50-99 User 1 year Base License – лицензия на антивирус сроком на 1 год	647,0	50	32 350,0
Персональный компьютер (ПК)	18000,0	50	900 000,0
Итого			1 826 862,0

Теперь, приступим к обзору альтернативных решений. Менять операционную систему, т.е. рабочую среду нам не подходит из-за вероятных проблем по совместимости с уже установленным ПО. Выбор офисного программного обеспечения дело непростое и то, что есть альтернативные продукты и даже комплексные методы решения данного вопроса знает не каждый. Рассмотрим такой продукт как Open Office.

OpenOffice.org - это один из самых крупномасштабных проектов open-source (программного обеспечения с открытым кодом), целью которого является создание свободного и при этом полноценного пакета офисных приложений, не уступающего по возможностям Microsoft Office. Обладая собственной историей с 2000 года, OpenOffice.org пользуется заслуженной популярностью, благодаря расширенному функционалу, кроссплатформенностью, богатым возможностям, хорошей совместимостью компонентов и свободной лицензии. OpenOffice.org успешно заменит вам любой другой офисный пакет, а открытая лицензия освободит пользователя от всех лицензионных отчислений, связанных с использованием пакета, в настоящем и будущем.

Кроссплатформенность: В настоящее время OpenOffice.org можно использовать на всех популярных платформах: Linux (на 32- и 64-разрядных системах), Windows (2000 и более поздняя), MacOS, FreeBSD и Solaris.

На данный момент в пакете присутствует 6 основных приложений: Writer – текстовый процессор и визуальный редактор HTML, аналог Microsoft Word; Calc – табличный процессор, аналог Microsoft Excel; Draw – векторный графический редактор, который имеет ряд функций, схожих с CorelDRAW; Impress – программа подготовки презентаций, аналог Microsoft Powerpoint; Base – механизм подключения к внешним СУБД и встроенная СУБД HSQLDB, аналог Microsoft Access; Math – редактор математических формул, аналог Редактора формул от Microsoft (Microsoft Equation Editor).

На сегодняшний день выпущена версия OpenOffice 3.1., в которой удалено большинство недостатков прошлых версий этого программного продукта и различия с Microsoft Office действительно сейчас незначительные. Так же из положительных моментов OpenOffice 3.1 следует отметить поддержку форматов MS Office. Вы можете без проблем открывать и сохранять документы в форматах MS Office 97-2003. Также поддерживается импорт файлов в формате Office OpenXML (MS Office 2007). Это сейчас немаловажно, т.к. многие государственные учреждения, и медицинские тут не исключение, в своем стремлении все же быть честными, и купить лицензии не задумываются о совместимости, а ведь Microsoft Office 2007 все ранние версии Microsoft Office понимает. Но вот файл, созданный в нем самом, не откроется в более ранних версиях, если конкретно не указать формат сохраненных документов совместимый с ранними версиями. Конечно, есть возможность так называемого «даунгрейда», то есть вы, покупая Microsoft Office 2007, автоматически можете пользоваться и ранними версиями, лицензии на которые уже и не продаются. То же самое относится и к Windows. Так что это тоже своеобразный выход из положения при решении вопросов совместимости. Конечно, не стоит слепо ставить всем подряд OpenOffice, несомненно, подходя к такому выбору, стоит учесть максимум возможных нюансов: преобладание документов; совместимость с установленными программами; наличие инструментов ПО, необходимых в работе.

Итак, ситуация с OpenOffice несколько прояснилась, но что же делать с остальными, очень нужными нам в работе программами? Тут конечно встанет вопрос, а что же вам конкретно нужно? Какие цели и задачи приходится решать Вам на Вашем рабочем месте? Конечно, работа с документами, получение справочной информации, электронная почта и Интернет, просмотр графических, аудио и видео файлов. Хотелось бы обратить Ваше внимание на такой аспект как Необходимость и Достаточность. Мы рекомендуем все-таки по максимуму использовать стандартные средства, ведь не зря же платили за Microsoft Windows, а там довольно богатый инструментарий, и по большому счету для повседневной офисной работы там все есть.

Есть еще одно, более дешевое решение, но требующее необходимых специалистов. Все таки, как бы не сопротивлялись наши предубеждения, но хороший IT специалист - это реальная экономия бюджета. Ведь новые технологии это не всегда дорого, и всегда окупается. Сегодня передовые фирмы разрабатывающие мощные сервера справедливо говорят: зачем покупать много не дешевых компьютеров, тратиться на обеспечение их программными средствами, замену запчастей, когда можно купить один большой компьютер, который осилит все ваше предприятие! Речь идет об использовании «тонких клиентов». Как известно, тонкий клиент (windows-терминал) - бездисковая рабочая станция, которая подключается по сети к серверу. Все необходимые программы и приложения выполняется непосредственно на сервере, а сам клиент при этом служит только для ввода информации и отображения интерфейса программ.

Основные преимущества в случае применения решений «тонкий клиент»:

- *снижение начальных затрат* на приобретение персональных компьютеров, поскольку требования к их конфигурации минимальны, а тонкие клиенты производятся без встроенных носителей информации;

- *унификация:* все терминалы имеют одинаковый набор программного обеспечения;

- простота первоначального внедрения: нет необходимости настраивать каждый персональный компьютер в отдельности, присутствует централизованное управление информационным процессом;

- *экономия времени системного администратора.* Все тонкие клиенты абсолютно одинаковы, вероятность поломок сведена к минимуму, а программное обеспечение установлено только на сервере;

- *масштабируемость.* Созданный единожды образ системы для работы всей группы пользователей позволяет при минимальных затратах поддерживать легко масштабируемую сеть. Возможно быстрое создание любого количества новых рабочих мест;

- *безопасность и отказоустойчивость.* Терминал, загружаясь, получает операционную систему «от производителя», настройка которой осуществляется только отделом информационной поддержки. Все модификации операционной системы и прикладных программ никак не влияют ни на других пользователей, ни на образ, хранящийся на сервере. Вся пользовательская информация хранится на сервере и регулярно резервируется, что увеличивает отказоустойчивость.

- *защита от утечек информации* – нет локальных носителей – нет возможности делать копии документов на съемные носители информации. (Кроме USB порта, безопасность которого так же регулируется программными средствами, но и все же использовать, при необходимости, съемные носители информации – флеш-накопители и прочие устройства, подключаемые к этому порту).

Необходимо отметить также следующие существенные экономические преимущества (по сравнению с обычными персональными компьютерами) внедрения решений «тонких клиентов»:

- низкая стоимость первоначальных вложений на организацию рабочей группы.

- практическое отсутствие значительных затрат на техническое обслуживание, модернизацию аппаратного и программного обеспечения.

Расчет стоимости внедрения решения «тонкий клиент»[2], к примеру, на 50 рабочих мест, приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Расчет стоимости внедрения решения «тонкий клиент» на 50 рабочих мест

Наименование продукта (программы)	Стоимость 1 шт. (руб.)	Количество	Всего (руб.)
Программный продукт Windows CE 5.0 нужен (вместо WindowsXP)	704,0	50	35200,0
Win SvrStd 2008 Russian OpenLicensePack NoLevel	23 236,5	1	23 236,5
Win SvrCAL 2008 Russian OpenLicensePack NoLevel DvcCAL лицензия на использование ресурсов сервера с рабочей станции	941,4	50	47 072,0
Win TSCAL 2008 Russian OpenLicensePack NoLevel DvcCAL это для терминального режима	2 598,7	50	129 936,0
Сам терминал («тонкий клиент» и монитор)	11 000,0	50	550 000,0
Итого			785 444,5

Расчет выполнен без учета покупки сервера, так как большинство предприятий уже обзавелось серверами, и даже начинают внедрять структурированные кабельные сети. Тем более что данная технология с успехом разворачивается и на обычных персональных компьютерах, а так как она не требовательна к ресурсам то, можно сказать, вдохнет вторую жизнь в казалось бы, безнадежно устаревшие компьютеры. Соответственно при внедрении системы на установленные компьютеры терминалы можно заменять в процессе эксплуатации. Так же существенная экономия на антивирусах и прочих программных продуктах, т.к. установлены они всего на одном компьютере – сервере.

Вывод из этого следующий: частичный переход на бесплатное ПО позволит сократить расходы на 20-30 % а переход на решение «тонкий клиент» - более 60 %.

Литература

1. Официальный сайт OpenOffice.org - режим доступа [<http://ru.openoffice.org/about-product.html>] (дата обращения 31.08.2009) .

2. Официальный сайт ООО «Группа Компаний ТОНК» - режим доступа [<http://www.tonk.ru/>] (Дата обращения 31.08.2009).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ТИПОПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

С.Р. Зельцер

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Одним из наиболее эффективных направлений сокращения затрат на разработку и повышения качества систем автоматизации является активное использование методического, технологического, алгоритмического и программного задела из предшествующих проектов, которое может быть названо прототипированием в широком смысле слова [1].

Попытаемся конкретизировать данное понятие на основе подхода, известного как выбор (формирование) типопредставителей объектов и процессов (реализаций режимов их функционирования) [2].

Определение 1. Типопредставителем проекта (ТПП) или типопредставительной реализацией проектных работ (ТРПР) будем называть варианты его реализации, отражающие наиболее общие и граничные свойства множества проектов АСУ с подобной структурой, составом функций, требованиям к качеству их реализации и т.п., выполненных для объектов-аналогов по единой технологии проектирования (в рамках одной и той же модели ЖЦ или одной и тоже их комбинации). Соответствующие характеристики назовем признаками подобия проекта.

Формализация признаков подобия проекта может быть осуществлена на основе аппарата так называемых технологических сетей проектирования или ТСП [3]; формализация признаков подобия объектов-аналогов - на основе классификаторов АСУ из стандартов по информационным технологиям.

Основой формализации технологии проектирования с использованием ТСП является определение технологической операции (ТО) проектирования в виде: <V - Вход, W - Выход, П - Преобразователь, R - Ресурсы, S - Средства>.

В качестве компонентов входа и выхода используются множества документов D, параметров P, программ G, универсальных множеств (универсумов) U. Для любых компонентов входа и выхода должны быть заданы формы их представления в виде твердой копии или электронном виде.

Близким по сути к использованию типопредставителей проекта (ТПП) является подход к созданию сложных ИС на основе обобщения опыта успешных проектов одного класса в стандартных методиках [4].

В настоящее время подобные методики имеют как производители соответствующего программного обеспечения (например, SAP, Oracle), так и ведущие консалтинговые фирмы (например, Pricewaterhouse Coopers, Accenture — бывшая Andersen Consulting). Хотя эти методики различаются в деталях, они имеют ряд общих черт.

Стандартная методика внедрения как ТПП основывается на следующих признаках-описателях ситуаций проекта:

1. Шаблон плана работ. Как правило, речь идет о так называемой карте маршрута (roadmap). В ней в иерархической форме описан наиболее полный из возможных перечней работ по внедрению данной системы. Реальный план работ создается посредством исключения ненужных шагов из карты маршрута. За счет этого резко снижается риск пропусков тех или иных необходимых работ в плане проекта.

2. Данные по трудоемкости работ с учетом реального объема проекта. Эта информация позволяет рассчитывать сроки и стоимость работ при составлении плана и бюджета проекта исходя из выделенных на проект ресурсов предприятия.

3. Шаблоны организационных структур проекта. Под шаблоном организационной структуры понимается не только перечень организационных единиц, но и функции последних. В результате снижается риск построения неверной организационной структуры и упрощается обоснование выбора той или иной структуры перед руководством организации.

4. Шаблоны проектной документации. Шаблон включает в себя требования к содержанию документа и общий механизм его согласования и утверждения. Конкретная схема согласования определяется путем наложения на этот шаблон организационной структуры конкретного предприятия.

5. Методики расчета технических требований к аппаратным средствам. Позволяют рассчитать для заданного класса серверов (обычно линейка серверов того или иного производителя) необходимое быстродействие процессора, объем оперативной памяти, дискового пространства и т.д.

Интересным и важным с позиций представления проектных работ в виде ТПП является методика, основанная на использовании типовых проектных решений (ТПР) [3].

Под типовым проектным решением (ТПР) понимается представленное в виде проектной документации, включая программное обеспечение, техническое решение, пригодное к многократному использованию. ТПР также называют тиражируемыми продуктами.

В качестве проектного решения может выступать реализация как отдельных компонентов ИУС (программных модулей, функциональных задач, автоматизированных рабочих мест, локальных баз данных, локальных вычислительных сетей), так и взаимосвязанных комплексов компонентов (функциональных и обеспечивающих подсистем, ИУС в целом).

По аналогии с рекомендациями [2], классификация ТПП может осуществляться группированием подобных реализаций проектных работ, содержащих однотипные определяющие признаки.

Пусть задано множество (класс) подобных $\mathbf{l}=1,2,\dots,L$ реализаций проектных работ, каждый из которых характеризуется набором $j = 1,2,\dots, J$ признаков $P_{j\mathbf{l}}$. Представительными реализациями являются работы с наибольшей и наименьшей мерой близости ко всем остальным из данного множества, то есть имеется две реализации с номером k_1 и k_2 , для которых выполняются условия:

$$\begin{aligned} Q(k_1) \rightarrow \min, k_1 \in [1 \div L]; \\ Q(k_2) \rightarrow \max, k_2 \in [1 \div L], \end{aligned} \quad (1)$$

где $Q(k)$ – заданная мера близости.

Для “центрального” представителя, отображающего наиболее общие (типовые) свойства множества, $Q(k) \rightarrow \min$; для “крайнего”, отображающего граничные (экстремальные) свойства, $Q(k) \rightarrow \max$.

Для формального решения задачи выбора представителей в качестве меры близости k -ой реализации ко всем остальным подобным с индексом $\mathbf{l} = 1,2,\dots,L$ может быть выбрано среднемодульное отклонение нормализованных значений их учитываемых признаков $P_{j\mathbf{l}}^H$, $j=1,2,\dots, J$

$$Q(k) = \frac{1}{L \cdot J} \cdot \sum_{\mathbf{l}=1}^L \sum_{j=1}^J \beta_j \cdot |P_{j\mathbf{l}}^H - P_{jk}^H|, \quad (2)$$

где β_j - весовые коэффициенты, характеризующие важность учитываемых признаков. В качестве признаков реализаций служат перечисленные выше признаки трудоемкости, стоимости, качества проектных работ; состав функций и документов, шаблоны организационной структуры и технических требований и т.п.

Нормализация признаков реализаций выполняется с целью перехода к согласованной шкале их измерения по соотношениям вида

$$P_{jI}^H = \frac{P_{jI} - P_j^{\text{доп}}}{P_j^* - P_j^{\text{доп}}}; P_{jI}^H = \frac{P_{jI} - P_j^C}{P_j^B - P_j^M}, \quad (3)$$

выражающим нормализованные значения P_{jI}^H каждого j -го признака I -ой реализации через его исходное P_{jI} , критически допустимое $P_j^{\text{доп}}$, желаемое P_j^* , среднее P_j^C , наибольшее P_j^B и наименьшее P_j^M в группе значения.

Признаки проекта могут быть как количественными, так и качественными. В последнем случае они «взвешиваются», например, с использованием экспертных оценок.

В дополнение к рассмотренному предлагается подход к решению задачи формирования и выбора ТПП, основанный на методах целевого управления, что в большей степени соответствует современным представлениям об организации проектных работ как управлению сложной системой.

С позиций целевого управления типопредставительная реализация проекта представляется в виде дерева (иерархии) целей – от цели проекта в целом до целей отдельных функциональных и обеспечивающих подсистем. Для описания целей используются принятые в практике проектирования показатели эффективности и качества реализации функций, показатели экономичности видов обеспечения.

Анализ технической документации по проектам систем автоматизации и литературных источников, описывающих технологию их разработок и использования, позволил выявить перечень критериев, характеризующих в различных аспектах применение ТПП, которые можно сгруппировать в подмножества и разработать для них систему классификации.

Перечень целевых показателей и критериев конкретной подсистемы определяется в зависимости от следующих характеристик проблемной области: срока разработки, денежных ресурсов, технической оснащенности объекта управления, существующих и функционирующих ППП, программного и сетевого оснащения и др.

В частности, были выделены следующие основные классификационные группировки критериев, характеризующие проект: назначение и возможности проекта; отличительные признаки и свойства проекта; требования к техническим и программным средствам; документация проекта;

факторы финансового порядка; особенности установки ППП в составе проекта; особенности эксплуатации проекта; помощь поставщика по внедрению и поддержанию ППП; оценка качества проекта и опыт его использования; перспективы развития проекта.

Каждая из групп критериев, в свою очередь, разбивается на некоторое подмножество критериев, более полно раскрывающих каждый из десяти выделенных аспектов анализа выбираемых проектов. По каждому проекту осуществляется экспертная оценка в разрезе отдельных характеристик по k -балльной шкале. Далее оценки умножаются на весовые коэффициенты и нормируются внутри группы.

Выбор ТПП далее осуществляется по схеме (1)...(3).

При необходимости корректировки ТП-реализации проекта на условия конкретного проекта используются различные методы – от пересчетного моделирования до натурального эксперимента, как это показано на рисунке, - в зависимости от стадии проекта, реализуемых функций и их связи с общесистемными и локальными показателями АСУ. Подробно последнее рассматривается в [5].

Рассматриваемый подход применялся при последовательном проектировании и внедрении комплекса систем автоматизации доменного производства металлургического комбината – от систем регулирования и мониторинга одной из печей до общецеховой информационно-управляющей сети [6,7].

Соответствующее направление деятельности было санкционировано рядом технических заданий на создание ИВС ДЦ, подготовленных специалистами комбината в период с 1996 по 1999 г.г. Разработка технических заданий и все последующие проектные работы планировались на основе ранее реализованных и получивших высокую оценку проектов для доменных цехов трех родственных металлургических предприятий. Базовые проекты ПТК контроля и регулирования отдельных доменных печей велись по канонической модели ЖЦ; их развитие до цеховой сети – по спиральной модели.

Стадии

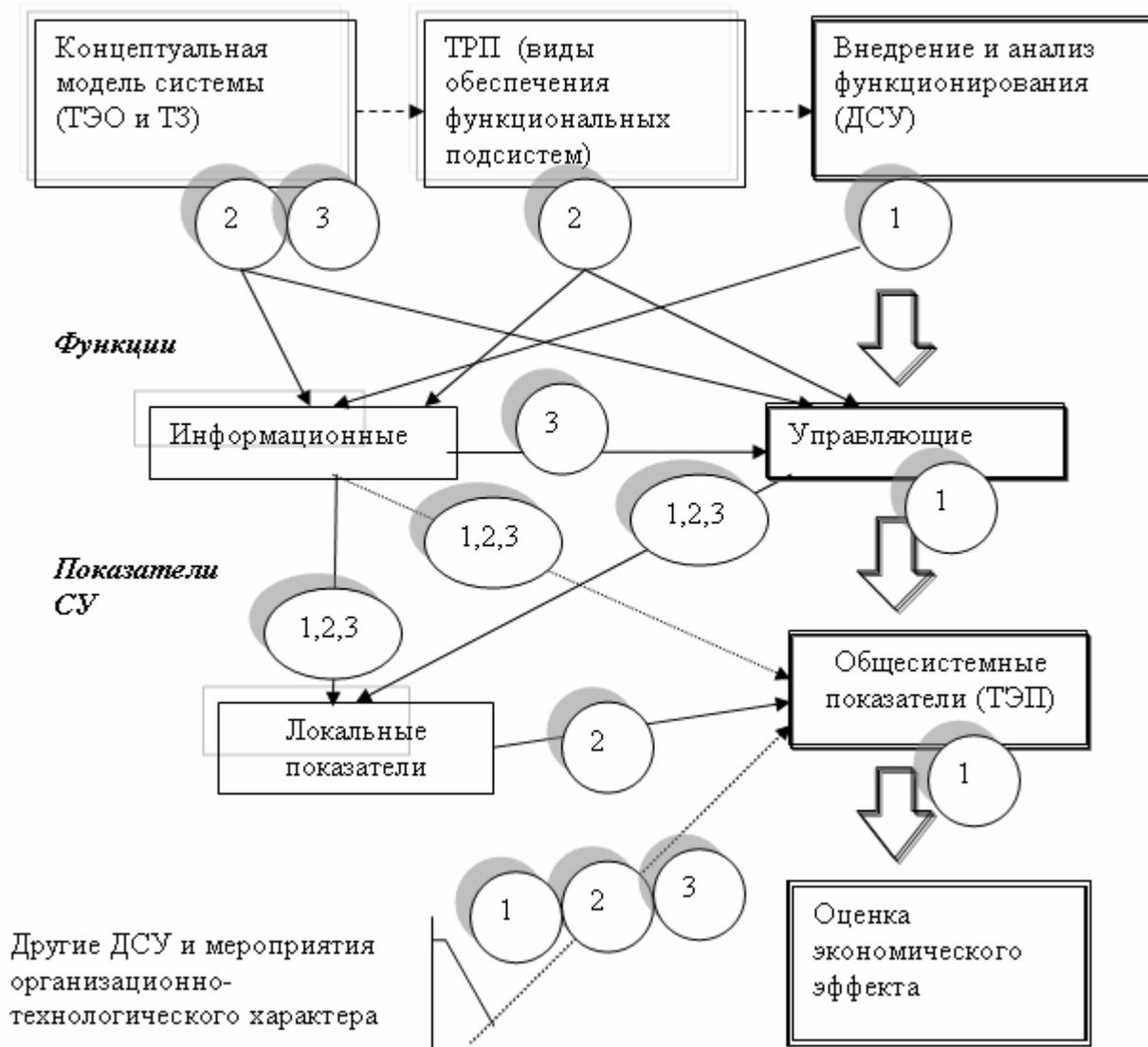


Рисунок – Характеристика подхода: 1-натурный эксперимент; 2-модель объекта управления; 3-модель управляющей системы

Литература

1. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. СИНТЕГ, М., 2002.
2. Авдеев В.П. Выбор типопредставителей в задачах исследования и управления // Изв. ВУЗов. Черная металлургия, №6, 1980.
3. Лугачев М.И. Экономическая информатика: Введение в экономический анализ информационных систем: учебник – М.: ИНФРА-М, 2005. – 958 с. М.И. Лугачев, Е.И. Анно, М.Р. Кагаловский и др.

4. Смирнова Г.Н. Проектирование экономических информационных систем: Учебник / Г.Н. Смирнова, А.А. Сорокин, Ю.Ф. Тельнов; Под ред. Ю.Ф. Тельнова. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 512 с.: ил.

5. Зельцер С.Р. Моделирование при оценке эффективности информационных технологий // Вестник КемГУ, выпуск 3(23). Кемерово, 2005. – с. 37-40.

6. Зельцер С.Р. Система мониторинга технологического комплекса доменной печи № 5 ОАО «КМК» Зельцер С.Р. Ю.П.Абаев А.М.Гусев Труды Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия на пороге XXI века: достижения и прогнозы», Новокузнецк, 2000.

7. Поляков Н.С. Опыт и перспективы развития информационно-вычислительной сети доменного цеха ОАО «КМК» Н.С.Поляков Зельцер С.Р. Ю.П.Абаев А.М.Гусев Труды Всероссийской научно-практической конференции «Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии», Новокузнецк, 2001.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ БЕСКОНТАКТНЫМИ МЕТОДАМИ

С.В. Маморцев, Ю.А. Зорин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск

В настоящее время в России технологический контроль продукции на заводах, выпускающих полупроводниковые материалы, и входной контроль материалов на предприятиях солнечной энергетики, радиолокационной, космической техники затруднен отсутствием экспрессных неразрушающих методов. Поиск и производство более дешевых и эффективных перспективных полупроводниковых материалов, в частности для изготовления солнечных батарей, в настоящее время является актуальной задачей. Примерами таких материалов являются поликристаллические материалы: мультикремний и германий, моно- и поликристаллический кремний. Измерение времени жизни носителей заряда, типа проводимости и удельного сопротивления таких материалов является непростой задачей, так как наличие в кристалле межзеренных границ затрудняет измерение на постоянном токе и применения ранее известных методов: Вандер-Пау, эффект Холла, четырехзондовый и т.д.[1]

Целью данной работы является создание измерительно-вычислительного комплекса для бесконтактного измерения распределения электрофизических параметров полупроводников.

К основным электрофизическим параметрам полупроводниковых материалов относят удельное сопротивление, время жизни неосновных носителей заряда и тип проводимости.

СВЧ-резонаторный метод для бесконтактного локального измерения удельного сопротивления

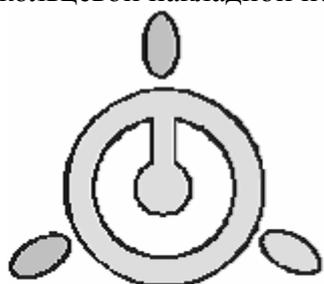
Методика измерения основана на зависимости добротности СВЧ резонатора от величины удельного сопротивления исследуемого образца [2]. Для измерения резонатор на проход с помощью одного из элементов связи подключается к СВЧ генератору, а к другому элементу подключается СВЧ детектор с нагрузкой и индикатором напряжения. При этом величина напряжения, регистрируемого индикатором, пропорциональна добротности резонатора с образцом, и, следовательно, зависит от удельного сопротивления локального участка исследуемого образца. Таким образом, измерение удельного сопротивления сводится к регистрации сигнала детектора с последующим определением искомого значения по калибровочной кривой, вид зависимости которой устанавливается путем предварительной калибровки с помощью эталонных образцов кремния. На основе предложенной методики разработано ряд приборов [3,4]. Один из них «Ангара» для бесконтактного измерения распределения удельного сопротивления по торцам пластин и слитков как монокристаллического, так и поликристаллического кремния и германия с локальностью от 1 до 6 мм и шагом сканирования 200 мкм, описанный в настоящей работе. Время одного

измерения 0,5 сек [5]. Диапазон измерения от 0,01 Ом·см до 100 кОм·см. На этой установке и были измерены предоставленные образцы кремния.

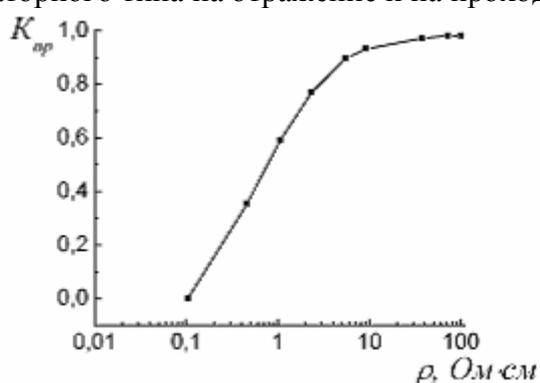
Измерение времени жизни и типа проводимости в низкоомных полупроводниковых кристаллах на СВЧ

Использование СВЧ смещения для наблюдения импульсной фотопроводимости и определения времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках известно давно [1,2,4]. Разработано много датчиков и создан ряд приборов [1,2,4]. Однако они малоэффективны при измерении полупроводников с низким удельным сопротивлением (0,1-10) Ом·см и малым временем жизни (0,1-10) мкс, т.е. для материала, используемого при производстве солнечных батарей.

Для выбора оптимальной конструкции датчика (размеры, чувствительность, области концентрации электрических и магнитных полей, зависимость коэффициента прохождения и отражения от величины удельного сопротивления полупроводниковой среды) в программной среде Microwave Studio 5.0 были промоделированы несколько перспективных на наш взгляд типов СВЧ датчиков: резонаторный на проход, коаксиальный на отражение, коаксиальный на проход, кольцевой накладной нерезонаторного типа на отражение и на проход.



а)



б)

Рисунок 1 – Измерительный датчик и экспериментальная зависимость: а) кольцевой накладной измерительный датчик нерезонаторного типа на проход;

б) экспериментальная зависимость ослабления проходящей через кольцевой датчик мощности от удельного сопротивления образца кремния

Лучшим по всем характеристикам оказался кольцевой накладной нерезонаторного типа на проход. Далее при создании прибора на его основе были оптимизированы все его блоки с целью повышения уровня сигнала фотопроводимости: канал оптического возбуждения (ток накачки, время нарастания зондирующего импульса), СВЧ генератор (его частота и мощность), длина волны и мощность излучения светодиодов. В результате собран новый прибор, на котором проведены измерения времени жизни подготовленных образцов поликристаллического кремния.

Устройство для бесконтактного измерения удельного сопротивления высокоомных полупроводников частотным методом

Разработанный в настоящей работе комплекс способен измерять удельное сопротивление полупроводниковых пластин в диапазоне от 10^{-3} до 10^5 Ом·см [6]. Метод измерения, основанный на регистрации потерь прошедшей через СВЧ резонатор мощности, используемый в этом комплексе, не позволяет измерять более высокоомные образцы материалов. Невозможность понижения резонансной частоты LC-контура резонатора до определенных значений связана с конечной величиной индуктивной составляющей контура. Найден способ измерения удельного сопротивления высокоомных (полуизолирующих) полупроводников в диапазоне от 10^3 до 10^{11} Ом·см с помощью определения частоты RC-генератора с мостом Вина в цепи положительной обратной связи, описанный в работе [7].

Схема регистрации сигнала состоит из частотомера, подключенного к выходу RC-генератора с выходом на персональный компьютер. Используется датчик накладного типа с высоким пространственным разрешением по глубине проникновения электрического поля в

полупроводник. В качестве частотомера используется устройство USB3000. Датчик жестко скреплен с цилиндрическим, изолированным от помех, корпусом, в котором находится RC-генератор. Управляемый с ПК шаговый двигатель опускает датчик к полупроводнику. При фиксируемом зазоре между образцом и датчиком снимается частота гармонических колебаний с выхода RC-генератора, сравнивается с полученной частотой в отсутствие образца для данного датчика. Устройство USB3000 позволяет последовательно передавать по протоколу USB на компьютер все значения аналогового сигнала, подаваемого на один из его аналоговых портов. На рисунке 2 представлен график полученных результатов, где по оси X отложено количество измерений, а по оси Y – напряжение. Скорость одного преобразования сигнала в цифрового составляет 333 нс.

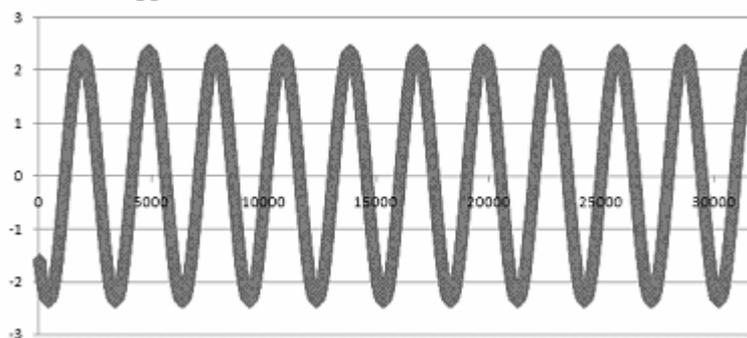


Рисунок 2 – Полученные результаты измерений с устройства USB3000 представленные в виде графика при анализе удельного сопротивления

Определение частоты программным способом производилось в несколько этапов: снятие измерений через устройство USB3000 в течении нескольких секунд (так как измеряемые частоты в пределах от 1Гц до 10 кГц); определение суммарного времени измерений с точность до 1 мс; получение целочисленного массива с измеренными устройством данными (длина массива составляет порядка 7 млн. значений); определение количества вершин на всем измеренном промежутке (вершина определялась как граница, когда график меняет свое положение из убывающего в возрастающий вид); определение частоты (частота в таком виде равняется отношению количества вершин к суммарному времени, затраченное на все измерения проводимые устройством USB3000).

Автоматизация измерительно-вычислительного комплекса и результаты измерений

Как известно время жизни основных носителей зарядов в полупроводнике является время, за которое уровень сигнала уменьшится в e раз (рисунок 3). Соответственно из полученных данных следует найти точку, в которой импульс достигает своего максимума и точку, в которой сигнал равен нулю впервые, если считать последовательно от точки максимума. Далее, подставляя рекурсивно в функцию $y(x) = e^{-kx}$, где $k = \frac{5 \cdot \Delta y}{\Delta x}$, время с шагом 1 нс, с точностью до 1 нс определяются время жизни неосновных носителей в полупроводнике. Тип проводимости определяется по полярности импульса. Компьютерная программа получает информацию с прибора с частотой 3 МГц через устройство USB3000.

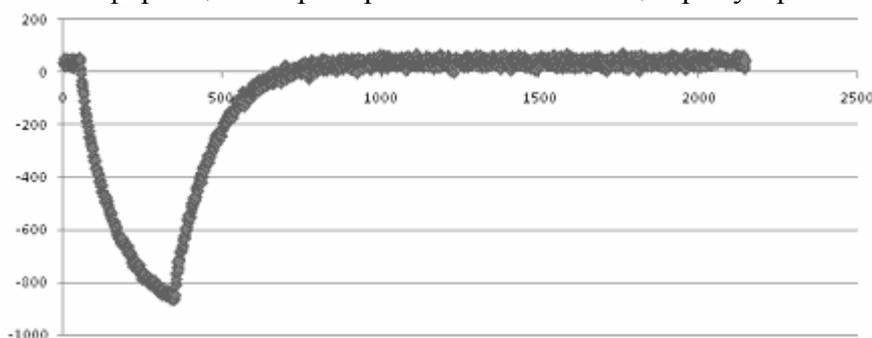


Рисунок 3 – Полученные результаты измерений с устройства USB3000 представленные в виде графика при анализе времени жизни носителей

Предложена программа для управления измерительной установкой «Ангара-2», позволяющая решать ряд проблем, связанных с кропотливым трудом снятия удельного сопротивления по диаметру полупроводника и обработки полученных данных.

Компьютерная программа, работающая с измерением удельного сопротивления СВЧ-резонаторным методом выполняет следующие функции: вывод измерений на экран в режиме реального времени; управление шаговыми двигателями по трем координатам с точностью до 0,05 мм; измерение удельного сопротивления по диаметру полупроводника; сохранение всех полученных данных; вывод графиков зависимостей удельного сопротивления от координаты.

Используя драйвера устройства USB3000 возможно пользоваться его функциональными возможностями, такими, как: аналогово-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь, запись и чтение данных с цифровых портов устройства, которые обуславливают высокую скорость дискретизации устройства USB3000, что позволяет снимать большое количество измерений в течение нескольких микросекунд.

В режиме реального времени (рисунок 4а) программа создает отдельный поток в памяти компьютера, который циклично опрашивает 4 порта USB3000, усредняет полученные данные и выводит их на экран.

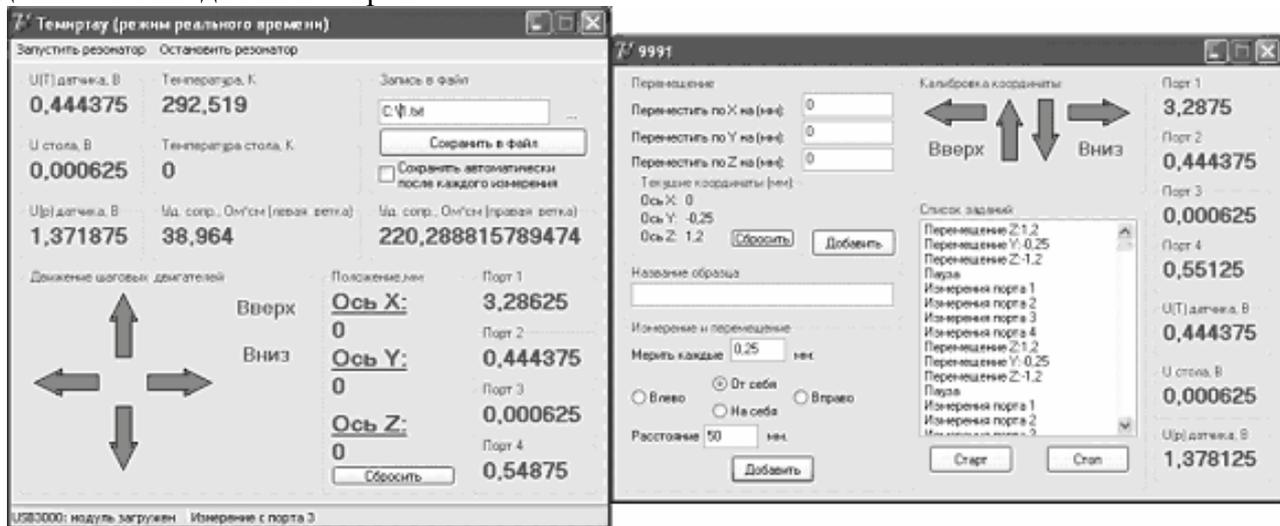
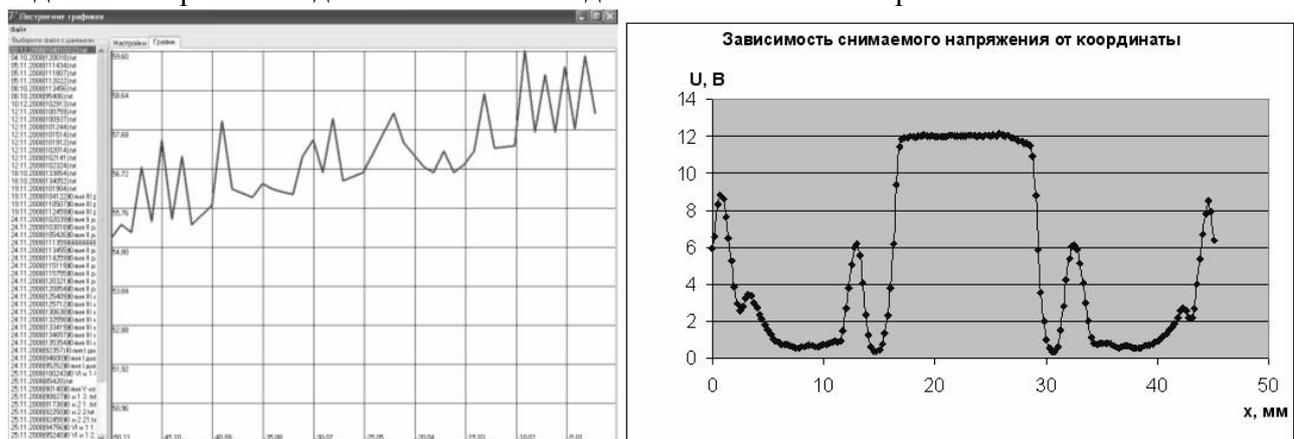


Рисунок 4 – а) режим реального времени; б) ручной режим работы

Потоки, представляющие собой специальные объекты-наследники абстрактного класса Tstream - очень удачное средство для унификации ввода/вывода для различных носителей. В ручном режиме (рисунок 4б) пользователю предоставляется возможность задавать направления движения шаговых двигателей и шаг измерений.



а)

б)

Рисунок 5 – а) построенный график распределения удельного сопротивления по пластине образца; б) результаты измерения образца кремния

Любые измерения, проведенные с помощью данной программы, автоматически сохраняются в файл и добавляются в список снятых данных, используя их в дальнейшем, существует возможность построения графиков с помощью этой же программы в режиме построения графиков (рисунок 5а). Есть возможность импорта полученных результатов в программу Microsoft Excel для последующего анализа и обработки результатов (рисунок 5б). На рисунке 5б представлены полученные нами данные измерений образца кремния со структурой, схожей с указанной на рисунке 6 (снизу справа), произведенного на заводе в г. Усолье-Сибирском, обработанные в Excel. Полученные результаты хорошо коррелируются с заводскими.

Проведенные измерения времени жизни и типа проводимости хорошо объясняют поведение кривой распределения удельного сопротивления по диаметрам образца снятые с шагом 0,25 мм, показанные на рисунке 6. Действительно, на кривой четко выделяются обозначенные области: область затравки - с удельным сопротивлением (0,05-0,07) Ом-см, область проводимости n-типа плавно возрастающая от 0,1 до 100 Ом см, затем i-область и ровный участок на кривой с удельным сопротивлением от 220 до 240 Ом-см.

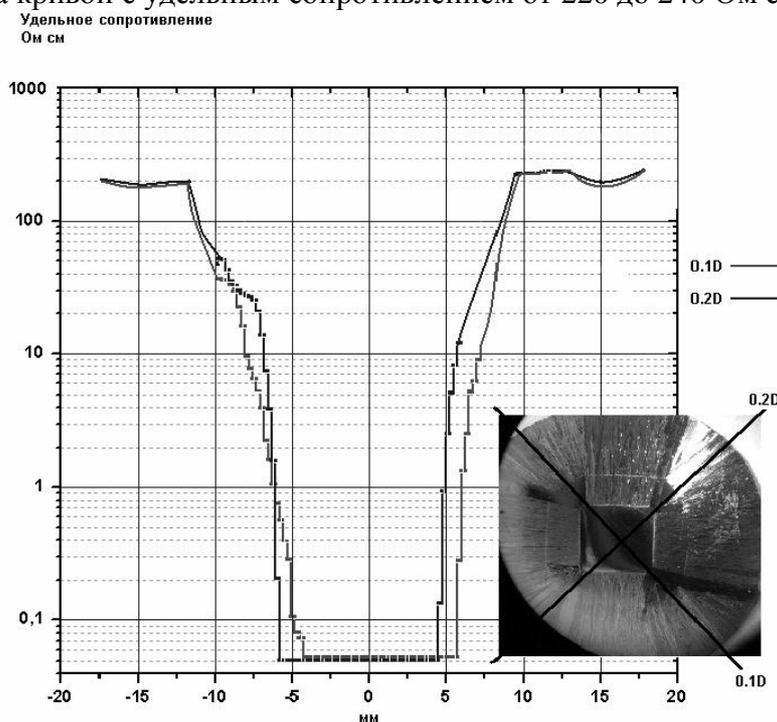


Рисунок 6 – Распределение удельного сопротивления по двум сечениям на пластине образца

Литература

1. Ковтенюк Н.Ф., Концевой Ю.А. Измерение параметров полупроводниковых материалов - М: Металлургия, 1970.
2. Детинко М.В., Медведев Ю.В., Петров А.С. Физические основы неразрушающего СВЧ-резонаторного метода локального контроля электрофизических параметров полупроводников. – Томск. Изд.Том. ун-та, 1985.-28 с.
3. Медведев Ю.И., Петров А.С. Резонатор для бесконтактного измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов // Электронная техника. Электроника СВЧ. 2004. – С.49-52
4. Павлов Л. П. Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов. Учеб. пособие для специальности «Полупроводниковые приборы» вузов. М., «Высш. школа», 1975. 206 с.
5. Лапатин Л.Г., Новиков А.Н. Бесконтактное измерение основных параметров мультикремния на СВЧ: Известия высших учебных заведений, физика, №9, 2006.

6. Зорин Ю.А., Маморцев С.В., Лапатин Л.Г. Измерительно-вычислительный комплекс «Ангара-2» «Молодежь и современные информационные технологии». Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 25-27 февраля 2009.

7. Маморцев С.В., Юнусов И.В. Исследование параметров цепи регистрации удельного сопротивления полуизолирующих полупроводников методом измерения частоты. Сборник трудов Пятнадцатой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых учёных. Кемерово, 26 марта – 2 апреля 2009 г.

8. С.В. Маморцев, Ю.А. Зорин Разработка и автоматизация устройства для бесконтактного измерения удельного сопротивления полуизолирующих полупроводников частотным методом. Научная сессия ТУСУР-2009: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 12-15 мая 2009 г.: В пяти частях. – Ч. 4. – Томск, 2009.

ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

О. А. Махарева, В. Я. Каргашов

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

В данной статье рассматривается проблема, связанная с исследованием нелинейности дискретных передаточных функций цифровых систем.

Пусть имеется линейная непрерывная система с передаточной функцией $G(s)$, изображенная на рисунок 1.

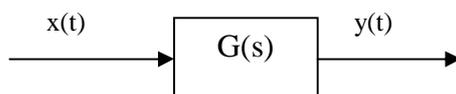


Рисунок 1 – Линейная система с цифровым фильтром

На вход линейной системы подается произвольный сигнал $x(t)$, а на выходе имеется функция $y(t)$. Непрерывная передаточная функция (НПФ) линейной системы имеет вид:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}.$$

Предположим, что на вход объекта подаются два различных входных воздействия $x_1(t)$ и $x_2(t)$, для каждого из которых известны реакции объекта $y_1(t)$ и $y_2(t)$. Тогда, используя свойство инвариантности НПФ к виду входного воздействия, имеем [1]:

$$G(s) \stackrel{\Delta}{=} \frac{Y_1(s)}{X_1(s)} = \frac{Y_2(s)}{X_2(s)}, \quad (1)$$

где $Y_1(s)$, $Y_2(s)$, $X_1(s)$, $X_2(s)$ - преобразование Лапласа соответственно выходных и входных сигналов линейного объекта, в то же время для дискретных передаточных функций (ДПФ) имеем [1]:

$$G_1(z) \neq G_2(z), \quad (2)$$

где $G_1(z) \stackrel{\Delta}{=} \frac{Y_1(z)}{X_1(z)}$, $G_2(z) \stackrel{\Delta}{=} \frac{Y_2(z)}{X_2(z)}$, а $Y_1(z)$, $Y_2(z)$, $X_1(z)$, $X_2(z)$ – Z-преобразования

последовательностей отсчетов выходных и входных сигналов, полученных при фиксированном шаге дискретизации Δt .

Таким образом, в дискретном случае наблюдается неинвариантность структуры дискретной модели объекта относительно изменения вида входного воздействия.

В работе [2] предложен подход, позволяющий осуществлять переход от одной ДПФ к другой, которые соответствуют различным видам входных воздействий. Пусть рассматриваются две ДПФ одного и того же объекта, соответствующие различным входным воздействиям:

$$G(z) = \frac{\Delta Y(z)}{X(z)}; G_6(z) = \frac{\Delta Y_6(z)}{X_6(z)}. \quad (3)$$

Предположим, что $G_6(z)$ является “базовой” передаточной функцией, полученной, например, при идентифицирующем эксперименте на некоторое типовое входное воздействие $X_6(t)$. Учитывая специфику технологического процесса, типовое входное воздействие $X_6(t)$ может быть различным. Тогда ДПФ $G(z)$ на любое другое допустимое входное воздействие $x(t)$ удовлетворяет соотношению:

$$G(z) = K_y(z) \cdot G_6(z) \cdot K_x(z), \quad (4)$$

где $K_x(z) = \frac{X_6(z)}{X(z)}$ – идентифицирующая функция корректирующего устройства дискретного преобразователя Z -преобразования входного воздействия $X(z)$ в Z -преобразование “базового” входного воздействия $X_6(z)$; $K_y(z) = \frac{Y(z)}{Y_6(z)}$ –

идентифицирующая функция корректирующего устройства дискретного преобразователя Z -преобразования “базовой” реакции объекта $Y_6(z)$ в Z -преобразование реакции объекта $Y(z)$.

Зная временные последовательности $\{x_6(n\Delta t)\}_0^\infty$, $\{y_6(n\Delta t)\}_0^\infty$, $\{x(n\Delta t)\}_0^\infty$, $\{y(n\Delta t)\}_0^\infty$ и используя алгоритм В. Висковатова и его модификацию, можно (в случае их существования) определить идентифицирующие функции указанных дискретных преобразователей $K_x(z)$ и $K_y(z)$. Соотношение (4) позволяет пересчитывать одну ДПФ объекта в другую, соответствующим дискретным измерениям различных входных воздействий. Особо отметим, что соотношение (4) справедливо для одного фиксированного шага дискретизации Δt .

Проиллюстрируем изменение структуры ДПФ в зависимости от изменения вида входного воздействия на примере тестового объекта второго порядка, описываемого НПФ:

$$G(s) = \frac{1}{(1 + 7.5s)(1 + 5s)}. \quad (5)$$

Рассмотрим случаи, когда входной сигнал объекта – распространенные виды тестовых воздействий: импульсное, ступенчатое, линейное и параболическое.

Итак, пусть на вход объекта с ДПФ (5) подается *ступенчатое* воздействие:

$$x(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$

Изображение по Лапласу выходной величины при ступенчатом входном воздействии определяется выражением:

$$Y(s) = G(s)X(s) = \frac{1}{s(1 + 7.5s)(1 + 5s)}.$$

Реакция объекта на ступенчатое входное воздействие $x(t) = 1(t)$ при нулевых начальных условиях описывается временной функцией:

$$y(t) = 1 - 3e^{-\frac{t}{7.5}} + 2e^{-\frac{t}{5}}.$$

Необходимо определить структуру и параметры дискретной модели рассматриваемого апериодического объекта, описывающей его выходные характеристики с точностью $\varepsilon = 0.001$, и исследовать искажение сигнала при изменении вида входного воздействия на полученных дискретных моделях фильтра.

Для этого выберем шаг дискретизации $\Delta t = 4$ сек. и измерим значения выходной переменной $y(t)$ в моменты времени $n\Delta t$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), которые являются исходной информацией для решения задачи структурно-параметрической идентификации [2]: $y(0)=0$; $y(4)=0.13872$; $y(8)=0.37133$; $y(12)=0.57575$; $y(16)=0.72620$; $y(20)=0.82818$; $y(24)=0.89417$; ...

Учитывая, что $y(0)=0$, необходимо сместить на один элемент влево нулевую строку, тем самым ДПФ $G_1(z)$ умножается на z^{-1} . Идентифицирующая матрица после указанного смещения принимает следующий вид:

1	1	1	1	1	1
0.138719	0.371332	0.575746	0.726199	0.828181	0.894173
-1.676860	-3.150440	-4.235030	-4.970190	-5.445920	-
0.798079	1.624869	2.271032	2.722501	-	-
-0.157190	-0.320005	-0.447320	-	-	-
~ 0	~ 0	-	-	-	-

Так как последняя строка содержит элементы, близкие к нулю, ДПФ объекта аппроксимируем следующей конечной правильной С-дробью [2]:

$$G_1(z) = \frac{0.138719z^{-1}}{1 - \frac{1.67686z^{-1}}{1 + \frac{0.798079z^{-1}}{1 - 0.15719z^{-1}}}}$$

свернув которую алгоритмом «снизу-вверх» в дробно-рациональную функцию, получаем ее в окончательном виде:

$$G_1(z) = \frac{0.138719z^{-1} + 0.088903z^{-2}}{1 - 1.03598z^{-1} + 0.263597z^{-2}}$$

С учетом того, что z^{-1} – оператор сдвига, восстановим дискретную математическую модель объекта в виде конечно-разностного уравнения:

$$y^M(n\Delta t) = 1.036 y^M[(n-1)\Delta t] - 0.2636 y^M[(n-2)\Delta t] + 0.1387 x[(n-1)\Delta t] + 0.0889 x[(n-2)\Delta t].$$

Теперь перейдем к построению дискретной модели объекта (5) при импульсном входном воздействии:

$$x(t) = \delta(t) = \begin{cases} 0, & t \neq 0 \\ \infty, & t = 0 \end{cases}$$

Импульсная переходная характеристика объекта (5) имеет вид:

$$g(t) = 0.4 \cdot \left(e^{-\frac{t}{7.5}} - e^{-\frac{t}{5}} \right).$$

Ее значения в точках дискретизации $g(n\Delta t)$, где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, $\Delta t = 4$ сек., равны $g(0)=0$; $g(4)=0.054927$; $g(8)=0.056903$; $g(12)=0.044471$; $g(16)=0.031072$; $g(20)=0.020467$; ...

Построим идентифицирующую матрицу, в первую строку которой занесем значения дискретного единичного импульса.

1	0	0	0	0	0
0.054927	0.056903	0.044471	0.031072	0.020467	0.013013
-1.035975	-0.809647	-0.565695	-0.372625	-0.236915	-
0.254443	0.263597	0.206009	0.143937	-	-
-0.254443	-0.263597	-0.206009	-	-	-
~ 0	~ 0	-	-	-	-

С учетом того, что в нулевой строке осуществлен сдвиг влево на один элемент, обусловленный начальным значением $g(0) = 0$, получим конечную правильную С-дробь:

$$G_2(z) = \frac{0.054927z^{-1}}{1 + \frac{-1.035975z^{-1}}{1 + \frac{0.254443z^{-1}}{1 - 0.254443z^{-1}}}}$$

откуда ДПФ будет иметь вид:

$$G_2(z) = \frac{0.054927z^{-1}}{1 - 1.035975z^{-1} + 0.263597z^{-2}}.$$

Из сравнения ДПФ $G_1(z)$ и $G_2(z)$ можно сделать вывод, что предлагаемый метод дискретного моделирования подтверждает факт того, что ДПФ не является инвариантной к виду входного воздействия.

Пусть на вход объекта (5) подается тестовое *линейное* воздействие:

$$x(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ t, & t \geq 0 \end{cases}.$$

Реакция объекта (5) на данное воздействие имеет вид:

$$y(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ -12.5 + t + 22.5e^{-\frac{t}{7.5}} - 10e^{-\frac{t}{5}}, & t \geq 0 \end{cases}.$$

Тогда для шага дискретизации $\Delta t = 4$ сек. получим следующие значения реакции объекта в дискретные моменты времени $n\Delta t$, где $n = 0, 1, 2, \dots$: $y(0)=0$, $y(4)=0.20625$, $y(8)=1.224495$, $y(12)=3.135492$, $y(16)=5.757319$, $y(20)=8.880221$, $y(24)=12.334852$, $y(28)=16.001064$, ... Зная, что $x(0)=0$, $x(4)=4$, $x(8)=8$, $x(12)=12$, $x(16)=16$, ..., получим идентифицирующую матрицу вида:

4	8	12	16	20	24	28
0.206250	1.224495	3.135492	5.757319	8.880221	12.334852	16.001064
-3.936937	-12.202364	-23.914234	-38.055556	-53.805257	-70.580803	-
2.837481	9.128039	18.247949	29.388775	41.877411	-	-
-0.117496	-0.356714	-0.691063	-1.091878	-	-	-
0.180977	0.549441	1.064433	-	-	-	-
~ 0	~ 0	-	-	-	-	-

С учетом того, что в (-1) и нулевой строках осуществлен сдвиг влево на один элемент, обусловленный начальными значениями $x(0) = 0$ и $y(0) = 0$, сократим числитель и знаменатель ДПФ на z^{-1} . Тогда получим конечную правильную С-дробь:

$$G_3(z) = \frac{0.051563}{1 + \frac{-3.936937z^{-1}}{1 + \frac{2.837481z^{-1}}{1 + \frac{-0.117496z^{-1}}{1 + 0.180977z^{-1}}}}},$$

откуда ДПФ будет иметь вид:

$$G_3(z) = \frac{0.051563 + 0.149581z^{-1} + 0.026478z^{-2}}{1 - 1.035975z^{-1} + 0.263597z^{-2}}.$$

С учетом того, что z^{-1} – оператор сдвига, восстановим дискретную математическую модель объекта в виде конечно-разностного уравнения:

$$y^M(n\Delta t) = 1.035975 y^M[(n-1)\Delta t] - 0.263597 y^M[(n-2)\Delta t] + 0.051563 x[n\Delta t] + 0.149581 x[(n-1)\Delta t] + 0.026478 x[(n-2)\Delta t]. \quad (6)$$

Полученная дискретная модель представляет собой модель фильтра второго порядка. Для фильтрации сигналов в дискретных системах используется самый простейший фильтр второго порядка [3]:

$$y(n) = b_0x(n) - a_1y(n-1) - a_2y(n-2). \quad (7)$$

В общем случае в уравнении фильтра (7) появились бы слагаемые $b_1x(n-1)$ и $b_2x(n-2)$, что соответствует полученной модели (6) при линейном входном воздействии. Заметим, что модели объекта, полученные при подаче на вход ступенчатого и импульсного воздействий, не соответствуют по виду уравнению (7).

Необходимо учитывать важные замечания [3]: свойства фильтра определяют коэффициенты a_1 и a_2 : для устойчивости фильтра точка (a_1, a_2) должна попадать в относительно небольшую треугольную область на плоскости (рисунок 2); коэффициенты фильтра a_1 и a_2 определяют полюса фильтра, при этом возникают два случая: а) полюса действительные, б) полюса комплексные.

Приведем диаграмму устойчивости для фильтра второго порядка (рисунок 2). Для этого найдем полюса ДПФ фильтра (б): $z_1 = 0.452$ и $z_2 = 0.584$ (соответствует случаю а).

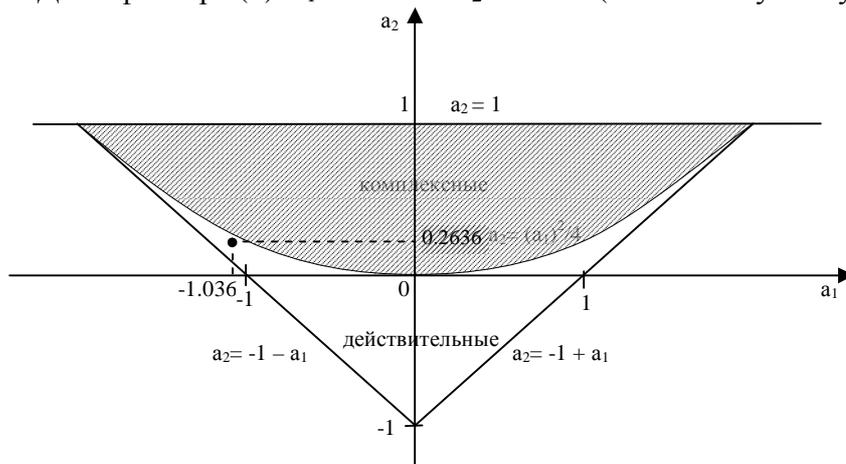


Рисунок 2 - Диаграмма устойчивости цифрового фильтра второго порядка
Пусть теперь на вход объекта (5) подается тестовое параболическое воздействие:

$$x(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 0.5t^2, & t \geq 0 \end{cases}$$

Реакция объекта на это воздействие:

$$y(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 118.75 - 12.5t + 0.5t^2 - 168.75e^{-\frac{t}{7.5}} + 50e^{-\frac{t}{5}}, & t \geq 0 \end{cases}$$

Тогда для шага дискретизации $\Delta t = 4$ сек. получим следующие значения реакции объекта в дискретные моменты времени $n\Delta t$, где $n = 0, 1, 2, \dots$: $y(0)=0$, $y(4)=0.219899$, $y(8)=2.768874$, $y(12)=11.215860$, $y(16)=28.801051$, $y(20)=57.940449$, $y(24)=100.282865$, $y(28)=156.899576$, ...

Идентифицирующая матрица имеет вид:

8	32	72	128	200	288	392
0.219899	2.768874	11.215860	28.801051	57.940449	100.282865	156.899576
-8.591593	-42.004677	-114.974200	-238.487047	-420.041268	-664.508546	-974.959357
7.702548	37.622501	103.216011	214.597244	378.697220	600.030241	-
0.004622	-0.018067	-0.102363	-0.275383	-0.556177	-	-
8.793545	35.548887	87.446151	169.507047	-	-	-
-7.951734	-32.093001	-78.861902	-	-	-	-
0.006636	0.026784	-	-	-	-	-
~ 0	~ 0	-	-	-	-	-

Не учитывая начальные нулевые значения и по входному, и по выходному воздействию, получим конечную правильную С-дробь вида:

$$G_4(z) = \frac{0.027487}{1 + \frac{-8.591593z^{-1}}{1 + \frac{7.702548z^{-1}}{1 + \frac{0.004622z^{-1}}{1 + \frac{8.793545z^{-1}}{1 + \frac{-7.951734z^{-1}}{1 + 0.006636z^{-1}}}}}}},$$

откуда ДПФ будет иметь вид:

$$G_4(z) = \frac{0.027487 + 0.235171z^{-1} + 0.180230z^{-2} + 0.012355z^{-3}}{1 - 0.035975z^{-1} - 0.772378z^{-2} + 0.263597z^{-3}}$$

С учетом того, что z^{-1} – оператор сдвига, восстановим дискретную математическую модель объекта в виде конечно-разностного уравнения:

$$y^M(n\Delta t) = 0.035975y^M[(n-1)\Delta t] + 0.772378y^M[(n-2)\Delta t] - 0.263597y^M[(n-3)\Delta t] + 0.027487x[n\Delta t] + 0.235171x[(n-1)\Delta t] + 0.180230x[(n-2)\Delta t] + 0.012355x[(n-3)\Delta t]. \quad (8)$$

Полученная модель (8) соответствует цифровому фильтру третьего порядка. По аналогии с фильтром второго порядка данный фильтр также удовлетворяет условию устойчивости, но в силу громоздкости вычисления не приводятся.

Рассмотрим искажения фильтров второго и третьего порядков, выбранных в силу их схожести с цифровым фильтром (7), при подаче на вход различных видов сигналов. Так, для модели фильтра третьего порядка $G_4(z)$ подадим на вход линейное воздействие и сравним его значения выхода со значениями неискаженной модели фильтра $G_3(z)$.

Таблица 1 - Значения выхода y_3^M и y_4^M при входном линейном воздействии $x(t) = t$

модель	0	Δt	$2\Delta t$	$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$	$7\Delta t$
y_3^M неискаж.	0	0.206250	1.224495	3.135492	5.757319	8.880221	12.334852	16.001064
y_4^M искажен.	0	0.109949	1.164539	2.479672	5.712801	8.387883	12.455628	15.636872
$\varepsilon = |y_4^M - y_3^M|$	0	0.096301	0.059957	0.655820	0.044518	0.492338	0.120776	0.364191

Из таблицы 1 можно заключить, что возникают искажения в моменты квантования сигнала. В силу возрастания переходной характеристики мы ограничимся первыми восемью временными отсчетами. Возьмем в качестве критерия минимальных искажений в дискретной

системе критерий суммарной квадратичной ошибки [4]: $I = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^2(k)$.

Проиллюстрируем возникающие искажения фильтра:

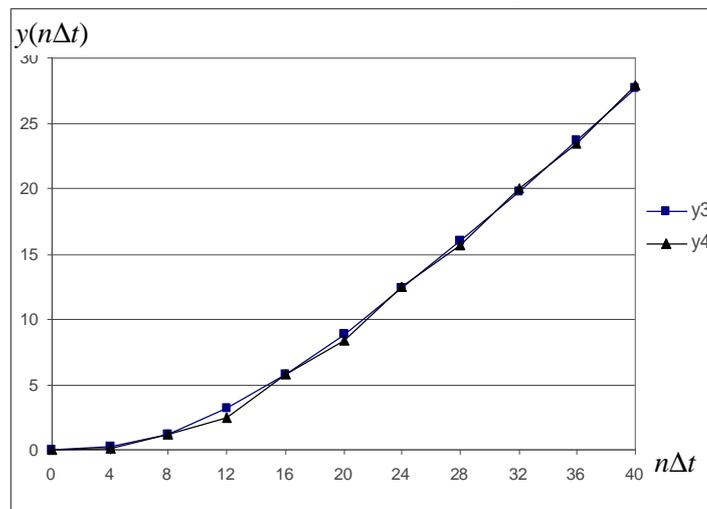


Рисунок 3 - Реализации неискаженной модели фильтра y_3^M и искаженной модели y_4^M при линейном входном воздействии

На рисунке 3 видим, что искаженная модель фильтра y_4^M повторяет динамику точной модели y_3^M , причем суммарная квадратичная ошибка равна $I = 0.83457$.

Аналогично, для модели фильтра второго порядка $G_3(z)$ подадим на вход параболическое воздействие и сравним его значения выхода со значениями неискаженной

модели фильтра третьего порядка $G_4(z)$.

Таблица 2 - Значения выхода y_3^M и y_4^M при входном параболическом воздействии $x(t) = 0.5t^2$.

модель	0	Δt	$2\Delta t$	$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$	$7\Delta t$
y_3^M искажен.	0	0.41250	1.43816	10.09209	28.29322	58.01615	100.80074	157.72171
y_4^M неискаж.	0	0.21990	2.76887	11.21586	28.80105	57.94045	100.28286	156.89958
$e = |y_3^M - y_4^M|$	0	0.19260	1.33071	1.12376	0.50783	0.07570	0.51788	0.82214

Для первых восьми временных отсчетов суммарный квадратичный критерий составил $I = 4.27846$. Проиллюстрируем возникающие искажения фильтра:

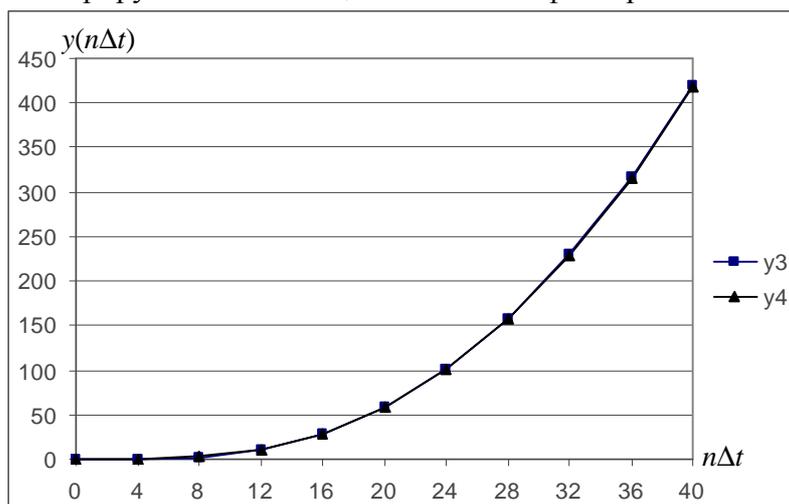


Рисунок 4 - Реализации неискаженной модели фильтра y_4^M и искаженной модели y_3^M при параболическом входном воздействии

На рисунке 4 видим, что искаженная модель фильтра y_3^M повторяет динамику неискаженной модели y_4^M .

Таким образом, приведенные примеры показали, что модели фильтра второго и третьего порядков чувствительны к виду входного сигнала, в частности, происходят искажения сигнала, несовпадающие с типовыми сигналами.

Литература

1. Лебедев А.Н. и др. Методы цифрового моделирования и идентификации стационарных случайных процессов в информационно-измерительных системах.- Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 64 с.
2. Карташов В.Я. Цифровые системы контроля с идентификацией динамических свойств и характеристик сложных объектов. / Докторская диссертация. – Кемерово: КемГУ, 1997. – 478 с.
3. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
4. Изерман Р. Цифровые системы управления. М.: Мир, 1984. – 541 с.

ОБЩИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКА

М.А. Новосельцева, В.Я. Карташов

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

В настоящее время теория риска является интенсивно развивающимся направлением в науке и практике. Существующие публикации [1-5] характеризуются неоднозначностью в трактовке понятия «риск», в понимании его содержания и количественной оценке. Понятие «риск» исследуется значительным числом конкретных наук - математическими, военными,

экономическими, демографическими, медицинскими, биологическими, правовыми и другими дисциплинами. Разнообразие мнений о сущности риска объясняется сложностью и многоаспектностью этого понятия. В тоже время возникновение множества частных рискологий не облегчает, а в каком-то смысле даже затрудняет понимание сущности риска.

Понятие «риск» связано с деятельностью субъекта. Субъект, оценивая функционирование объекта, протекание того или иного процесса, явления, кроме желаемого состояния последних предполагает возможность наступления нежелательных событий. Исторически сложилось мнение, что возможность наступления таких нежелательных, неожиданных событий получило название риска.

В исследованиях по оценке риска [2,5] часто говорят о количественной *оценке уровня или степени риска* $R(A)$, связанной с наступлением некоторого события A . Очевидно, что если наступление события A не приводит к риску, то $R(A)=0$. Если же с наступлением события A риск обязательно имеет место, то $R(A)=1$. Уровень других рисков, связанных с наступлением события A , располагается в интервале $0 \leq R(A) \leq 1$.

Многие авторы [2,5] полагают, что оценка степени риска нежелательного события основана на количественной мере потенциальной возможности его наступления, т.е. вероятности этого события. Более развитые способы оценки риска включают в себя числовые характеристики случайных событий. Эти способы можно применить в случае возможности использования статистического подхода для определения частоты. В случае отсутствия априорной информации применяют субъективные методы оценки риска, которые являются затратными, проблематичными и менее достоверными. Помимо данных подходов к оценке риска существуют и многие другие, приводимые в [1-5].

Попробуем взглянуть на риски и угрозы окружающей среды с позиций системного анализа. Такой подход особенно важен, поскольку применение формализованных методов требует представлений о множестве целей, критериях эффективности системы, множестве возможных стратегий и ограничений, более ясных, чем те, которые существуют в настоящее время. Обращение к методологии системного анализа приводит к оценке риска как к процедуре анализа динамических процессов, протекающих в системе и отражающих причинно-следственные связи в ней. Одним из существенных факторов такого анализа является время.

Для дальнейшего понимания связи между системным подходом и методами оценки риска введем в рассмотрение следующие понятия.

Индикатор – это показатель, отражающий какой-либо процесс или изменение состояния наблюдаемого объекта. Тогда, *индикатор риска* – это показатель, который позволяет оперативно контролировать изменения уровня риска. В нашем понимании – это изменение выходной переменной, которое позволяет установить изменение уровня риска в связи с наступлением события A .

Фактор – существенная причина либо условие в каком-либо процессе или явлении. То есть, причиной наступления события A является влияние факторов, отождествляемых с входными воздействиями со стороны окружающей среды и с внутренними изменениями в системе.

Обстоятельство – это явление, процесс, действие, сопутствующее другому какому-либо явлению. Под *обстоятельством* могут также понимать условия, определяющие существование кого-нибудь и (или) чего-нибудь, обозначающие время, место, причину, цель, следствие, условие, способ и некоторые другие сопутствующие характеристики события A .

В настоящее время большинство исследователей связывают понятие риска с понятием неопределенности [3,5], так как субъект не всегда имеет информацию о влиянии факторов и, более того, их взаимного (совместного) воздействия. Понятие «*неопределенность*» характеризует ситуацию, при которой полностью или частично отсутствует информация о возможных изменениях состояния окружающей среды и внутренних свойств самого объекта. Стоит утверждать, что рисковые события для субъекта, в первую очередь, связаны с неопределенностью условий и свойств объекта. Можно выделить следующие виды

неопределенности в зависимости от информации и формы представления ее для субъекта при принятии решения [16].

Первый вид неопределенности, называемый *информационным разрывом*, обусловлен неполной и несовершенной информацией. Получение дополнительной информации обо всех имеющихся возможностях и факторах, способных повлиять на результаты решений, приводит к снижению данного вида неопределенности. Таким образом, знания и информация становятся стратегически важным ресурсом.

Второй вид неопределенности, называемый *«разрыв в компетентности»*, вызван несовершенством инструментария, вычислительной сложностью, ограничениями по методам принятия решений, ошибками анализа, моделирования и т.п.

Третий вид неопределенности называется *противодействием*, которое проявляется в несовпадении интересов сторон (трудовые конфликты, забастовки и т.д.), при неопределенности спроса на продукцию, трудностях ее сбыта и т.п.

Четвертый вид неопределенности связан со *случайностью*, источник которой заключается в неисчерпаемости мира, его бесконечной сложности и разнообразии.

Все указанные виды неопределенности с течением времени изменяются, причем масштабы возникающих неопределенностей увеличиваются в связи с глобализацией проблем и развитием общества. Следует отметить, что обработка исходной информации о функционировании системы требует оперативного учета факторов неопределенности как объективных свойств условий, сопутствующих процессу развития системы. Факторы неопределенности могут также подразделяться на *внешние* (входные воздействия системы - законодательство, реакция рынка на выпуск продукции, действия конкурентов) и *внутренние* (изменения внутри самой системы: компетентность персонала фирмы, ошибочность определения характеристик проекта).

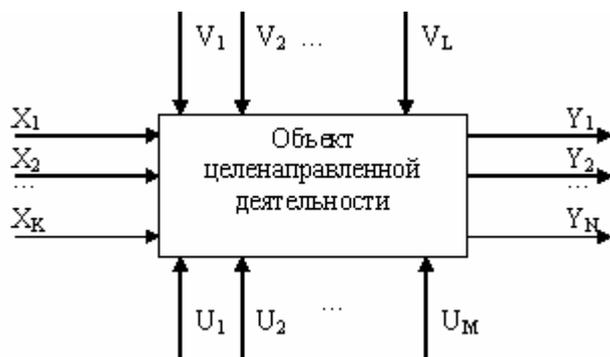


Рисунок 1 – Система целенаправленной деятельности

Представим некую систему целенаправленной деятельности человека с позиций системного анализа (рисунок 1), где (Y_1, Y_2, \dots, Y_N) - показатели результата функционирования (индикаторы) системы; (X_1, X_2, \dots, X_k) - учитываемые (измеряемые и оцениваемые) факторы, влияющие на систему; (U_1, U_2, \dots, U_M) - факторы целенаправленной деятельности; (V_1, V_2, \dots, V_L) - неконтролируемые факторы, влияющие на систему.

Процесс принятия решения (U_1, U_2, \dots, U_M) в определенных условиях (X_1, X_2, \dots, X_k) и (Y_1, Y_2, \dots, Y_N) является итеративным процессом, определяющим стратегию функционирования объекта. Принятие решений желательно осуществлять с учетом (оценкой) риска, который существует объективно и независимо от лица, принимающего решение.

Желаемое состояние системы оценивается через выходные переменные системы и характеристики окружающей среды. Таким образом, при контроле (мониторинге) системы субъект на основе текущей информации определяет изменение свойств окружающей среды и системы, через которую проявляется их взаимодействие.

Если при взаимодействии системы и окружающей среды выделяется только определенная совокупность отдельно взятых, разделяемых контролируемых факторов (X_1, X_2, \dots, X_k) , влияющих на систему, то задача сводится к учету влияния каждого отдельно

взятого фактора X_i на функционирование системы. Это не всегда удается, так как чаще всего факторы взаимосвязаны между собой и находятся в некоторых отношениях детерминированного или случайного характера. В результате взаимовлияния факторов у системы может появляться свойство *эмерджентности* [12], означающее, что свойства системы не сводятся и не выводятся из совокупности свойств отдельных факторов, влияющих на него. В таком случае, наиболее оправданным, на наш взгляд, является совместный учет этих факторов в процессе функционирования системы.

Часто в системе имеется бесконечно много других факторов, которые субъектом относятся к второстепенным, а вследствие этого изменения этих факторов не в полной мере или совсем не контролируются. Кроме того, учесть и проконтролировать влияние всех многочисленных факторов различного характера, порождающих особенности функционирования системы, не представляется возможным. В тоже время, такие факторы могут оказывать существенное влияние на функционирование системы и, в конечном счете, вообще «увести» систему от достижения поставленной цели. Таким образом, субъект получает то, что никак не ожидает, не планирует, и последствия этого трудно предсказуемы. Сложившаяся ситуация представляет собой процесс информационной неопределенности в системе.

В худшем случае, неконтролируемые факторы никак не проявляются. Тогда установить изменения в поведении системы можно лишь по мониторингу индикаторов состояния системы, которые могут быть самыми различными – социальными, экономическими, экологическими, технологическими и т.п.

Таким образом, определять и прогнозировать наступление рискованных событий в системе следует по тенденциям изменений свойств системы и окружающей среды. В качестве таких свойств можно отметить следующие: *устойчивость, живучесть, управляемость, надежность, гибкость, стационарность, наблюдаемость, безопасность* и т.п.

Система *устойчива*, если после прекращения внешнего воздействия она по истечению некоторого времени возвращается к тому состоянию равновесия или вынужденного движения, в котором она находилась до начала воздействия. Таким образом, *устойчивость* системы – это способность сохранять динамическое равновесие со средой, способность к изменению и адаптации.

Надежность - свойство системы выполнять и сохранять во времени заданные ей функции в заданных режимах и условиях применения (технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования). Надежность является внутренним свойством объекта. Оно проявляется во взаимодействии этого объекта с другими объектами внутри системы, а также с внешней средой. Это свойство определяет эффективность функционирования системы во времени через свои показатели. Являясь комплексным свойством, надежность объекта (в зависимости от его назначения и условий эксплуатации) оценивается через показатели частных свойств - безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохранности - в отдельности или определенном сочетании.

Понятие *управляемости* связано с возможностью приведения системы в заданное состояние с помощью входных управляющих воздействий.

Под *гибкостью* системы будем понимать способность к структурной адаптации системы в ответ на воздействия окружающей среды. Например, гибкость экономической системы – это способность к структурной адаптации на изменяющиеся социально-экономические условия, способность к регулированию, к изменениям экономических характеристик и условий.

Живучесть - это такое свойство системы, заключающееся в способности системы адаптироваться к новым, изменившимся и, как правило, непредвиденным (аварийным) ситуациям, противостоять вредным воздействиям, выполняя при этом свои функции за счет соответствующего изменения структуры и поведения системы.

Стационарность - это неизменяемость существенных для системы характеристик с течением времени.

Одним из перспективных направлений установления динамической закономерности является использование передаточной функции, с помощью которой может быть описано любое причинно-следственное явление [13]. Передаточные функции образуются специальным преобразованием входных и выходных переменных:

$$G(z, \Delta t) = \frac{Y(z, \Delta t)}{X(z, \Delta t)} = \frac{\sum_{m=1}^{\infty} y(m\Delta t)z^{-m}}{\sum_{n=0}^{\infty} x(n\Delta t)z^{-n}},$$

где $\{x(n\Delta t), y(n\Delta t)\}$ - измерения входного и выходного воздействия ($n=0,1,\dots$; Δt - шаг дискретизации). Отношение бесконечных временных рядов является исчерпывающей характеристикой исследуемой закономерности. Задача заключается в нахождении $G(z, \Delta t)$, которая отражает внутренние свойства сложного объекта. При этом не допустима обработка временных рядов отдельно, так как при этом теряются внутренние свойства исследуемых процессов и самого объекта.

В качестве аппарата для нахождения $G(z, \Delta t)$, то есть идентификации динамического объекта, и дальнейшей оценки риска его функционирования предлагается использовать *теорию непрерывных дробей* [14]. Алгоритм обработки информации, представленной измерениями причинного воздействия и исследуемого индикатора $\{x(n\Delta t), y(n\Delta t)\}$, основан на модифицированном методе В.Висковатова.

Предлагаемый подход динамической оценки риска обобщен и развит для различных типов исходных данных [6-10], представленных на рисунке 2. В частности, если данные представлены точечными измерениями случайных процессов, то алгоритм оценки риска основан на совместном использовании структурного анализа [15] и модификации метода непрерывных дробей В.Висковатова. Проблема выявления рискованной ситуации в данном случае связана с «разладкой» временных рядов, стохастических сигналов и сложных систем. Такого рода задачи возникают во многих областях теории управления, обработки сигналов, технической диагностики, геофизике и т.д. Оценка риска при этом рассматривается как своевременное обнаружение изменений свойств (математического ожидания, дисперсии, корреляционной функции, появление нестационарности) наблюдаемых процессов.

Таким образом, оценка риска в системе должна осуществляться на основе мониторинга существенных показателей функционирования системы (данных измерений входных и выходных процессов) и моделей, полученных с помощью непрерывных дробей. В случае установления по моделям наличия у системы новых свойств (нестационарности, неустойчивости и других) следует констатировать появление *рискованной ситуации*, связанной с неопределенностью результатов функционирования системы. Данная ситуация требует скорейшей оценки возможных последствий и управления уходом от критического, нежелательного результата.

Литература

1. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций: Учебник. – Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2005. – 880 с.
2. Новоселов А.А. Математическое моделирование финансовых рисков: Теория измерения. – Новосибирск: Наука, 2001. – 102с.
3. Шоломицкий А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска. М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2005. – 400 с.
4. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А. Информационная экология. Часть 1. Оценка риска техногенных аварий и катастроф. Статистическая интерпретация экологического мониторинга. Моделирование и прогнозирование экологических ситуаций. СПб.: «Нордмед-Издат», 1998. – 208 с.
5. Малашихина Н.Н., Белокрылова О.С. Риск-менеджмент: Учебное пособие. – Ростов н /Д: «Феникс», 2004. – 320 с.
6. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Определение риска по структурным

особенностям временных рядов // Материалы X Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Санкт-Петербург: 2007.

7. Новосельцева М.А. Мониторинг и оценка риска систем со скрытыми периодичностями // Материалы XII Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Санкт-Петербург: 2009.

8. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Риск с позиций системного анализа // 5-ая Всероссийская научно-практическая конференция «Недра Кузбасса. Инновации 2006». – Кемерово: 2006.

9. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Оценка риска в динамических системах // Материалы IX Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Санкт-Петербург: 2006.

10. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Оценка риска в стохастических системах // Материалы VII Международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». Москва: 2006.

11. Бернштейн П.Л. Против богов: Укрощение риска. Москва: Олимп-бизнес, 2006. – 400 с.

12. Тарасенко Ф.П., Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш.шк., 1989. – 367 с.

13. Методы цифрового моделирования и идентификации стационарных случайных процессов в информационно-измерительных системах./ А.Н. Лебедев, Д.Д. Недосекин, Г.А. Стеклова, Е.А. Чернявский. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ие, 1988. – 64с.

14. Карташов В.Я. Непрерывные дроби (определения и свойства). – Кемерово: Изд-во Кемеровского государственного университета, 1999.-88с.

15. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. - М.: Советское радио, 1968.- 247с.

16. Мухин В.И. Исследование систем управления: учебник. – М.: Издательство «Экзамен», 2006.

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ¹

С.М. Петрунин, Л.П. Мышляев, Д.А. Агеев, А.М. Петрунин

*ООО «Научно-исследовательский центр систем управления (НИЦ СУ)»,
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк*

Традиционно последовательность синтеза систем управления сводится к созданию объекта управления и последующей разработке управляющей системы в ориентации на фактические или заданные свойства объекта. Предлагается дальнейшее развитие методов синтеза систем управления, сущность которого заключается в совместной разработке объекта и управляющей системы.

Постановку задачи совместного синтеза объекта управления и управляющей системы на этапе проектирования предлагается осуществлять следующим образом:

Дано: 1. Конечное множество структур моделей Φ_j объекта

$$Y_j(t) = \Phi_j(t)[U(t-\theta_U), Y(t-\theta_Y), W(t-\theta_W), \xi(t-\theta_\xi)] \quad (1)$$

где $Y(t)$, $U(t)$, $W(t)$, $\xi(t)$ – соответственно вектора выходных, управляющих, внешних и неконтролируемых воздействий в t -ый момент времени; t – непрерывное или дискретное время; $\theta_U, \theta_Y, \theta_W, \theta_\xi \geq 0$ - время динамической памяти; $j = \overline{1, J}$, J - количество структур моделей объекта; Φ_j - оператор преобразования модели j -той структуры.

¹Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проектам №08-07-00226-а, №08-07-12016-офи.

2. Конечное множество алгоритмов F_1 управления

$$U_1(t) = F_1(t) [U(t - \theta_{U_1}), Y(t - \theta_{Y_1}), W(t - \theta_{W_1}), Y^*(t) + \theta_{Y^*}], \quad (2)$$

где F_1 - оператор l -го алгоритма управления; $l = \overline{1, L}$, L - количество алгоритмов управления объектом, Y^* - вектор задающих воздействий, θ_{Y^*} интервал времени известных предстоящих траекторий.

3. Критерий эффективности вариантов систем управления

$$Q_m = q_m[U_1, Y_j, Y^*, t], \quad (3)$$

где q_m - оператор m -го критерия эффективности вариантов системы управления; $m \in \{j, l\}$.

4. Ограничения

$$U \in U^*, Y \in Y^*, \quad (4)$$

где U^* , Y^* - векторы заданных ограничений на управляющие и выходные воздействия.

Требуется: синтезировать систему управления, оптимизирующую показатель (3) при выполнении ограничений (4).

Решение задачи базируется на натурно-математическом имитационном моделировании вариантов систем управления, сформированных из различных сочетаний моделей объектов и управляющих алгоритмов.

Постановка задачи синтеза алгоритмов управления с оперативной корректировкой свойств объекта не отличается от известных, за исключением того, что в модель объекта управления включены зависимости влияния изменений свойств объекта на изменения целевых показателей качества системы управления.

Решение поставленной задачи в приложении к кислородно-конвертерному процессу производства стали реализовано последовательностью операций.

1. Формирование множества моделей объекта (кислородно-конвертерного процесса) из наиболее хорошо зарекомендовавших себя на практике

- балансовая модель, построенная на основе фундаментальных физико-химических закономерностей

$$\hat{Y}(i) = \Phi_B[U(i), W(i)], \quad (5)$$

где Φ_B - оператор преобразования $U(i)$, $W(i)$, в оценки выходных переменных $\hat{Y}(i)$;

- кибернетическая (функциональная) модель, построенная, преимущественно, статистическими методами и отражающая вход - выходные зависимости

$$\hat{Y}(i) = \Phi_K[U(i - \theta_U), W(i - \theta_W), \xi(i)], \quad (6)$$

где θ_U, θ_W - интервалы динамической памяти; $\xi(i)$ - неконтролируемое возмущение;

- комбинированная модель - рационально объединяющая базовую (опорную) составляющую движения и компоненту в приращениях к базовому движению.

$$\hat{Y}(i) = Y^B[U(i - \theta_U); W(i - \theta_W)]_i + \varphi\{[U(i - \theta_U) - U^B(i - \theta_U)], [W(i - \theta_W) - W^B(i - \theta_W)] + \xi(i)\}, \quad (7)$$

где $Y^B(i)$ - опорное движение, которое может рассчитываться как по балансовым моделям, так и выделением низкочастотной составляющей учитываемых факторов; φ - оператор пересчета отклонений $[U(i - \theta_U) - U^B(i - \theta_U)]$, $[W(i - \theta_W) - W^B(i - \theta_W)]$, от их базовых уровней в отклонения $\delta Y(i)$ выходных переменных.

2. Формирование набора алгоритмов управления кислородно-конвертерным процессом

- балансый алгоритм управления, основу которого составляет балансая модель

$$U(i) = F_B[W(i), Y^*(i)], \quad (8)$$

где F_B – оператор расчета управляющих воздействий;

- алгоритм, восстановительно-прогнозирующего управления, сущность которого можно представить следующими выражениями

$$U^P(i) = U^A(i) - f\{[W^B(i) - W(i)]; [Y^{*B}(i) - Y^*(i)]\}, \quad (9)$$

$$\hat{U}(i) = f_\theta\{U_{mp}(i-\theta)\}, \quad (10)$$

$$U_{mp}(i-1) = U^B(i-1) - f_\Delta\{[W(i-1) - W^B(i-1)]; [Y^*(i-1) - Y^{*B}(i-1)]\}, \quad (11)$$

$$U^B(i-1) = U(i-1) + \psi^{-1}[Y(i-1) - Y^*(i-1)], \quad (12)$$

где f_θ – оператор экстраполяции; θ – величина интервала памяти; индексы «В» – восстановленное значение; «Б» – базовое; «пр» – приведенное; «р» – расчетное;

- комбинированный алгоритм, объединяющий балансый и восстановительно-прогнозирующий алгоритмы, в частности базовые значения управлений рассчитываются по балансому алгоритму (8), а их корректировки по выражениям (9)-(11).

3. Формирование набора моделей систем управления из сочетаний «модель объекта - алгоритм управления». Известные модели (5) - (7) не отражают влияния изменений структуры объекта на выходные переменные, что отрицательно сказывается на их точность прогноза этими моделями. Так совместное попадание в заданную зону по содержанию углерода, фосфора и температуры стали на повалке не превышает для балансоей модели 39%, а для комбинированной 57%. Поэтому в эти модели введены новые факторы, отражающие влияние начальной топографии футеровки конвертера и ее изменений по ходу кампании футеровки; изменений параметров продувочной фурмы (угла раскрытия сопел); изменений фракционных характеристик подаваемой в конвертер по ходу продувки извести.

Коэффициенты моделей были оценены статистической обработкой данных, полученных в ходе специальных исследований по модернизации технологических агрегатов. В результате точность прогноза повысилась для балансоей моделей до 57%, комбинированных до 71%

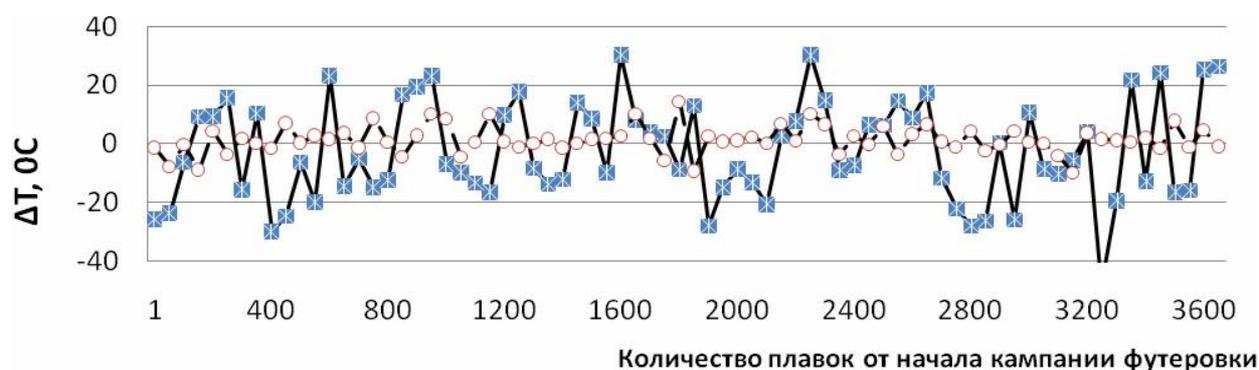


Рисунок 1 – Динамика отклонения ΔT от заданных значений температуры металла на повалке конвертера №2 ОАО «Северсталь»:

- - без корректировки свойств объекта по ходу кампании;
- - с корректировкой свойств объекта по ходу кампании.

Для примера на рисунке представлены сопоставительные результаты прогнозирования температуры на выпуске из конвертера (T).

Предложенные модели использовали для построения алгоритмов управления (8) – (12).

Комплексная оценка эффективности сочетаний «лучшая модель объекта – алгоритм управления» получена пересчетным имитационным моделированием по данным 12 кампаний

кислородно-конвертерного цеха ОАО «Северсталь». Полученные результаты приведены в таблице, из которых следует однозначный вывод: с экономической точки зрения наиболее эффективен вариант, когда на объекте будут реализованы предлагаемые изменения объекта (заданная топография внутренней поверхности футеровки, отдельная, пофракционная подача извести по ходу продувки, угол раскрытия сопел продувочной фурмы до 14 градусов) в совокупности с комбинированным алгоритмом управления.

Последующее внедрение предложенного варианта в условиях ОАО «Северсталь» подтвердило правильность сделанного вывода.

Таблица - Результаты имитационного пересчетного моделирования различных вариантов систем управления

Оценочные показатели	Доля (%) попадания в заданные пределы			Технико-экономическая эффективность			Изменение затрат на техноло- гические нововведения, млн. руб.	Затраты на реали- зацию алгоритмов, млн. руб.	Суммарный экономиче- ский эффект, млн. руб. в год
	по Т	по {С,Т}	по {С,Т,Р}	расход извести, кг/т	Выход жидкой стали, %	изменение длитель- ности цикла плавки, мин			
1. Комбинированная модель – балансовый алгоритм	<u>55</u> 64	<u>49</u> 61	<u>46</u> 57	<u>41,8</u> 39,1	<u>86,2</u> 87,1	<u>0,5</u> 0	0,2	6,91	<u>- 15,2</u> - 12,2
2. Комбинированная модель – восстановительно- прогнозирующий алгоритм	<u>59</u> 71	<u>54</u> 59	<u>49</u> 53	<u>40,3</u> 38,8	86,9 87,9	<u>0,6</u> -0,3	-1,3	6,93	<u>+ 52,2</u> + 55,2
3. Комбинированная модель – комбинированный алгоритм	<u>69</u> 81	<u>62</u> 73	<u>55</u> 71	<u>38,4</u> 34,1	87,6 88,9	<u>0,6</u> -0,6	-2,1	7,02	<u>+ 90,2</u> + 112,2

* - в числителе значения показателей без изменения объекта управления, в знаменателе значения показателей с дополнительными изменениями объекта управления.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ НАУЧНОЙ МЕТОДОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРНЕТОВСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Б.Н. Поляков

*Российский государственный профессионально-педагогический университет,
г. Екатеринбург*

Известно [1], что проблема повышения надежности и долговечности в индивидуальном машиностроении и тем более управление этими показателями на стадии проектирования - это комплексная проблема, для решения которой требуется переход всей системы проектирования на качественно новый информационный уровень, на современные индустриальные методы проектирования (математическое моделирование и САПР) при максимальном применении вычислительной техники, для чего необходимо:

- 1) формирование математических моделей и создание классификации нагруженности широкой гаммы оборудования, с учетом их связи с параметрами технологических процессов, которые могут быть выполнены только с помощью современных информационно - измерительных систем на основе ЭВМ;
- 2) формирование пакета прикладных программ для решения на ЭВМ в диалоговом режиме упругих, термоупругих и термоупругопластических статистических краевых

задач в плоской и объемных постановках, с целью оперативного получения оценок (в том числе и статистических) напряженного и деформированного состояний деталей и конструкций любых сложных конфигураций и их последующей оптимизации, с оценкой срока службы или вероятностей разрушения (решение задач САПР);

3) научиться управлять механическими и другими служебными свойствами материала и его структуры и, в конечном итоге, создание материалов с заданными свойствами, с последующим формированием соответствующего банка данных по материаловедению, с целью обоснованного (с позиции экономики) выбора материала, с учетом максимального использования его возможностей при заданном сроке службы.

Эти задачи могут быть успешно решены только при активном взаимодействии конструкторов, исследователей, математиков, специалистов по материаловедению и термической обработке, службы эксплуатации оборудования.

Решение проблемы надёжности требует резкого повышения и более высокого уровня информационного обеспечения всех аспектов конструирования, в том числе и культуры и уровня знаний специалистов и, конечно, повышения технологической дисциплины и культуры обслуживания и эксплуатации, в том числе введения элементов диагностики и мониторинга состояний технологий и оборудования и широкого применения автоматического программного управления на производстве.

Достичь поставленных целей можно руководствуясь только единством двух методологий: традиционными методами расчёта машин (можно назвать “ макроанализом ”) - на уровне интегральных, обобщенных оценок, совместно с чувством интуиции, опирающимся на практику и опыт, и современными аналитическими методами, основанными на максимальном использовании вычислительной техники и численных методов, дающих дифференциальные характеристики (“ микроанализ ”) технологических процессов и деталей, узлов и систем машин, бóльший приоритет и перспективность которых (особенно САПР) абсолютно несомненны.

В настоящее время закономерности развития мировых технологий и техники характеризуются значительным увеличением различных классов и повышением сложности технических систем, возрастанием затрат на проектирование и изготовление единицы массы конструкций, продолжительности их разработки и рядом других показателей.

Возможности использования традиционных информационных технологий и средств проектирования весьма ограничены и недостаточны для решения сложных задач. Кроме того, увеличение количества разработчиков приводит к пропорциональному росту энтропии создаваемых систем, т.е. к увеличению дефектов [2].

Вышеперечисленные факторы и ряд других не менее значимых факторов и проблем, особенно в новых экономических условиях (когда изменились критерии проектирования, их конкретизация и увеличился прагматизм), делают актуальным и целесообразным создание информационно - интегрированных САПР, обеспечивающих последовательно - сквозную автоматизацию проектирования: от замысла, изготовления и эксплуатации до экологически чистой утилизации, строящихся на основе современных вычислительной технике и строгих математических методов. Такой подход особенно необходим при проектировании сложных и комплексных технических систем тяжелого машиностроения: прокатных станов, машин непрерывного литья заготовок, горного и бурового оборудование и т.п. (не говоря уже о летательных аппаратах и космических системах, требующих несравнимо бóльшей живучести и безопасности). Поэтому без фундаментального научного анализа проблем и разработки теории проектирования сложных технических систем на основе САПР дальнейшее развитие и повышение надежности этой техники, по нашему мнению, невозможны. Применение же известных и весьма совершенных и локальных систем САПР не решит проблемы в целом, а компиляция ” натуральных программных хозяйств ” не даст существенного эффекта [3].

Для САПР, объединяющего все новейшие достижения фундаментальных наук и повышающего культуру проектирования, характерны следующие основные черты современной научной методологии:

- формирование математического и программного обеспечения для создания изделий, начиная с технического задания и кончая экологически чистой их утилизацией - применение принципов технологии CALS (Continuous Acquisition and Life - Cycle Support, < <http://navysgml.dt.navy.mil/> >);

- применение методов системного анализа и исследования операций, как следствия иерархической структуры задач проектирования, насыщенность строгими математическими методами (численными и аналитическими), в том числе оптимального управления, методами, повышающими точность и достоверность расчетных задач (метод конечных и суперэлементов и др.), при целесообразной их статистической постановке (желательно в режиме случайных процессов), методами идентификации и верификации математических моделей функционирования технических систем (адекватность и повышение точности), широкое использование компьютерного моделирования и вычислительных экспериментов, статистических методов их планирования и анализа результатов и ряда других современных методов;

- максимальное применение новейших достижений в материаловедении и высоких технологий (материалов с заданными свойствами, с их управлением на микроуровне, композитов и т.п.);

- широчайшее использование в системе и подсистемах САПР диалоговых процедур, содержащих экспертные системы и элементы искусственного интеллекта, а также идеи и подходы системного программного обеспечения, что сохраняет и обеспечивает главенствующую роль конструктора в проектировании, формирует основы не только широкого применения микропроцессоров в структуре приводов механизмов, но и создания интегрированных систем машин и сложных автоматизированных комплексов;

- обязательное научное обобщение (формирование базы знаний) и применение предыдущего опыта проектирования, за счет организации и использования при эксплуатации информационных и диагностических систем (в том числе мониторинга и самодиагностики машин, для управления надежностью и оптимизации технического обслуживания и обучения персонала) - математических моделей функционирующих объектов - аналогов и прототипов проектируемых, а также компьютеризированных испытательных стендов и полигонов;

- широкое применение всего комплекса современной вычислительной техники и информационных технологий, реализуемых только в сетевых системах.

Широчайшие возможности и достоинства всемирной сети Интернет также вносят свою специфику в развитие современных САПР.

Условия, создающиеся объективно развивающейся мировой интернетовской цивилизацией, непрерывно увеличивающаяся насыщенность микропроцессорной техникой и информационными технологиями промышленности и социальных общественных структур формируют уникальные возможности научной методологии автоматизированного проектирования новых технологических линий, машин и агрегатов. Например, нам представляется, что на основе компьютерной сети Интернет - этого виртуального аналога функционирования человеческого сообщества в глобальном масштабе - в ближайшем будущем для машиностроения возможны:

- создание всемирной справочной системы нормативно-технической информации по автоматизированному проектированию и конструированию в машиностроении (банка стандартов);

- оперативный межрегиональный и межгосударственный обмен технической информацией и конструкторской документацией, необходимой для проектирования конкретного объекта, а также базами знаний и методами проектирования между фирмами, решающими подобные технические задачи и проблемы;

- создание и применение мировой унификации типовых деталей и узлов машин и оборудования;
- межрегиональная и межгосударственная кооперация комплектующими изделиями и типовыми узлами машин;
- объединение и совмещение технологий и машин, т. е. их агрегатирование на основе применения принципиально новых высоких технологий и микропроцессорных средств интеллектуального управления, предельно сокращенных по протяженности технологических линий, за счет объединения технологических функций и максимального использования диагностических информационных систем;
- относительное и существенное снижение массы, упрощение структур и конструкций механических частей агрегатов, за счет передачи микропроцессорным системам управления приводами (содержащими элементы искусственного интеллекта) кинематических функций механизмов, что создает условия формирования машинного агрегата с переменными (в режиме реального времени) кинематическими и динамическими свойствами, с самодиагностикой и адаптацией к изменяющимся параметрам технологических процессов и условий эксплуатации.

Вполне возможны и многие другие варианты развития научной методологии проектирования в условиях развивающейся сети Интернет, которые сейчас даже невозможно предположить.

Изложенное рекомендуется учитывать при организации САПР на машиностроительных и других предприятиях.

Литература

1. Повышение качества технологий, несущей способности конструкций, долговечности оборудования и эффективности автоматических систем прокатных станов. ISBN 5-98947-023 -1. – СПб.: Реноме, Июль, 2006, - 528с. Регистрация в Библиотеке Конгресса США под номером TS340.P596 2006.
2. Поляков Б.Н., Крепышев Г.Б. САПР в металлургии, машиностроении и приборостроении. Екатеринбург: Изд - во Урал. гос. проф. - пед. ун -та, 2000. 129с.
3. Поляков Б.Н. Повышение качества технологий и долговечности оборудования прокатных станов. Екатеринбург: Изд - во Урал. гос. проф.- пед. ун - та, 1994. Ч.2. 192 с.

ВЛИЯНИЕ КВАНТОВАНИЯ НА ПРИНЦИП ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Д.Ю. Сахнин, М.А. Сахнина

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Как правило, в системе автоматического управления имеется квантование сигналов. Как только в состав САУ включается цифровой вычислитель, т.е. специализированная управляющая ЭВМ со специальными цифро-аналоговыми контроллерами ввода/вывода, немедленно возникают два квантования - по уровню и по времени.

Исследования по эквивалентности моделей, получаемых с помощью модифицированного метода Висковатова (ММВ), проводились только с учетом влияния квантования по времени. Модифицированный метод Висковатова это алгоритм позволяющий идентифицировать структуру и параметры объекта управления по дискретным отсчетам вход-выходных параметров.

Суть метода заключается в том, что на основе дискретных вход-выходных данных формируется расчетная идентифицирующая матрица. Первые две строки этой матрицы представляют последовательные измерения входной и выходной переменных, а остальные элементы рассчитываются рекуррентным соотношением до тех пор, пока не появляется строка с нулевыми элементами. Первый столбец до нулевой строки определяет структуру и значения параметров дискретной передаточной функции. Подробно познакомиться с этим методом можно в работах [2, 3].

Цель этой работы: исследовать влияние квантования на эквивалентность моделей, получаемых модифицированным методом Висковатова.

Для начала объясним суть принципа эквивалентности. К сожалению, формализованное доказательство этого принципа достаточно громоздко, поэтому остановимся на описании этого принципа на инженерном уровне. Предположим, что модели объекта рассматриваются в модальной форме передаточных функций:

$$G(s) = k \frac{\prod_{i=1}^m (s - s_i^H)}{\prod_{j=1}^n (s - s_j^P)}, \quad (1)$$

$$G(z, \Delta t) = k \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (z - z_i^H)}{\prod_{j=1}^{n_1} (z - z_j^P)}. \quad (2)$$

Формула (1) это непрерывная передаточная функция объекта управления, k – коэффициент передачи, s_i^H , $i=1..m$ – нули, s_j^P , $j=1..n$ – полюса. Формула (2) это дискретная передаточная функция, модель объекта полученная для шага дискретизации Δt , k – коэффициент передачи, z_i^H , $i=1..m_1$ – нули, z_j^P , $j=1..n_1$ – полюса. Связь между переменными s в (1) и z в (2)

определяется согласованным нелинейным Z -преобразованием [1, 3, 4, 7, 8] $z = e^{s\Delta t}$, где Δt – длительность периода дискретизации.

Исследования [2, 3, 5, 6] с помощью модифицированного метода Висковатова показали, что существует такой шаг дискретизации Δt_{\min} , зависящий от структурных свойств объекта (1), при котором выбор шага дискретизации $\Delta t < \Delta t_{\min}$ не позволяет решить задачу SP-идентификации, так как наблюдается подмена структуры модели объекта (2). С другой стороны, шаг дискретизации Δt не должен быть больше величины Δt_{\max} , определяющей нахождение всех полюсов и нулей непрерывной передаточной функции объекта в основной полосе $\left(-\frac{\pi}{\Delta t_{\max}}, \frac{\pi}{\Delta t_{\max}}\right)$. Таким образом, величину шага дискретизации Δt следует выбирать из некоторого интервала $(\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$.

Вариация шага дискретизации на интервале $(\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$ порождает континуальное множество дискретных моделей:

$$G(z, \Delta t_1) = k_1 \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (z - z_i^{H1})}{\prod_{j=1}^{n_1} (z - z_j^{P1})}, \quad G(z, \Delta t_2) = k_2 \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (z - z_i^{H2})}{\prod_{j=1}^{n_1} (z - z_j^{P2})}, \dots$$

Все такие модели являются эквивалентными между собой, так как взаимно-однозначны непрерывной передаточной функции (1). От каждой из них можно произвести переход к непрерывному описанию (1). Более того, можно установить отношение эквивалентности между ними, т.е., зная дискретную модель для любого $\Delta t \in (\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$, можно по ней восстановить дискретную модель для любого другого шага дискретизации $\Delta t' \in (\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$, $\Delta t' \neq \Delta t$.

На конструктивном уровне принцип эквивалентности можно сформулировать как выполнение свойств рефлексивности, симметричности и транзитивности бинарного отношения «Быть моделью чего-то», $R : M_1 \rightarrow M_2$, где M_1 – объект моделирования, а M_2 – его модель [4]. Отношение

1. рефлексивно, если M_1RM_1 ;
2. симметрично, если из M_1RM_2 следует M_2RM_1 ;
3. транзитивно, если из M_1RM_2 и M_2RM_3 следует M_1RM_3 .

Таким образом, для динамического объекта существует множество значений периодов дискретизаций (Δt_{\min} , Δt_{\max}), при которых осуществляется эквивалентность дискретных моделей, сохраняющих динамические свойства объекта.

Для определения Δt_{\max} при решении задачи структурно параметрической идентификации было сформулировано условие SP-идентифицируемости[3, 5]: “Если предположить, что кроме действительных нулей и полюсов существуют пары комплексно-сопряженных нулей и полюсов непрерывной передаточной функции соответственно $s_1^H, s_2^H, \dots, s_m^H$, $s_1^H, s_2^H, \dots, s_n^H$, то мнимые части указанных особых точек должны удовлетворять условию SP-идентифицируемости в следующей форме:

$$\Delta t \cdot \max \left| \operatorname{Im} \left[s_1^H, s_2^H, \dots, s_m^H, s_1^H, s_2^H, \dots, s_n^H \right] \right| < \pi,$$

где Δt – величина шага дискретизации”.

Если все особые точки вещественны, не удастся воспользоваться условием SP-идентифицируемости. Если объект имеет только действительные полюса $s_1^H, s_2^H, \dots, s_n^H$, то для выбора шага дискретизации позволяющего построить с помощью модифицированного алгоритма В. Висковатова его дискретную модель, удовлетворяющую принципу эквивалентности, можно воспользоваться соотношением $\Delta t \in (\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$, где Δt_{\min} , Δt_{\max} определяются по формулам[6]:

$$\Delta t_{\min} = -\frac{\ln|1-\varepsilon|}{\min(|s_1^H|, |s_2^H|, \dots, |s_n^H|)}, \quad (3)$$

$$\Delta t_{\max} = -\frac{\ln|\varepsilon|}{\max(|s_1^H|, |s_2^H|, \dots, |s_n^H|)}, \quad (4)$$

где ε – некоторая заданная сколь угодно малая величина ($\varepsilon > 0$).

Принцип эквивалентности можно проиллюстрировать на следующем примере:

Пусть апериодический объект первого порядка задан непрерывной передаточной функцией вида:

$$G(s) = \frac{1}{2s+1}. \quad (5)$$

Динамические свойства этого объекта характеризует полюс $s=-0,5$. Согласно принципу эквивалентности шаг дискретизации (формулы 3 и 4) следует выбирать из интервала $(\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})=(0,1;6)$. Возьмем значение шага дискретизации равными $\Delta t_1=1$ с. И $\Delta t_2=2$ с., и построим дискретные передаточные функции с помощью ММВ[2, 3] вида:

$$G(z, \Delta t_1) = \frac{0,3935z^{-1}}{1-0,6065z^{-1}}, \quad G(z, \Delta t_2) = \frac{0,6321z^{-1}}{1-0,3679z^{-1}}, \quad (6)$$

полюса которых примут значение $z_1^H = 0,6065$; $z_2^H = 0,3679$.

Используя взаимнооднозначное отображение, получим проекции полюсов в s -плоскости. Они примут вид:

$$s_1^H = \frac{1}{\Delta t_1} \ln|z_1^H| = 0,5; \quad s_2^H = \frac{1}{\Delta t_2} \ln|z_2^H| = 0,5.$$

Отсюда следует, что каждая из дискретных моделей (6) будет эквивалентна непрерывному объекту (5). Более того, с помощью соотношения $z_1^H = e^{\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \ln|z_2^H|}$, можно установить отношение эквивалентности между полученными дискретными моделями.

Аналоговые входные устройства обычно выдают сигналы в виде напряжения или тока стандартного диапазона. Эти сигналы квантуются по уровню в АЦП и переводятся в цифровые коды. Соотношение между шагом квантования Δ и разрядностью АЦП N имеет вид: $\Delta = 2^{-N}[1]$.

На выходе АЦП формируется значение $y_Q = L\Delta$, где $L = 0, 1, 2, \dots, N$ целое число шагов квантования Δ . Остаток $\delta_y < \Delta$ либо округляется, либо усекается. В обоих случаях справедливо соотношение: $y = y_Q + \delta_y$. Где ошибка квантования заключена в следующих пределах: при округлении $-0,5 \leq (\delta_y/\Delta)_R < 0,5$; при усечении $0 \leq (\delta_y/\Delta)_T < 1$.

Исследуем влияние АЦП на эквивалентность моделей, используя следующие ограничения: напряжение на входе имеет диапазон 0-10В; остаток δ_y округляется.

Для этого выходная переменная $y(n\Delta t)$ преобразуется в выходную переменную АЦП $y_Q(n\Delta t)$ следующим образом:

$$y_Q(n\Delta t) = \Delta L, \text{ где } L = \begin{cases} \left\lfloor \frac{y(n\Delta t)}{\Delta} \right\rfloor, & \left\{ \frac{y(n\Delta t)}{\Delta} \right\} \leq 0,5 \\ \left\lfloor \frac{y(n\Delta t)}{\Delta} \right\rfloor + 1, & \left\{ \frac{y(n\Delta t)}{\Delta} \right\} > 0,5 \end{cases}$$

Проведем исследование на конкретных объектах.

Пример 1: Рассмотрим апериодический объект первого порядка с непрерывной передаточной функцией вида:

$$G(s) = \frac{4}{2s + 1}$$

Динамические свойства этого объекта характеризует полюс $s = -0,5$. Согласно принципу эквивалентности, шаг дискретизации Δt следует выбирать из интервала $(0, 1; 6)$. Варьируя Δt в этих пределах провели исследование для АЦП с разрядностями 8, 12, 16.

На рисунках 1-3 изображен разброс, восстанавливаемых полюсов с помощью ММВ, относительно точного значения полюса $s = -0,5$ при варьировании шага (шаг вариации 0,1) дискретизации на интервале $(0, 1; 6)$, для 8, 12 и 16 разрядного АЦП соответственно.

Анализ графиков показывает, что с увеличением разрядности АЦП увеличивается точность восстанавливаемого полюса. Для 8 разрядного АЦП относительная погрешность восстановленного полюса при Δt близких к Δt_{\min} превышает 10%.

Пример 2: Рассмотрим апериодический объект второго порядка с непрерывной передаточной функцией вида:

$$G(s) = \frac{4}{(3s + 1)(5s + 1)}$$

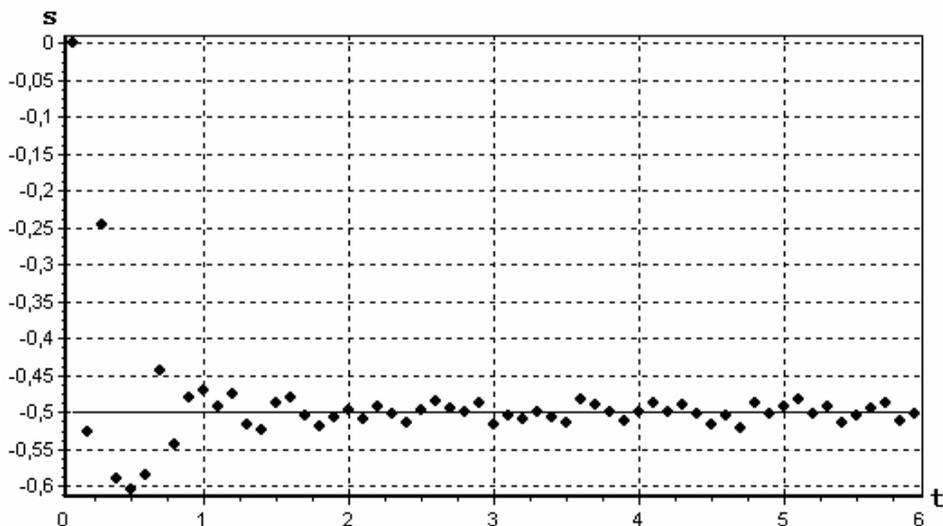


Рисунок 1 – Разброс восстанавливаемых полюсов относительно точного значения полюса для 8 разрядного АЦП

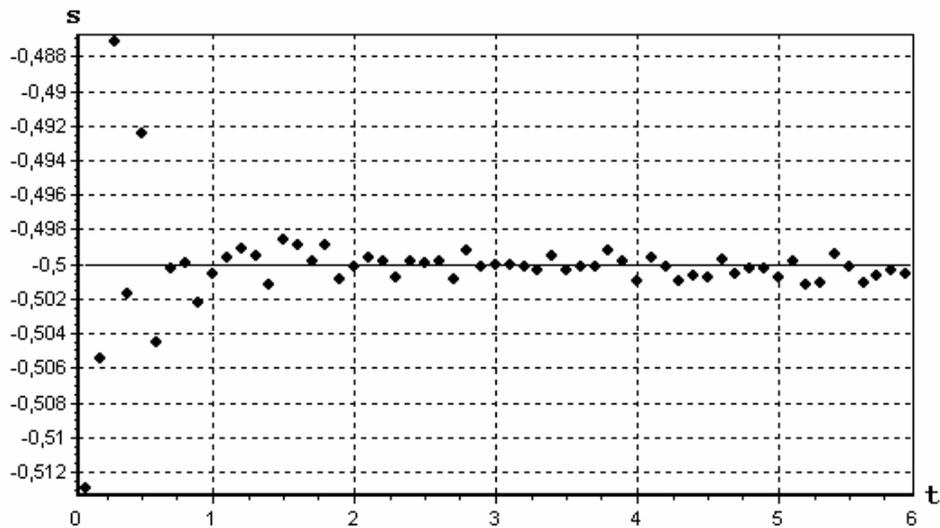


Рисунок 2 – Разброс восстанавливаемых полюсов относительного точного значения полюса для 12 разрядного АЦП

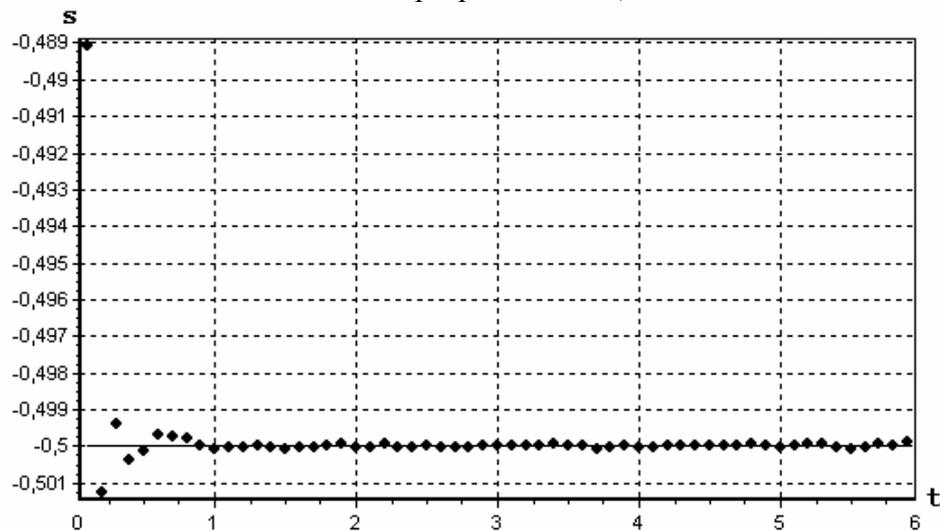


Рисунок 3 – Разброс восстанавливаемых полюсов относительного точного значения полюса для 16 разрядного АЦП

Динамические свойства этого объекта характеризуют полюса $s_1 = -0,33333$ и $s_2 = -0,2$. Согласно принципу эквивалентности, шаг дискретизации Δt следует выбирать из интервала $(0,3; 9)$. Варьируя Δt в этих пределах провели исследование для АЦП с разрядностями 8, 12, 16. На рисунках 4-6 изображен разброс восстанавливаемых полюсов с помощью ММВ, относительно их точного значения при варьировании шага(шаг вариации 0,1) дискретизации на интервале $(0,3; 9)$, для 8, 12 и 16 разрядного АЦП соответственно.

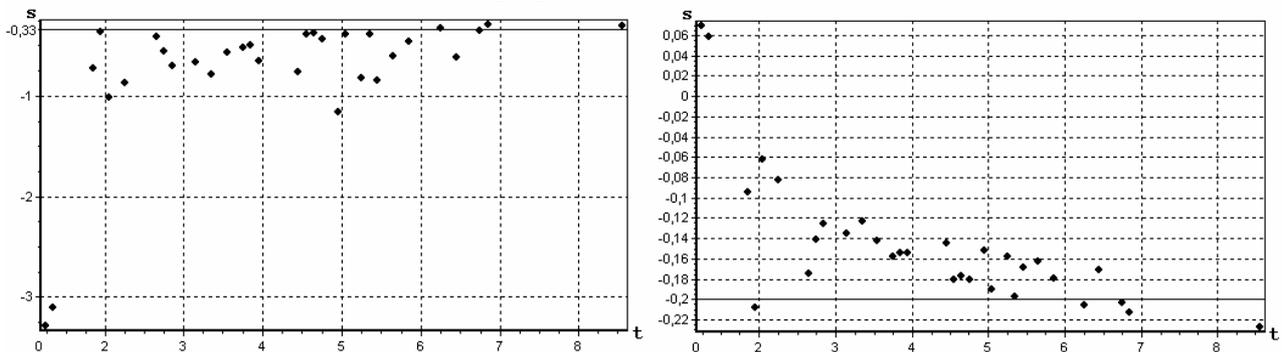


Рисунок 4 – Разброс восстанавливаемых полюсов относительно их точного значения для 8 разрядного АЦП

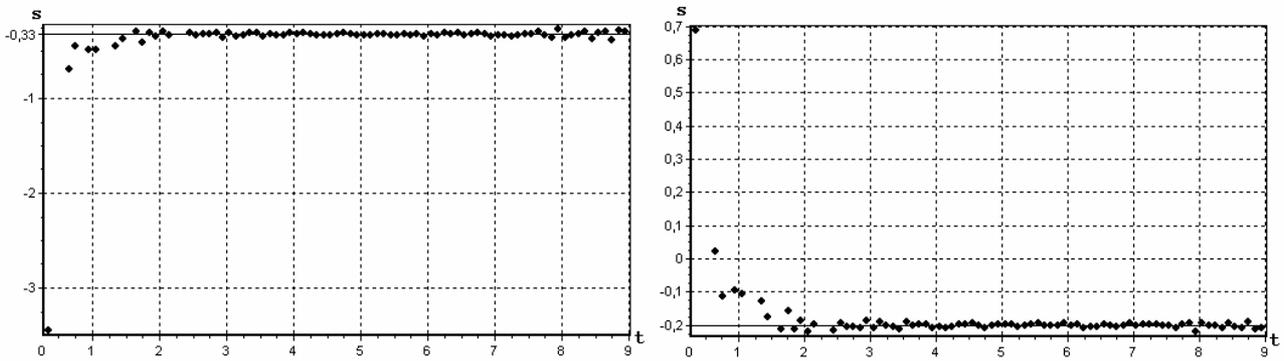


Рисунок 5 – Разброс восстанавливаемых полюсов относительно их точного значения для 12 разрядного АЦП

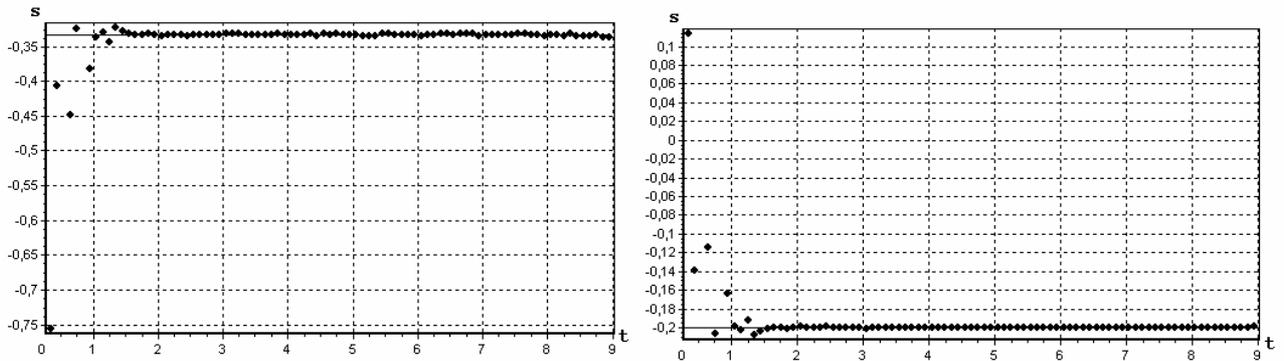


Рисунок 6 – Разброс восстанавливаемых полюсов относительно их точного значения для 16 разрядного АЦП

Анализ графиков показывает, что для 8 разрядного АЦП невозможно выделить область из интервала $(\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$, в которой получается эквивалентную модель. Принцип эквивалентности выполняется только при некоторых значениях Δt . Увеличение разрядности АЦП приводит к появлению конечного интервала из $(\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$, на котором выполняется принцип эквивалентности. При Δt близких к Δt_{\min} принцип эквивалентности не выполняется.

Проведенные исследования позволяют сделать следующий вывод: для исследуемых объектов можно установить следующую связь между разрядностью АЦП и принципом эквивалентности:

$$(\Delta t_{\min}^8, \Delta t_{\max}^8) \subset (\Delta t_{\min}^{12}, \Delta t_{\max}^{12}) \subset (\Delta t_{\min}^{16}, \Delta t_{\max}^{16}) \subset (\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max}),$$

где $(\Delta t_{\min}^k, \Delta t_{\max}^k)$ – интервал, где выполняется принцип эквивалентности для k разрядного АЦП ($k=8, 12, 16$); $(\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max})$ – интервал, определяемый по принципу эквивалентности без учета АЦП.

Таким образом, квантование сужает интервал шагов дискретизации, на котором выполняется принцип эквивалентности.

Литература

1. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984 – 541с.
2. Карташов В.Я. Анализ и исследование аппроксимационных свойств непрерывных дробей при решении задачи структурно-параметрической идентификации динамических объектов /Препринт № 22 – Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1996. – 40с.
3. Карташов В.Я. Цифровые системы контроля с идентификацией динамических свойств и характеристик сложных объектов/ дисс. на соискание ученой степени д.т.н. – Кемерово, 1997г. – 504с.
4. Карташов В.Я. Эквивалентность дискретных моделей – реальность? // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – №8. – С. 40–44.
5. Карташов В.Я., Инденко О.Н., Александров А.В. Влияние периода дискретизации на структурно-параметрическое соответствие между непрерывной и дискретной по времени моделями линейного динамического объекта/Препринт № 15.- Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1996.-36 с.

6. Карташов В.Я., Сахнин Д.Ю. Структурно-параметрическая идентификация дискретных моделей объектов с запаздыванием для настройки регуляторов Смита. // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 5. – С. 19-23.
7. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления.- М.: Машиностроение, 1986.- 448 с.
8. Остром К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ. М.: Мир, 1987 – 475с.
9. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986 – 616с.
10. Сахнин Д.Ю., Сахнина М.А. Влияние АЦП на принцип эквивалентности. / Образование, наука, инновации – вклад молодых исследователей: материалы IV (XXXVI) Международной научно-практической конференции / Кемеровский госуниверситет. – Кемерово: ООО «ИНТ», 2009. – Вып. 10. – Т. 2. – С. 193-195.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗОВАННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

В.И. Соловьев

*Научно-инженерный центр Ассоциации содействия Всемирной лаборатории,
г. Москва*

Учитывая многолетний опыт разработки и внедрения интеллектуальных систем оперативного управления технологическими агрегатами и бизнес-процессами на предприятиях черной металлургии [1 – 4], целесообразно представить основные соображения о возможной универсальности применяемого нами подхода для управления сложными организованными объектами. Под сложными организованными объектами, в общем случае, будет пониматься некоторое организованное единство всех согласованно действующих в них процессов, органов, систем или функциональных узлов, не относящиеся к животному или растительному миру, но обладающие основными свойствами живых организмов. Такие объекты названы нами “Коборгами” – Coborgs (complex organized objects), а системы управления ими - SmartCoborgSystems.

К коборгам относятся все организованные объекты в технической, экономической, административной, военной, медицинской, образовательной и др. областях деятельности человеческого общества.

К техно-коборгам относятся, например: транспортные средства, состоящие из комплекса основных узлов (моторного, ходового, электрического и безопасности); металлургические агрегаты, характеризующиеся совокупностью происходящих в них газодинамических, тепловых и химических процессов и т.д. Бизнес-коборги компаний, обществ, предприятий и пр. представляются совокупностью производственной, коммерческой и финансовой видами деятельности. В свою очередь, производственная деятельность определяется совокупностью следующих функциональных узлов: объемом выпускаемой продукции или услуг; эффективностью производства, включающей качество продукции или услуг, удельные расходы сырья и материалов или себестоимость услуг; реализацией товаров или услуг в натуральном и стоимостном выражении. Финансовая деятельность определяется как совокупность следующих основных функциональных компонентов: ликвидности; рентабельности; финансовой устойчивости; деловой активности. Система экономической безопасности организации представляет совокупность производственного, финансового и социального комплексов.

Очевидно, что коборги более высокого порядка могут объединяться с соответствующими коборгами более низкого порядка, образуя древовидную структуру любой сложности. Основное назначение коборга - наиболее эффективное выполнение функций, заложенных при его создании, развитии, зрелости и старения, т.е. на всех стадиях жизненного цикла организованного объекта.

Определяющим свойством любого организма, в том числе коборга, является его

состояние, которое описывается определенным числом внутренних параметров состояния (ВПС). Внутренними параметрами состояния являются, например, давление и уровень моторного масла, температура охлаждающей жидкости и пр. в транспортных средствах; скорость движения шихты, газодинамические (расход и давление дутья) и температурные параметры в доменном процессе; финансовые обязательства, поступление и расходование средств, реализации продукции и услуг, рентабельность, платежеспособность, ликвидность, финансовая устойчивость и др. в финансово-экономической деятельности компании или предприятия.

Текущие значения и характер изменения этих параметров отражают состояние и определяют результат деятельности или функционирования сложного объекта. При непрерывном диагностировании состояния коборга можно с достаточной вероятностью предсказать (прогнозировать) величину приближения или удаления от поставленной цели. Очевидно, что независимо от природы коборга его эффективное функционирование возможно тогда, когда он находится в нормальном состоянии.

Нормальное состояние коборга, соответствующее достижению или приближению к поставленной цели (целевой функции), обеспечивается в случае, когда его основные ВПС находятся в заданных интервалах. Интервалы нормального состояния определяются на каждой стадии жизненного цикла коборга в виде различных проектных нормативов, заданных диапазонов и траекторий, предельно допустимых минимальных или максимальных величин, обеспечивающих оптимальную эффективность его функционирования. Под функциональным расстройством или нежелательным изменением состояния коборга будем понимать нарушение нормального функционирования какого-либо процесса, органа, узла или какой-либо системы, входящих в состав этого коборга, носящее периодический или постоянный характер. Как правило, расстройство организма связано с закономерным сочетанием и развитием симптомов расстройства или заболевания. В коборгах используются так называемые объективные симптомы, диагностируемые (наблюдаемые) в процессе его обследования в реальном или псевдореальном времени. Симптом расстройства представляет собой устойчивое отклонение текущего значения ВПС коборга от заданного диапазона под влиянием возмущений. Добавим, что полезную информацию о дополнительных характеристиках симптома (устойчивость тренда, максимальная амплитуда, скорость нарастания и др.) можно извлекать на всем диапазоне текущего изменения ВПС. Функциональным расстройством Q будем называть аномальное состояние объекта, характеризующееся определенной симптоматикой, т.е. набором признаков $\{\pi_i(Q)\}$, в совокупности определяющих классифицирующую функцию данного расстройства $W(Q)$. В контексте определения $W(Q)$ - это логическая функция на множестве переменных состояния и признаков (симптомов), зависящих от вида расстройства $\{\pi_i(Q), i = 1, 2, \dots, I(Q)\}$. В задачах, связанных с диагностированием текущего состояния объекта, такими признаками чаще всего являются выход отдельного показателя y_j за рамки области допустимых значений $\Omega_j(Q)$, например:

$$\pi_i(Q) = 0 \text{ если } y_j \in \Omega_j(Q) \text{ и } \pi_i(Q) = 1 \text{ если } y_j \notin \Omega_j(Q) \quad (1)$$

Аналогично можно определить признаки и на совокупности контролируемых ВПС объекта. Симптомы могут формулироваться на основе агрегирования переменных, дисперсионных и иных оценок. Если интересуют тренды показателей, то для определения симптома используют динамические модели и различные прогнозные схемы. Последние особенно актуальны для ранней диагностики расстройств, выявления наиболее информативных переменных состояния и надежных симптомов.

Чаще всего при симптомах типа (1) классифицирующая функция $W(Q)$ представляет собой дизъюнктивную форму, соответствующую одновременному проявлению всех признаков расстройства:

$$W(Q) = \&_{i \in I(Q)} \pi_i(Q) \quad (2)$$

Однако, реальная конструкция функции $W(\{\pi_i(Q)\})$ значительно сложнее. Она может включать разнообразные вычисления, использовать пороговые функции, сложные

логические выводы и др. В рамках приведенных представлений функциональные расстройства непосредственно связаны с конкретным контролируемым объектом или системой и не существуют в отрыве от них (в отличие от медицинской терминологии, когда говорят о заболеваниях вообще). По этой причине и в силу специфики каждого объекта управления список выявленных расстройств $\{Q_i\}$ носит во многом субъективный характер. Он включает не только типовые, но и вновь выявленные и идентифицированные расстройства в процессе проектирования, практической работы и обобщения опыта в различных областях деятельности. В этом смысле список расстройств, так же как и переменных состояния объекта, имеет прецедентный характер. Нормальные режимы работы, которые также могут быть аналогично расклассифицированы по признакам, являются естественным дополнением к первому списку. Каждому состоянию в рамках общей классификации может быть поставлен в соответствие набор существенных переменных $\{y_j(Q)\}$, отличительных признаков $\{\pi_i(Q)\}$ и правило идентификации в форме классифицирующей функции $W(Q)$. Построенная таким образом общая классификация состояний, является основой для практического построения интеллектуальных систем оперативного диагностирования и управления сложными организованными объектами.

Основываясь на приведенных представлениях, можно сформулировать основную концепцию интеллектуального управления коборгами (SmartCoborgSystems). Суть ее заключается в раннем обнаружении возможных расстройств или нежелательного изменения состояния коборга на любом этапе его жизненного цикла, выявлении возможных причин расстройств и принятии своевременных мер по ликвидации этих расстройств или нежелательных изменений. Отметим, что управление по состоянию сложного организованного объекта является наиболее эффективным, так как независимо от природы возмущений (внутренние, внешние, контролируемые, неконтролируемые или их совокупность), они прежде всего влияют на изменение внутренних параметров состояния коборга.

При практическом создании интеллектуальных систем диагностирования и оперативного управления технологическими агрегатами и бизнес-процессами использован математический аппарат нечеткой логики и, в частности, процедура MYCIN для представления и обработки ненадежных знаний [5,6]. Эта процедура позволяет осуществлять непрерывную количественную оценку расстройства или изменения состояния коборга по текущему значению коэффициента уверенности вывода. При этом база знаний SmartCoborgSystems представлена “коллективным экспертом”, содержащего в себе некую совокупность знаний, извлекаемых из прикладных трудов предметной области, технологических и других инструкций, типовых положений и правил, стандартов, знаний экспертов и др.

Для качественного диагностирования состояния объектно-ориентированных коборгов различной сложности существенной проблемой является создание и использование специальной терминологии расстройств и заболеваний, который, как было указано выше, применительно к рассматриваемым областям деятельности носит в основном прецедентный характер. В этом отношении только в медицине существуют не только понятия общего расстройства функционирования отдельных органов (сердца, желудка, печени, кроветворения и др.) или систем (сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной, опорно-двигательной и др.), но и создана достаточно определенная терминология конкретных заболеваний этих органов и систем (гипертония, рак, ишемия, катары и т.д.).

Объектно-ориентированная терминология расстройств и заболеваний нередко используется при диагностировании состояния технических агрегатов и технологических процессов. Здесь сошлемся на металлургические шахтные печи, в которых расстройства технологического процесса описываются такими терминами расстройства, как периферийный, канальный, центральный, горячий, холодный ход печи. Расстройство агломерационного процесса определяют терминами “недопекание” или “перепекание” шихты при ее спекании на агломерационных машинах. Расстройство кислородно-конвертерной плавки характеризуют такими терминами как “холодное начало”, “выбросы и

выносы металла”, “мягкая или жесткая продувка”, “свернутый или чрезмерно вспененный” шлак и т.д. Разработанные и внедренные нами техно-SmartCoborgSystems в доменном и агломерационном производствах, используют общепринятую терминологию расстройств технологических процессов [7].

Что касается бизнес-деятельности фирм, компаний, предприятий, представляющих области производства, коммерции, экономики и финансов, то здесь, в связи со слабым использованием методов диагностирования при управлении бизнес-процессами, практически отсутствует собственная терминология расстройств и заболеваний. Все это не способствует улучшению качества принимаемых менеджерами компании оперативных управленческих решений. Разработанные нами бизнес-SmartCoborgSystems позволяют диагностировать состояние бизнес-коборга по текущему значению и тренду кривой вероятности развития расстройства с принятием решения о принадлежности к заранее определенному термину состояния типа: “нормальное”, “удовлетворительное”, “неудовлетворительное”, “устойчивое”, “неустойчивое”, “критическое”, “хорошее”, “кризисное” и т.д. Это позволяет оперативно оценивать как текущее состояние “здоровья” бизнес-коборга в целом, так и его отдельных органов. Очевидно, что для коборгов, не имеющей своей собственной терминологии расстройств и заболеваний, эти приемы нечеткой логики при оперативном диагностировании состояния остаются пока единственным решением.

При выборе базовой формальной спецификации, пригодной для описания произвольных вычислений, диалога и экспертных знаний, коммуникационных сетей, вычислений в реальном времени был использован аппарат функциональных сетей (ФС), разработанный в ИСА РАН [8 – 9]. На основе этой спецификации была спроектирована фрагментарная оболочка реального времени, ориентированная на широкий класс задач диагностирования и управления для различных практических приложений.

Далее приведем возможные способы управления по состоянию коборга от степени его расстройства или заболевания, применяемые в разработанных и внедренных нами в эксплуатацию SmartCoborgSystems: 1. Легкое расстройство коборга от кратковременного влияния внутренних или внешних возмущений (кратковременные аварии или технологические расстройства, сбои поставок сырья, транспорта, недостаток оборотных средств, и др.). В этом случае ликвидация возникающего расстройства или нежелательного изменения состояния коборга осуществляется за счет внутренних резервов самого объекта или применением симптоматических воздействий, направленных на подавление возникающего симптома расстройства. Например, при нарушениях ровности хода или изменения нагрева доменной печи оперативно используются одно или несколько симптоматических воздействий по изменению расхода, давления и температуры дутья, расхода природного газа, а также системы загрузки шихтовых материалов. В агломерационном процессе для ликвидации расстройства, связанного с ранним или поздним окончанием спекания, оперативно используются одно или несколько симптоматических воздействий по изменению скорости агломашины, корректировке расхода топлива или возврата в шихту. В бизнес-системах такими симптоматическими воздействиями при намечающихся расстройствах могут быть дополнительные краткосрочные займы при недостатке текущих оборотных средств, снижение запасов при снижении рентабельности активов, снижение задолженности учредителям по выплате доходов при снижении абсолютной ликвидности и т.д. Аналогия с организмом: легкие отравления, или легкие простудные заболевания, с которыми организм может справиться самостоятельно или при кратковременном применении лекарственных средств, исключаяющие симптомы головной боли, болей в желудке и пр. 2. Расстройство коборга, связанное с развитием заболевания. Такие расстройства в техно-коборгах могут возникать, например, из-за явной или скрытой неисправности технических узлов или конструктивных недостатков агрегатов, неправильно заданных параметров технологического режима и т.д. При этом для ликвидации расстройства требуется, как правило, выявлять и устранять его причину, или, в противном случае, если это представляется возможным, затрачивать дополнительные материальные, финансовые, трудовые или временные ресурсы для поддержания целевой функции.

Например, при недостаточном или чрезмерном высове фурм доменная печь всегда будет иметь склонность соответственно к развитию периферийного или центрального хода, что потребует дополнительного расхода топлива для достижения удовлетворительного теплового состояния печи. Появление вредных прососов воздуха из-за неисправности газоотводящей системы вызывает снижение производительности агломерационной машины до ликвидации причины этого расстройства. В бизнес-деятельности такого типа расстройства возникают, например, из-за снижения платежеспособности, невозвращения займов и кредитов, затоваривания складов сырьем или готовой продукцией, увеличения сроков оборачиваемости дебиторской или кредиторской задолженности и др. Такая ситуация требует улучшения эффективности управления, применения различных способов мотивации и стимулирования управленческого персонала.

3. Стойкое расстройство (хроническое заболевание) коборга, когда в силу различных причин значения основных производственных и экономических показателей, таких как технико-экономические показатели агрегатов, объемы производства или услуг, реализация, норма прибыли, долгосрочная финансовая независимость и др. длительное время (год и более) находятся ниже запланированных, проектных или устанавливаемых бюджетом величин. Усилия по повышению эффективности управления и применения других организационно-технических мероприятий не дают результатов. Эти ситуации требуют значительных инвестиций и времени для капитальной реконструкции агрегатов, модернизации или реструктуризации компании.

Литература

1. Соловьев В.И., Павлова Е.А., Краснобаев В.А. Интеллектуальная автоматизированная система управления металлургическими агрегатами // Черные металлы. Русское издание: Июль- август 2004.
2. Соловьев В.И., Павлова Е.А., Сухинин В.М., Скороходов А.П. Экспертная система управления процессом спекания агломерата // Черные металлы. Русское издание: март 2006.
3. Буряков М.В., Ипатов Ю.В., Соловьев В.И. Интеллектуальная автоматизированная система управленческого учета // Черные металлы. Русское издание: май 2000.
4. Павлова Е. А., Дьячко А.Г., Соловьев В.И., Ипатов Т.Ю.. Интеллектуальная система диагностирования финансового состояния предприятия.// Известия вузов. Черные металлургия, 2004. №10.
5. Shortliffe E. H.: Computer-based Medical Consultations: MYCIN, Elsevier, New York (1976).
6. Представление и использование знаний. Под ред. Уэно Х, Исидзука М. — М.: Мир, 1989.
7. Соловьев В.И., Ипатов Ю.В., Краснобаев В.А. Патент на изобретение №2251721 «Интеллектуальная система регулирования». Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.05.2005г.
8. Геловани В.А., Юрченко В.В. Проблемы компьютерного моделирования. М: МНИИПУ, 1990.
9. Юрченко В.В. Функциональные сети. М: Наука, 1992.

О СИНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К УПРАВЛЕНИЮ СЛОЖНЫМИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В.П. Цымбал

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Попытаемся сразу же разобраться с терминологией. Что мы будем понимать под термодинамическими объектами, особенно учитывая, что все процессы в мире подчиняются законам термодинамики.

По выражению Н.Винера: любые теории могут быть со временем опровергнуты, кроме теории Гиббса (он дал математическое завершение термодинамической теории).

В связи с этим, с точки зрения возможностей и принципов управления рассмотрим два вида объектов.

1. Объекты механической природы (как правило, искусственно созданные человеком).
2. Объекты термодинамической природы (в значительной степени заимствованные у самой природы). Например, расплавы металлов, шлаков – это частные случаи природных магматических систем.

Объектами механическими можно управлять однозначно, изменяя начальные условия. Снаряд из пушки попадает в цель, если его послать под определенным углом и с определенной скоростью. Сюда же можно отнести и летательные аппараты, если рассматривать их как движение материальной точки по заданной траектории. Роль регулятора (кибернетос-рулевой) при этом сводится к тому, чтобы не позволять этому аппарату (самолету, крылатой ракете и т.д.) существенно удаляться от заданной траектории. Только при таком допущении для описания объекта и синтеза закона управления можно ограничиться относительно простыми линейными дифференциальными управлениями. Классическая теория управления занималась преимущественно объектами такого плана, то есть движущимися объектами. Такой подход затем (и мы в том числе) пытались применять также для управления объектами физико-химической природы, например, для управления химсоставом расплавленного металла по заранее заданной траектории, однако эти многочисленные попытки к успеху не привели. До сих пор так и не удалось создать замкнутой системы управления для таких объектов, ниже мы попытаемся рассмотреть – почему?

Объектами термодинамической природы (на которых ниже мы и сосредоточим внимание) нельзя управлять с помощью начальных условий. В одном моле вещества содержится $6 \cdot 10^{23}$ молекул, а число возможных комплексов из этих молекул (а тем более, если два вещества вступают в реакцию) практически несчетно.

Поэтому объектами такой (физико-химической) природы можно управлять (и то неоднозначно) с помощью граничных условий. При этом они способны выходить из повиновения за счет возможности самопроизвольной организации когерентного поведения, которое может приводить к бифуркациям и различного рода режимам с обострением.

Появление в 1980-81 годах фундаментальных трудов Н. Пригожина [1] и Г. Хакена [2] по теории самоорганизации (синергетике) помогло нам понять, почему такими объектами нельзя управлять «по самолетному». К восприятию идей и принципов синергетики мы были подготовленные еще и потому, что в 1965-70 годах обнаружили и смогли эффективно использовать для снижения энергоемкости процессов явление самораскипания и саморегулирования в мартеновских, электросталеплавильных ваннах и конвертерах.

Остановимся вкратце на этом явлении, поскольку здесь удобно показать, как можно использовать синергетический эффект для управления процессом.

На рисунке 1 показана экспериментально полученная зависимость между расчетным избытком воздуха (кислорода) над теоретически необходимым для сжигания топлива на входе в рабочее пространство мартеновской печи и избытком кислорода (по газовому анализу) на отводящей головке [3].

Линия 1 соответствует результатам, полученным для твердой (нерасплавленной) шихты, а линия 2 - жидкой (расплавленной ванне). Отсутствие во втором случае зависимости между избытком окислителя на входе в рабочее пространство и содержанием кислорода на отводящей головке (вначале воспринято нами как ошибка эксперимента) свидетельствует о том, что барботируемая всплывающими пузырьками оксида углерода мартеновская ванна (кстати, и электросталеплавильная и конвертерная) способна поглощать из атмосферы печи довольно большое количество избыточного кислорода.

При этом избыток кислорода достигается путем снижения расхода топлива (и руды), причем без снижения (а часто даже повышения) скорости нагрева металла. Реализация этой идеи через установку на печах Кузнецкого металлургического комбината, а затем и Карагандинского комбината в семидесятых-восемидесятых годах простых аналоговых вычислительных устройств и оптимизированных тепловых инструкций позволила получить

большой экономический эффект: снижение расхода топлива на 5 кг/т и расхода руды на 15 кг/т. В годовом исчислении это вылилось для мартеновских цехов КМК в экономию до 20 тысяч тонн топливного мазута. По-видимому, этот случай можно рассматривать как наглядный пример информационной технологии, когда большой эффект достигнут практически без материальных затрат (если не считать небольших затраты на простые аналоговые ВУ).

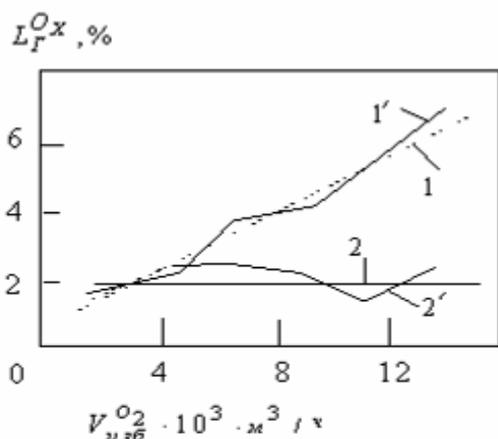


Рисунок 1-Взаимосвязь между избытком Кислорода (воздуха) на подводящей и Отводящей головках мартеновской печи

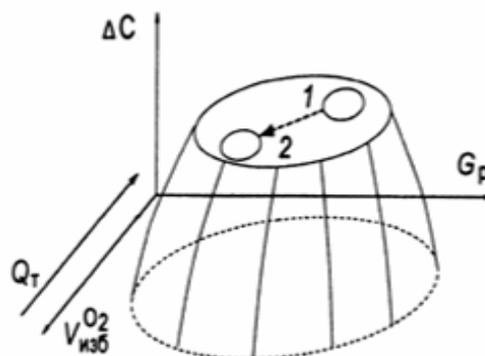


Рисунок 2 - Оптимизация мартеновской плавки путем повышения окислительной способности печи

На рисунке 2 показана иллюстрирующая рассмотренный выше подход качественная картина целевой функции в фазовом пространстве двух переменных (холм с плоской вершиной). В качестве целевой функции здесь выступает количество окисленного углерода за период плавления - ΔC , а управляющие воздействия - расход руды G_p и избыток кислорода над теоретически необходимым для снижения топлива $V_{изб}^{O_2}$. Отмеченный выше эффект достигается путем перевода системы из точки 1 в точку 2 с меньшим расходом руды и большим значением $V_{изб}^{O_2}$.

На рисунке 3 показан пример поддержания избытка воздуха (кислорода) при традиционной технологии 1 и при технологии 2, основанной на идее самораскипания ванны.

Реальность существования эффекта самоускорения процесса обезуглероживания (а одновременно и других связанных с ним процессов) иллюстрируется также рисунком 4. Здесь приведены две выборки (кривые 1 и 2) ошибок, полученных в результате сопоставления данных статической (балансовой) модели обезуглероживания не учитывающей самораскипания, с данными экспресс анализа проб в период чистого кипения мартеновской ванны. Как видно из рисунка максимальная ошибка модели наблюдается на 25-ой минуте от начала чистого кипения. Наши многочисленные визуальные наблюдения показали, что именно в это время имеет место наибольшая вероятность раскипания ванны, хотя степень раскипания на разных плавках может существенно различаться в зависимости от характера протекания предыдущего периода и наложенных управлений.

Нам кажется, приведенные выше данные достаточно убедительно свидетельствуют, что такого рода процессами, в которых протекают сложные физико-химические реакции, нельзя управлять также как механическими движущимися объектами. Если при управлении самолетом или ракетой траектории высоты и курса практически не зависят друг от друга, то траектории эволюции физико-химических процессов (обезуглероживания, нагрева, шлакообразования, десульфурации, дефосфации), как бы погружены внутри объекта и сложнейшим образом связаны (переплетены) друг с другом. Поэтому попытка управления одной из нее приводит к возмущениям на других траекториях. Кроме того непонятно, какая форма траектории каждого из внутренне связанных параметров является рациональной.

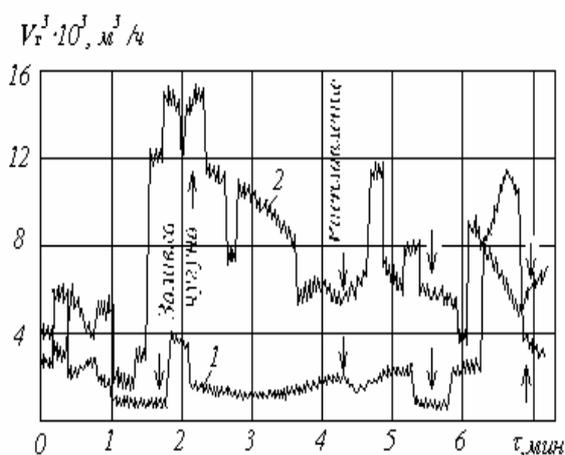


Рисунок 3 - Пример сопоставления традиционного 1 и нового 2 подходов к управлению

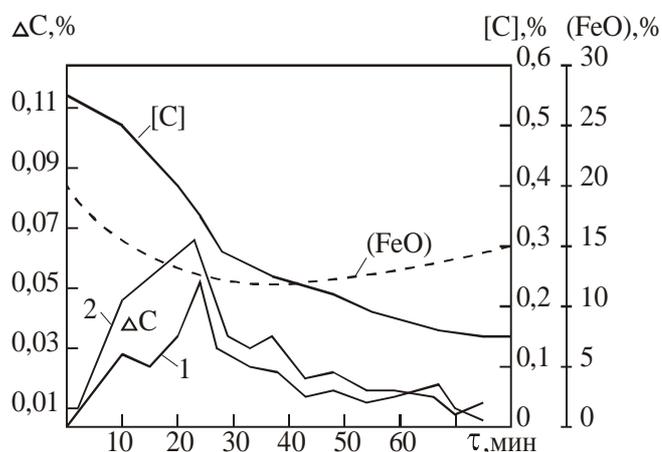


Рисунок 4 - Характер изменения ошибок ΔC макрокинетической модели обезуглероживания по ходу чистого кипения мартеновской плавки для двух выборок данных (1 и 2). C] и (FeO) – содержание углерода в металле и оксида железа в шлаке

Допустим, если в рассмотренном выше примере, в момент, когда происходит самораскипание ванны, пытаться его затормозить для поддержания заданной траектории, то это можно сделать (если возможно вообще) лишь с большой затратой причем неэффективных управляющих воздействий: путем резкого повышения расхода топлива, что иногда и делают сталевары, опасаясь выбросов шлака и металла. А если для ускорения обезуглероживания присаживают руду, то это приводит одновременно к существенному охлаждению металла. Известно, что присадка 1 % руды приводит к снижению температуры металла на 35-40 °С, в то время как за счет поглощения барботируемой ванной из атмосферы печи избыточного кислорода, нагретого до 1700 °С скорость обезуглероживания можно поднять с одновременным нагревом металла.

Таким образом, показав на конкретных примерах существенную разницу в подходах к управлению механическими и физико-химическими (термодинамическими) объектами, попытаемся рассмотреть возможны ли какие-то общие подходы к объектам, способным проявлять синергетические свойства.

О синергетической теории управления

Одна из первых попыток в этом направлении предпринята А.А. Колесниковым [4]. Остановимся на сути этого подхода. Автор этой работы, которая затем была развита в коллективном труде [5], справедливо отмечает, что современная теория управления успешно освоила методы достаточно грубого внешнего воздействия на различные технические объекты. Однако наступило время пересмотра силовых подходов в задачах управления и использования идей самоорганизации, то есть возникает потребность поиска методов целевого воздействия на процессы самоорганизации в нелинейных автоматических системах, создания способов формирования и возбуждения внутренних сил взаимодействия, которые могли бы породить в фазовом пространстве систем устойчивые диссипативные структуры, адекватные физической сущности соответствующей системы.

Эту проблему предполагается решать следующим образом.

Исходную систему, состоящую из некоторого динамического объекта и действующих на него внешних сил (управляющих, задающих и возмущающих воздействий) предлагается путем замыкания прямыми и обратными связями преобразовать в новую расширенную систему. При этом первоначальные воздействия бывшие внешними силами по отношению к исходному объекту становятся внутренними силами расширенной системы. По мнению

автора, такая система действительно становится открытой в термодинамическом смысле и, через нее будет протекать энергия или вещество (или информация) из какого-то источника.

В действительности же объект и до этого являлся открытой системой и такого рода расширение происходит всегда при формулировке проблемы синтеза системы управления, которая сводится к определению законов управления. А эти законы, являющиеся уравнениями регулятора должны обеспечить желаемые динамические свойства замкнутой системы: объект – закон управления (регулятор). Но такая постановка является по существу тривиальной, поскольку в любом таком случае система становится самоорганизующейся (точнее саморегулирующей).

В чем же новизна подхода? По мнению автора [4], новизна подхода заключается в том, что к этой расширенной системе предлагается применить известные принципы синергетики. Естественно, при этом речь идет о достаточно сложных многосвязных нелинейных системах.

При решении задачи синтеза таких систем автор в качестве наиболее важных моментов выделяет следующие:

1. Управление объектом произвольной природы представляет собой организованный целенаправленный процесс редукции степеней свободы исходной системы, то есть все избыточные с точки зрения поставленной цели степени свободы редуцируются и остаются только те степени свободы, которые определяют цель управления. Но при таком подходе, следует заметить, мы опять же подчиняем свойства объекта (в том числе синергетические) целям управления, которые, кстати сказать, не являются целями, соответствующими «подлинной оптимизации» самого технологического объекта, а отвечают критериями качества замкнутой системы управления (асимптотическая устойчивость, минимальное время переходного процесса и т.д.).

2. Применительно к развиваемому автором подходу редукция степеней свободы означает организацию между координатами системы некоторых связей – инвариантных многообразий (синергий), которые реализуют указанную редуцию степеней свободы. При этом инвариантные многообразия (редукторы степеней свободы) вводятся в систему с помощью соответствующего закона управления. Как определить, что это за закон?

3. Редуцированные степени свободы замкнутой системы представляют собой элементы управления как некоторые системные категории (инвариантные многообразия – синергии), которые ограничивают разнообразие системы, формируют связи, то есть осуществляют некоторые акции управления. Но ограничение разнообразия – это опять же силовой подход.

Таким образом, в рассматриваемой постановке управление – это преодоление избыточных степеней свободы системы и, как подчеркивает автор, важным в этой постановке является следующий момент: сначала следует создать избыточные степени свободы, которые определяют дополнительные возможности в свойствах будущей системы, а затем редуцировать эти степени свободы в процессе управления с помощью наложения ограничений в виде инвариантных многообразий. Но при этом еще раз следует заметить, что, налагая ограничения на степени свободы, мы тем самым в определенной степени подавляем движение объекта, то есть его синергетические возможности и внутренние резервы.

В качестве наиболее конструктивного, с нашей точки зрения, момента следует отметить тот факт, что автор в качестве многовариантных многообразий, предлагает использовать, в том числе законы сохранения, что позволит в какой-то мере учитывать физические свойства объекта и сделать налагаемые на степени свободы ограничения менее жесткими.

В результате представленной выше постановки далее проблема сводится, по существу, к задаче аналитического конструирования регулятора. При этом, естественно, необходимо иметь математическую модель объекта.

Подход А.А. Колесникова [4] связанный с замыканием системы и аналитическим конструированием регуляторов, по-видимому, прежде всего, приемлем для подвижных объектов (например, летательных аппаратов), где траектория в большем может быть достаточно точно задана, а уровень математического описания объекта достаточно высок.

В рассматриваемых же нами объектах (например, сталеплавильных процессах) траектории процессов обезуглероживания, нагрева, окисленности шлака и другие как бы погружены в объект и взаимосвязаны через внутренний управляющий параметр, например, турбулентную диффузию. Поэтому не случайно, за многие десятилетия существования этих объектов так и не удалось осуществить их полное замыкание через регуляторы (без участия оператора).

Применительно к этим объектам более приемлемым является подход на основе прогнозирующей подстраиваемой модели, реализующий принцип дуального управления, на котором мы остановимся несколько ниже. Здесь же мы хотим лишь заметить, что при таком подходе проще и естественнее решается проблема «подлинной оптимизации», то есть оптимизация самого технологического объекта (процесса) в большом, тем более что в таких объектах возможны очень мощные флуктуации и бифуркационные режимы, с которыми трудно справиться пусть даже достаточно совершенному регулятору [3]. Кроме того, подавление таких режимов может снизить эффективность работы объекта (затормозить скорости протекания физико-химических процессов). Такие режимы нередко рассматриваются, как аномальные, но в эти моменты резко возрастают скорости процессов, что достаточно наглядно было показано выше в примере с самораскислением мартеновской ванны (рисунок 4). Для управления такими объектами в подобных ситуациях требуются другие, более сложные подходы.

Мы удалили достаточно много внимания реферированию в целом весьма интересной монографии А.А. Колесникова [4], которая явилась своеобразной основой для дискуссии и размышлений о подходах к управлению *синергетическими объектами*. Мы не случайно употребили и выделили этот термин, поскольку по настоящему *синергетическое управление* (пока не совсем ясно какое) целесообразно применять именно к объектам с четко выраженными синергетическими свойствами, к числу таких объектов в полной мере можно отнести объекты физико-химического типа, в том числе процессы в плавильных агрегатах металлургии, процессы катализа в ряде химических технологий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез и др.

Развиваемый же А.А. Колесниковым подход [4, 5] по-видимому, приемлем для более простых (чем физико-химические) систем (например, механических и электромеханических), где уровень детерминированного описания достаточно высок. В этом подходе в качестве основной становится задача аналитического конструирования агрегатированных регуляторов с использованием инвариантных многообразий. Такой подход более приемлем в тех случаях, когда становятся задача стабилизующего или следящего регулирования. В этих задачах использование таких критериев как асимптотическая устойчивость и минимальное время переходного процесса является вполне естественным.

Но в синергетике, как известно, асимптотическая устойчивость, есть следствие выполнения теоремы о минимальном производстве энтропии, которая справедлива для систем не сильно отклоненных от состояния термодинамического равновесия (то есть линейных систем), где самоорганизация (в смысле перехода на новый более высокий структурный уровень) невозможна. Таким образом, здесь можно говорить лишь о *самостабилизации (саморегулировании)*. В системах же сильно отклоненных от состояния равновесия переходный процесс носит спонтанный скачкообразный характер, поэтому такие критерии как асимптотическая устойчивость и минимальное время переходного процесса здесь не приемлемы, они могут ограничивать использование внутренних ресурсов объекта. В таких случаях нас интересует не сам характер переходного процесса, а новая стационарная *диссипативная структура* – поведение процесса на новом стационарном уровне.

Ещё раз резюмируя результаты приведенного выше содержательного анализа следует отметить, что в попытке использования принципов синергетики для управления сложными системами, автор рассмотренной выше монографии [4] в значительной мере оказался все таки в плену идей, господствующих в кибернетике (точнее, в теории автоматического управления), прежде всего – идеи охвата объекта обратной связью и аналитического синтеза регулятора (пусть даже сложного и в какой-то мере синергетического).

Неслучайно автор назвал [4] свой подход *кибергонией*. Нам кажется, что охват объекта обратной связью (по крайней мере постоянно действующей) противоречит одному из основных принципов синергетики – принципу минимального принуждения. По-видимому, в синергетических системах (если мы хотим в полной мере использовать их внутренние свойства и ресурсы) возможно лишь периодическое подключение обратной связи, точнее, проверка – движется ли объект в нужном нам направлении.

На основе нашего опыта изучения сложных термодинамических объектов, действительно обладающих синергетическими свойствами [3, 6], можно выделить два более приемлемых подхода к управлению самоорганизующимися объектами физико-химического типа [7].

1. Если имеется достаточно адекватная модель объекта, то в результате ее исследования и оптимизации могут быть найдены собственные функции объекта и на их основе программно реализованы (*управление в большем*), например, режимы с обострением, удовлетворяющие целям функционирования данного объекта (см. примеры исследования нелинейной теплопроводности [3] в главе 8) или какие-либо другие технологически оптимальные режимы.

2. Если имеется модель только качественного плана или данные о параметрах порядка с учетом принципа подчиненности, то на объект могут накладываться периодические пробные воздействия в сторону повышения степени неравновесности (увеличение потока вещества или энергии) и проверяться результат самоорганизации (движение в нужном направлении), через период близкий к наиболее медленному параметру. По-видимому, наиболее приемлемым применительно к управлению такими системами является подход, в какой-то мере согласующийся с принципами теории *дуального управления* А.А. Фельдбаума, идея которого в самом простейшем виде сводится к следующему: сначала изучи, а затем прими решение по управлению. Проще всего он реализуется через систему управления на основе прогнозирующей адаптивной модели [3, 7], схема которой представлена на рисунке 5.

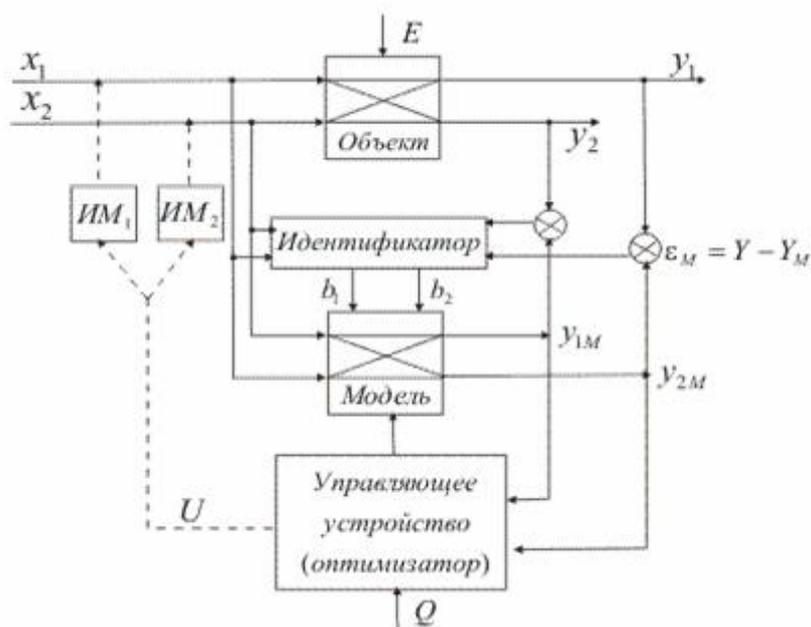


Рисунок 5 – Схема управления на основе прогнозирующей подстраиваемой модели

Как видно из этой схемы здесь нет в явном виде обратной связи по отклонению выходной величины от задания, а воздействие на исполнительные механизмы не является непрерывным. Основной упор здесь делается на анализ ошибки модели $\epsilon_M = y - y_M$ ее последовательную адаптацию.

Нанесение же управляющих воздействий запаздывает как минимум на один такт и осуществляется лишь после того, как управляющее устройство (оптимизатор) найдет

аналитически или поисковым методом значения управляющих воздействий, удовлетворяющие заданному критерию. В качестве такого критерия может, в частности, быть движение объекта в заданном направлении (или нахождение в заданной области) с минимумом затрат.

Создание самоорганизующегося объекта в процессе проектирования технологии

Этот вопрос на примере создания нового металлургического процесса, подробно рассматривается в отдельном докладе, представленном в данном сборнике. Здесь же мы рассмотрим лишь основные моменты этого подхода.

Кстати, вопрос целевого использования принципов синергетики рассматривается и в уже упомянутых выше работах Колесникова с сотрудниками [4,5]. Но здесь опять же на первый план ставится вопрос создания управляющей (а по смыслу - регулирующей) системы с использованием принципов синергетики. Мы же ставим задачу шире: создать технологию (последовательность процессов и аппаратов), в которой бы реально работали принципы самоорганизации, помогая решать с наименьшими затратами поставленные задачи преобразования исходного сырья в конечный продукт.

Для этой цели протекающие в проектируемой технологии процессы необходимо пропустить через определенную последовательность объемлющих систем (аппаратов), в которых бы в сочетании с режимными параметрами (режимы подачи сырья и энергии) наилучшим образом выполнялись хотя бы некоторые из принципов синергетики, если они находятся в соответствии с поставленными целями. При этом есть надежда создать хорошо управляемый процесс и агрегат (или технологию в целом).

Рассмотрим кратко, как решалась эта задача при создании нового струйно-эмульсионного металлургического процесса и агрегата типа СЭР [3].

1. *Создан струйно-эмульсионный самоорганизующийся реактор-осциллятор* (рисунок б), главной идеей при разработке которого была реализация основного принципа самоорганизации – существенное отклонение процесса от термодинамического равновесия. Одновременно с этим были реализованы принципы наименьшего принуждения (Ле-Шателье-Брауна) и круговой подчиненности (частицы-поле-частицы). Это сделано путем заключения ансамбля микрореакторов, образуемых за счет интенсивного диспергирования шихты встречными струями, в замкнутую шарообразную емкость (реактор) и создания нелинейного (критического) режима истечения двухфазной среды. При этом реализован режим самозапираания соединительного канала за счет определенного сочетания диаметров шарообразного реактора и соединительного канала с режимом подачи шихтовых материалов и энергоносителей. Это позволяет получать за счет создания внутренней обратной связи стационарный колебательный режим (например, давления) на любом необходимом уровне. Заданный режим рассчитывается из системы балансовых и термодинамических моделей, то есть на основе законов сохранения, к чему пришли и авторы работ [4, 5].

Представленный выше реактор-осциллятор явился главным звеном агрегата и всей технологической цепи: в нем подготавливается рабочая смесь (газовзвесь) и создается потенциал давления, необходимый для поддержания большого отклонения химических процессов от термодинамического равновесия и для проталкивания реакционной смеси через все остальные элементы агрегата, а также через теплоутилизирующие и очистные устройства. Все это позволило создать, по существу, универсальный металлургический (а при определенных условиях, даже энергометаллургический) агрегат с удельным объемом в 10-15 раз меньшим, чем все известные в мире, и со значительно меньшими энергозатратами (примерно в 1,5 раза).

2. *Вторым важным элементом агрегата является колонный эмульсионный реактор-отстойник*, в котором наиболее интересной особенностью является нижняя подача в него подготовленной в первом реакторе (реакторе-осциляторе) рабочей смеси (рисунок б).

Оказалось, что такой способ подачи рабочей смеси находится в соответствии с принципом управления нелинейными (сильно отклоненными от равновесия) термодинамическими системами не только в прямом (физическом), но и в математическом смысле [8].

При реализации такого процесса возникает проблема устойчивости неравновесных стационарных состояний, которые могут нарушаться вследствие флуктуаций или вынужденных изменений внутренних параметров, т.е. нарушается условие стационарности $d_x P = 0$ или $dP = 0$.

В линейной области производство энтропии P в стационарном состоянии минимально: $P = \min$. Любое отклонение от этого состояния только увеличивает энтропию, т.е. $\delta P \geq 0$, $P = P_{\min} + \delta P \geq P_{\min}$. Возбужденная линейная система стремится к стационарному состоянию с минимумом производства энтропии, в ней как бы существуют некие силы, возвращающие систему к стационарному состоянию, которое всегда устойчиво к возмущениям. Это согласуется с устойчивостью по Ляпунову.

Для нелинейных же систем нет принципов, позволяющих предсказывать направление изменения производства энтропии при отклонении систем от стационарного состояния, то есть не существует функций состояния, которые имели бы экстремум в стационарном состоянии и, следовательно,

$$\delta_x P = V \sum_k I_k \delta X_k \geq 0, \quad (1)$$

где $\delta X_r = X_r - X_r^{(S)}$ – отклонение от стационарной величины, а $I_k = I_k^{(S)} + \delta I_k$.

В нелинейной области устойчивость стационарного состояния не поддерживается автоматически. Такое состояние «устойчиво только тогда, когда все возможные отклонения и возмущения имеют характер подъема в гору» [8], т.е. когда справедливо соотношение

$$\delta_x P = V \sum \delta I_r \delta X_r \geq 0. \quad (2)$$

Это неравенство представляет собой общие условия устойчивости стационарных состояний и его можно назвать условием текущего равновесия.

Отсюда следует вывод, что для поддержания такой системы в стационарном состоянии необходимо постоянное подталкивание ее вверх, иначе она сходит вниз с данного стационара. В практическом смысле данное конструктивное решение позволило получить ряд положительных эффектов.

Поступающая через соединительный канал из первого реактора газошлаковая взвесь (рисунок б), в реакторе-отстойнике теряет скорость (кинетическая энергия превращается в потенциал давления) и образует над копильником «подушку», играющую роль провальной решетки. При этом верхняя часть реактора-отстойника (в зоне б) превращается в реактор кипящего слоя (турбулентного), что позволяет, по существу, автоматически решать задачу сепарации металла, шлака и газа. Образующиеся в зоне б (например, в результате восстановительных процессов) частички металла имеют плотность в три раза большую, чем шлак и в связи с параболическим характером эпюры скоростей в вертикальном реакторе «скатываются» по периферии реактора в копильник. Шлак выдавливается в шлакоприемник через летку, которая (в зависимости от задач технологии) может выполняться на любом уровне (по высоте), что позволяет управлять временем пребывания металла и шлака независимо друг от друга, а, следовательно, получать металл разного химического состава, а не только чугун, как, например, в процессе Корекс и Ромелт. В этих процессах такого эффекта добиться невозможно из-за верхней подачи шихты и близости (в том числе по этой причине) процессов к термодинамическому равновесию (длительный контакт металла и шлака).

Еще одним важным эффектом нижней подачи является превращение зоны б одновременно с технологическим реактором в мокрую газоочистку. При этом за счет выведения скоростного режима процесса в определенный диапазон (по числу Рейнольдса), может быть получен инерционно-турбулентный режим очистки газа. Как показал дальнейший анализ, этот режим находится в соответствии с S-теоремой Ю.Л.Климонтovichа

[9], который сформулировал принцип минимума производства энтропии в процессах самоорганизации в более широком смысле (в том числе для нелинейных систем).

Если рассматривать процесс самоорганизации как результат неравновесного фазового перехода (или их последовательности), то можно выразить этот принцип неравенством $\sigma_{уст} \leq \sigma_{неуст}$. Это означает, что, если производство энтропии (перенормированное к заданному значению средней энергии) в новом устойчивом состоянии $\sigma_{уст}$, возникшем после очередного неравновесного фазового перехода, меньше производства энтропии старого, но продолженного в неустойчивую область состояния системы $\sigma_{неуст}$, то, следовательно, новое неравновесное устойчивое состояние является более упорядоченным. Им было показано, что производство энтропии для турбулентного режима меньше чем для ламинарного (при том же значении средней энергии). Что же касается процессов в мокрых газоочистках, то здесь, в соответствии с упомянутым принципом, производство энтропии при инерционно-турбулентном режиме меньше, чем при барботажном (пузырьковом).

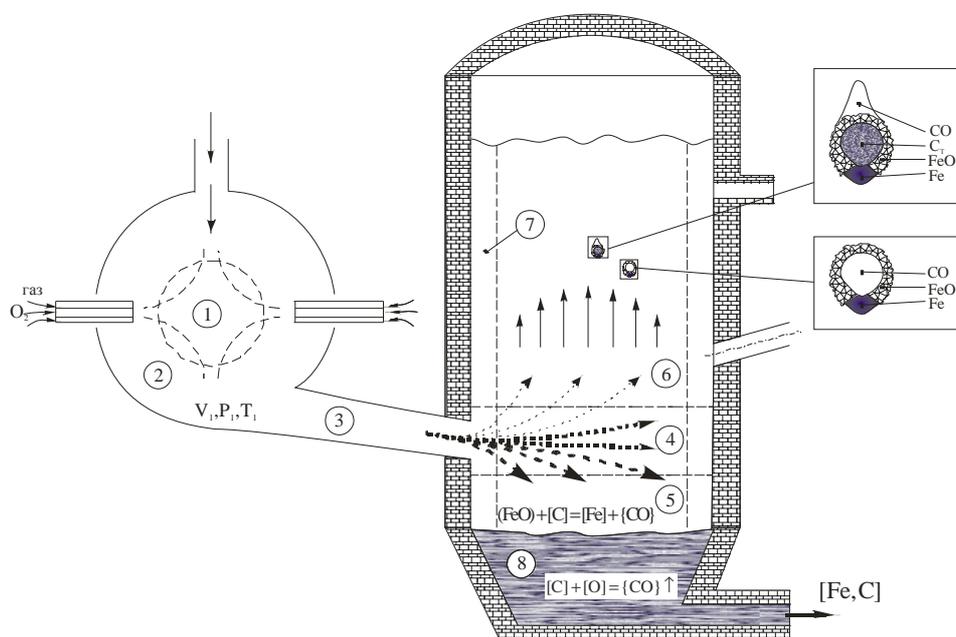


Рисунок 6 – Пространственно-зонная декомпозиция процессов в агрегате типа СЭР

При инерционно-турбулентном режиме, наряду с более высокой скоростью физико-химических процессов, достигается и более высокая степень очистки газов в верхней части колонного реактора (зона 6). Это подтверждено опытами на низкотемпературной модели, а также на реальной опытно промышленной установке.

В заключение остановимся на возможностях применения для управления в большом принципов термодинамической самоорганизации и структурной стабилизации, сформулированный Г.П.Гладышевым [8]. В работах И.П. Пригожина, Г. Хакена [1,2] и др. термин самоорганизация используется для определения динамических (диссипативных) неравновесных пространственных или временных структур – это «динамическая самоорганизация». Основное внимание здесь уделяется условиям скачкообразного (бифуркационного) перехода системы на новый структурный уровень. Но это, по существу «краткий миг» жизни системы. Не менее важным вопросам является описание системы на более длительном этапе ее жизни, на новом неравновесном квазистационарном (эволюционном) этапе. Это и является целью «термодинамической самоорганизации» и «структурной стабилизации».

Предлагается макродинамический подход, в основу которого положен анализ изменения средних удельных величин термодинамических функций Гиббса \bar{G} открытой

нестационарной системы. Стремление средних удельных составляющих термодинамического потенциала к экстремуму является важным моментом при формулировке принципа структурной стабилизации, справедливого для открытых иерархических нестандартных систем, когда неприменим принцип детального равновесия.

Принцип структурной стабилизации, применимый к открытым иерархическим нестационарным системам с превращениями веществ, можно сформулировать в упрощенном виде [8] следующим образом: в иерархических системах каждая i -я частная эволюция стабилизирует вследствие агрегации продукты низшей $(i-1)$ частной эволюции. Структурная стабилизация «отбирает» в нестационарной открытой системе, где протекают химические и другие реакции, наиболее термодинамически стабильные структуры. Поскольку эти более стабильные структуры существуют в химической или биологической системе дольше по сравнению с менее стабильными, то они накапливаются в системе и получают преимущество при отборе или размножении. При этом, очевидно, что потоки стабильных структур (продуктов их превращения или распада) из нестационарной системы должны быть меньше соответствующих потоков нестабильных (или менее стабильных) структур.

Применительно к нашему случаю этот подход позволяет прогнозировать химический состав остающихся в реакторе и удаляемых из него веществ. Это особенно важно для прогнозирования состава, образующегося в реакторе гарнисажа. Применению этого принципа опять же способствует нижняя подача реагирующей смеси, поскольку в вертикальном колонном реакторе из-за влияния гравитационных сил и эпюры скоростей имеет место неравномерное распределение веществ (оксидов) шлаковой эмульсии по высоте.

Таким образом, реализация рассмотренных принципов синергетики и физических эффектов позволило создать хорошо управляемый процесс и агрегат, имеющий ряд существенных преимуществ перед известными в мире металлургическими процессами: малый удельный объем агрегата (в 10-15 раз); низкий расход энергии (в 1,5 раза) и капитальные затраты (в 3-4 раза), хорошая экологичность.

Заключение

1. Показано, что поведение сложных термодинамических объектов (например, газошлакометаллических систем), существенно отличается от поведения объектов механической природы. Этими объектами нельзя однозначно управлять изменением начальных условий, и даже при управлении граничными условиями они могут выходить из повиновения.

2. Приведены примеры эффективного использования явлений самоорганизации в существующих сталеплавильных процессах, хотя чаще всего эти проявления рассматривают как аномалии и пытаются подавлять, затрачивая значительные управляющие воздействия на подовление внутреннего самодвижения системы (стабилизация) и тем самым снижая эффективность процесса в целом.

3. На основе полученного опыта и анализа идей и принципов синергетике предложено два подхода к управления такими объектами, конкретизация которых в конечном итоге может быть сведена к реализации идеи дуального управления (сначала узнай, а затем управляй) в виде прогнозирующей подстраиваемой модели. Показано, что охват таких объектов обратной связью (основной подход в классической теории автоматического регулирования) приводит к подавлению их внутренней активности. В системе же с подстраиваемой моделью (возможно даже содержательной) основным является узнавание (прогнозирование) поведения объекта, а обратная связь здесь проявляется через коррекцию ошибок модели.

4. На примере создания нового непрерывного металлургического процесса типа самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор показано, что задач создания хорошо управляемого объекта, в котором эффективно используются синергетические свойства, должна решаться еще на этапе проектирования. Это достигается путем заключения процесса в соответствующие объемлющие системы (аппараты), в каждом из которых решаются задачи превращения одних веществ в другие с максимальной степенью проявления внутренних свойств.

5. При создании агрегата типа СЭР реализованы принципы: большого отклонения системы от термодинамического равновесия, наименьшего принуждения и круговой подчиненности, подталкивания нелинейной системы снизу вверх, перевод процессов в струйно-турбулентный режим, а также использован принцип термодинамической структурной стабилизации для управления химическим составом продуктов и формированием гарнисажа.

6. Благодаря использованию этих принципов удалось создать хорошо управляемый процесс и агрегат, имеющий значительные преимущества перед известным в мире процессами.

Литература

1. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. – 512 с.
2. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. – 406 с, ил.
3. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Калашников С.Н. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х.: Ч. III. Примеры реализации идей и принципов синергетики: Учебное пособие / Под редакцией В.П. Цымбала. СибГИУ – Новокузнецк, 2005. – 264 с.
4. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. М.: Энергоатомиздат, 1994.
5. Современная прикладная теория управления: Синергетический подход в теории управления /Под ред. А.А. Колесникова. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. Ч. I – 400с.
6. Цымбал В.П. Введение в теорию самоорганизации. С примерами из металлургии: Учебное пособие/ Изд. 2-е стер.СибГИУ.–Новокузнецк, 2001. – 251с.
7. Цымбал В.П. Математическое моделирование металлургических процессов. М.: Металлургия, 1986. – 240 с.
8. Гладышев Г.П. Термодинамика и макрокинетика природных иерархических процессов. М.: Наука, 1988. – 287 с.
9. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса. Новый подход к статистической теории открытых систем. М.: Наука, 1990. – 320 с.

ПОДХОД К СТРУКТУРИРОВАНИЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

А. П. Шабанов

ООО «Информационные Бизнес Системы», г. Москва

Постановка задачи. При создании новой или модернизации существующей информационной системы с централизованным управлением, наряду с другими вопросами автоматизации [1, 2], рассматриваются вопросы структурирования вычислительных ресурсов. Данная задача наиболее актуальна для крупных и средних предприятий с разветвленной сетью филиалов (офисов). Территориальная удалённость их от центрального вычислительного комплекса (ЦВК) обуславливает необходимость в аренде каналов для передачи данных. Требуемая скорость передачи данных зависит от частоты обращений пользователей информационной системы к ЦВК, от объёмов передаваемой информации и от допустимого времени отклика базы данных на запросы пользователей. Чем выше требуемая скорость передачи данных и чем меньше допустимое время отклика базы данных ЦВК, тем дороже стоимость аренды каналов. В связи с этим, при структурировании вычислительных ресурсов, как правило, отдаётся предпочтение варианту, при котором частота обращений пользователей в ЦВК наименьшая. В настоящем докладе рассмотрен подход к решению задачи структурирования вычислительных ресурсов, основанный на использовании в удалённых от ЦВК филиалах локальных баз знаний для поддержки пользователей информационной системы.

Суть подхода. Автоматизация процессов формирования информации, её использования, а также процессов анализа и обработки результатов её анализа

осуществляются в информационных системах, как правило, с использованием готовых программных продуктов, специализированных под тот или иной вид деятельности. Подобные программы:

- предоставляют возможности специалистам по информационным технологиям создавать базу знаний по осуществляемым предприятием видам деятельности и в отношении технических средств, программ, офисного и вспомогательного оборудования, обеспечивающих эту деятельность;

- предоставляют возможности пользователям информационных систем для самостоятельной работы с базой знаний в случаях возникновения у них проблем или вопросов, как по осуществляемой ими деятельности, так и в отношении технических средств, программ, офисного и вспомогательного оборудования, обеспечивающих эту деятельность.

Указанные выше свойства специализированных программных продуктов информационных систем создают предпосылки к выделению в базе знаний предприятия двух составных частей:

- базу знаний по видам деятельности, осуществляемой во всех филиалах предприятия;
- локальных баз знаний, каждая из которых содержит знания о технических средствах, программах, офисном и вспомогательном оборудовании, обеспечивающих деятельность одного филиала.

Осуществляя доступ к локальной базе знаний, и получая из неё необходимую информацию, сотрудники филиала в большинстве случаев смогут самостоятельно преодолеть возникающие трудности. Следует отметить, что возникновение у пользователей информационной системы проблем со средствами для обслуживания их деятельности или необходимости в консультациях об использовании этих средств, происходит достаточно часто. Это даёт основание для предположения, что создание локальных баз знаний в филиалах предприятия и использование их по назначению позволит значительно сократить частоту обращений пользователей в ЦВК. Таким образом, суть подхода к структурированию вычислительных ресурсов, излагаемого в настоящем докладе заключается в следующем:

- наряду с другими (например, с вариантом, при котором все вычислительные ресурсы сосредоточены в ЦВК) вариантами рассматривается вариант распределения вычислительных ресурсов, основанный на выделении в удалённых от ЦВК филиалах ресурсов, предназначенных для функционирования локальных баз знаний, относящихся к обеспечению деятельности именно в этих филиалах;

- производится оценка производительности вычислительных и пропускной способности транспортных ресурсов для каждого варианта при заданных значениях допустимого времени отклика базы данных ЦВК;

- на основании данной оценки для каждого варианта осуществляется выбор вычислительных средств и арендуемых каналов, производится оценка стоимости средств и стоимость аренды;

- по совокупной стоимости производится выбор структуры вычислительных ресурсов.

Для оценки производительности вычислительных и пропускной способности транспортных ресурсов разработаны модель представления требований к ресурсам информационной системы и определён математический аппарат.

Модель представления требований к ресурсам информационной системы. Создание новой или модернизация существующей информационной системы на современном предприятии осуществляется на основе процессного подхода. При проектировании системы, в первую очередь, определяется состав функций каждого делового процесса (бизнес процесса), выполнение которых осуществляется с применением вычислительных ресурсов. Далее производится оценка вычислительных ресурсов, требуемых для поддержки бизнес процессов и транспортных ресурсов, требуемых для обмена данными с ЦВК. Оценка ресурсов обоих видов производится исходя из вероятностно-временных требований, предъявляемых к ним бизнес процессами. Для представления требований к ресурсам предварительно, исходя из накопленного в мире практического опыта, выбираются несколько вариантов структурных схем распределения вычислительных ресурсов по

филиалам предприятия. Для каждого варианта составляется модель представления требований к ресурсам (рисунок 1).

В модели каждый ресурс представляется в виде однородной системы массового обслуживания с ожиданием $(T_{зад}; P_{зад})^i$, где $i \in 1, 2, \dots, N$ - условный номер филиала предприятия; $T_{зад}$ - заданное время отклика базы данных ЦВК (для вычислительных ресурсов) или заданное время передачи данных в канале; $P_{зад}$ - заданная вероятность непревышения $T_{зад}$.

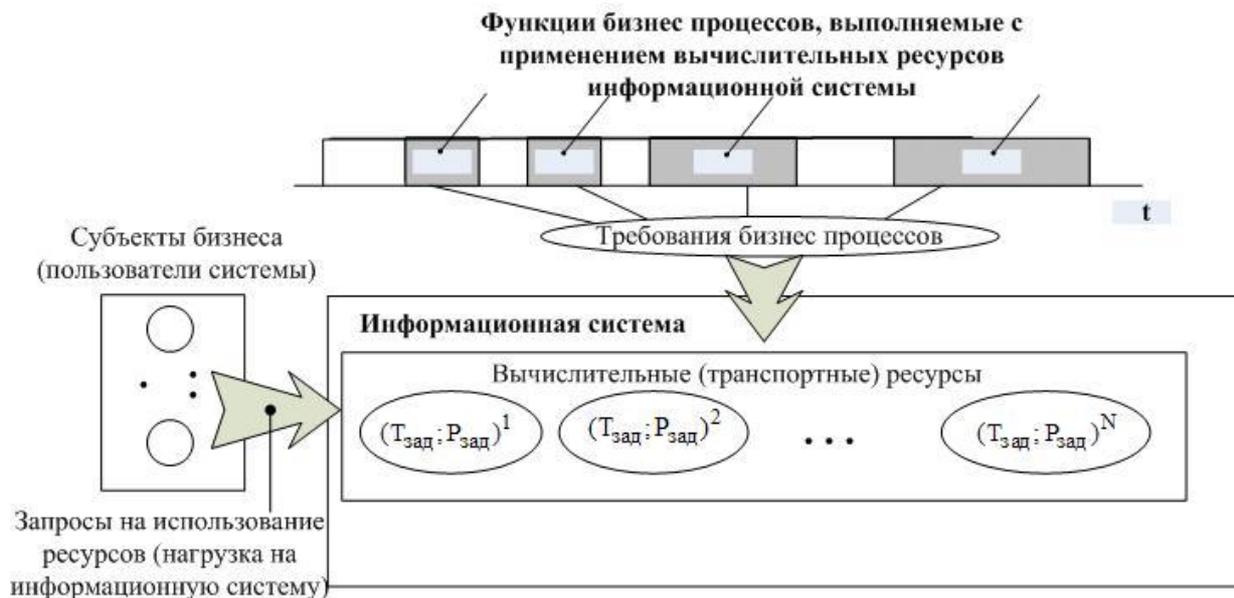


Рисунок 5 – Модель представления требований к ресурсам информационной системы

Оценка ресурсов для каждого варианта их распределения на предприятии производится следующим образом:

- оценка каждого вычислительного ресурса производится в соответствии с заданными для них значениями $(T_{зад}; P_{зад})^i$. В результате определяется требуемая для этого ресурса производительность (количество обрабатываемых данных в единицу времени). Производительности ставится в соответствие стоимость сервера и вспомогательных средств, определяемая исходя из цен (прайс-листов) основных поставщиков этих средств;

- оценка каждого транспортного ресурса также производится в соответствии с заданными для них значениями. В результате определяется требуемая для этого транспортного ресурса пропускная способность (количество передаваемых данных в единицу времени). Пропускной способности ставится в соответствие стоимость, определяемая исходя из цен (прайс-листов) основных производителей транспортных ресурсов, стоимости приобретения (организации и эксплуатации) или стоимости аренды каналов связи (трактов передачи данных).

Математический аппарат для оценки ресурсов. Оценка ресурсов для каждого варианта производится с помощью известных соотношений аппарата для интервалов занятости систем массового обслуживания с очередями [3]. Схема модели системы массового обслуживания с ожиданием, которая используется для определения вероятностно временных параметров вычислительных и транспортных ресурсов, а также схема образования интервалов занятости приведены ниже на рисунках (рисунок 2, рисунок 3). На схемах обозначено:

АРМ – автоматизированное рабочее место, используемое пользователем информационной системы для создания запросов в ЦВК или в локальную базу знаний.

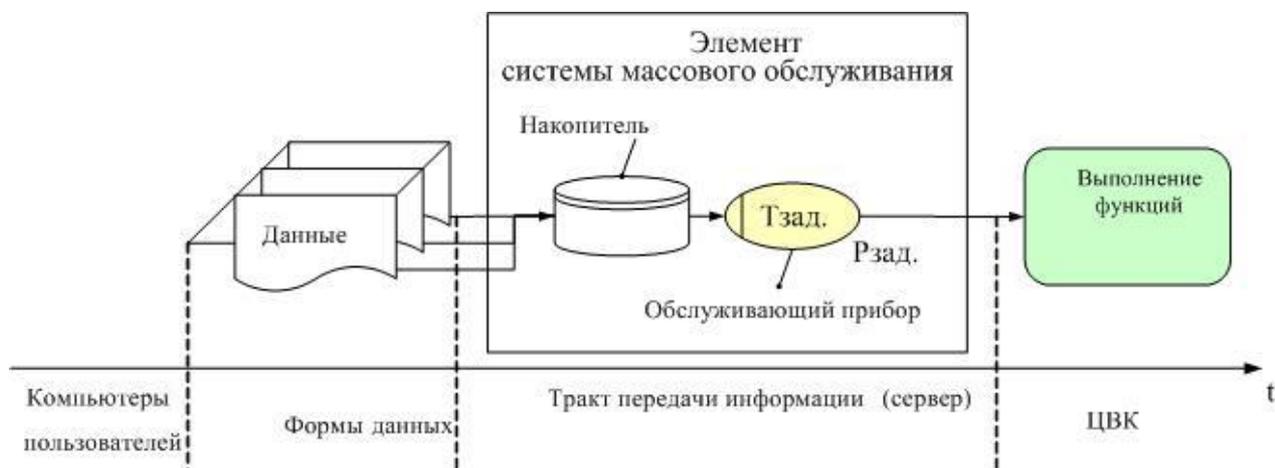


Рисунок 6 – Схема модели системы массового обслуживания с ожиданием

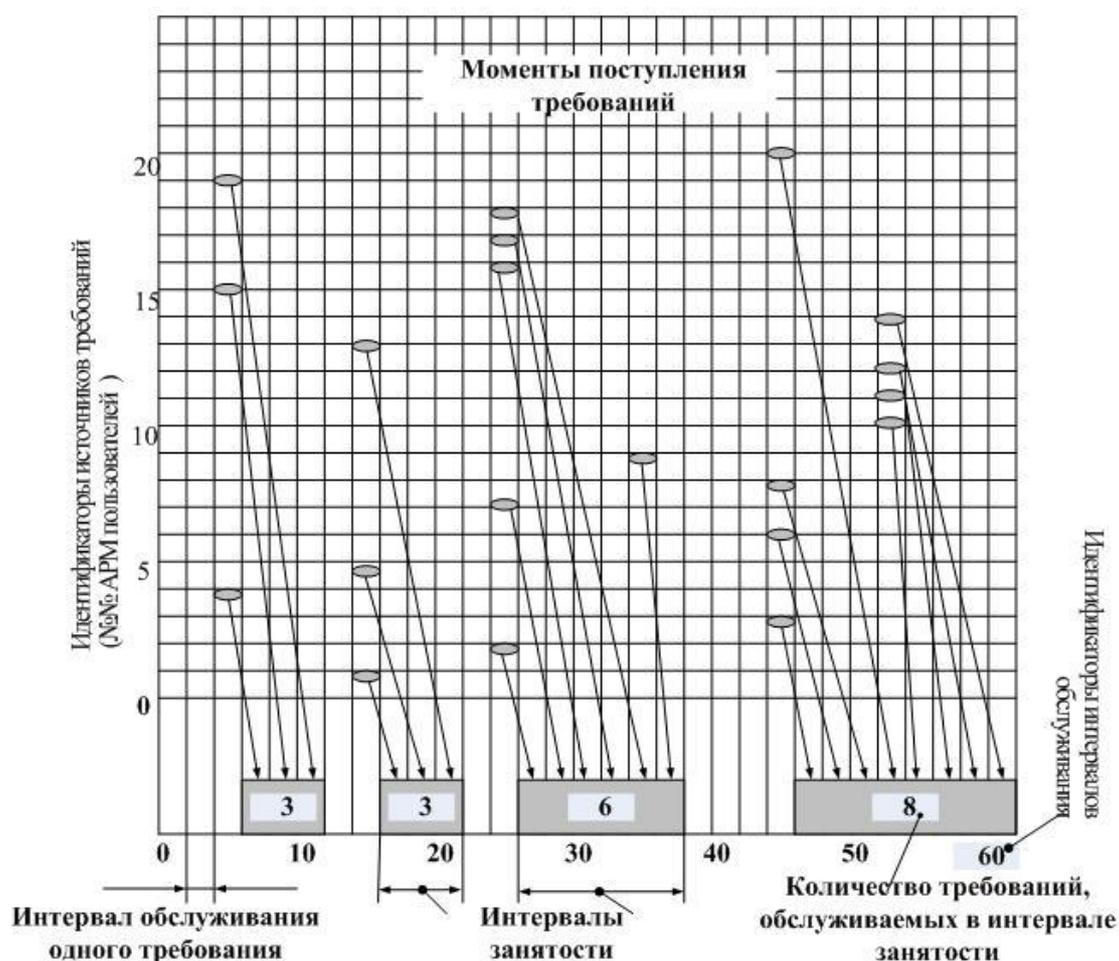


Рисунок 7 – Схема образования интервалов занятости

По мнению автора, в настоящее время аппарат интервалов занятости систем массового обслуживания востребован в большей мере на стадии технического проектирования информационных систем. Основанием для этого являются следующие достаточно естественные гипотезы:

- моменты поступления запросов от пользователей - случайны;
- требования группируются в интервалах занятости соответствующих ресурсов;
- параметры оценки обслуживания (время ожидания, время передачи, время обработки, время отклика приложения или базы данных и т. п. и допустимые вероятности не превышения этого времени) в ресурсах имеют критичные значения;

- среда обеспечения деятельности пользователей информационных систем – изменчива;

- деятельность по использованию вычислительных ресурсов в большой степени формализована и автоматизирована с помощью прикладных программ.

Применение подхода. Представленный в настоящем докладе подход использовался в проектах автоматизации управленческой деятельности в области информационных технологий на предприятиях различных отраслей. Наряду с проектной пропускной способностью трактов, учитывались возможности предприятий по обеспечению этих рекомендуемых значений. В зависимости от текущей ситуации в сети каналов, соединяющих филиалы предприятия с его ЦВК и перспектив её развития, решались следующие задачи:

- определялись места установки ЦВК и офисных серверов, в которых устанавливались соответственно база знаний по видам деятельности и локальные базы знаний;

- определялись приоритеты использования конкретных трактов под различные процессы, категории пользователей, масштаба и важности решаемых ими задач;

- разрабатывались организационные и системно-технические решения в отношении формирования, сопровождения и использования баз знаний;

- разрабатывались методики определения производительности серверов и пропускной способности трактов передачи информации и производились расчёты их значений по заданным исходным данным.

Например, производя необходимые расчёты в соответствии с изложенным здесь подходом и аппаратом [3] для случая, если количество пользователей, одновременно работающих с ЦВК, в результате создания локальных баз знаний, уменьшается до 40, получим, что требуемая пропускная способность тракта передачи данных составляет 256 Кбит/с. Данный результат получен при следующих допущениях: $T_{зад.} = 21$ с, $P_{зад.} = 0,98$ и среднем объёме одного формализованного пакета данных 64 Кбит [4].

Литература

1. Шабанов А.П. «Подход к автоматизации деятельности организационных структур». Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды V Всероссийской научно-практической конференции/ Под общ. ред. д.т.н., проф. Кулакова С.М., д.т.н., проф. Мышляева Л.П. - Новокузнецк, СибГИУ, 2005, с. 124-128.

2. Шабанов А.П. «Подход к выбору направления автоматизации деятельности». Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VI Всероссийской научно-практической конференции/ Под общ. ред. д.т.н., проф. Кулакова С.М., д.т.н., проф. Мышляева Л.П. - Новокузнецк, СибГИУ, 2007, с. 81-85.

3. Шабанов А.П., Беляков А.Г. Организационные структуры массового обслуживания – М., 2007 (Научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).

4. Шабанов А.П. Парижский О.Ю. Определение пропускной способности трактов передачи управляющей информации. – М., 2009 / Сборник тезисов докладов первой научно-практической конференции «Информационные бизнес системы».

О ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ПРИ НЕДОСТАТКЕ ИНФОРМАЦИИ

В.И. Ширяев

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Рассматривается решение задач управления, когда качество функционирования динамической системы описывается конечномерным вектором показателей качества при информационных предположениях о действующих возмущениях на объект и помехах в канале измерения типичных для задач гарантированного оценивания и управления. Предлагаемый алгоритм управления заключается в построении информационного и прогнозирующего множества и нахождении последовательности управлений из условий совместности системы линейных неравенств. Считается, что в тех случаях, когда действия среды перестают быть

«враждебными», построена модель возмущений [10-13,18]. В результате уровень неопределенности снижается, что приводит к соответствующему изменению множества возмущений. Поэтому в правой части модели процессов присутствуют лишь возмущения, известные с точностью до множеств. Работа продолжает исследования [1,15-17].

1. Постановка задачи. Рассматриваются управляемые процессы в традиционный для минимаксного [1,6,15,16] подхода постановки. Пусть в линейном приближении модель движения и измерения задаются системой вида

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + w_k, \quad y_{k+1} = Gx_{k+1} + v_{k+1}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (1)$$

где векторы x_k, u_k, y_k - соответственно, состояния, управления и измерения; векторы x_0, w_k, v_k возмущений и помех, известные с точностью до известных множеств X_0, W, V , т.е.

$$x_0 \in X_0, \quad w_k \in W, \quad v_{k+1} \in V, \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (2)$$

из которых в каждый k -ый момент времени возмущения w_k и помехи v_{k+1} могут принимать любое значение. Все матрицы в (1) известны и корректно определены.

Пусть далее качество функционирования системы (1) оценивается конечномерным вектором показателей качества $f \in \mathbb{R}^n$, связанным с вектором состояния x_k линейным соотношением

$$f = Fx_k, \quad (3)$$

которое определяет обобщенное множество достижимости (ОМД) [11]

$$G_f = \{f \mid f = Fx_k, x_k \in G_x\}. \quad (4)$$

Пусть задано множество $D_f \subset G_f$ такое, что при $f \in D_f$ функционирование системы (1) признается успешным. Поскольку множество достижимости t_d полностью определяет ОМД G_f в k -й момент времени, то далее ограничимся рассмотрением построения множеств достижимости. Тогда заданному обобщенному множеству достижимости D_f будет соответствовать множество достижимости t_d такое, что $\forall x_k \in t_d$ функционирование системы признается успешным. Действительное значение вектора состояния x_k является известно лишь в виде $x_k \in X_k$, где X_k - информационное множество [14-17]

$$X_{k+1} = X_{k+1/k} \mathbf{I} X[y_{k+1}], \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (5)$$

$$X_{k+1/k} = AX_k + Bu_k + W, \quad X[y_{k+1}] = \{x \mid Gx + v = y_k, v \in V\},$$

где $X_{k+1/k}$, $X[y_{k+1}]$ - множество прогнозов и множество совместных с измерением.

При построении множества прогнозов $X_{k+1/k}$ выполняется операция суммирования множеств AX_k и W , где сумма множеств понимается в смысле Минковского [15], а в (5) производится пересечение множеств $X_{k+1/k}$ и $X[y_{k+1}]$. Эти действия необходимо выполнять в реальном времени.

Поскольку значение вектора x_k неизвестно, то условие $x_k \in t_d$ заменим на условие

$$X_k \subset t_d. \quad (6)$$

Множество t_d может также зависеть от k и тогда вместо (6) имеем

$$X_k \subset t_d(k), \quad k=1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

Условия на множество возможных состояний может быть задано только на правом конце

$$X_N \subset t_d(N). \quad (8)$$

Таким образом, будем выделять три постановки задачи. Необходимо найти последовательность управлений u_k , $k=1, \dots$ по результатам измерений y_{k-1} , $k=1, \dots$ таких, что

выполняется одно из включений (6)-(8). Включение (6) соответствует задаче стабилизации, включение (7) – задаче слежения, включение (8) – терминальной задаче.

2. Синтез управления. Рассмотрим решение задачи (7). Обеспечение включения

$$X_{k+1/k} \subset t_d(k+1) \quad (9)$$

будем проводить, представляя множества $t_d(k+1)$ многогранникам, а множество прогнозов $X_{k+1/k}$ в виде

$$X_{k+1/k} = X_{k+1/k}^0 + x_{k+1/k}^* + Bu_k, \quad (10)$$

где

$$X_{k+1/k}^0 + x_{k+1/k}^* = AX_k + \Gamma W. \quad (11)$$

Здесь $X_{k+1/k}^0$ - множество, чебышевский центр которого находится в точке 0, $x_{k+1/k}^*$ - чебышевский центр множества $AX_k + \Gamma W$. Представим также множество $t_d(k+1)$ в «центрированном» виде (11)

$$t_d^0(k+1) + g_{k+1}^* = t_d(k+1), \quad (12)$$

где t_d^0 - множество, у которого чебышевский центр находится в точке 0, g_{k+1}^* - чебышевский центр множества $t_d(k+1)$.

Тогда необходимым условием существования решения задачи (7) является выполнение включения

$$X_{k+1/k}^0 + L_k \subset t_d^0(k+1), \quad (13)$$

где L_k - некоторый постоянный вектор. Условию (13) можно придать конструктивную форму. Пусть $g_l^0, x_l^0, l=0, \dots, m_x$ - угловые точки множеств t_d^0 и $X_{k+1/k}$ соответственно. Тогда из (13) имеем систему линейных неравенств

$$\sum_{i=0}^{m_r} b_{li} g_i^0 = x_l^0 + L_k; \quad \sum_{i=1}^{m_r} b_{li} = 1, \quad b_{li} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m_r,$$

каждая из которых должна быть совместной. Пусть условие (13) выполняется для всех k . Рассмотрим случай, когда $L_k = 0$. Тогда из (9), (10) и (12) получим

$$x_{k+1/k}^* + Bu_k = g_{k+1}^*, \quad (15)$$

а управление находится соответственно из условия

$$Bu_k = -x_{k+1/k}^* + g_{k+1}^*. \quad (16)$$

Пусть теперь $L_k \neq 0$ и в результате решения последовательности задач (13) находится последовательность $L_k, k=0, \dots$. Уравнение (15) обеспечивает совпадение чебышевских центров множеств $t_d(k+1), X_{k+1/k}$. Однако для обеспечения включения (9) чебышевский центр множества $X_{k+1/k}$ необходимо дополнительно сместить на L_k . Тогда из (13), (15) получим

$$x_{k+1/k}^* + Bu_k = g_{k+1}^* - L_k \quad (17)$$

Рассмотрим теперь решение задачи (6), которая является частным случаем задачи (7). Пусть условие (13) выполняется для всех k . Тогда, подставляя в (17) значение чебышевского центра g^* множества t_d , найдем управление в задаче стабилизации (6).

Для решения терминальной задачи (8) будем строить прогнозирующее множество $X_{N/i}$ с i -го шага на N -й

$$X_{N/i} = F(N-1, i) X_i + \sum_{j=1}^{N-1} F(N-1, j+1) (\Gamma W + Bu_j), \quad (18)$$

где $F(i, j) = A^{i-j} \quad \forall j \leq i, F(i, i+1) = I$

или вводя обозначения

$$\begin{aligned} B_{N-1/i} U_i(\square) &= \sum_{j=1}^{N-1} F(N-1, j+1) B u_j, \\ \Gamma_{N-1/i} W_i(\square) &= \sum_{j=1}^{N-1} F(N-1, j+1) \Gamma W, \end{aligned}$$

получим

$$X_{N/i} = F(N-1, i) X_i + \Gamma_{N-1/i} W_i(\square) + B_{N-1/i} u_i(\square). \quad (19)$$

Для центрированных относительно координат множеств $X_N^0, t_d^0(N)$ необходимо проверить следующие условия

$$X_N^0 \subset t_d^0(N), \quad (20)$$

что является необходимым для обеспечения точности терминального критерия (8). Если это условие не выполняется, то система оценивания не обеспечивает необходимой точности. В этом случае вместо (8) можно использовать критерий

$$\bar{X}_N \mathbf{I} t_d(N) \rightarrow \max, \quad (21)$$

однако, построение управления в этом случае в темпе реального времени не представляется возможным, за исключением задач низкой размерности. Компромиссным представляется в этом случае минимизация отклонения чебышевского центра x_N^* множества X_N (5) от чебышевского центра g_d^* множества $t_d(N)$

$$\|x_N^* - g_d^*\|^2 \rightarrow \min. \quad (22)$$

Пусть условие (20) выполняется и $x_1(N/i) + B_{N-1/i} U_i(\square)$ угловые точки множества $X_{N/i}$ (18), тогда из условия совместности систем линейных неравенств

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=0}^{m_r} b_{ij} g_j &= x_1(N/i) + B_{N-1/i} U_i(\square); \\ \sum_{j=0}^{m_r} b_{ij} &= 1, b_{ij} \geq 0, j=0, \dots, m_r, \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

найдем последовательность управлений u_1, \dots, u_{N-1} , доставляющих решение задаче

$$X_{N/i} \subset t_d(N). \quad (24)$$

Эти управления имеют характер программных управлений. Для управления системой используется только первый член u_i из найденной последовательности управлений, в результате система (1) переходит в состояние x_{i+1} , которое оценивается по измерениям y_{i+1} в виде информационного множества X_{i+1} . Далее процедура повторяется. Для реализовавшейся позиции x_{i+1} строится новое прогнозирующее множество $X_{N/i+1}$ и в результате решения задачи (20) находится последовательность программных управлений u_1, \dots, u_{N-1} и т.д.

3. Реализация алгоритма управления. Предлагаемый алгоритм синтеза терминального управления в условиях неопределенности заключается в построении информационного и прогнозирующего множества в виде выпуклой оболочки своих вершин и нахождении последовательности управлений из условий совместности системы линейных неравенств (20). Причем, в ускоренном масштабе времени необходимо находить вершины множества $X_{N/i}$ и решать систему линейных неравенств (20). Сократить время решения этих задач можно следующим образом.

Как уже отмечалось, угловые точки центрированного множества $X_{N/i}^0$ полностью определяются априорными данными, поэтому еще на стадии проектирования можно решить

задачу аппроксимации многогранника $X_{N/i}^0$ более простым множеством – многогранником с меньшим числом вершин, гиперкубом, эллипсоидом. Это позволит сократить размерность системы (20). Кроме того, из находимой последовательности управлений используется всего лишь первый член. Поэтому можно взять неравномерную дискретизацию всего временного отрезка $T_i = \{t_{i+1} - t_i, \dots, t_{N-1} - t_{N-2}\}$, $\Delta = t_{k+1} - t_k = \text{const}$, разбив его на ряд диапазонов $T_i = T_{i1} + \dots + T_{im}$, в каждом из которых временные дискреты Δ_i постоянны, но убывают от интервала к интервалу. После построения последовательности программных управлений u_i, \dots, u_N на неравномерной сетке на i -ом шаге переходим к расчету на $i+1$ -ом шаге, сдвигая диапазоны «вправо» и отбрасывая при этом последний.

Реализация в реальном времени рассмотренных алгоритмов может предъявлять невыполнимые требования к вычислительным ресурсам систем управления автономных объектов. В этом случае можно воспользоваться идеями концепции самоорганизующихся регуляторов [5], что позволяет рассматривать модель процесса (1) всего лишь как аппроксимирующую для некоторого сравнительно небольшого отрезка времени, что приводит к существенному снижению размерности вектора x_k и отсюда снижению объема вычислений при реализации алгоритмов. Рассмотрим в связи с изложенным мной подход к операциям над множествами в (5), что приводит к построению иных алгоритмов оценивания и управления.

4. Оценивание и управление и системы линейных неравенств. Пусть по результатам измерений y_k решена задача оценивания и построено информационное множество, которое может быть задано системой линейных неравенств [18,19]. Тогда задача оценивания для следующего $(k+1)$ -го момента времени может быть сведена к решению следующей системы:

$$\begin{aligned} Gx_{k+1} + v_{k+1} &= y_{k+1}; \\ x_{k+1} - Ax_k - Bu_k - w_k &= 0; \\ x_k \in X_k, w_k \in W, v_{k+1} \in V, k &= \overline{0, N-1}. \end{aligned} \quad (25)$$

Решая систему (25), находим информационное множество $X_{k+1} \in x_{k+1}$. Систему (25) можно рассматривать и как неявное задание информационного множества X_{k+1} . При развитии эффективных вычислительных методов решения систем неравенств представляется возможным проводить вычисления с накоплением измерений и для случаев неизвестных матриц A и B в системе (1), со следующими информационными предположениями

$$\begin{aligned} x_0 \in X_0, w_k \in W, v_{k+1} \in V, k &= \overline{0, N-1}, \\ a(i, j) \in [a_H(i, j), a_B(i, j)], b(i, j) \in [b_H(i, j), b_B(i, j)], \end{aligned} \quad (26)$$

где X_0, W, V – известные выпуклые компакты, заданные в виде систем линейных неравенств; $a_H(i, j), a_B(i, j), b_H(i, j), b_B(i, j)$ – заданные числа. В этом случае из (1), (25), (26) получим систему нелинейных неравенств вида

$$\left. \begin{aligned} G_{k+1+i}x_{k+1+i} + v_{k+1+i} &= y_{k+1+i}; \\ x_{k+1+i} - Ax_{k+1} - Bu_{k+1} - w_{k+1} &= 0; \\ a(i, j) \in [a_H(i, j), a_B(i, j)]; b(i, j) \in [b_H(i, j), b_B(i, j)] &\text{ для всех } i, j; \\ x_k \in X_k, w_{k+1} \in W, v_{k+1+i} \in V, i = 0, \dots, L. \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Уравнения фильтра (27) за счет совместной обработки совокупности измерений $y_{k+i}, i = 0, \dots, L$ позволяют не только получить информационное множество X_L для момента времени L , но и решить задачи как сглаживания [15,16], так и оценивания значений реализовавшихся возмущений $v_{k+1+i}, w_{k+1}, i = 0, \dots, L$ и параметров $a(i, j), b(i, j)$.

Если собственные числа матрицы A находятся в круге единичного радиуса, тогда начиная с некоторого $k \geq 1+i, i = 0, 1, \dots$ величинами

$$A^k x_i, A^{k-1} w_i, i = 0, 1, \dots, m-1 \text{ при } x_i \in X_i, w_i \in W,$$

можно пренебречь в (4) и аналогично в (6), что приведет к снижению требований к вычислительным ресурсам при решении систем неравенств (4) и (6).

Аналогично формулируется задача синтеза позиционного управления [18,19] при наличии фазовых ограничений как задача перевода системы из множества X_k в заданное множество X_{Π} в момент времени $k+d$, т.е. как задачу нахождения последовательности управлений u_{k+j} , $j=0, \dots, d-1$ являющихся решением системы неравенств вида

$$\left. \begin{aligned} x_{k+1+j} - Ax_{k+j} - Bu_{k+j} - w_{k+j} &= 0, j = \overline{0, d-1}; \\ x_k \in X_k, x_{k+j} \in X_{k,j}, x_{k+d} \in X_{\Pi}, u_{k+j} \in U, w_{k+j} \in W. \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

В (28) в целях упрощения рассмотрен случай, когда матрицы A , B и вектор состояния x_{k+j} , $j=0, \dots, d-1$ известны точно. Некоторое снижение требований к вычислительным ресурсам при реализации алгоритмов в реальном времени произойдет, если рассматривать ограничения вида

$$w_{k+1}^i = j_1(w_k^i), \quad v_{k+1}^i = j_2(v_k^i), \quad i = \overline{1, m}, k = 0, 1, \dots, \quad (29)$$

где $w_k^i \in \bar{W}$, $v_k^i \in \bar{V}$, $k=0, 1, \dots$ - границы соответствующих множеств W, V . Известно, что любую точку выпуклого множества, не принадлежащую границе, можно представить как выпуклую комбинацию граничных точек. Рассматривая выпуклую комбинацию, построенную на нескольких точках, удовлетворяющую условиям (29), можно отказаться от выполнения операций над множествами (26). Для этого необходимо построить алгоритмы оценивания, идентификации и позиционного управления, работающие только с граничными точками вида (29), и за решение задачи оценивания и управления брать одну из точек, принадлежащую выпуклой оболочке соответствующего решения. По-существу, это приводит к распараллеливанию алгоритмов, осуществляющих множественно-множественные отображения на целый ряд существенно более простых алгоритмов оценивания, управления, осуществляющих точечно-точечные отображения.

Другой подход, позволяющий избежать проведения операций над множествами, состоит в том, что возмущения $w_k, v_k, k=0, 1, \dots$ в системе (3) можно представить в виде выпуклых комбинаций

$$w_k = \sum_{i=1}^m a_i w_k^i, \quad \sum_{i=1}^m a_i = 1, \quad a_i \geq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad v_k = \sum_{i=1}^m b_i v_k^i, \quad \sum_{i=1}^m b_i = 1, \quad b_i \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (30)$$

точек $w_k^i, v_k^i, i = \overline{1, m}, k=0, 1, \dots$ из (28), где $a_i, b_i, i = \overline{1, m}$ в (30) могут рассматриваться как вероятности, причем $w_k \in W, v_k \in V, k=0, 1, \dots$. Тогда, задавая вероятностный механизм генерирования последовательности

$$a_i = a_i(k), \quad b_i = b_i(k), \quad i = \overline{1, m}, k = 0, 1, \dots, \quad (31)$$

получим вероятностную аппроксимацию (29)-(31) модели возмущений (26), что существенно упрощает реализацию алгоритмов управления динамическими системами в условиях неопределенности.

Литература

1. Антонов М.О., Ширяев В.И., Афанасьева К.Е., Коблов А.И. Алгоритмы оценивания и управления беспилотным летательным аппаратом на этапе посадки // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2005. №2. С. 166–173.
2. Бунич А.Л. Минимаксная прогнозирующая модель в системе управления с идентификатором // Автоматика и телемеханика. 2006. №7. С. 120-132.
3. Гридасов И.П. Синтез минимаксных линейных систем управления при неполном статистическом описании начального состояния, возмущений и помех // Изв. РАН. Техн. кибернетика. 1994. №4. С. 71-80.
4. Кабанов С.А. управление с самоорганизацией как инструмент для решения оптимизационных задач в социально-экономической сфере // Изв. РАН. Техн. кибернетика. 1999. №3. С. 172-176.

5. Красовский А.А. Развитие концепции, аналитическая теория, алгоритмическое обеспечение двухконтурного самоорганизующегося регулятора // Изв. РАН. Теория и системы управления. 1999. №4. С. 52-64.
6. Красовский Н.Н., Куржанский А.Б., Кибзун А.И. Современные проблемы оптимизации и устойчивости неопределённых и стохастических систем // Автоматика и телемеханика. 2007. №10. С. 3-4.
7. Кунцевич В.М. Восстановление вектора состояния нелинейных динамических систем // Проблемы управления и информатики. 2007. №5. С. 5-19.
8. Куржанский А.Б., Фурасов В.Д. Идентификация нелинейных процессов – гарантированные оценки // Автоматика и телемеханика. 1999. №6. С. 70-87.
9. Лотов А.В. О понятии обобщенных множеств достижимости и их построения для линейных управляемых систем // ДАН СССР. 1980, Т. 250, №5. С. 1081-1083.
10. Лычак М.М. Элементы теории хаотичностей и ее применения // Проблемы управления и информатики. 2002. №5. С. 52-64.
11. Меньшиков Ю.Л., Наконечный А.Г. Построение модели внешнего воздействия на объекты управления // Проблемы управления и информатики. 2005. №4. С. 25-35.
12. Никульчев Е.В. Моделирование систем с нелинейной динамикой на основании экспериментальных данных // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. №5. С. 6-11.
13. Осипов Ю.С. Пакеты программ: подход к решению задач позиционного управления с неполной информацией // Успехи математических наук. 2006. Т. 61. В.4 (370). С. 25-76.
14. Черноусько Ф.Л. Об оптимальном эллипсоидальном оценивании для динамических систем, подтвержденных неопределенным возмущением // Кибернетика и системный анализ. 2002. №2. С. 85-94.
15. Ширяев В.И. Синтез управления линейными системами при неполной информации // Изв. РАН. Техн. Кибернетика. 1994. №3. С. 229–237.
16. Ширяев В.И. Алгоритмы управления динамическими системами в условиях неопределенности // Мехатроника. 2001. №8. С. 2-5.
17. Ширяев В.И. Математика финансов: Опционы и риски, вероятности, гарантии и хаос. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 112 с.
18. Voss H.U., Timmer J., Kurth J. Nonlinear dynamical system identification from uncertain and indirect measurements // Int. J. Bif. Chaos. 2004. V. 14. P. 1905-1933.

УДК 658.011.56

Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VII Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – 520 с.

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. Представлены результаты разработки и внедрения методического, программного, технического и организационного обеспечения информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник рассчитан на научных работников, инженеров-практиков, аспирантов и студентов вузов.

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 09-07-06060-г

Общая редакция: д.т.н., проф. С.М. Кулаков,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляев

ISBN 978-5-7806-0311-5

© Издательский центр ГОУ ВПО
«Сибирский государственный
индустриальный университет», 2009 г.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Афанасьев К.Е. – д.ф.-м.н., профессор, проректор КемГУ по информационным технологиям и открытому образованию (г. Кемерово),
2. Бурков В.Н. – д.т.н., профессор, зав. лабораторией ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва),
3. Коровин С.К. – академик РАН, д.т.н., профессор, зам. зав. кафедрой нелинейных динамических систем и процессов управления МГУ, зав. лабораторией ИСА РАН (г. Москва),
4. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и информационных систем СибГИУ,
5. Мочалов С.П. – д.т.н., профессор, ректор СибГИУ,
6. Мышляев Л.П. – д.т.н., профессор, проректор СибГИУ по научной работе и инновационному развитию,
7. Новиков Д.А. – член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор, заместитель директора ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН по научной работе (г. Москва),
8. Рыков А.С. – д.т.н., профессор, профессор МИСиС (г. Москва),
9. Спирин Н.А. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой теплофизики и информатики в металлургии УГТУ-УПИ (г. Екатеринбург),
10. Хомченко В.Г. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и робототехники ОмГТУ (г. Омск),
11. Шурыгин Ю.А. – д.т.н., профессор, первый проректор ТУСУР, директор НИИ автоматики и электромеханики ТУСУР (г. Томск).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Мочалов С.П. – д.т.н., профессор, ректор СибГИУ – председатель,
2. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и информационных систем СибГИУ – зам. председателя,
3. Мышляев Л.П. – д.т.н., профессор, проректор СибГИУ по научной работе и инновационному развитию – зам. председателя,
4. Бондарь Н.Ф. – к.т.н., доцент СибГИУ – ученый секретарь,
5. Евтушенко В.Ф. – д.т.н., профессор, декан факультета автоматики, информатики и электромеханики СибГИУ,
6. Зимин В.В. – к.т.н., доцент, начальник управления SAP-систем ООО «Евразхолдинг»,
7. Татаринев А.Е. – начальник управления метрологии и эксплуатации САТП ОАО «НКМК»,
8. Киселева Т.В. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой систем информатики и управления СибГИУ,
9. Островляничик В.Ю. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизированного электропривода и промэлектроники СибГИУ,
10. Чеченин Г.И. – д.м.н., директор кустового медицинского информационно-аналитического центра г. Новокузнецка,
11. Трофимов В.Б. – к.т.н., доцент СибГИУ – технический секретарь.



Дорогие коллеги!

Регулярная Всероссийская научно-практическая конференция «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве (AS'2009)» проходит 12 – 14 ноября 2009 года в промышленном центре Сибири г. Новокузнецке уже седьмой раз. Её базовой организацией является Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ) в лице кафедры автоматизации и информационных систем (АИС). В дни проведения конференции AS'2009 кафедре исполняется 50 лет. Именно этому юбилею и посвящена конференция.

Кафедра АИС была создана в 1959 году под наименованием «Автоматизация металлургического производства» известным ученым, автором оригинальной системы автоматизации мартеновской печи, которому присуждена Государственная премия СССР, доктором технических наук профессором Масловским Пётром Модестовичем. В это же время Сибирский металлургический институт приступил к подготовке инженеров по новой специальности «Автоматизация и комплексная механизация металлургического производства». За прошедшие 50 лет институт (ныне - университет) на кафедре АИС подготовил около 2000 специалистов в сфере автоматизации и информатизации. Многие из них работают в странах СНГ, а около половины – в Кузбассе, в г. Новокузнецке.

Сегодня на кафедре автоматизации и информационных системы работают 5 докторов и 12 кандидатов технических наук, действует аспирантура и докторантура, успешно функционирует научно-исследовательский центр систем управления под руководством профессора Мышляева Л.П., а также авторская образовательная программа, осуществляющая целевую подготовку студентов и повышение квалификации.

Конференция AS'2009 ориентирована на разработки и исследования в области теории и практики современных систем автоматизации и информатизации широкого назначения. Тематика докладов конференции включает следующие актуальные направления:

- теоретические основы и методология проектирования систем автоматизации;
- алгоритмизация систем измерения, оценивания, контроля, регулирования, формирования заданий, идентификации, распознавания, прогнозирования, оперативного управления;
- перспективное программное и техническое обеспечение автоматизированных комплексов широкого назначения;
- системы автоматизированного управления лабораторными стендами, оборудованием, технологическими агрегатами, производствами;
- корпоративные системы;
- автоматизированные обучающие, испытательные, наладочные системы;
- интеллектуальные системы;
- анализ и обработка данных в системах управления.

Программа конференции включает пленарное заседание и работу четырех секций. Тематика пленарного заседания охватывает проблемы теории и практики автоматического и человеко-машинного управления техническими объектами и технологическими комплексами, теории и практики управления организациями, предприятиями.

Доклады секции № 1 «Актуальные проблемы теории и практики автоматизации» ориентированы на критические, с теоретической и практической точек зрения, проблемы автоматизации в производственной, научной и образовательной сферах человеческой деятельности. Доклады секции № 2 «Системы автоматизации и информатизации производственного назначения» включают новые идеи и разработки в сфере автоматизации управления объектами горной, металлургической, химической, машиностроительной, энергетической и других отраслей промышленности. Такими объектами являются: механизмы, машины, агрегаты, транспорт, технологические комплексы, производства, цехи. Темы ведущих докладов секции № 3 «Системы автоматизации и информатизации учебного назначения» связаны с проблемой создания и совершенствования действующих систем управления обучением, а также информационной поддержки учебного процесса. Темы докладов секции № 4 «Системы автоматизации и информатизации исследовательского назначения» посвящены планированию экспериментов, разработке новых средств исследования, получению, анализу и обработке первичных данных, исследованию конкретных объектов управления и инструментальных средств, математическому, физическому и другим видам моделирования, средствам информационной поддержки исследований. В рамках конференции будет организован режим видеоконференцсвязи через Интернет. Оргкомитетом создан сайт конференции www.sibsiu.ru/asconf/.



Сайт конференции AS'2009

На конференции AS'2009 представлено 114 докладов от представителей различных организаций из 20 городов Российской Федерации (Абакан, Арсеньев, Барнаул, Воронеж, Екатеринбург, Кемерово, Магнитогорск, Махачкала, Москва, Нижний Тагил, Новокузнецк, Новосибирск, Омск, Пенза, Прокопьевск, Тверь, Томск, Улан-Удэ, Чебоксары, Челябинск). Общее количество авторов составило 180 человек.

Благодарю всех принявших участие в конференции, желаю эффективной работы и достижения новых творческих успехов!

**Председатель оргкомитета конференции, ректор СибГИУ,
д.т.н., профессор, Мочалов С.П.**

50 ЛЕТ В ПУТИ
к юбилею кафедры автоматизации и информационных систем

С.М. Кулаков, Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, Т.М. Гулевич
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Кафедра была создана осенью 1959 года под наименованием «Кафедра автоматизации металлургического производства». Её первым заведующим был доктор технических наук, профессор Масловский Пётр Модестович, ранее успешно работавший в заводской лаборатории Кузнецкого металлургического комбината и ставший лауреатом Государственной (Сталинской) премии за разработку оригинальной системы автоматизации мартеновской печи. Создание кафедры было связано с открытием в этом же году в Сибирском металлургическом институте новой инженерной специальности «Автоматизация и комплексная механизация металлургического производства». Первый набор студентов на 3-й курс был произведен из числа студентов 2-го и даже 3-го курса различных специальностей. С тех пор конкурс на данную специальность всегда был одним из высоких в вузе.

В 60-е годы, годы быстрого развития автоматизации на Кузнецком комбинате, годы строительства современного Западно-Сибирского металлургического комбината, потребность в инженерах – «автоматчиках» резко увеличилась. И поэтому количество ежегодно поступающих абитуриентов на эту специальность удвоилось. В эти же годы начала функционировать аспирантура под руководством П.М. Масловского, и всё более широко на кафедре проводились научные исследования. Первыми опытными преподавателями кафедры наряду с П.М. Масловским были: кандидат технических наук доцент Марон Владимир Давыдович, участник Великой Отечественной войны, ранее работавший на кафедре металлургических печей; опытный инженер - практик, доцент Барановский Пётр Григорьевич, много лет отдавший развитию автоматизации на КМК и работавший 4 года в Индии; Цымбал Валентин Павлович, активно занимавшийся исследовательской работой.

Первые выпускники новой специальности, окончившие вуз в 1963 году, были распределены на работу по всей территории СССР. Лучшие из них остались на кафедре в качестве аспирантов (Авдеев В.П., Евтушенко В.Ф.) и начинающих преподавателей (Гулевич Т.М.).

Вторым заведующим кафедрой был доцент, кандидат технических наук Марон В.Д., который основное внимание уделял организации учебного процесса, тем более что в этот период наряду со студентами – «автоматчиками» на кафедре проходили дополнительную 1,5 годовую подготовку по автоматизированным системам управления (АСУ) студенты, окончившие экономическую специальность. Это были годы рождения и развития АСУ предприятиями и АСУ технологическими процессами.

16 декабря 1980 г. после защиты докторской диссертации В.П. Цымбалом от кафедры «отпочковалась» возглавляемая им группа специалистов, которая образовала новую кафедру «Математического обеспечения и применения ЭВМ в металлургии».

ПРИКАЗ №205
ПО СИБИРСКОМУ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ
гор. Сталинск; от 14 ноября 1959 г.

Об организации кафедры автоматизации металлургического производства.

I. В соответствии с приказом Министра высшего и среднего специального образования РСФСР №97 от 14 октября 1959 года, организовать в Сибирском металлургическом институте кафедру автоматизации металлургического производства.

II. Назначить исполняющим обязанности заведующего кафедрой автоматизации металлургического производства, д.т.н. профессора Масловского П.М. освободив его от должности профессора кафедры металлургических печей.

III. Перевести на должность доцента кафедры автоматизации металлургического производства, к.т.н., доцента Марона В.Д., освободив его от исполнения обязанностей доцента кафедры металлургии печей.

IV. Передать с кафедры металлургических печей на кафедру автоматизации металлургического производства лабораторию контрольно-измерительных приборов.

V. Начальнику отдела кадров выделить для вновь организованной кафедры одну штатную должность старшего лаборанта.

VI. Исполняющему обязанности заведующего кафедрой автоматизации металлургического производства д.т.н., профессору Масловскому П.М. к 1.12.59 г. представить свои соображения об комплектовании кафедры профессорско-преподавательским и вспомогательным персоналом, о помещениях и оборудовании, необходимом для организации учебных лабораторий кафедры автоматизации металлургического производства.

Директор СМИ: Н. Куницын

ОСНОВАТЕЛИ КАФЕДРЫ



Пётр Модестович Масловский, 1906 г. рождения, д.т.н., профессор
1930-1954 - работа на Кузнецкстрое и КМК, большой вклад в работы по технологии выплавки оборонного металла
1945 - защита кандидатской диссертации
1947 - присуждена Государственная премия за разработку САР теплового режима мартеновских печей
1952 - защита докторской диссертации
1954-1958 - профессор кафедры печей и теплотехники СМИ
1959 - зав. кафедрой автоматизации металлургического производства
1962 - зам. редактора всесоюзного журнала «Известия вузов. Черная металлургия»
Подготовил 15 кандидатов наук. Умер 13.01.1999г.



Владимир Давыдович Марон, 1914 г. рождения, к.т.н., доцент
1933-1938 - учеба в Днепропетровском металлургическом институте (ДМИ)
1941-1945 - участник ВОВ
1945-1948 - аспирантура в ДМИ
1948 - защита кандидатской диссертации
1948-1959 - доцент кафедры металлургических печей СМИ
1959-1986 - доцент кафедры автоматизации металлургического производства
1977-1979 - зав. кафедрой автоматизации металлургического производства.
Умер в г. Нью-Йорке в 1996 г.



Пётр Григорьевич Барановский, 1914 г. рождения; первый преподаватель-производственник
1932-1937-учеба в СМИ
1937-зам. начальника цеха КИПиА КМК
1940-1946- служба в армии, участие в ВОВ
1946-1958-начальник Центральной лаборатории автоматизации КМК
1958-1962-гл. спец.по автоматизации на Бхилайском металлургическом заводе
1963-1992-доцент кафедры
1970-декан металлургического факультета
Умер 15.02.1992г.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ

1959-1985 гг. *кафедра автоматизации металлургического производства (АМП)*
Зав. кафедрой: 1959-1977 гг. д.т.н., профессор **Масловский П.М.**
1977-1979 гг. к.т.н., доцент **Марон В.Д.**
1980-1984 гг. к.т.н., доцент **Кулаков С.М.**

1981 г. Ряд сотрудников кафедры АМП создали новую кафедру математического обеспечения и применения ЭВМ в металлургии (ныне – кафедра информационных технологий в металлургии).
Зав. кафедрой: д.т.н., профессор **Цымбал В.П.**



1985-1992 гг. *кафедра автоматизации производств и исследований (АПИ)*
Зав. кафедрой: д.т.н., профессор **Авдеев В.П.**

1992-2006 гг. *кафедра систем автоматизации (СА);*
2006 г. - по настоящее время *кафедра автоматизации и информационных систем (АИС)*
Зав. кафедрой: д.т.н., профессор **Кулаков С.М.**



Восьмидесятые годы развития кафедры можно назвать «золотым периодом». В это время на кафедре работала в основном молодежь. Наращивался научный потенциал, постоянно работал научный семинар, быстро росла изобретательская активность, ускоренно развивались связи с производством, формировались новые научные подходы и методы. Основной преподавательский, инженерный и аспирантский состав кафедры 1982 года и 1987 года представлен ниже на фото.



Состав кафедры автоматизации металлургического производства в **1982 г.** Первый ряд слева: Гулевич Т.М., Голубева Н.Ф., Тараборина Е.Н., Теплова Т.Н., Киселева Т.В., Анисина Л.В.; второй ряд слева: Барановский П.Г., Авдеев В.П., Ланковский И., Черныш И.Г., Руденков Г.П., Исаков А.Н., Марон В.Д., Криволапова Л.И.; третий ряд слева: Богдановская Т.В., Дубовик В.Я., Кулаков С.М., Зельцер С.Р., Шамовский В.Э., Рыбалко Л.Г., Белоусов П.Г.



Официальное фото членов кафедры в **1987 г.** Первый ряд слева направо: Гулевич Т.М., Ланковский Б.И., Маклакова Л., Исаков А.Н., Нехорошева Н.Н., Киселев С.Ф., Криволапова Л.И.; второй ряд: Марченко Ю.Н., Мышляев Л.П., Анисина Л.В., Черныш И.Г., Тараборина Е.Н., Теплова Т.Н., Киселева Т.В., Рыбалко Л.Г., Авдеев В.П.; третий ряд: Купчик М.Б., Ланковский И.Б., Дубовик В.Я., Евтушенко В.Ф., Зельцер С.Р., Кулаков С.М., Белоусов П.Г.

1992 г.

Организована новая кафедра систем информатики и управления (СИУ) во главе с д.т.н., профессором Авдеевым В.П.



Авдеев В.П.
зав. кафедрой СИУ с 1992 г.
по 1999 г., докт. техн. наук,
профессор, заслуженный
деятель науки и техники



Киселева Т.В.
зав. кафедрой СИУ с 1999 г.
по наст. время, докт. техн.
наук, профессор

1996 г.

Создан факультет информационных технологий и кафедра технической кибернетики Новокузнецкого филиала - института Кемеровского государственного университета. Руководителями этого факультета и соответствующих кафедр избраны следующие преподаватели кафедры СА СибГИУ:



Мышляев Л.П.
д.т.н., профессор,
зав. каф., зам
директора по
науке



Евтушенко В.Ф.
к.т.н., профессор,
декан ф-та,
инф. техн.



Киселев С.Ф.
к.т.н., доцент,
нач. НИСа



Зельцер С.Р.
к.т.н., профессор,
зав кафедрой



Шамовский В.Э.
к.т.н., доцент,
зав. кафедрой

2001 г.

Выпускниками кафедры СА СибГИУ создана новая кафедра АПП – автоматизации производственных процессов на экономико-технологическом факультете Кузбасской государственной педагогической академии под руководством В.И. Веревкина.



Верёвкин В.И.
зав. кафедрой,
д.т.н., профессор



Кошелев А.Е.
декан,
д.т.н., профессор

Конец 90-х годов и первое десятилетие 21 века можно охарактеризовать как период выживания кафедры и ее дальнейшего развития. В это время была создана и принесла свою пользу Авторская комплексная образовательная система (АКОС) как самоуправляемая учебно-воспитательная структура кафедры, осуществляющая подготовку инженеров на платной основе. В это же время активно работает Научно-исследовательский центр систем управления.



Состав кафедры систем автоматизации в 2005 г. Первый ряд слева: Евтушенко В.Ф., Кулаков С.М., Рыбалко Л.Г., Белоусов П.Г., Черемушкина Е.М., Гулевич Т.М., Мышляев Л.П., Лихолобова М., Криволапова Л.И.; второй ряд слева: Киселев С.Ф., Новокрещин Б.Г., Теодорович С.Б., Шипунов М.В., Линков А.А., Федоров К., Добрынин А.С., Руденков Г.П., Грачев В.В., Трофимов В.Б., Шефер И.В., Львова Е.И., Бондарь Н.Ф.

ДОСТИЖЕНИЯ КАФЕДРЫ

За 50 лет существования кафедры она подготовила более 2000 инженеров по автоматизации, которые трудятся практически на всех металлургических предприятиях СНГ. Большая их часть осталась в Кузбассе. За эти годы подготовлено 68 кандидатов наук и 10 докторов наук (Цымбал В.П., Авдеев В.П., Дубровский С.А., Мышляев Л.П., Кулаков С.М., Кошелев А.Е., Киселева Т.В., Евтушенко В.Ф., Львова Е.И., Ивушкин А.А.).

Общее количество научных публикаций кафедры превысило 1500, в том числе 19 монографий. Общее количество изобретений – более 190.

Научную школу кафедры в последние 10 лет возглавляют: Кулаков С.М., заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, лауреат Премии Совета Министров СССР и Мышляев Л.П., проректор СибГИУ по научной работе и инновационному развитию, д.т.н., профессор,

заслуженный изобретатель РФ, лауреат Государственных премий. Ведущим направлением научной деятельности школы является «Теория и практика многоструктурных систем автоматизации на базе натурно-модельного подхода». В 2004 году по итогам конкурса научных школ Кузбасса школа кафедры АИС заняла первое место.

В 2000 г. кафедра систем автоматизации (кафедра АИС - с 2006 г.) по взаимному согласию была интегрирована с научно-исследовательским центром систем управления (НИЦСУ), который возглавляет д.т.н., профессор Мышляев Л.П. Это позволило улучшить качество подготовки специалистов, расширить базу практик, в несколько раз увеличить объем финансирования научных и проектных работ кафедры, укрепить связи кафедры с производством, расширить техническую базу кафедры. В настоящее время НИЦСУ выполняет следующие виды работ: фундаментальные и предпроектные исследования, техническое и рабочее проектирование систем, комплектация и поставка программно-аппаратных средств, изготовление шкафов контроллеров и сетевого оборудования, пусконаладка и ввод в действие систем автоматизации, обучение производственного персонала, сопровождение действующих систем, патентование оригинальных разработок, подготовка научно-технических публикаций. Основные системы автоматизации, внедренные НИЦСУ:

- на углеобогатительных фабриках: Антоновская (г. Новокузнецк), Бочатская – Энергетическая (г. Белово), Заречная-Спутник (г. Полысаево), Междуреченская (г. Междуреченск), Спутник (г. Полысаево), Березовская (г. Березовский);

- на угольных шахтах: Колмогоровская -2 (г. Белово), Заречная (г. Полысаево).

В настоящее время кафедра, как и вуз в целом, вступает в новый трудный период своего развития - период перехода на двухуровневое образование (подготовку бакалавров и магистров) и новые государственные образовательные стандарты, период усиления научной работы и создания малых инновационных предприятий, период омоложения преподавательского состава, период реорганизации вуза. Надеемся, что современный этап реформирования профессионального образования кафедра одолеет успешно.



Современный состав кафедры АИС в сентябре 2009 г. Слева - направо: Киселева Т.В. (СИУ), Рыбалко Л.Г., Руденков Г.П., Львова Е.И., Татаринев А.Е. (ОАО «НКМК»), Зельцер С.Р., Тараборина Е.Н., Кулаков С.М., Добрынин А.С., Новокрещин Б.Г., Бондарь Н.Ф., Гулевич Т.М., Трофимов В.Б., Мышляев Л.П., Башмакова А.А., Митьков В.В., Евтушенко В.Ф.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ (состояние вопроса)¹

Л.П. Мышляев^{*}, С.К. Коровин^{**}, А.А. Ивушкин^{***},
С.Ф. Киселев^{****}, К.Г. Венгер^{***}

^{*} СибГИУ, г. Новокузнецк, ^{**} МГУ им. Ломоносова, г. Москва,

^{***} Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк,

^{****} ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк

Современные социально-экономические условия выдвинули ряд жестких требований к созданию систем автоматизации управления (САУ), таких, как существенное сокращение сроков проектирования и строительства промышленных комплексов, повышение требований к технико-экономическим, экологическим и социальным показателям их работы.

Существуют следующие проблемы создания САУ: исчерпаны во многом возможности технологических процессов и агрегатов и повышения технико-экономических показателей следует достигать за счет повышения эффективности управления; отсутствуют методы совместного проектирования объектов управления и управляющих систем; не отвечают современным условиям методы планирования и строительства промышленных комплексов, в том числе САУ; недостаточен уровень решений по алгоритмическому и программному обеспечению управления сложными технологическими процессами и производственными комплексами; слабое методическое, алгоритмическое и техническое обеспечение испытаний и настройки программно-технических средств САУ.

Для комплексного решения указанных проблем разработано *научно-методическое обеспечение*, к которому относится следующее.

Методы и алгоритмы планирования сроков и ресурсов для создания промышленных комплексов с современными САУ. Сущность методов заключается в формировании на основе предыстории аналогов базовой (нормативной) структуры плана для базовых условий, характеризующихся, например, проектной мощностью, технологическими решениями; в экстраполяции базовой структуры и последующем ее пересчете на условия планируемого комплекса. За аналоги выбирались функционирующие САУ, разработанные и внедренные с применением предложенных технических и организационных решений. В результате построены оптимальные планы по срокам создания и освоения ресурсов на все виды работ – проектных, электромонтажных, пуско-наладочных. Полученные оптимальные сроки, которые в 2–3 раза меньше, чем при традиционном планировании, были успешно реализованы при создании комплексов угольных шахт и обогатительных фабрик.

Методы и алгоритмы совместного синтеза объектов и управляющих ими систем, основу которых составляют следующие операции: разработка исходной технологической схемы производства, исходной управляющей системы, имитационное моделирование полученной системы управления и расчет технико-экономических показателей, введение корректировок в технологическую схему, последующее повторение указанных операций до получения конечных результатов. При реализации описанного подхода доказана, например, целесообразность изменения технологической схемы обогащения углей с введением операций управляемого сухого отсева фракций угля 0 – 6 мм и его присадки к готовому концентрату, установки регулируемых питателей при групповом дозировании углей и концентратов в напольных открытых складах.

¹Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проектам № 08-07-00226-а, № 08-07-12016-офи.

В отличие от совместного совершенствования технологических объектов и управляющих ими систем, каждый последующий процент повышения эффективности производства за счет совершенствования технологий и технологических агрегатов требует все больше и больше интеллектуальных и материальных затрат.

Алгоритмы управления объектами с целенаправленно изменяемой структурой, которые включают следующие операции: задание исходных условий и формирование достоверных данных; формирование, запоминание и хранение типопредставительных ситуаций по каждой структуре объекта управления; выбор наиболее близких к текущей ситуации структур объектов управления; имитационное пересчетное моделирование каждой системы для всех структур объектов управления; оценивание показателей эффективности управления для каждой из имитируемых систем; выработка решения об изменении структуры объекта; выбор параметрических и координатных управляющих воздействий при фиксированной структуре объекта; реализация управляющих воздействий с обеспечением «безударного» перехода к новой структуре объекта управления.

Необходимость в разработке описанных алгоритмов возникает при стремлении получать желаемые динамические свойства систем при существенных, качественно изменяющихся внешних условиях и параметрах технологических агрегатов и процессов. В этом случае реализуется целенаправленное (управляемое) изменение структуры объекта, возможность которого закладывается на стадии совместного проектирования объекта и управляющей системы.

Методы синтеза и алгоритмы управления для объектов с рециклом и с распределенными управлениями. Точность регулирования в системах с такими алгоритмами в 1,5 – 3 раза превышает точность регулирования систем автоматического регулирования Смита, Ресвика и аналогичных им.

Характерными для многих промышленных комплексов являются объекты **с рециклом**, например в углеобогащении тяжелосредняя установка с регулируемой плотностью суспензии, а также объекты **с распределенными управлениями**, в которых **число управляющих воздействий превышает число регулируемых координат**, например напольные склады угля и угольного концентрата.

Методы идентификации сложных по структуре, нелинейных, нестационарных объектов в составе **действующих систем управления**, отличающихся возможностью активного и пассивного формирования данных специальных исследовательских экспериментов с прогнозированием траекторий рабочих режимов управления, возможностью элиминирования отрицательного, с точки зрения рабочих управлений, влияния активных исследовательских воздействий, возможностью последовательной рекуррентной обработки полученных данных. Методы позволяют в 2 – 3 раза сократить число экспериментов по сравнению с традиционными методами планирования экспериментов. Алгоритмы идентификации построены в виде замкнутых динамических систем с новыми типами обратной связи, позволяющих учитывать изменяющиеся требования к свойствам математических моделей и повысить качество идентификации в 1,5 – 2 раза при действии возмущений, соизмеримых с величиной полезного сигнала.

Специальные испытательно-наладочные полигоны. Современные условия создания САУ требуют, чтобы наибольшая часть работ по отладке САУ выполнялась в период, когда строительство объекта управления еще не закончено и технологические линии находятся только в стадии монтажа. Основное назначение созданных полигонов – статические и динамические испытания и отладка программно-аппаратных средств системы. Основным методом испытаний и отладки САУ является имитационное моделирование работы автоматизированных технологических агрегатов и комплексов с использованием комбинированных натурно-модельных блоков, объединяющих натурные компоненты действующих объектов и систем управления, физические модели объектов с их же частичными пересчетными математическими моделями. Весьма важное направление использования полигона – подготовка квалифицированных кадров для эксплуатации

автоматизированных технологических комплексов углеобогажительных фабрик - обучение студентов и производственного персонала промышленных предприятий.

Проведение полигонных испытаний и наладки проектируемых САУ позволило существенно уменьшить трудозатраты и сроки выполнения пуско-наладочных работ на промышленном объекте, а обучение позволило оперативно-техническому персоналу приступить к выполнению обязанностей сразу после передачи системы в промышленную эксплуатацию. Отлаженные на полигонах САУ дали возможность опережающего их внедрения и использования для отладки основного технологического и вспомогательного оборудования, начиная с «холодной» прокрутки агрегатов.

Полигонные испытания позволили сократить сроки выполнения пуско-наладочных работ в 2 – 4 раза.

Первым крупным объектом угольной отрасли, при создании САУ которого реализован предложенный подход и использовано научно-методическое обеспечение, была углеобогажительная фабрика нового поколения «*Антоновская*» (г. Новокузнецк). Результаты ее многолетнего функционирования убедительно подтвердили правильность и эффективность предложенных решений. «Антоновская» послужила аналогом для всех последующих фабрик, в том числе создаваемых с привлечением иностранных фирм. Научно-методическое обеспечение и инженерные решения нашли применение также в САУ технологическими комплексами угольных шахт.

САУ углеобогажительными фабриками. Назначение САУ - комплексная автоматизация управления технологическими и производственными процессами обогатительной фабрики. Автоматизируется решение задач контроля и анализа текущих изменений условий по поставкам рядовых углей и отгрузке концентрата, оценки состояния отдельных технологических комплексов и прогнозирования результатов их функционирования, оптимизации и оперативной согласованной коррекции плановых заданий на режимные параметры технологических процессов по стадиям и комплексам обогащения, оперативной реализации управляющих решений и регулирования технологических параметров.

Первый уровень - САУ, решающая задачи контроля, учета, анализа и планирования производственного процесса. Реализуется в виде совокупности автоматизированных рабочих мест производственно-управленческого персонала (главного инженера, технолога, энергетика, экономиста и др.). *Второй уровень* включает в свой состав две системы: систему автоматизации управления производственными процессами и систему научно-инженерного сопровождения автоматизированного производственного комплекса. На нижнем, *третьем уровне* – относительно автономные системы управления технологическими комплексами: углеприема и углеподготовки, погрузки, обогащения.

Система научно-инженерного сопровождения производственного комплекса состоит из двух систем: системы исследований и испытаний и системы инженерного сопровождения САУ. Система исследований и испытаний обеспечивает инструментальную поддержку технологических исследований, испытаний и отладки алгоритмов управления технологическими процессами. Система инженерного сопровождения САУ предназначена для инструментальной поддержки существующего и проектирования дополнительного информационного и программного обеспечения.

САУ реализована на современных контроллерах; на верхнем уровне IBM-совместимые компьютеры; физическая основа сети Ethernet – оптоволокно и «витая пара» 5-й категории. В качестве базового программного обеспечения - SCADA пакеты. Основные режимы функционирования – «Автоматический», «Вспомогательный», «Дистанционный» и «Местный (наладочный)».

Внедрение САУ дало повышение технико-экономических показателей не менее чем на 15%. Это достигнуто за счет увеличения выхода товарного концентрата и сокращения потерь угля с отходами, снижения удельных затрат на производство; сокращения неплановых простоев технологического оборудования и затрат на ремонтно-восстановительные работы; сокращения капитальных затрат на обеспечение контроля и управления; сокращения затрат

на текущее обслуживание системы; сокращения временных и материальных затрат на модификацию функций системы и алгоритмов контроля и управления при различного рода изменениях.

САУ технологическими комплексами угольных шахт обеспечивают автоматизацию функций контроля и диагностики состояния, управления технологическими процессами, технологическим и вспомогательным оборудованием и агрегатами наземных производственных и технологических участков, объектов энергообеспечения.

В число объектов контроля и управления в общем случае входят: вентиляционная установка главного проветривания, воздухонагревательная установка, производственно-противопожарная насосная станция, вакуум-насосная станция, погрузочный пункт, оборудование пожарной защиты и водоотлива, электроподстанции, водозаборные скважины.

Структурно САУ технологическим комплексом шахты представляет собой двухуровневую систему. **Нижний уровень** - локальные системы автоматизации управления соответствующими объектами комплекса. **Верхний уровень** САУ технологическим комплексом шахты - система автоматизации оперативно-диспетчерского контроля и управления, обеспечивающая интеграцию локальных систем в комплексную информационно-управляющую систему.

Разработанные САУ внедрены на шести углеобогатительных фабриках и четырнадцати угольных шахтах (см. таблицу). Выполнены проекты САУ: **десяти** углеобогатительных фабрик – «Денисовская» (г. Нерюнгри), «Абашевская» (г. Новокузнецк), «Печорская» (г. Воркута), «Северная» (г. Березовский), «Листвяжная» (г. Белово), «Бачатская-Коксовая» (г. Белово), «Сибоптпрофи» (г. Киселевск), «Карагайлинская» (г. Киселевск), «Алексиевская» (г. Ленинск-Кузнецкий), «Восточная» (пос. Липовцы, Приморский край); технологическими комплексами **семи** угольных шахт - «Бутовская» (г. Кемерово), «Южная» (г. Кемерово), «Талдинская-Южная» (г. Новокузнецк), «Байкаимская» (г. Ленинск-Кузнецкий), «Распадская» (г. Междуреченск), «Алардинская» (г. Калтан), «Северная» (г. Чегдомын, Хабаровский край).

Таблица – Внедренные системы автоматизации управления

№ п/п	Предприятие	Год внедрения	Объект автоматизации
Углеобогатительные фабрики			
1	«Антоновская», г. Новокузнецк	2001	САУ всей фабрикой
2	«Бачатская-Энергетическая», г. Белово	2003	Главный корпус, оперативно-диспетчерское управление фабрикой
3	«Заречная-Спутник», г. Полысаево	2004	САУ всей фабрикой
4	«Междуреченская», г. Междуреченск	2005	САУ всей фабрикой
5	«Спутник», г. Полысаево	2007	Реконструкция с расширением
6	«Березовская», г. Березовский	2008	САУ комплексами углеприема, углеподготовки, складирования
Угольные шахты			
1	«Есаульская», г. Новокузнецк	2003	Объекты электроснабжения, вентиляционная установка главного проветривания
2	«Распадская», г. Междуреченск	2003	Объекты электроснабжения
3	«Томусинская 5-6», г. Междуреченск	2004	Котельная, объекты электроснабжения
4	«Максвелуголь», г. Новокузнецк	2004	Дробильно-сортировочный комплекс погрузочного пункта
5	«Юбилейная», г. Новокузнецк	2004	Объекты поверхностного комплекса

Продолжение таблицы

6	«Полосухинская», г. Новокузнецк	2004	Электрокотельная с электрокалориферной установкой
7	«Алардинская», г. Осинники	2004	Технологический комплекс шахты
8	«Колмогоровская-2», г. Белово	2005	Объекты поверхностного комплекса, оперативно-диспетчерское управление шахтой
9	«Заречная», г. Полысаево	2005	Оперативно-диспетчерское управление шахтой
10	«Грамотеинская», г. Белово	2006	Погрузочно-складской комплекс
11	«Ерунаковская-1», г. Прокопьевск	2006	Объекты электроснабжения
12	«Березовская», г. Березовский	2006	Вентиляционная установка главного проветривания
13	«Большевик», г. Новокузнецк	2007	Вентиляционная установка главного проветривания, воздухонагревательная установка
14	«Ерунаковская-8», г. Новокузнецк	2008	Вентиляционная установка главного проветривания
15	«Южная», г. Кемерово	2008	Вентиляционная установка главного проветривания с котельной

Научно-технические решения *превышают* по своему уровню *отечественные* и многие *мировые достижения*. В сравнении с САУ, работающими на объектах угольной отрасли, разработанные и внедренные системы позволили автоматизировать управление промышленными комплексами в целом, а не отдельными их составляющими. При этом достигнуто повышение производительности не менее чем на 15%; повышена безопасность производства и уменьшены экологические нагрузки на окружающую среду не менее чем в 2 раза, повышены показатели качества продукции до 20%; сокращены затраты на создание и эксплуатацию САУ до 30%; улучшены условия работы руководящего, технологического и обслуживающего персонала. Широкое применение на 38 объектах угольных регионов нового подхода к созданию САУ России позволило сократить сроки их проектирования и внедрения не меньше чем в 2 раза.

**КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА**

**Н.П. Сарапулова, В.В. Ремизов, С.В. Кошелев, А.М. Кузнецов, А.В. Пирогов,
Д.В. Балабанов, Ю.А. Сарапулов**

ОАО «Выксунский металлургический завод», г. Москва

Уникальные газонефтепроводные проекты в России и за рубежом комплектуются трубами ОАО «Выксунский металлургический завод». Трубоэлектросварочный комплекс труб большого диаметра (ТЭСК ТБД) завода, оснащенный современным технологическим оборудованием, производит электросварные прямошовные (одно- и двухшовные) трубы диаметром от 508 до 1420 мм с толщиной стенки от 7 до 48 мм. Трубы изготавливаются на двух независимых линиях с различными способами производства – УОЕ (ТЭСА 1020) и JCO (ТЭСА 1420) из сталей разных классов прочности (от К38 до К65) на рабочее давление до

250 кг/см² формовкой и автоматической дуговой сваркой под слоем флюса. По требованию потребителя трубы могут быть с наружным трёх- или двухслойным антикоррозионным полиэтиленовым или пропиленовым покрытием, покрытием под обетонирование, внутренним гладкостным или антикоррозионным покрытием.

В технологических линиях ТЭСА 1020 и ТЭСА 1420 более 100 агрегатов (формовочные прессы, сварочные станы, экспандеры, гидропрессы, агрегаты наружного и внутреннего покрытий и пр.) на шести участках: формовки, сварки, ремонта и гидроиспытаний, отделки, наружного покрытия, внутреннего покрытия. Проектная мощность ТЭСК ТБД 2,0 млн. тонн труб в год.

В 2006-2009гг. трубоэлектросварочный комплекс оснащён интегрированной автоматизированной системой, структура которой приведена на рисунке 1.

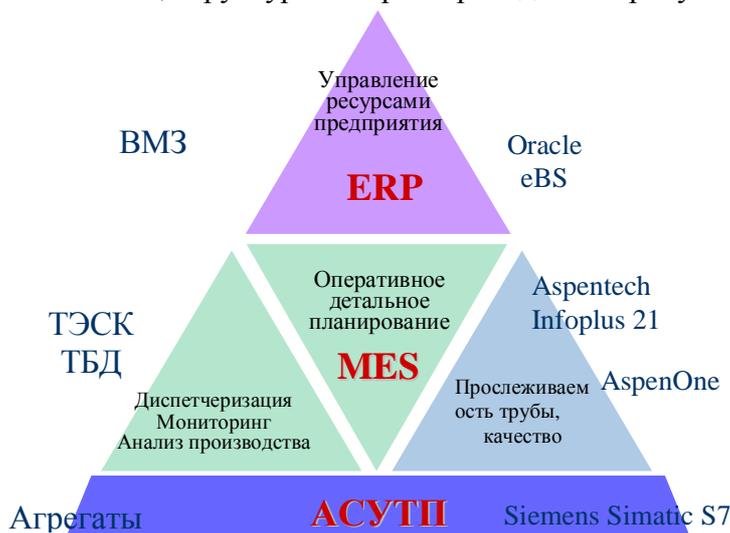


Рисунок 1 – Структура автоматизированной системы ОАО «ВМЗ»

Разработку системы выполнили специалисты завода с привлечением проектных, монтажно-наладочных организаций.

Укрупнённый состав модулей системы приведён на рисунке 2.

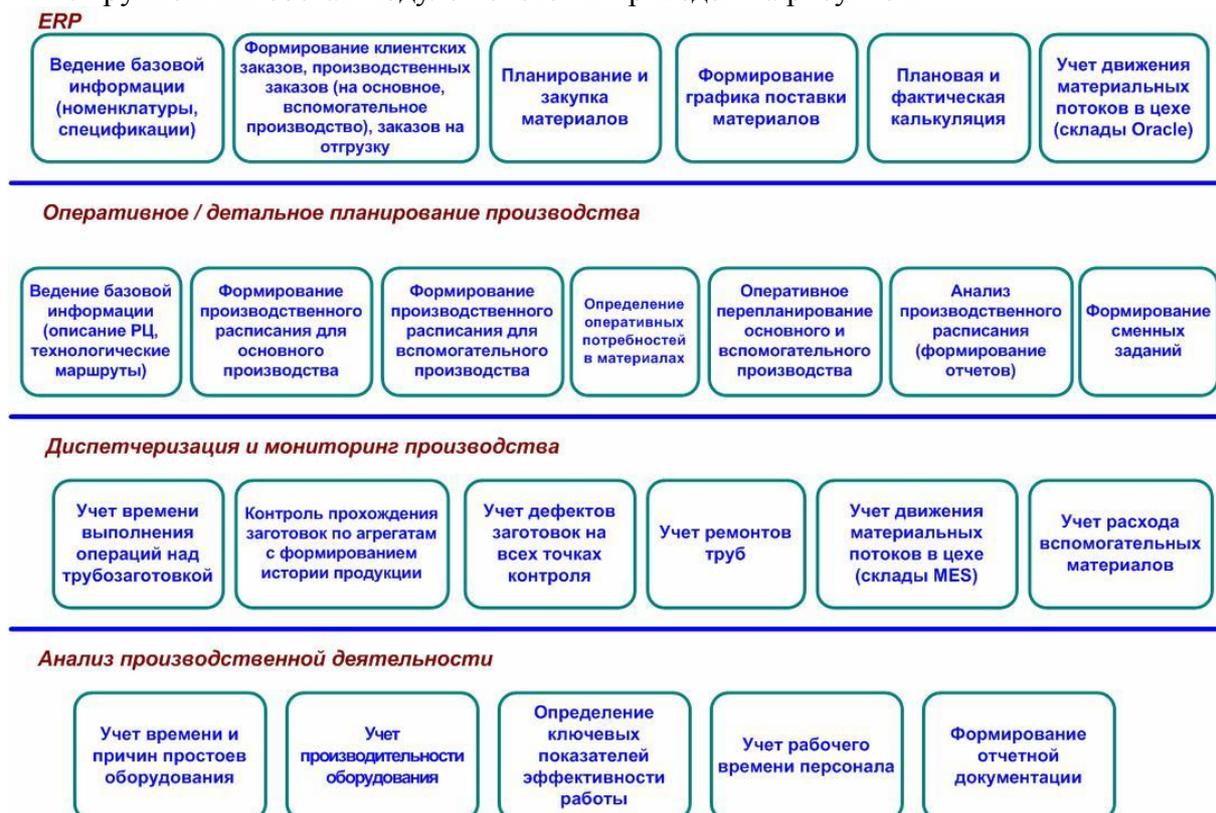


Рисунок 2 – Модули автоматизированной системы

Формирование заказов, планирование закупок материалов, учёт производства, управление отгрузкой продукции ТЭСК ТБД реализованы на базе программно-технической платформы Oracle e-Business Suite.

Системой выполняются функции учёта поступления штрипса и материалов для производства труб, учёта производства и качества трубы, операций над трубами при их перемещении с участка на участок цеха, отгрузки продукции, в том числе:

- оприходывание листовой заготовки на склады металла трубных цехов;
- выдача в производство листовой заготовки;
- присвоение номера трубы листовой заготовке;
- регистрация данных о качестве заданного в производство листа;
- автоматическое списание со склада металла листов из партий в момент задачи в производство;
- партионный учет штрипса с автоматическим формированием номеров партий поступившего металла и автоматическую связь партии с заказом на свободную или прогнозную продажу;
- автоматическое распределение затрат заготовления на приобретенные позиции с целью определения фактической стоимости ТМЦ при списании в производство;
- формирование отчетности для проведения бухгалтерского учета запасов, автоматическое формирование технического отчета и калькулирование себестоимости в ТЭСК ТБД;
- автоматическое формирование и печать заданий на испытание труб;
- ведение базы данных результатов испытаний качества труб;
- автоматическое формирование и печать сертификатов качества труб (более 50 форм);
- формирование отчетов о показателях качества для ОТК, исторической базы показателей качества труб;
- окончательная приемка труб на склады готовой продукции;
- приемка не аттестованной черной трубы на склады не аттестованной продукции;
- учёт операций по приемке, перемещению труб с привязкой к номеру строки заказа на планируемую или прогнозную продажу;
- автоматическое формирование и печать сертификатов качества труб (более 95 форм);
- формирование отчетов о показателях качества для ОТК, исторической базы показателей качества труб;
- формирование отчетов о движении готовой продукции на участках и складах;
- разбивка строк принятых заказов на поставку труб на вагонные нормы;
- планирование даты и времени отгрузки из цеха, выпуск реестров приказов на отгрузку, переданных в цех, формирование отчетов и справок о состоянии приказов на отгрузку;
- регистрация количества по операциям упаковки продукции в транспортные средства (вагоны, автомобили)
- регистрация номеров труб, упакованных в транспортные средства по данным сканирования штрих-кодовых меток;
- автоматическое формирование железнодорожных накладных и передача их в систему ЭТРАН РЖД.
- автоматическое подтверждение результата отгрузки при получении подтверждения о приемке груза на РЖД с автоматическим списанием труб со склада готовой продукции;
- автоматическое формирование счетов-фактур и товарных накладных для подтвержденных результатов отгрузки по приказам, печать счетов фактур и накладных;

- формирование производственного рапорта, отчетов и справок для контроля отгрузки по заказам и договорам.

§ автоматическое распределение затрат заготовления на приобретенные позиции с целью определения фактической стоимости ТМЦ при списании в производство;

§ автоматическое формирование технического отчета о работе ТЭСК ТБД за отчетный период и калькуляция стоимости труб.

§ формирование отчетности для проведения бухгалтерского учета запасов, автоматическое формирование технического отчета и калькулирование себестоимости в ТЭСК ТБД;

Многие функции управления производством автоматизированы в рамках стандартной функциональности Oracle e-Business Suite. Отличительными свойствами системы являются новаторские решения (методики, алгоритмы, программы): расчет планов-прогнозов производства на основе заказов на планируемую продажу и прогнозов продаж, планирование закупки штрипса и основных материалов для производства трубы; оперативный учёт возвратно-поступательного перемещения трубы в цехе при устранении дефектов и ремонтах трубы; оперативный учёт расхода материалов на единицу трубы; надежное сохранение первичных данных для формирования отчётов для технического и бухгалтерского учёта и невозможность их изменений.

Автоматизированная система прослеживаемости трубной продукции (АСП ТП).

Система, выполняющая функции диспетчеризации, мониторинга и анализа производственной деятельности ТЭСК ТБД, интегрирована с базовой автоматизацией более 100 агрегатов, WI-FI сканерами для контроля перемещения и складирования трубы, установками СНК, документооборотом ЦЗЛ, Oracle e-Business Suite. Всего АСП ТП содержит 97 цеховых автоматизированных рабочих мест. Программно-аппаратная платформа АСП ТП приведена на рисунке 3. Функциональные свойства АСП ТП позволяют представлять информацию о производстве и качестве продукции в режиме on-line, задавать технологические маршруты и осуществлять запреты на перемещение труб, контролировать по номерам погрузку труб в вагоны, вводить информацию в систему квитированием, дополнять и развивать функции системы под требования новых проектов поставки труб заказчиком. Системой формируется паспорт на каждую трубу, который архивируется и хранится в системе заданный срок.

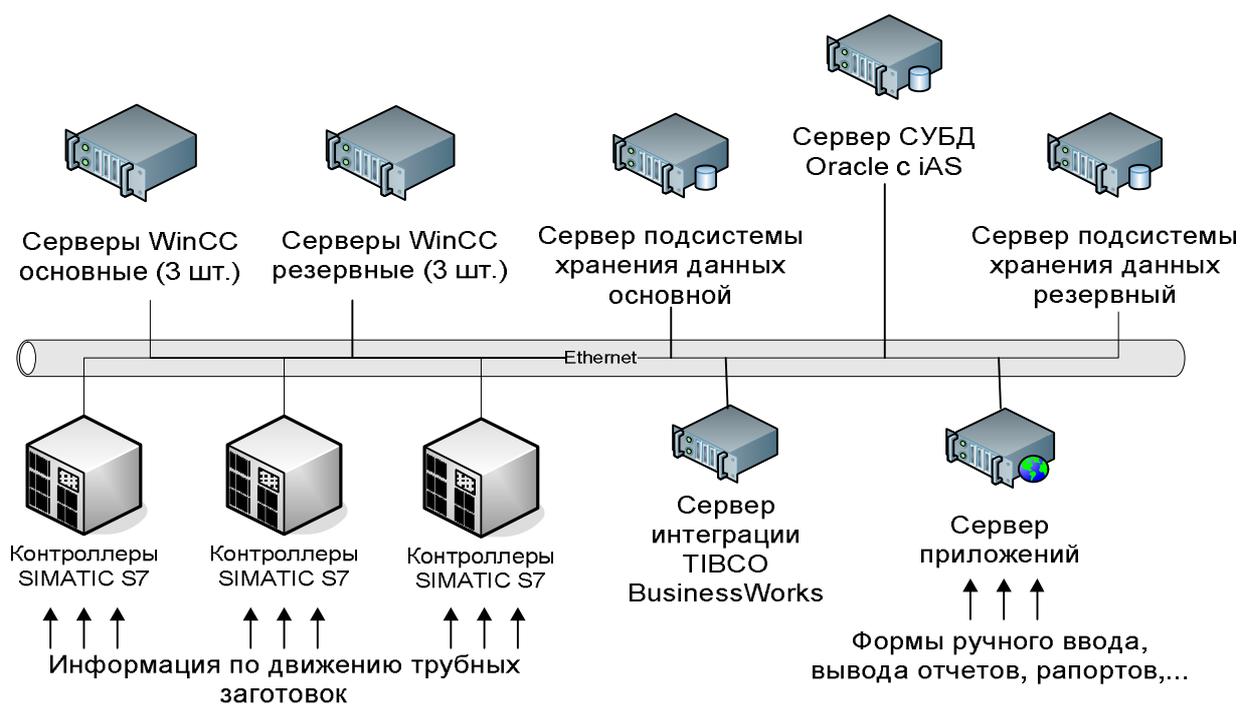


Рисунок 3 – Техническая структура АСП ТП

На уровне базовой автоматизации агрегатов и транспортных механизмов контроллерами SIMATIC S7 и SCADA-системой WinCC собирается и подготавливается информация для АСП ТП, формируется логика прослеживаемости движения трубы и рабочих операций на технологических участках производства, осуществляется визуализация режимных параметров агрегатов и хода движения трубных заготовок. SCADA работает на двух группах серверов с клиент-серверной архитектурой в зеркальном режиме с идентичным набором тэгов. Серверный компонент осуществляет сбор, обработку и передачу данных, клиентский - реализует визуализацию на рабочих местах.

АСП ТП использует программные компоненты Aspen Manufacturing Suite. Компонента Aspen InfoPlus.21 (устанавливается на сервере хранения данных) представляет собой базу данных реального времени и является основой для автоматического сбора, обработки и хранения данных. Для связи InfoPlus.21 с базовой автоматикой через OPC-интерфейс применена программа Aspen CIM-IO, которая поддерживает принцип аппаратного резервирования OPC-серверов и механизм сохранения и накатки данных на базу при разрыве связи. Серверная часть Aspen CIM-IO устанавливается совместно с OPC-сервером, клиентская – с InfoPlus.21.

Основные функции АСП ТП:

- сбор и хранение производственно-технологической информации, формирование паспорта трубы;
- формирование маршрутных карт и технологических карт, хранение спецификаций;
- контроль состояний рабочих центров (РЦ), выполнения производственных заказов и прослеживаемости трубы и заготовок;
- учет и анализ качества трубы на РЦ;
- учет производительности РЦ, вида и времени выполнения операций на каждом РЦ;
- учет простоев РЦ и их причин, расчет и анализ информации об эффективности использования оборудования на каждом РЦ;
- учет расходования основных материалов, обрезки металла на РЦ;
- учет рабочего времени персонала РЦ;
- формирование отчетов установленной формы;
- ведение справочников, документации и исторических данных по каждой трубе и агрегату;
- аутентификация пользователей и предоставление прав.

АСП ТП построена на многозвенной программной архитектуре и использует практически все возможные типы взаимодействия между компонентами внутри системы и для интеграции с другими системами. Архитектура программных компонент представлена на рисунке 4.

Управление качеством является ядром и самой сложной функцией. В модуле качества используется две отдельных СУБД для хранения данных по трубным заготовкам и для обмена данными с ERP-системой Oracle e-Business Suite. Такое разделение сделано из-за принципиально разной работы этих двух хранилищ.

База хранилища данных по трубам представляет собой БД с интенсивным накоплением информации и имеет значительный объем. Расчетный рабочий объем базы составляет 200 Тб. Архитектура БД является строго регламентированной и создана специальной утилитой из пакета программ Aspen Batch.21. Для управления столь большой по объему и жестко регламентированной по структуре базой поддерживаются специальными знаниями и высоким уровнем подготовки администратора СУБД.

База данных обмена содержит небольшой объем динамически меняющейся информации. Через эту БД ведётся обмен данными с ERP-системой для получения данных о задаваемых в производство трубных заготовках, передачи информации о готовых трубах и

обмена номенклатурно-справочной информацией, а также с LIMS системой (Документооборот ЦЗЛ) и внешними информационными системами.

Доступ к хранилищу данных осуществляется через программный компонент Aspen Batch.21, представленный двумя элементами – собственно ядром Batch.21, для работы с данными в базе, и web-сервисом Batch.21 для доступа к данным со стороны внешних приложений. Базовый процесс Batch.21 является многопоточным резидентным процессом, постоянно находящимся в памяти и обрабатывающим данные в базе. Веб-сервис Batch.21 осуществляет парсинг поступающих извне XML-запросов, их аутентификацию и передает ядру Batch.21 на исполнение. Результирующий набор данных также через XML-структуру выдается во внешнее приложение.

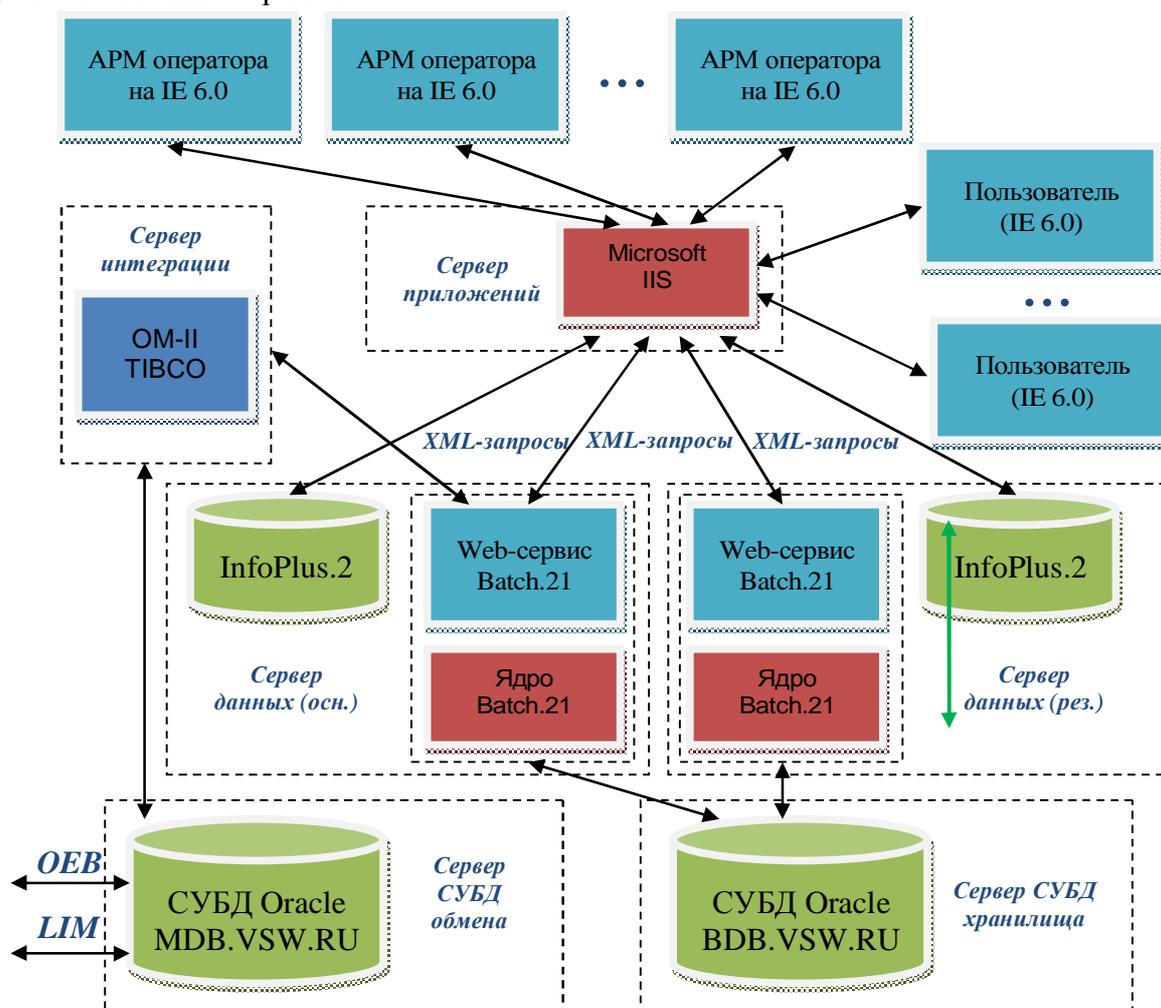


Рисунок 4 – Структура программного обеспечения АСП ТП

На том же сервере располагается СУБД реального времени Inforplus.21. Поскольку Inforplus.21 является базой реального времени, доступ к данным справочников здесь значительно быстрее, чем на реляционной базе, поэтому использование ее в качестве хранилища нормативно-справочной информации предпочтительно. Доступ к данным осуществляется посредством XML-запросов к web-сервису SQL-Plus – машине обработки запросов Aspen InfoPlus.21.

Таким образом, архитектура системы полностью построена на взаимодействии компонентов через веб-сервисы и относится к классу SOA (Service Oriented Architecture).

Для повышения надежности работы системы сервер данных, включающий Batch.21 и Inforplus.21, резервируется. При этом Batch.21 резервного сервера работает с той же схемой данных, что и основной процесс, т.е. является полноценным дополнительным каналом доступа к данным. Этот факт учитывается в системе построения отчетов.

В качестве инструмента интеграции используется программный продукт TIBCO Business Works. Это мощная интеграционная среда, позволяющая реализовать

взаимодействие различных разнородных информационных систем. В АСП ТП используется порядка десяти интеграционных пакетов программ для обмена данными с ERP-системой Oracle e-Business Suite и локальными цеховыми системами автоматизации. В частности, через модуль интеграции передаются данные по заданному в производство штрипсу, информация по сварочным станам, по сборке двухшовных труб, по приемке труб на участке отделки и антикоррозионного покрытия и др.

Сервер приложений реализован на Microsoft IIS, в котором для работы АСП ТП выделен собственный программный пул. Серверная часть приложения осуществляет авторизацию пользователей, обеспечивая вход обычным и привилегированным пользователям через разные сайты, обеспечивает ввод, обработку и предоставление данных, осуществляет взаимодействие с базами данных и сервисами через OleDb и XML-service.

Клиентские АРМы оснащены браузером IE 6 для корректной работы приложения, поскольку программный комплекс использует технологию AJAX и часть логики реализована на "Microsoft" Java Script. На клиентских АРМах реализована предобработка данных при вводе информации, а также при навигации по формам приложения.

Актуальность АСП ТП определяется требованиями заказчиков к прослеживаемости процесса производства трубы в масштабе реального времени, автоматизированному формированию электронного паспорта трубы, ведению архива данных с техническими характеристиками, технологическими режимами, результатами измерений параметров качества и испытаний свойств по каждой трубе. Информационно-управляющие функции системы по мониторингу и координации производства в условиях многостадийной технологии и вариантной маршрутизации движения трубы по участкам обеспечивают прозрачность работы цеха, эффективное использование оборудования, своевременное принятие регулирующих мер по обеспечению ритмичности работы всего комплекса ТЭСК ТБД. В интеграции с другими системами достигается синергетический эффект в стабильности технологии, качестве продукции, гарантированном исполнении заказов потребителей.

Новшества, заложенные в концепцию системы, позволяют: в реальном времени управлять движением трубных заготовок в рамках заданных технологических маршрутов; гибко

модифицировать технологические маршруты (поток и возвраты) под требования различных проектов, не прибегая к внесению изменений в программное обеспечение; получать динамические экраны слежения за процессом производства труб на основе автоматического и ручного сбора данных; оптимально распределять производственные задания в соответствии с регламентами перевалок по сортаментам; развивать и расширять функциональность системы.

АСУ ТП. Системы автоматизации агрегатов и транспортных механизмов технологических линий 1020 и 1420 реконструированы на основе техники автоматизации фирмы Сименс. В линии 1020 смонтировано 53 шкафа контроллеров SIMATIC S7-300 с модулями центрального процессора CPU 315-2 PN/DP и встроенными интерфейсами ProfiBus-DP и Ethernet Profinet, 126 пультов управления со станциями распределённого ввода/вывода, 400 дополнительных датчиков. В линии 1420 на всех агрегатах модернизированы контроллеры и программное обеспечение с целью подключения в цеховую информационную сеть и интеграцию со станциями управления WinCC. Взаимодействие контроллеров с интеллектуальными устройствами ввода/вывода (пультами, полевыми станциями) по промышленной сети полевого уровня ProfiBus-DP дало возможность многократно снизить протяженность контрольных кабелей, тем самым уменьшить стоимость АСУТП, затраты на монтаж, наладку, обслуживание, время восстановления при аварии и значительно повысить надёжность. Информационный обмен между отдельными смежными участками выполнен с применением устройств DP-Coupler, обеспечивших гибкую настройку данных и согласование скоростей транспортных механизмов с частотно-регулируемыми приводами без использования дополнительных средств автоматизации. Прикладное программное обеспечение контроллеров написано с помощью пакета SIMATIC STEP7 V5.3 и представляет

собой комплекс программных ресурсов – групп программ, объединенных по функциональному или технологическому признаку. Модульная структура прикладного программного обеспечения позволяет проводить наладку автоматики оборудования в кратчайшие сроки и, при необходимости, расширять программный продукт (при замене приводной техники, дополнении коммуникаций). В программном продукте комментарии и мнемоника выполнены на русском языке. Это позволяет инженерному составу успешно обслуживать новые системы управления. На станциях WinCC реализованы динамические схемы технологических агрегатов. Цеховая информационная сеть построена на оборудовании фирмы Cisco и оптоволоконных кабелях. Протяжённость сети 30 км, шкафов с коммуникационной аппаратурой 27 шт. Основные результаты внедрения АСУТП:

- снижение времени определения причин остановок или задержек и принятия решений по их устранению;
- анализ истории аварийных ситуаций и выявление «слабых» мест;
- переход от эпизодической к систематической диагностике оборудования в реальном времени (контроль наработки оборудования на отказ, его сравнение с паспортными данными);
- повышение ремонтпригодности систем автоматики (замена разнородных контроллеров на типовые);
- снижение издержек производства за счет мониторинга хода производства, выявления отклонений и принятия оперативных мер по их устранению.

Информационная система аттестации труб и электронный документооборот (ЭД)

ЦЗЛ. Система реализована на программно-технической платформе АСП ТП. Схема информационного процесса сопровождения аттестации труб ТЭСК ТБД приведена на рисунке 5. Автоматизированы участки ЦЗЛ: участок изготовления образцов (УИО); лаборатория механических испытаний (ЛМИ); объединённая аналитическая лаборатория (ОАЛ); лаборатория металлографии и термообработки металлов (МиТОМ); лаборатория антикоррозионных покрытий (АКП). Количество АРМ в системе – 18 шт., информационная сеть ЦЗЛ расширена до 90 точек. Формализован процесс формирования заказов на испытание образцов с единой системой нумерации, реализована электронная матрица заказов на испытания. Автоматизированы функции слежения и учёта отбора, доставки проб, изготовления образцов, испытаний образцов, электронного архивирования результатов испытаний. Результаты испытаний в электронном виде передаются в цеховую систему для формирования сертификатов, отгрузочных документов. Информационная система способствовала ликвидации узких мест процесса аттестации труб, сокращению простоев вагонов, снижению пиковых нагрузок на участках изготовления образцов и проведения испытаний.

Заключение.

1. Успешно решена задача по созданию интегрированной информационно-управляющей системы крупнейшего в России комплекса по производству труб большого диаметра:

- Проведена реконструкция автоматики агрегатов линии 1020, модернизации контроллеров линии 1420 без остановки цеха и потерь производства.
- Применена и освоена новая программно-аппаратная платформа для построения цеховых систем слежения за процессом производства, которая эффективно может тиражироваться на других производствах завода.
- Отработаны типовые программные модули для систем прослеживаемости продукции, для формирования электронного паспорта трубы, для систем базовой автоматики агрегатов.
- Создана информационная и программная база для развития и наращивания функций систем слежения, создания систем статистического контроля качества продукции, мониторинга текущей деятельности завода.

- Усовершенствованы процессы планирования производственных заказов, закупки штрипса и материалов для производства трубы.
 - Автоматизирован процесс формирования технического отчёта цеха, бухгалтерской отчётности.
 - Подготовлены программисты завода для проектирования и администрирования систем на новой платформе Inforplus.21, Batch.21 программного продукта AspenOne.
2. В ТЭСЦ ТБД созданы условия для гарантированного исполнения самых сложных заказов потребителей.

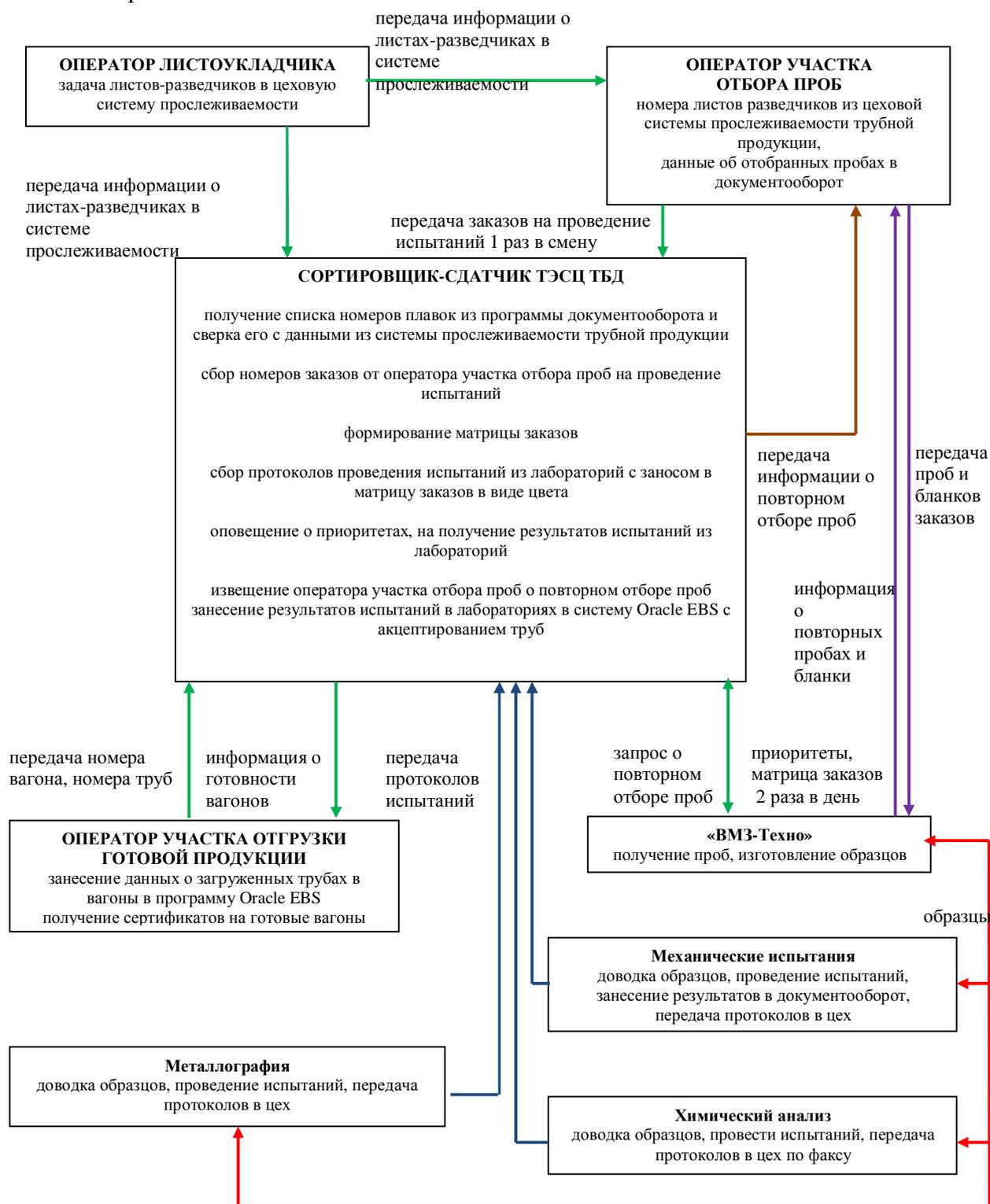


Рисунок 5 – Система информационного сопровождения процесса аттестации труб

В работе принимали участие: Борумбей Е. В., Дворянкина М.А. Никитина Л.М.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С УЧЕТОМ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ

В.П. Цымбал, С.П. Мочалов

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Этот доклад является дальнейшим развитием третьей части представленного в этом же сборнике доклада «О синергетическом подходе к управлению сложными термодинамическими объектами». В последнем рассматриваются подходы к управлению объектами механической и сложной термодинамической природы с позиций синергетической концепции.

Здесь же мы хотим более подробно на конкретном примере создания нового струйно-эмульсионного металлургического процесса показать возможность учета и реализации основных принципов синергетики (теории самоорганизации) непосредственно на этапе конструирования процесса и агрегата.

Немного предыстории

Вспомним, как шло развитие металлургии, начиная с середины 19-го века.

Необходимо сразу же подчеркнуть, что с момента великих открытий: мартенование, регенерация тепла, конвертирование (доменное производство имеет еще более давнюю историю), в течение полутора веков металлургия развивалась главным образом по экстенсивному пути. Никаких принципиально новых процессов за это время не было создано. Основной тенденцией развития (особенно с середины 20 века) явилось стремление к гигантизму (увеличению объема агрегатов). Движущими силами этой тенденции было достижение двух главных целей: повышение производительности и снижение тепловых потерь. Однако, в результате, ни одной из этих целей достигнуть не удалось. В основном технологическом агрегате эти цели действительно достигались, но получаемый при этом эффект с лихвой перекрывался резким усложнением обеспечивающих систем (подготовка и подача шихты, доведение до кондиции получаемого продукта и т.д.)

Вместо демидовских домниц, работавших на антраците и руде, при увеличении объема доменных печей мы получили в придачу два экологически грязных и более дорогих, чем домна, передела – коксохимическое и агломерационное производства, которые в свою очередь продолжают усложняться в связи с возрастанием требований к прочности и газопроницаемости кокса и агломерата. В настоящее время 80% энергозатрат при получении готового проката приходится на получение чугуна, а сквозной тепловой КПД всех технологических переделов традиционной технологической схемы порядка 20% и примерно такую же величину составляет сквозной коэффициент использования исходного сырья. В настоящее время сами доменщики пришли к выводу, что гигантизм завел металлургию в тупик. И даже появилась статья «Печи малого объема – будущее доменного производства» [1].

Аналогичная картина наблюдалась и в сталеплавильном производстве. Если в мартеновских печах разумного объема (150-200 тонн) можно было выплавлять (как конечную кондиционную продукцию) практически любые марки стали (броневые и др.), кроме особо высоколегированных, то в 900-тонных печах это стало уже невозможным. А в конвертерах и электросталеплавильных печах теперь плавят чаще всего полупродукт («бульон»), для доведения которого до готовой продукции требуются дополнительные весьма дорогие агрегаты: печь-ковши, установки вакуумирования и т.д.

Одна из главных нелогичностей традиционной технологической схемы (с точки зрения глобальной экономии энергии) заключается в использовании идеи окомкования. Исходные материалы подвергаются дроблению и обогащению, а затем окомковываются. При этом огромная реакционная поверхность пылевидных материалов уменьшается в десятки и даже сотни раз. Для прогрева и расплавления кусковых материалов требуется

значительное время пребывания в агрегате и это одна из существенных причин (особенно в сочетании с небольшим отклонением процессов от термодинамического равновесия): почему получают агрегаты большого объема и почему процессы в них идут достаточно медленно.

Кстати, в большинстве новых развивающихся процессов прямого восстановления (Мидрекс, частично – Корекс) повторяется та же нелогичность и снова объемы агрегатов растут.

Есть ли выход из этого тупика?

Давней мечтой металлургов было создание непрерывных металлургических процессов. Это само по себе позволило бы существенно повысить эффективность производства металла. Однако, создать полностью непрерывный и эффективный металлургический процесс пока нигде в мире не удалось.

По-видимому, нужна новая концепция.

Исходные предпосылки концепции создания новых процессов и агрегатов

Рассмотрим, с учетом недостатков, проанализированной выше традиционной технологической схемы, каких целей мы хотим достичь при разработке нового процесса и агрегата:

1. Возможность получения различных видов металлургической продукции (достаточная универсальность).
2. Минимизация энергозатрат и материальных затрат.
3. Высокая скорость протекания процессов.
4. Устранение многозвенности технологии – непрерывность процесса.
5. Хорошая управляемость.

Как реализовать одновременно все эти столь важные цели?

На начальных этапах разработки нового металлургического процесса и агрегата в 1985-90 годах движущей силой принимаемых конструктивных решений являлись две взаимодействующие идейные линии.

1. С одной стороны, анализ причин описанной выше тупиковой тенденции в существующей металлургии и основных путей выхода из этой ситуации. Стало ясно, что экстенсивный путь развития металлургии себя исчерпал, нужны принципиально новые качественные решения.

2. С другой стороны, поиск теоретических и конструктивных решений для реализации поставленных выше целей и прежде всего: достижение предельно высоких скоростей протекания гетерогенных химических реакций и при этом хорошей управляемости процессом, а также минимизации энергозатрат. Остальные цели в этом случае становятся производными.

В качестве теоретической, и даже, можно сказать, философской основы для нас явилась синергетика (теория самоорганизации), углубленным изучением которой наша творческая группа начала заниматься в то время.

Иногда нам задают вопросы: Вы создали интересный процесс и агрегат, оригинально используя известные физические решения (диспергация встречными струями, критическое истечение двухфазной струи и др.). Но при чем здесь синергетика? И мы отвечаем. Очень даже причем.

Именно, благодаря сформировавшемуся в наших головах синергетическому подходу нам удалось отойти от рутинных решений традиционной металлургии и найти какие-то новые, более оригинальные решения.

Какие же принципы синергетики [2,3] мы смогли использовать и каких из поставленных выше целей добиться таким образом [4-7]?

Наиболее важные принципы синергетики.

1. Высокий уровень отклонения от термодинамического равновесия. Главная цель – повышение скорости химических реакций.

2. Организация стационарного колебательного режима, что позволяет обеспечить режим текущего равновесия (стабильное течение процесса) с минимальным производством энтропии. Повышение или понижение уровня, поддержания этого стационара обеспечивается изменением соотношения приток-сток или конструктивных параметров агрегата, для чего необходимо совместная модель процесса и объемлющей системы агрегата.

3. Принцип минимального принуждения, близкий по-существу, к принципу Ле-Шателье. Использование этого принципа позволяет минимизировать затраты на управление и не мешать положительным тенденциям в системе: процесс-агрегат.

4. Принцип крутой подчиненности. Его целесообразно использовать в сочетании с предыдущим принципом. Это позволяет создать согласованное (когерентное) поведение и обеспечить внутреннюю обратную связь в процессе, а также упростить математическое описание процесса за счет уменьшения числа параметров порядка из-за когерентности.

Как реализовать эти принципы для достижения поставленных целей?

1. Необходимо создать математическую модель, связывающую параметры процесса (ансамбль частиц) и параметры агрегата (система, объемлющая поле).

2. Необходимо сконструировать агрегат, реализующий эти задачи и принципы во взаимосвязи.

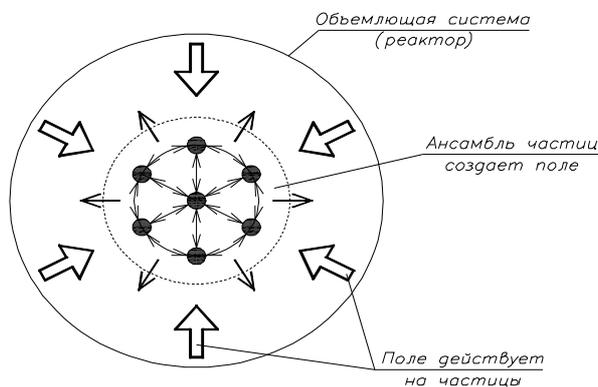


Рисунок 1 – Круговая подчиненность

При конструировании агрегата (рисунок 2) были решены следующие основные задачи.

1. Резкое увеличение скорости гетерогенных физико-химических процессов, что было достигнуто следующими двумя мероприятиями:

а) увеличение межфазной поверхности, что было реализовано следующим образом:

– отказ от стадии окомкования и использование пылевидных материалов;

– переход от отдельных фаз (металл-шлак) к созданию газозвеси путем диспергации шихты встречными струями в реакторе-осциляторе;

– создание эмульсии в рафинирующем отстойнике 5, за счет нижней подачи, приготовленной в реакторе 3 газозвеси через газодинамически запираемый канал 4;

б) большое отклонение процессов от термодинамического равновесия, что реализовано следующим образом: создание возможности повышения давления в реакторе-осциляторе 3 за счет аэродинамического запирающего канала 4 и режима подачи реагентов; полная изоляция процесса от атмосферы и создание вынужденного давления продуктов реакции через все последовательно-соединенные аппараты, включая теплоутилизирующие и очистные устройства, что в сочетании с переходом газозвеси позволило сделать резкий скачок в уменьшении удельного объема металлургических агрегатов и снижении капиталоёмкости.

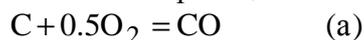
В процессе Корекс, например, для транспорта продуктов из первого (шахтного агрегата) во второй используются весьма громоздкие и дорогие высокотемпературные шнековые питатели.

2. Создание проточного реактора-осцилятора, в котором реализована внутренняя обратная связь, благодаря сочетанию эффекта газодинамического запирающего канала 4 с

принципами круговой подчиненности частицы поля и Ле-Шаталье-Брауна. При достижении в этом канале критической скорости истечения (которая зависит от скорости звука) давление в реакторе 3 начинает расти, скорости реакций с газообразными продуктами V_{Γ} начинают тормозиться, а объемная доля конденсированной фазы (металл-шлак) V_K начинает увеличиваться. Это приводит к изменению объемного газосодержания

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma\Gamma}}{V_{\Gamma} + V_K} \quad (1)$$

и к изменению соотношений исходных и конечных продуктов в системе, например, следующих окислительно-восстановительных реакций:



а также к уменьшению поступления кислорода в реактор из коллектора вследствие уменьшения периода давлений. В конечном итоге, с учетом переходного запаздывания, развивается обратная тенденция и процесс закидывается. Таким образом, в реакторе-осциляторе 4 и на его выходе создается неравновесный колебательный стационар, уровень которого можно изменять с учетом необходимой производительности и величины потенциала давления, необходимого для проталкивания продуктов реакции через все элементы агрегата, а также через теплоутилизирующие и очистные установки.

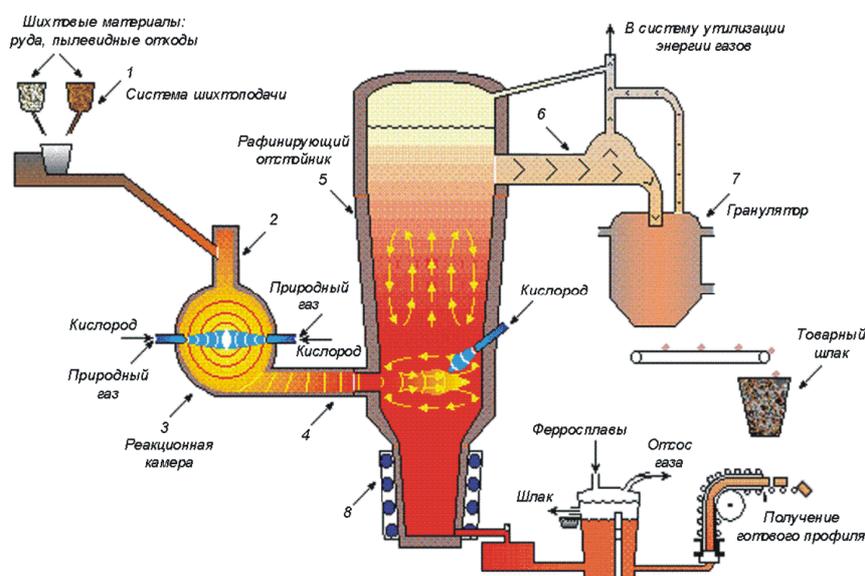


Рисунок 2 – Технологическая схема процесса и агрегата типа СЭР

Связь между интенсивностью процессов, протекающих в реакторе 4 (модель процесса) и его основными конструктивными элементами (модель агрегата) описывается следующим соотношением:

$$\frac{dP_p}{dt} = \frac{RT}{V_p} (V_{пр} - V_{отв}), \quad (2)$$

где P_p – давление газозвеси в реакторе, $V_{пр}$ – секундный объем прихода (образования) газозвеси (определяется из реализации математической модели), $V_{отв}$ – секундный объем отвода газозвеси, определяется следующим соотношением: $V_{отв} = \vartheta_{отв} S_K$, где S_K – площадь соединительного канала, $\vartheta_{отв}$ – скорость отвода газозвеси (двухфазной среды), являющаяся нелинейной функцией.

$$\vartheta_{отв} = \begin{cases} f(P_p - P_o), & \text{при } v_{отв} < v_{кр} \\ f(\alpha_{\Gamma}), & \text{при } v_{отв} > v_{кр} \end{cases}$$

Зависимость скорости звука C (и скорости отвода двухфазной среды $v_{отв}$) от газосодержания $\varphi = \alpha_G$, представлена на рисунке 3.

А на рисунке 4 показан характер колебательных процессов в низкотемпературной модели реактора-осциллятора.

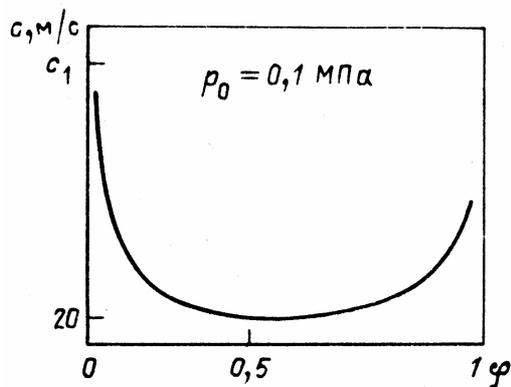


Рисунок 3 – Зависимость скорости звука в водовоздушной смеси от газосодержания

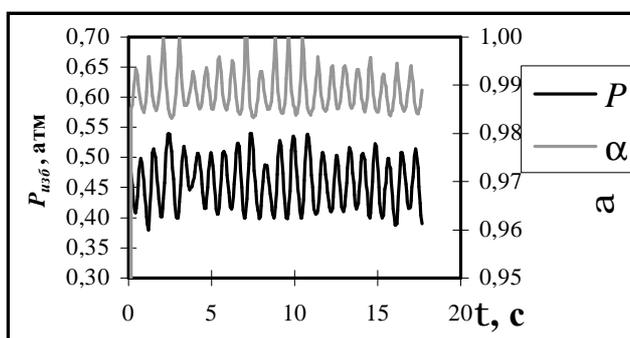


Рисунок 4 – Результаты исследования динамических пульсирующих режимов в реакторе-осцилляторе

Как следует из доказанной в [2] теореме для колебательных систем (моделей типа Лотка-Вольтерра) и из теоремы о минимальном производстве энтропии, энтропия колебательного движения меньше, чем энтропия среднетраекторного движения, из чего следует, что принудительное подавление колебаний, например, с помощью стабилизирующего регулирования не является эффективным управлением для сложных систем, обладающих способностью к самоорганизации.

3. Нижняя подача приготовленной в реакторе газозвеси в рафинирующий отстойник 5, который представляет собой колонный реактор, реализующий вместе со шлакоприемником задачу разделения потоков металла, шлака и газа. Это позволяет более гибко управлять составом получаемых продуктов за счет изменения соотношения скоростей реакций и времени пребывания металла и шлака. Удаляемый из верхней части рафинирующего отстойника шлак не находится в термодинамическом равновесии с металлом, что позволяет получать в этом агрегате не только чугуны, но и сталь, а также другие сплавы..

Энергия, вылетающей из реактора-осциллятора струи в результате торможения в плотных слоях шлака над зеркалом металла превращается в потенциал давления, которое (как провальная решетка агрегата кипящего слоя) вместе с динамическим напором поднимающегося газа держит столб газшлакодинамической эмульсии в верхней части колонного реактора 5. В этой эмульсии и протекают основные, например, восстановительные процессы, а восстановленное железо обратным потоком вдоль стен колонного реактора опускается в копильник 8.

Интересно также подчеркнуть, что соотношение расхода в поднимающемся в колонном реакторе газа и площади его поперечного сечения выбирается таким образом, чтобы процесс в верхней половине этого реактора находился [6] в инерционно-турбулентном режиме, при котором пылевидные частицы эффективно «наматываются» на капли жидкого

шлака и металла. В этом случае, находящийся здесь слой эмульсии играет роль мокрой газоочистки (это подтверждено на опытной установке), а процессы в соответствии с выводами из S-теоремы Климонтовича имеют минимальное значение энтропии, отнесенное к средней энергии.

В результате описанного подхода был создан в значительной степени универсальный технологический агрегат: самоорганизующийся реактор-осциллятор, который может использоваться для реализации целого ряда металлургических и энергетических технологий.

1. Прямое восстановление пылевидных руд и отходов (шламов, окалины, хвостов обогащения и т.п.) с получением, например, шихтовой заготовки.

Коротко это представляется следующим образом (рисунок 2).

Основными конструктивными элементами агрегата СЭР (самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор) являются шаровидная реакционная камера (реактор-осциллятор) 3 и рафинирующий отстойник (колонный реактор) 5 с системами подачи шихты 1, энергоносителей (газа, угля и кислорода) 2 и системами циркуляции воды в ограждающих гарнисажных элементах агрегата. В реакторе – осцилляторе на встречных струях кислорода и природного газа осуществляется диспергация шихты и частичное сжигание топлива. Приготовленная в этом реакторе газовзвесь с объемным газосодержанием порядка 0,99 через газодинамически запираемый канал подается в нижнюю часть колонного реактора под высокий слой газшлаковой эмульсии, где происходит преимущественное восстановление оксидов железа. К нижней части колонного реактора пристыковывается индукционно подогреваемый копильник 8, в котором накапливается восстановленное из оксидов железа и другие металлы, а обезжелезненный сильно вспененный шлак выталкивается под давлением из верхней части колонного реактора 6 в гранулятор 7 и может использоваться как сырье для производства цемента, в качестве адсорбента или мало теплопроводного заполнителя и т.д.

2. Переработка бытового мусора.

Наиболее эффективно эта задача решается в комплексе с описанной выше технологией путем подачи брикетированного мусора в колонный реактор, в слой шлаковой эмульсии, состоящей из оксидов железа, кремния, кальция и др. При этом углерод и водород мусора играют роль восстановителей, отбирая кислород у оксидов железа, что позволяет вдвое уменьшить расход кислорода по сравнению с простым сжиганием мусора, например, в котельных агрегатах. Из за полной замкнутости процесса обеспечивается его экологичность. Мусор сгорает внутри слоя пенистой газо-шлако-металлической эмульсии, при этом такие экологически вредные вещества как бенз-а-пирены разлагаются на более простые вещества.

3. Переработка относительно бедных (20-30% Mn) пылеобразных железомарганцевых руд (без окомковывания).

При этом можно получать прямым путем из пылевидной железо-марганцевой руды ферромарганец, высокомарганцовистые стали (типа стали Гадфильда), в том числе, по-видимому, безникелевую нержавейку, а также сплавы типа Fe-Mn-Al.

Можно создать абсолютно изолированный от окружающей среды, экологически чистый агрегат, в котором вместо дыма, получается энергетический газ. Например, для прямого восстановления марганца нужно иметь в атмосфере колонного реактора около 90% CO. Такой газ, кроме энергетической ценности, достаточно легко превратить в синтез-газ путем пропускания через решетку с раскаленным коксом. При этом одновременно осуществляется химическая регенерация физического тепла отходящих газов и получается еще более ценный газ, пригодный для переработки, например, в синтетическое моторное топливо.

4. Безотходная переработка титаномагнетитовых руд и концентратов с получением железа, легированного рядом элементов (Mn, Mo и др.), и титанистого шлака (порядка 45-50% TiO₂), который в горячем состоянии может быть восстановлен кремнием и алюминием до ферротитана или выдаваться в гранулированном виде как дешевое (отход производства стали) и удобное для переработки сырье для титановой промышленности. Мы имеем патент на эту технологию [7].

5. Газификация и комплексная переработка пылеугольного топлива и хвостов обогащения с получением синтез-газа.

При этом в первом реакторе создается газовзвесь, а в колонном реакторе осуществляется эффективное сжигание и газификация угля в шлаковом слое. Получаемый газ может использоваться как товарный или корректироваться до кондиционного состава синтез-газа, который может быть превращен в диметиловый эфир – экологически чистое дизельное топливо. Реальность такого превращения обсуждалась с Институтом нефтехимического синтеза РАН.

При сжигании 1-й тонны угля можно получить порядка 6 МДж физического тепла (товарная вода или пар), 1000 кубометров энергетического газа с теплосодержанием 15 МДж, 15-20 кг металла в виде ценной природнолегированной шихтовой заготовки и 200 кг. обезжелезненного сильно вспененного шлака, пригодного в качестве адсорбента или сырья для производства цемента.

6. Создание малогабаритных (или даже мобильных) энергетических установок – мини-котельных с возможностью выработки горячей воды, газа, электрической энергии, сжатого воздуха.

О подходах к управлению синергетическими объектами

Анализ сталеплавильных процессов с позиций теории самоорганизации позволяет несколько по-иному взглянуть на принципы управления этими сложными многосвязными объектами. Сформировавшийся в теории автоматического управления подход, во многом ориентированный на задачи управления летательными аппаратами, основан на идее разделения программного и возмущенного движения, что, по-видимому, малоприменимо для рассматриваемых нами объектов. Если продолжить аналогию с летательными аппаратами, то можно представить, что траектории основных параметров сталеплавильной ванны (обезуглероживания, нагрева, окисленности шлака и других) как бы погружены в среду, через которую они могут воздействовать друг на друга. Так, например, изменение по каким-либо причинам траектории обезуглероживания приводит к изменению траекторий нагрева металла и окисленности шлака. Навязывание объекту в этих условиях заранее заданных программных траекторий и попытки поддержания их методом регулирования по отклонению приводят к неоптимальным результатам. И наоборот, использование особенностей внутреннего самодвижения системы (собственных функций объекта), выбор “резонансных” управлений позволяет добиться конечных результатов с малыми затратами на управление. При этом очень важно учитывать внутренние обратные связи в объекте,

Можно выделить два приемлемых подхода к управлению самоорганизующимися объектами физико-химического типа.

1. Если имеется достаточно адекватная модель, то в результате ее исследования и оптимизации могут быть найдены собственные функции объекта и на их основе программно реализованы (управление в большем), например, режимы с обострением, удовлетворяющие целям функционирования данного объекта (см. примеры исследования нелинейной теплопроводности [6] в главе 8) или какие-либо другие технологически оптимальные режимы.

2. Если имеется модель только качественного плана или данные о параметрах порядка с учетом принципа подчиненности, то на объект могут накладываться периодические пробные воздействия в сторону повышения степени неравновесности (увеличение потока вещества или энергии) и проверяться результат самоорганизации (движение в нужном направлении), через период близкий к наиболее медленному параметру. Успешный пример такого подхода приведен [6] в главе 8.

Наиболее приемлемым к управлению такими системами является подход, в какой-то мере согласующийся с принципами теории дуального управления А.А. Фельдбаума, идея которого в самом простейшем виде сводится к следующему: сначала изучи, а затем прими решение по управлению. Проще всего он реализуется через систему управления на основе

прогнозирующей адаптивной модели. Подробнее полход к управлению синергетическими объектами рассматривается в [6].

Математическое и программное обеспечение

Разработанные металлургический процесс и агрегат по праву могут быть отнесены к разряду наукоемких информационных технологий. Расчеты и управление этим процессом, естественно, не возможны без комплекса математических моделей, описание которого заслуживает отдельного рассмотрения.

Ниже мы отметим лишь основные программно-инструментальные системы, отражающие наукоемкость технологии:

- Система термодинамического моделирования на основе программного комплекса «Астра», на которой рассчитаны параметры экспериментов, проведенных на опытной установке, а также возможные режимы для проектируемых технологических мини-модулей, следует отметить, что из-за перевода процесса в область газозвеси и эмульсии термодинамические допущения здесь выполняются значительно лучше, чем в известных металлургических процессах, где металл и шлак находятся в отдельных фазах;

- Инструментальная система совместного расчета технологических и конструктивных параметров агрегатов и их элементов;

- Математическая модель реактора-осцилятора и стационарного колебательного режима;

- Математические модели газодинамики течения двухфазных сред;

- Объектно-ориентированная система и технология моделирования тепло – и массообменных процессов сложных пространственно распределенных объектов;

- Комплекс программ моделирования и автоматизированного проектирования систем гарнисажного охлаждения.

Резюме. Показано, что попытка использования при создании нового процесса и агрегата идей и принципов синергетики привела к выбору интересных физических эффектов и новых конструктивных решений, что позволило создать, по существу, достаточно универсальный технологический агрегат: струйно-эмульсионный самоорганизующийся реактор-осцилятор, обладающий значительными преимуществами перед известными процессами и агрегатами и пригодный для реализации целого ряда технологий.

Показано, что при управлении такими объектами необходимо учитывать прежде всего их внутренне самодвижение.

Литература

1. Юсфин Ю.С., Черноусов П.И., Голубев О.В. Печи малого объема – будущее доменного производства? Известия вузов. Черная металлургия, 2005, №10, с. 20-25.

2. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. - 512 с.

3. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. - 406 с, ил.

4. Запсиб: в Сибири рождается альтернативная наукоемкая металлургия постиндустриальной эпохи./В. Цымбал, Б. Кустов, Р. Айзатулов, С. Мочалов, К. Шакиров // Металлы Евразии, 1996, № 8. - с. 114-117.

5. European Patent. International number PCT/RU93/00325. Process for the continuous refining of metal and a facility for carrying out said process / V.P. Tsymbal, S.P. Mochalov, K.M. Shakirov a.e. // International publication number WO 95/18238. -1995.

6. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Калашников С.Н. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х.: Ч. III. Примеры реализации идей и принципов синергетики: Учеб. пособие / Под редакцией В.П. Цымбала. СибГИУ – Новокузнецк, 2005. - 264 с.

7. Цымбал В.П., Мочалов С.П. В разделенных потоках. О новых способе и агрегате переработки природно-легированных руд и получения металлов. // Металлы Евразии, 2006, № 6. – С. 78-80.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПУСКОМ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ¹

Н.А. Спирин^{*}, К.А. Щипанов^{*}, А.В.Краснобаев^{}, С.В. Казанцев^{*}**

^{}ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург,*

*^{**}ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск*

Теоретическая разработка различных явлений доменного процесса и методов практического управления им значительно выросла за последние годы. Однако до настоящего времени остается еще ряд вопросов, имеющих большое научное и практическое значение для доменного производства. К ним, в том числе, относятся вопросы пуска доменных печей.

Задувка доменной печи и последующий раздувочный период являются ответственными операциями, от правильного выполнения которых зависит нормальная работа печи, продолжительность ее службы, количество и длительность промежуточных ремонтов.

При задувке должны быть обеспечены следующие условия: нормальное тепловое состояние печи; хороший дренаж жидких продуктов в горне; нормальные дутьевой и газодинамический режимы; сохранность футеровки печи при заполнении задувочной шихтой; безаварийность работы печи; быстрый переход к нормальной работе с получением заданных составов шлака и чугуна; достижение установленных технологических показателей плавки.

Анализ имеющихся данных о проведении задувок на различных металлургических комбинатах показывает, что данное направление теоретически мало изучено, отсутствуют единые научно обоснованные методы выбора состава шихты заполнения и дутьевых параметров. Отсутствует соответствующее математическое и программное обеспечение. Все это приводит к ухудшению технического состояния печи и технико-экономических показателей доменной плавки.

При разработке математической модели доменного процесса в период задувки учитывалась, во-первых, его специфика, а во-вторых, особенности решаемых задач. Так, при задувке доменной печи требуется учесть такие технологические особенности как отсутствие железорудных материалов (ЖРМ), флюсов в нулевой шихте, необходимость моделирования шлакового режима и выбора оптимального состава загружаемых в печь материалов, особенности газодинамического режима, обусловленного малой насыпной массой слоя шихты, особенности теплового режима, обусловленного необходимостью восстановления железорудных материалов в шахте и нагревом футеровки в нижней части печи.

Доменный процесс представляет собой совокупность явлений газодинамики, движения шихты, теплообмена, восстановления, размягчения и других, которые могут рассматриваться как относительно независимые подпроцессы, так как характеризуют различные стороны доменного процесса и описываются различными уравнениями. Однако все эти подпроцессы тесно связаны между собой и оказывают друг на друга взаимное влияние.

Концептуальная схема расчета шихты заполнения показана на рисунке 1. Анализ входных и выходных параметров, процессов, происходящих в печи, позволяет констатировать, что математическая модель должна включать следующие взаимосвязанные подсистемы теплового, шлакового, дутьевого и газодинамического режимов. Указанные подсистемы охватывают основные явления, свойственные доменному процессу. Каждая из этих подсистем взаимодействует с другими подсистемами и внешней средой.

¹Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0152

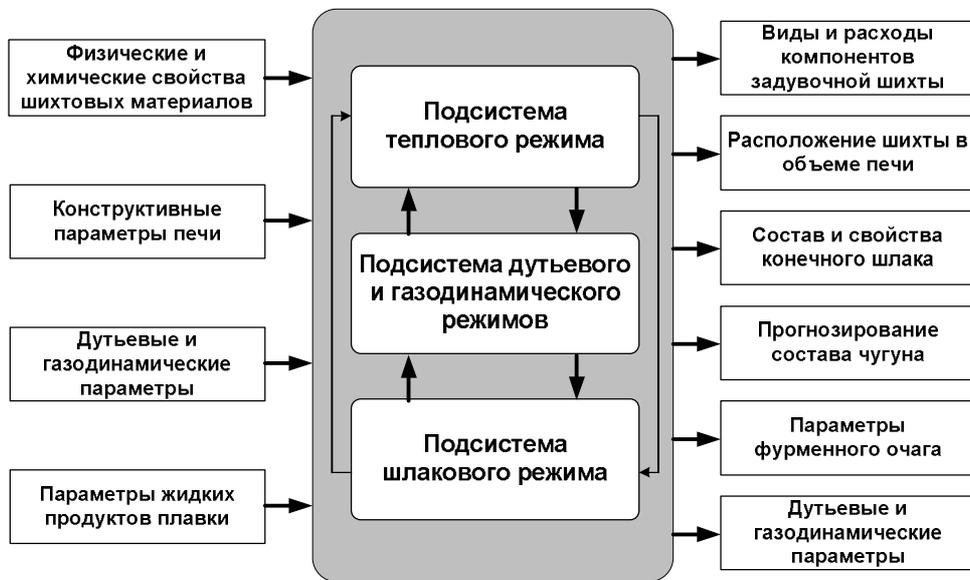


Рисунок 1 – Концептуальная схема расчета шихты заполнения

Существует два основных способа задувки – традиционный (классический) и форсированный.

Традиционная задувка. При традиционной задувке в печь загружают от 5 до 10 шихт:

1. нулевая шихта (загружается только кокс, не участвующий в процессе горения);
2. первая шихта состоит из кокса, шлакообразующих и флюсующих материалов;
3. вторая и последующие шихты содержат кокс, шлакообразующие, флюсующие материалы и ЖРМ.

Железорудные материалы вводятся с постепенным увеличением рудной нагрузки.

Форсированная задувка. В настоящее время передовые металлургические предприятия придерживаются новой концепции, которая ориентируется на форсированную задувку, позволяющую ускорить вывод печи на рабочие параметры, сократить расход кокса, а также на первых стадиях задувки разделить процессы шлакообразования и восстановления. При форсированной задувке первые порции шлакообразующих и железорудных материалов располагаются в шахте печи. При этом отсутствует необходимость постепенного повышения рудной нагрузки. Подготовленная к задувке доменная печь загружается примерно на 2/3 высоты шахты коксом и шлакообразующими добавками для ошлакования его золы, а оставшийся объем заполняется шихтой с рудными нагрузками, близкими для нормального эксплуатационного режима. Метод значительно упрощает технологию задувки и ускоряет выход печи на проектные показатели плавки.

В основу модели расчета шихты заполнения положены следующие основные идеи:

- разделение процессов шлакообразования и восстановления;
- обеспечение нормального теплового и шлакового режимов;
- сохранение нормального газодинамического режима;
- использование известных физических закономерностей, присущих доменной плавке;
- использование принципа системного анализа (декомпозиция системы на отдельные блоки - подсистемы);
- описание отдельных подсистем с использованием уравнений материального и теплового балансов, проверенных эмпирических соотношений, а также опыта задувок доменных печей на передовых металлургических предприятиях России;
- использование математического программирования для выбора оптимального состава шихты заполнения, дутьевых и газодинамических параметров.

Согласно методике расчета форсированной задувки доменной печи загружаемая в печь шихта делится на три части – нулевую, первую и вторую. Структура математической модели расчета шихты заполнения с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления представлена на рисунке 2.

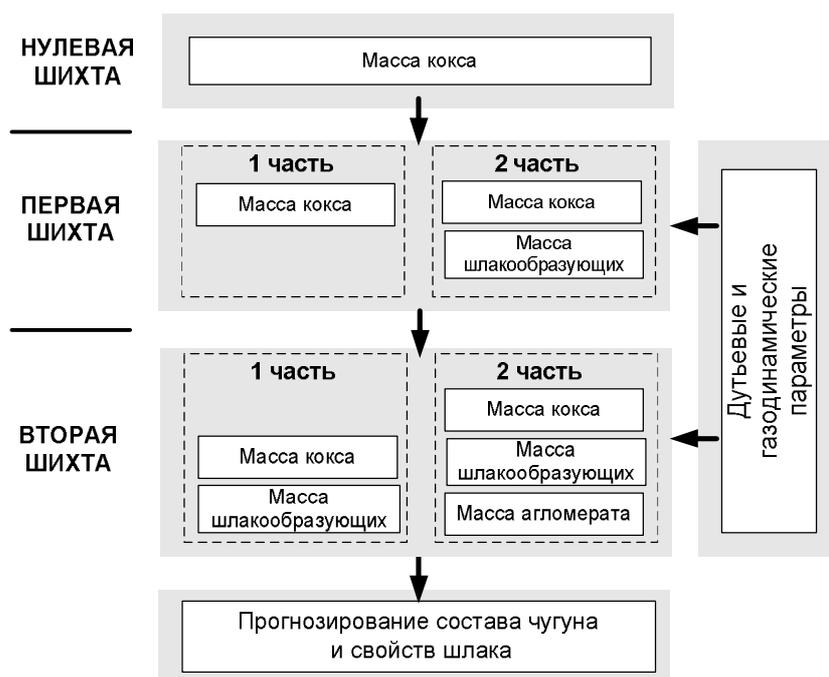


Рисунок 2 – Структура математической модели расчета шихты заполнения с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления

Регулирование высоты расположения первых порций шлакообразующих и железорудных материалов необходимо для улучшения тепловой подготовки горна печи, а также для обеспечения достаточной тепловой и восстановительной обработки железорудных материалов до их поступления в горн печи. В связи с этим требуется определить оптимальное расположение железорудных материалов и флюсов по высоте печи.

При определении оптимального состава шихты заполнения, рациональных дутьевых параметров неизбежно решение оптимизационных задач, т.к. приходится помимо целевой функции выбора состава шихты учитывать комплекс ограничивающих и лимитирующих параметров. Постановка задачи выбора оптимального состава шихты заполнения, дутьевых и газодинамических параметров во время задувки доменной печи, а также последовательность решения задачи оптимизации отражены на рисунке 3.

При выборе состава шихты в первую очередь ориентируются на основность получаемого шлака, при этом заданная основность для каждой части шихты, как показывает практика, может изменяться, постепенно увеличиваясь по ходу.

В связи с этим в качестве целевой функции принято условие

$$Z = (B_i^{\text{ш}}(X_{i,\text{ш}}) - B_i^{\text{зад}})^n \rightarrow \min_{X_{i,\text{ш}} \in G_{x,\text{ш}}}$$

где n – любое положительное четное число ($n = 2, 4, \dots$); i – порядковый номер шихты ($i = 1.1, 1.2, 2.1, 2.2$); $X_{i,\text{ш}}$ – вектор, характеризующий виды, расходы и химический состав

материалов i - шихты заполнения; $B_i^{\text{ш}} = \left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}\right)_{\text{ш}}$ – расчетная основность шлака i -й шихты

заполнения; $V_i^{\text{зад}} = \left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}\right)_i^{\text{зад}}$ – заданная основность шлака i -й шихты заполнения;

$X_{i,\text{ш}} \in G_{\text{ш}}$ – ограничения на параметры шихты заполнения, т.е. виды, химические составы, физические свойства загружаемых шихтовых материалов; $G_{\text{ш}}$ – область допустимых значений параметров шихты

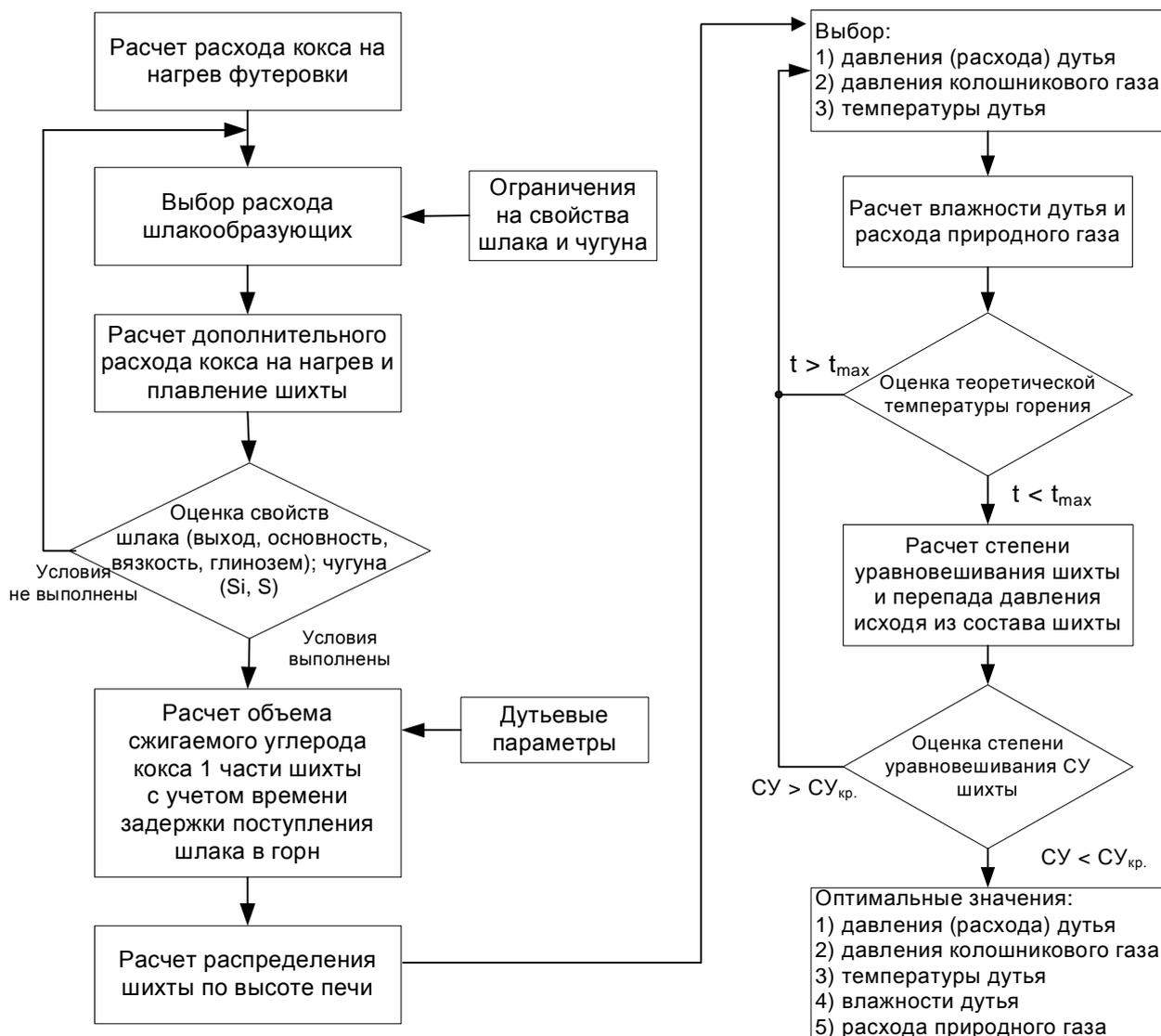


Рисунок 3 – Схема решения задачи выбора оптимального состава первой шихты, дутьевых и газодинамических параметров

Особенность решения сложных оптимизационных задач математического программирования связана с тем, что в процессе решения могут возникнуть такие случаи, когда ограничения, наложенные на тепловой, газодинамический и шлаковый режимы работы печи во время задувки, несовместны, то есть отсутствует область допустимых решений. В связи с этим в алгоритме решения предусмотрен этап анализа решения задачи. В случае отсутствия решения задачи и противоречивости условий необходимо воспользоваться этапом коррекции, т.е. оценить целесообразность использования данных шихтовых материалов, ограничений, надежность исходной информации и т.д.

Для разработанного программного обеспечения были определены следующие показатели качества: функциональность; надежность; легкость применения; сопровождаемость.

Были зафиксированы следующие требования к функциональным возможностям:

1. Ведение справочников:
 - конструктивные характеристики доменных печей;
 - шлакообразующие материалы и флюсы;
 - железорудные материалы;
 - кокс.
2. Настройка пакета на конкретные условия функционирования объекта расчета – доменной печи:
 - выбор из справочника конструктивных параметров доменной печи;
 - выбор из справочников компонентов шихты заполнения, которые будут участвовать в расчете – железорудные материалы, шлакообразующие материалы и флюсы, кокс;
 - задание изменения во времени дутьевых параметров – давление, расход, температура и влажность дутья, расход природного газа и кислорода, давление колошникового газа;
 - определение требований к параметрам жидких продуктов плавки – химический состав и температура чугуна, химический состав шлака, основность и вязкость шлака;
 - настройка и выбор теплотехнических параметров (теплоемкости чугуна, шлака, кокса, материалов футеровки печи и др.);
 - настройка и выбор прочих характеристик процесса (нормативно-справочная информация).
3. Расчет состава шихты и свойств шлака при заданных пользователем расходах шлакообразующих материалов и флюсов.
4. Расчет оптимального состава шихты заполнения и подбор дутьевых параметров с учетом ограничений на тепловой, шлаковый, газодинамический режимы и качество получаемого чугуна при любых заданных комбинациях входных параметров.
5. Вывод результатов расчета:
 - «компонентный состав шихты» – количество и объем кокса, железорудных, шлакообразующих и флюсующих материалов в нулевой, первой и второй шихте, в том числе суммарное количество и объем материалов;
 - «состав и свойства шлака» – химический состав, основность шлака, вязкость шлака при температурах 1400 и 1500°C;
 - «прогноз серы в чугуне» – равновесный и фактический коэффициенты распределения серы между чугуном и шлаком, прогнозное содержание серы в чугуне;
 - «газодинамика» – изменения во времени газодинамических характеристик процесса – перепад давления газа, степень уравнивания шихты газом, теоретическая температура горения;
 - «расположение шихты в объеме печи» – в табличном и графическом виде показано расположение компонентов шихты заполнения в объеме печи.
6. Представление результатов расчета в табличном и графическом виде.
7. Возможность экспорта исходных данных и результатов расчета в электронные таблицы Excel.
8. Сохранение в базе данных и повторное использование в дальнейшем различных вариантов расчета.

Таким образом, в докладе представлено решение новых задач по разработке математических моделей, алгоритмов, программного обеспечения и применению их в системах управления сложными объектами в металлургии во время их пуска (на примере доменной плавки).

О КОНЦЕПЦИИ СЕРВИСНОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В.В. Зимин*, С.М. Кулаков**, А.Д. Гуревич*

*ООО «ЕвразХолдинг», **ГОУ ВПО «СибГИУ», г. Новокузнецк

Одной из основных проблем в области *информационных технологий* является отсутствие единой, целостной, логически непротиворечивой и адекватной, признаваемой бизнесом и ИТ – сообществом, модели *корпоративной информационной системы* (КИС). Многочисленные публикации на эту тему дают лишь качественное представление об отдельных компонентах КИС – бизнес–процессах и их моделировании, проектировании систем для реализации бизнес–процессов, технологиях разработки ПО. Значительно меньше представлены публикации по вопросам моделирования и проектирования центров обработки данных (ЦОД), организации внедрения информационных систем и организации работы ИТ–служб корпораций.

Отсутствие целостной общепризнанной модели КИС, конечно, не означает отсутствие эффективно работающих ИТ–организаций (подразделений). Но оно означает, что функционирование основной массы таких организаций (подразделений) далеко от совершенства и сопровождается непродуктивными обсуждениями значения ИТ в корпорации, претензиями топ-менеджеров бизнеса к бюджетам служб ИТ, неэффективно организованными процессами разработки и внедрения систем, неэффективной организационной структурой служб ИТ, отсутствием качественных моделей функционирования технических средств ЦОД и не лучшими решениями вопросов ИТ–аутсорсинга.

Прорывными понятиями, которые позволили интегрировать в единую, логически согласованную, модель КИС основные ИТ–компоненты, явились понятия *бизнес–сервис*, *ИТ–сервис*, а также и *жизненный цикл сервиса*. Понятие *сервис* и его *жизненный цикл* позволяют адекватно представить функционирование КИС в виде логической последовательности процессов и функций, представляющих собой *модель управления сервисами* (МУС). МУС открывает возможности для эффективного решения многих актуальных ИТ–проблем. При этом вносится ясность во взаимоотношения бизнеса и ИТ и, соответственно, в такие понятия, как *ИТ–стратегия*, *ИТ–инвестиции* и *ИТ–аутсорсинг*.

Названные понятия *сервиса*, *жизненного цикла сервиса* и его *стадий*, описание *процессов* и *функций*, присущих каждой *стадии*, от момента заявления бизнесом о потребности в сервисе до его утилизации, введены в третьей версии библиотеки ITIL 2007 года издания [1].

Изложим основные положения *модели управления сервисами ITIL*.

Определение сервиса. *Сервис* – средство производства некоторых ценностей для заказчика, применение которого облегчает ему достижение необходимых бизнес-результатов без специфических затрат и рисков, возникающих при отсутствии данного средства.

Сервису, как ценности для заказчика, присущи две основные характеристики:

1. *Полезность* – понимается заказчиком как свойство сервиса, которое связано с положительным эффектом при выполнении бизнес задач. Полезность связана с желаемыми для бизнеса результатами, т.е. квалифицируется как целеориентированность.

2. *Гарантированность* – свойство, означающее доступность положительного эффекта (результата) тогда, когда это необходимо, с достаточной полнотой и надежностью в смысле неизбежности и безопасности. Это свойство квалифицируется как применимость.

Полезность – то, что заказчик получает, *гарантированность* – то, как полезность поставляется.

Имеют место и другие содержательные определения сервиса, в которых понятие сервиса может быть расширено, но в своей основе сервис является средством производства ценности для заказчика.

ITIL, в соответствии с требованиями стандарта ISO/IEC 2000, выделяет пять стадий *жизненного цикла сервиса* (ЖЦС): *стратегия сервиса* (СС), *проектирование сервиса* (ПС), *эволюция сервиса* (ЭС), *функционирование сервиса* (ФС) и *непрерывное улучшение сервиса* (НУС). На рисунке 1 жизненный цикл сервиса показан в виде втулки и спиц колеса. Стадия *стратегия сервиса* изображена в виде втулки, вокруг которой вращаются стадии *проектирования сервиса*, *эволюции сервиса* и *функционирования сервиса*, и все это надежно скреплено ободом - *непрерывным улучшением сервиса*.

Сущностью ЖЦС и предлагаемой ITIL его структуры является ключевой принцип – все сервисы должны предоставлять измеримые ценности (полезности) для достижения целей бизнеса.

Стратегия сервиса. Основой жизненного цикла сервиса является *стратегия сервиса*.

Материалы *стратегии сервиса* включают:

- определение и расширение сервисных рынков,
- характеристики внутренних и внешних ИТ-провайдеров,
- сервисные активы,
- портфель сервисов,
- реализацию стратегии жизненного цикла сервиса.

Кроме того, к данной стадии ЖЦС относятся разделы: *финансовый менеджмент*, *управление требованиями к сервису* и *стратегические риски*.

Организации, следующие концепции ITIL, используют стратегию сервиса как путеводитель для ревизии стратегических возможностей, чтобы улучшить соответствие своих возможностей бизнес-стратегии.

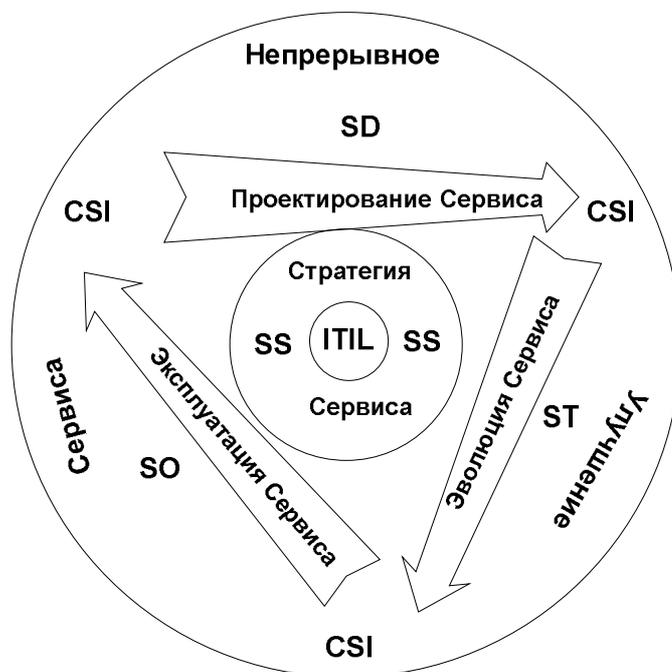


Рисунок 1 – ITIL – модель жизненного цикла сервиса: SS – стратегия, SD – проектирование, ST – эволюция, SO – функционирование, CSI – непрерывное улучшение

Проектирование сервиса. На данной стадии решения, принятые на стадии *стратегия сервиса*, преобразуются в проектный пакет выполнения бизнес задач. Кроме создания новых сервисов, здесь проектируются изменения сервисов и необходимые улучшения, чтобы повысить или поддержать такие показатели жизненного цикла, как непрерывность сервиса, уровень доступности сервиса, соответствие стандартам и законодательству.

Ключевые понятия стадии *Проектирование сервиса* соответствуют пяти аспектам проектирования, направленным на удовлетворение требований бизнеса. Среди основных

компонент, характеризующих эту стадию жизненного цикла, рассматриваются темы: аспекты проектирования сервиса, управление каталогом сервисов, требования к сервису, модели проектирования сервиса, управление мощностью и производительностью, управление доступностью, управление уровнем сервисов.

Главная цель стадии *Проектирование сервиса* состоит в проектировании нового или изменении действующего сервиса для подготовки внедрения его в производственную (продуктивную) среду.

Эволюция сервиса. Стадия содержит процедуры разработки и улучшения возможностей сервисов (эволюции), с целью перевода новых и измененных сервисов в режим эксплуатации. Здесь требования *Стратегии сервиса*, закодированные при проектировании сервиса, передаются из среды разработки и тестирования в продуктивную среду для эксплуатации. При этом осуществляется контроль рисков аварий и разрушений. ИТІЛ для этой стадии вводит и описывает процессы: управление изменениями, управление конфигурациями, управление активами, управление релизами и развертыванием.

На стадии *Эволюция сервисов* вводится *База знаний*, которая включает данные и информацию из процессов управления конфигурациями, производительностью, известными ошибками, активами, принятыми правилами (регламентами) для широкого использования при разрешении проблемных ситуаций и управлении сервисами.

Функционирование сервиса. Стадия соответствует повседневной эксплуатации сервисов. Материалы ИТІЛ содержат рекомендации по достижению результативности и эффективности при поддержке сервисов с целью обеспечения выгод для заказчика и ИТ-провайдера. Стратегической целью, т. е. конечным итогом процессов МУС, является реализация сервиса на стадии *Функционирование сервиса*. Это делает данный процесс критическим. Стадия поддерживает стабильность при функционировании сервисов. ИТІЛ знакомит с рекомендациями, методами и инструментарием по использованию двух основных подходов к разрешению проблем - реактивного и проактивного. Менеджерам и профессионалам предоставляются знания, которые позволяют им принимать лучшие решения в таких областях как *управление доступностью, контроль требований, оптимизация производительности и расписаний, разрешение стандартных проблем*. Здесь же определяются понятия *событие, инцидент, проблема, запрос, приложение, технический менеджмент* и описываются процессы управления этими явлениями.

Непрерывное улучшение сервиса. Эта стадия предназначена для постоянного совершенствования процессов, выполняющихся на предыдущих стадиях, т.е. для создания и поддержки ценности сервиса посредством лучшего проектирования, эволюции и функционирования сервиса. Стадия содержит принципы, методы и практики из процессов: *управление качеством (QM), управление изменениями и улучшение возможностей*. Основные работы и логика выполнения работ на этой стадии представлена на рисунках 2 и 3. Эта логика является общепринятой и эффективной схемой улучшений при реализации перспективных изменений.

Предлагаемая ИТІЛ *модель управления сервисами (МУС)* имеет много уровней структуризации. МУС синтезирована ИТІЛ изначально как адаптивная, и предприятия могут настроить ее решения и предлагаемые ИТІЛ-процессы и элементы для удовлетворения своих уникальных нужд. Однако сама по себе, без каких-либо адаптаций, МУС внутренне завершена и практична в использовании.

Надо отметить, что несмотря на стремление ИТІЛ представить все виды ИТ-деятельности в виде процессов, это не везде удалось. Не все элементы МУС представляют собой процессы в чистом виде. В основном элементы «подогнаны» под форму процессов, но такие элементы, как *управление доступностью и мощностью* не соответствуют понятию *процесс*. Вместе с тем они являются критическими элементами МУС, проходящими через жизненный цикл, и должны управляться формальным образом.

Общая структура МУС приведена на рисунке 4. МУС включает в себя два типа элементов: управляющие элементы (УЭ) жизненного цикла и операционные элементы (ОЭ) жизненного цикла.



Рисунок 2 – Схема семишагового процесса непрерывного улучшения сервиса

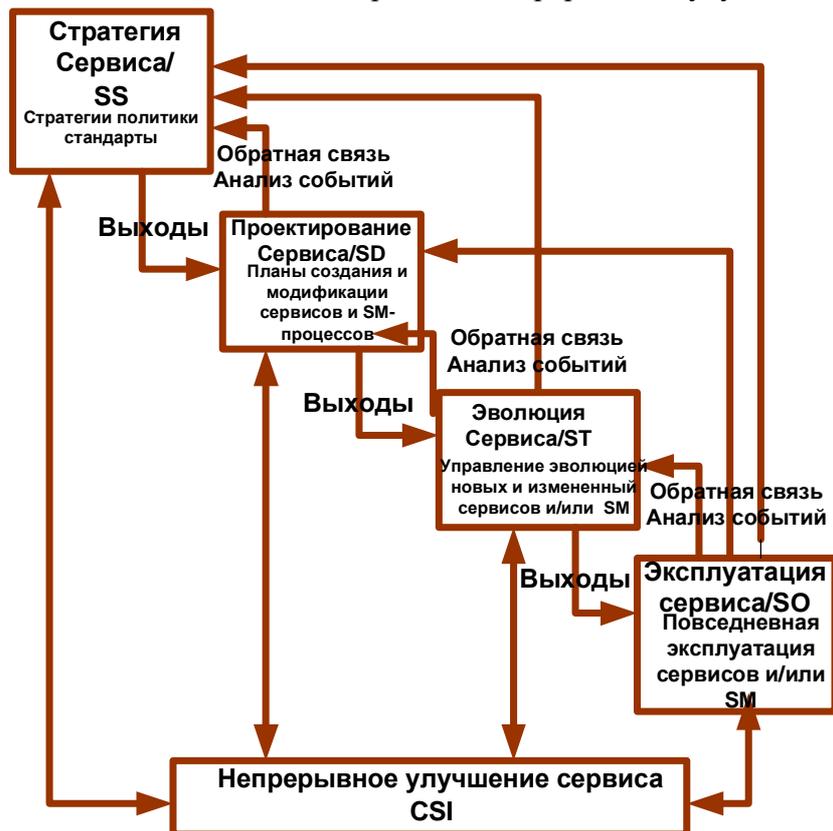


Рисунок 3 – Контур непрерывной обратной связи.



Рисунок 4 – Общая структура модели управления сервисом (МУС)

УЭ – те элементы, которые определяют основные свойства, характеристики, параметры сервиса. Так, управляющий элемент СС закладывает «генетический код» сервиса, т. е. определяет базовые (стратегические) свойства, заданные на весь жизненный цикл сервиса, а УЭ НУС определяет приобретенные свойства, связанные с адаптацией сервиса к среде обитания.

ОЭ – те элементы, которые обеспечивают реализацию свойств, запрошенных УЭ, причем ПС осуществляет реализацию «генетических» свойств, а ЭС – приобретенных. Элемент ФС обеспечивает функционирование сервиса.

УЭ оказывают влияние через стадии *жизненного цикла* (ЖЦ) и через обратную связь, получаемую от этих стадий. Структура ЖЦ усиливает жизнеспособность сервиса за счет системной организации процессов и рабочих элементов на всех его стадиях. На рисунке 5 показаны высокоуровневые интегрированные связи между стадиями и основными процессами ЖЦС.



Рисунок 5 – Связи между стадиями и процессами жизненного цикла сервиса



Продолжение рисунка 5

С появлением целостной и адекватной модели управления сервисами для ИТ-провайдеров, появилась возможность системно и целенаправленно выстроить работы по созданию (совершенствованию) основных процессов модели и организации их взаимодействия. Проблема совершенствования организации и функционирования ИТ сегодня более чем актуальна. Ее решение напрямую связано с владением ИТ-менеджерами положениями МУС и умением организовать работу ИТ в соответствии с этими положениями. Подготовка ИТ-менеджеров и повышение квалификации в этом направлении также очень актуальны.

Понятия *бизнес-сервиса* и его *жизненного цикла* оказались плодотворными не только для упорядочения процессов ИТ, но и поставили в повестку дня вопрос о построении сервисной архитектуры корпорации (компании, предприятия), как наиболее эффективной формы организации бизнеса [2, 3]. А это в свою очередь вызывает необходимость построения сквозного *сервисно-ориентированного проектирования* (ССП) бизнеса в целом. Соответственно необходимы:

- проработка вопросов методологии СПП,
- разработка инструментария (средств проектирования) СПП,
- разработка локальных и интегрированных сервисно-ориентированных ИТ-продуктов для поддержки бизнеса.

Литература

1. The Official Introduction to the ITIL Service Lifecycle London: TSO, 2007. – 173 p.
2. Батоврин В.К. Архитектура предприятия и сервисный подход (часть 1) / В.К. Батоврин, Е.З. Зиндер // Корпоративные системы, № 4, 2006, С. 14-19.
3. Батоврин В.К. Архитектура предприятия и сервисный подход (часть 2) / В.К. Батоврин, Е.З. Зиндер // Корпоративные системы, № 5, 2006, С. 10-14.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЛОГИСТИКИ ТОВАРОДВИЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТОРГОВОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

М.Б. Купчик

ООО «Компания вкусного питания Подорожник», г. Новокузнецк

ООО «Компания вкусного питания Подорожник» (ООО «КВП Подорожник») является предприятием общественного питания, которое выпускает фирменную продукцию под зарегистрированным торговым знаком «Подорожник» и реализует ее через территориально распределенную собственную торговую сеть. Торговая сеть Компании в Сибири охватывает практически все крупные города Кемеровской области (Кемерово, Новокузнецк, Прокопьевск, Междуреченск, Осинники, Белово, Ленинск-Кузнецкий, Полысаево, Мыски и т.д.), а также города Новосибирск и Томск. Ассортимент производимой и продаваемой «Подорожником» продукции достаточно широк (35 наименований основной фирменной продукции), а сами продукты приготавливаются по оригинальным запатентованным рецептурам и имеют ограниченный и достаточно малый срок реализации (в среднем до 5 суток). Торговая сеть базируется на нестационарных объектах мелкорозничной торговли (киоски, павильоны и мини-кафе) и насчитывает 100 собственных объектов обслуживания (о/о) по Кемеровской области, в целом же по Компании - 163 собственных объекта.

В 2005 году была поставлена задача автоматизации системы логистики товародвижения с целью:

- 1) обеспечить достижение нормативных показателей по коэффициентам загрузки и списания, соответственно Кзагр и Ксп;
- 2) минимизировать время на обслуживание Клиентов для увеличения пропускной способности торгового объекта;
- 3) минимизировать время на прием товара и передачу смены между продавцами-кассирами;
- 4) обеспечить нормативные коэффициенты по запасам продукции на объектах обслуживания и на складах предприятий.

Для решения поставленной задачи с применением XYZ-анализа и программирования на «С++» была создана автоматизированная логистическая информационная система «Подорожник» (ЛИС «Подорожник»), в состав которой входит ряд подсистем. Рабочие места продавцов-кассиров, диспетчеров и кладовщиков были оборудованы соответствующими АРМами. Для примера, АРМ продавца-кассира включает в себя собственно системный блок на базе процессора Intel Celeron, монитор 9" Siemens, фискальный регистратор «Феликс РК», специализированную клавиатуру и сканер штрих-кодов Symbol LS 2208. Отмечу, что для обучения работе с этим оборудованием аналогичный АРМ установлен в каждом учебном классе предприятий ООО «КВП Подорожник». Для связи с сервером в режиме on-line на всех объектах обслуживания установлены GPRS-модемы.

В целях унификации и стандартизации деятельности были приняты следующие определения для основных понятий логистики товародвижения:

Коэффициент загрузки (Кзагр) – это отношение фактического времени присутствия основной продукции во время рабочих смен к продолжительности рабочих смен в объектах обслуживания за отчетный период в процентном выражении.

Коэффициент списания фактический (Ксп ф) – это отношение количества списанной основной продукции (по истечению срока реализации и брака) к количеству реализованной основной продукции в объектах обслуживания за отчетный период в процентном выражении.

Ассортиментная позиция – наименование позиции, присутствующей в ассортименте реализуемой основной продукции в отчетном и предыдущем периоде.

Объем заказа основной продукции – сменное задание кладовщику для отгрузки основной продукции в торговую сеть на основной развоз и довоз, в натуральном выражении.

Страховой запас основной продукции – количество основной продукции, в ассортименте, необходимое для пополнения нормативного запаса в объектах обслуживания, оформленное в виде заказа для отгрузки в торговую сеть, в процессе внеплановых довозов продукции, в натуральном выражении.

Основной развоз – количество основной продукции для развоза в о/о торговой сети, согласно утвержденным паспортам маршрутов, с целью пополнения нормативных запасов, в натуральном выражении.

Внеплановый довоз – количество основной продукции для дополнительного развоза в о/о торговой сети при ее фактическом или возможном окончании. Определяется в течение смены, в натуральном выражении.

Планируемый объем основного развоза – это первоначально рассчитанный заказ основной продукции на планируемый период, в натуральном выражении.

Фактический объем основного развоза – это фактически отгруженное количество основной продукции со склада готовой продукции предприятия для основного развоза в торговую сеть, в натуральном выражении.

Фактический объем довоза – это фактически отгруженное количество основной продукции со склада готовой продукции предприятия для довоза в торговую сеть, в натуральном выражении.

Результат XYZ - анализа – это группировка основной продукции по трем категориям: **X** - продукция характеризуется стабильной величиной потребления, незначительными колебаниями в расходе и высокой точностью прогноза; **Y** - продукция характеризуется известными тенденциями определения потребности и средними возможностями ее прогнозирования; **Z** - потребление этой продукции нерегулярно, какие-либо тенденции отсутствуют, точность прогнозирования невысокая.

Для повышения точности расчетов обязательным является учет контролируемых внешних возмущающих воздействий, таблица 1.

Таблица 1 – Классификация возмущающих событий по группам

Возмущающее воздействие	События в группе фактора
Изменения в ассортименте	Ввод в реализацию ассортиментной позиции, вывод из реализации ассортиментной позиции
Акции, реклама	Рекламная поддержка ассортиментной позиции, вывод из диалога, акция по продвижению продукции
Изменения в торговой сети	Установка о/о, закрытие о/о, смена формата, перемещение о/о (на другое место)
Технического характера	Отключение эл/эн на о/о, поломка оборудования на о/о, ремонт о/о, поломка а/м
Производственного характера	Не отгружено ...шт. продукции, пересортица, неправильная маркировка
Персонал	Один водитель, один продавец
Человеческий фактор	Неопытный водитель, неопытный продавец, забыл продукцию на складе, ДТП
Погодные условия	Дождь, ливень, гроза, град, Ветер, ураган, метель, вьюга, Снегопад, Гололед, Смена температуры (с жары на холод, с холода на жару)
Праздники	Новый год, ...День шахтера, ...День флага и т.п.
Массовые мероприятия	Концерт, Ярмарка, Прибытие важных гостей Репетиция на площади к празднику Парад Олимпиада Спортивные игры на стадионе Автогонки Выездная торговля
Случайные (происходят от случая к случаю; несистематические; неподвиженные)	Оптовая покупка Крупная покупка группой людей Ремонт дороги Закрытие/открытие столовой рядом с о/о
Форс-мажор	Землетрясение, Пожар, Нападение, ограбление

Ограничивающими коэффициентами при расчетах являются нормативные значения Кзагр и Ксп (таблица 2).

Таблица 2 – Нормативные коэффициенты списания и загрузки по группам основной продукции и объектам обслуживания для различных сезонов и групп объектов обслуживания

Показатели		Группы продукции и о/о.	Утвержденный норматив (%)					
			Обычный сезон			Сезон, трудный для нормирования		
			по предприятию	о/о материнской сети	о/о межгорода	по предприятию	о/о материнской сети	о/о межгорода
Кoeffициент загрузки	По продукции	Вся продукция, кроме новинок, ротационной продукции, ассортиментных позиций-исключений	98	98	97	98	98	97
		Новинки, ротационная продукция	99	99	99	99	99	99
		Ассортиментные позиции-исключения	95	95	95	95	95	95
	О/о	Все о/о, кроме новых	98	98	97	98	98	97
		Новые о/о	99	99	99	99	99	99
	Итоговый (без продукции с нормативными коэффициентами загрузки, не равными 98%)		98	98	97	98	98	97
Кoeffициент списания	По продукции	Продукция с удельным весом продаж ниже 1%	8	8	9	9	9	10
		Продукция с удельным весом продаж от 1% до 1,5%	5,5	5,5	6	6	6	7
		Продукция с удельным весом продаж от 1,5% до 4%, имеющая отклонения от средней реализации более 25% (группа Z по XYZ-анализу);	3,5	3,5	4	4	4	5
		Продукция с удельным весом реализации от 1,5% до 4% , имеющая отклонения от средней реализации менее 25% (группа X, Y по XYZ-анализу)	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,5
		Продукция с удельным весом от 4 до 8%	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,3
		Продукция с удельным весом свыше 8%	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
		Ассортиментные позиции-исключения	4,5	4,5	5	6	6	7
	Итоговый		1,4	1,2	1,5	1,7	1,5	1,8
	По о/о	О/о с удельным весом реализации основной продукции ниже 1,5%	2	2	2,4	2,4	2,4	2,8
		О/о с удельным весом реализации основной продукции от 1,5% до 2%	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,4
		О/о с удельным весом реализации основной продукции от 2% до 3%	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	2
		О/о с удельным весом реализации основной продукции свыше 3%	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7
	Итоговый		1,4	1,2	1,5	1,7	1,5	1,8

Среднегодовой коэффициент списания по всей торговой сети – 1,5%

По запросу пользователя система позволяет автоматически формировать разнообразные формы отчетов и отчетных форм как для продавцов-кассиров, так и для диспетчеров, сотрудников производства, служб снабжения и автотранспортного участка. Примеры представлены на рисунках 1 - 4.

Товарно-денежный отчет

Торговая точка: **Кафе** Продавец: Шаройко Л. А. Смена: День Ночь

Кол-во покупателей: 310 Дата: 13 Сентябрь 2006 г.

№ п/п	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К
№ п/п	Наименование продукции	Цена	Норма	Ост.	Сумма	Приход	Сумма	Продано	Сумма	Вр. оконч.	
2	1	С капусты	10	18	0	0	0	0	7	70	
3	2	С карт/гриб	11	20	0	0	0	0	12	132	
4	3	Яблочко	14	32	0	0	0	0	34	476	
5	4	Творожок с изюмом	13	18	0	0	0	0	5	65	
6	5	С орехом	12	35	0	0	0	0	27	324	
7	6	Грибное лукошко	15	5	0	0	0	0	5	75	14:20
8	7	Классика с колб.	20	55	0	0	0	0	22	440	
9	8	Тормозок	16	40	0	0	0	0	37	592	
10	9	Золотая рыбка	17	3	0	0	0	0	1	17	
11	10	С курицей и укропом	23	38	0	0	0	0	35	805	
12	11	Русский	24	10	0	0	0	0	12	288	
13	12	С бифшт/сыр/май	28	32	0	0	0	0	31	868	
14	13	Летний	30	32	0	0	0	0	27	810	
15	14	Толстый с пом., сал.	41	20	0	0	0	0	13	533	
16	15	Студенческий	14	15	0	0	0	0	15	210	15:41
17	16	Охотничий с горчицей	21	15	0	0	0	0	6	126	
18	17	Луковый	20	60	0	0	0	0	29	580	
19	18	Классика с ветч.	22	95	0	0	0	0	44	968	
20	19	Оригинальный	25	15	0	0	0	0	9	225	
21	20	Большой со свежим перц	46	40	0	0	0	0	34	1564	
22	21	Шашлык из курицы	52	20	0	0	0	0	9	468	
23	22	Блин с маслом	15	40	0	0	0	0	23	345	
24	23	Блин с сыр., ветч.	40	45	0	0	0	0	33	1320	
25	24	Салат из капусты	15	20	0	0	0	0	11	165	
26	25	Винегрет	16	18	0	0	0	0	17	272	
27	26	Салат с кальмарами	29	18	0	0	0	0	10	290	
28	27	Скидка	-1		0	0	0	0	31	-31	
29	Итого по группе: Основная				0	0	0	0	11997		
30	29	Лимонад 0,5	11		0	0	0	0	38	418	
31	30	Лимонад 1,5	15		0	0	0	0	28	420	
32	31	Мин. вода 0,5	10		0	0	0	0	12	120	
33	32	Мин. вода 1,5	14		0	0	0	0	10	140	
34	33	Пиво Балтика №3	19		0	0	0	0	12	228	
35	34	Пиво Балтика №7	24		0	0	0	0	0	0	
36	35	Квас Благая весть 0,5 л	13		0	0	0	0	12	156	
37	36	Орбит "Арбуз"	10		0	0	0	0	5	50	

Сохранить и выйти

Отмена

Прибытие машины: **08:35**

Начало смены: **8:19**

Конец смены: **17:19**

Рисунок 1 – Форма автоматически формируемого товарно-денежного отчета

График развозов

Маршруты

Номер	Открыт	Ноч.Выезд	Ноч.Приб.	Ноч.км	Ноч.Вр.развоза	Дн.Выезд	Д
95	14.08.2003	18:00:00	21:40:00	37	3:40:00	7:30:00	1
191	18.11.2003	17:30:00	21:15:00	45	3:45:00	8:00:00	1
196	18.11.2003	17:30:00	21:16:00	31	3:46:00	7:30:00	1
197	24.06.2003	17:20:00	21:05:00	57	3:45:00	7:30:00	1

Список торговых точек

Павильон	Ном.	Ноч.Приб.	Ноч.От.	Ноч.Вр.Разгр.	Утр.Пер.Нач.	Утр.Пер.Кон.
МЖК	1	17:35:00	17:50:00	0:15:00	7:20:00	7:55:00
Маринск	2	18:05:00	18:55:00	0:50:00	7:55:00	9:10:00
Школа	3	19:15:00	19:30:00	0:15:00	9:15:00	9:45:00
Химиков	4	19:35:00	19:50:00	0:15:00	9:35:00	10:05:00
Магазин 11	5	19:55:00	20:15:00	0:20:00	9:55:00	10:30:00
Кольцо	6	20:20:00	20:35:00	0:15:00	10:20:00	10:50:00

Выход Печать

Рисунок 2 – График развоза продукции по объектам маршрута

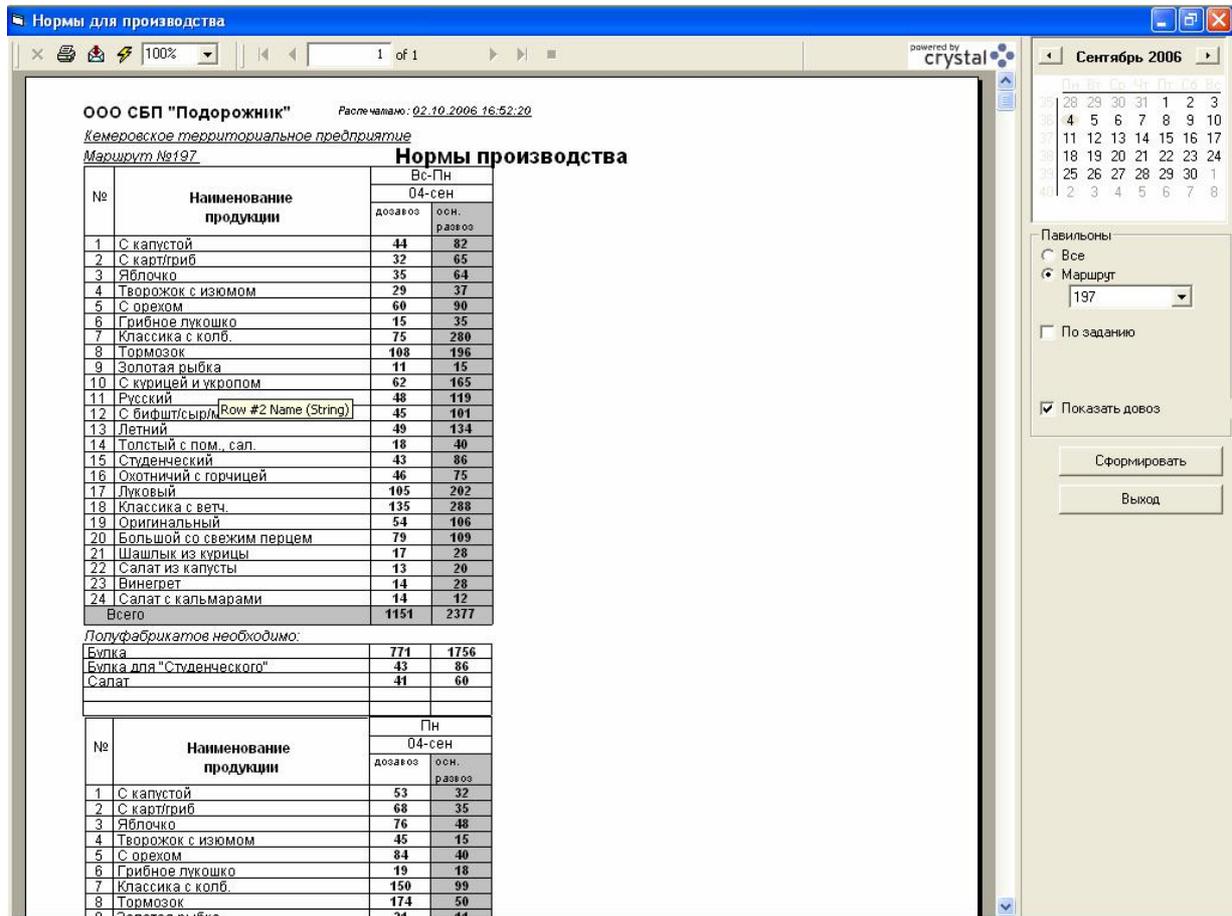


Рисунок 3 – Результат автоматического расчета норм для производства

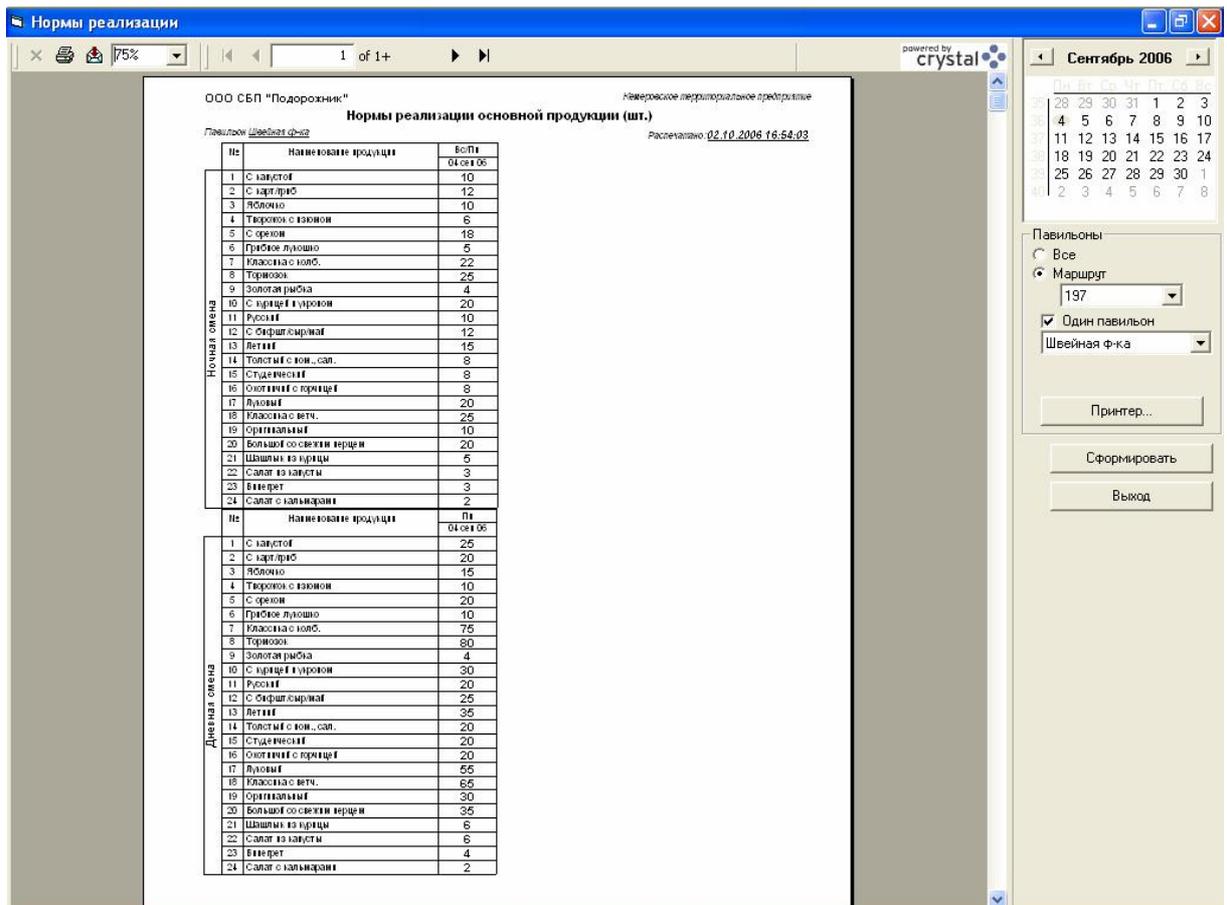


Рисунок 4 – Результат автоматического расчета норм реализации продукции

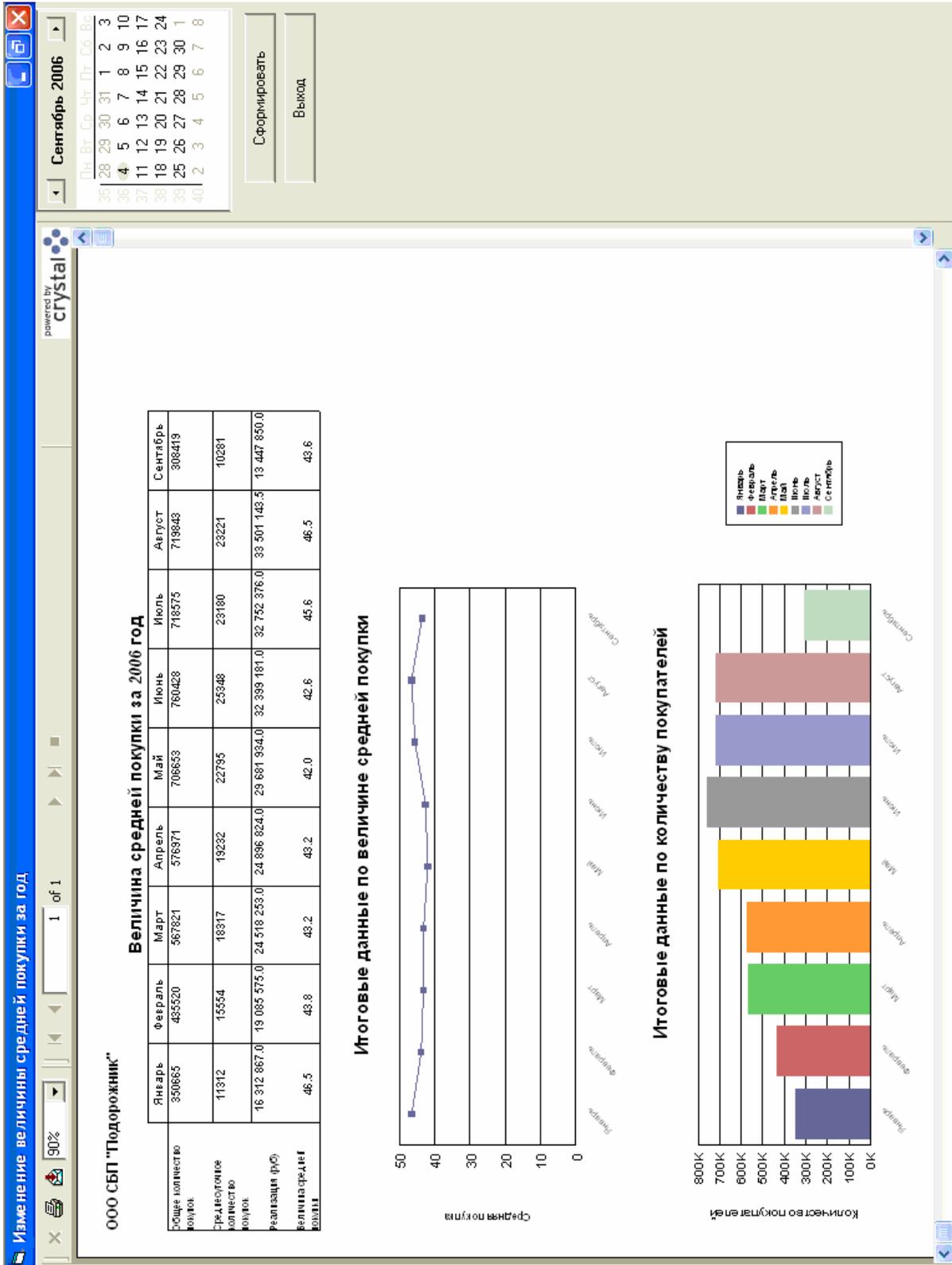


Рисунок 5 – Пример автоматически формируемого отчета по анализу величины средней покупки

Помимо задач оперативного управления созданная система позволяет автоматизировать процесс анализа результатов работы торговой сети предприятия за задаваемый пользователем период, например, за сутки, неделю, месяц и т.д.

	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	
7	197						Сумма пл	Сумма фак	Отклони	Сумма отн	Отклони	Размер кор-ки (L		
8	Стрела	Швейная	ГОРСАД	Кирова	Драмтеатр	Стадион								
9							35	830	-795	830	-795	830		
10							35	869	-834	869	-834	869		
11							25	585	-560	585	-560	585		
12							20	760	-740	760	-740	760		
13							40	1848	-1808	1848	-1808	1848		
14							5	293	-288	293	-288	293		
15							80	2021	-1941	2021	-1941	2021		
16							75	1794	-1719	1794	-1719	1794		
17							5	171	-166	171	-166	171		
18							30	1681	-1651	1681	-1651	1681		
19							30	1097	-1067	1097	-1067	1097		
20							40	1628	-1588	1628	-1588	1628		
21							35	1705	-1670	1705	-1670	1705		
22							20	1051	-1031	1051	-1031	1051		
23							30	765	-735	765	-735	765		
24						5	25	931	-906	931	-906	931		
25							80	3285	-3205	3285	-3205	3285		
26							85	5334	-5249	5334	-5249	5334		
27						8	45	935	-890	935	-890	935		
28							35	1785	-1750	1785	-1750	1785		
29							5	822	-817	822	-817	822		
30							0		0	0	0	0		
31							0		0	0	0	0		
32							5	389	-384	389	-384	389		
33							8	492	-484	492	-484	492		
34							7	545	-538	545	-538	545		

Рисунок 6 – Автоматическое сравнение прогнозного и фактического значений количества продукции на довоз

Опыт практического применения разработанной автоматизированной системы в течение четырех лет демонстрирует ее экономическую эффективность, живучесть и удобство эксплуатации в непростых условиях нестационарной территориально распределенной мелкорозничной торговой сети.

СЕКЦИЯ 2

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

СЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ КРУПНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.Ф. Бондарь, С.М. Кулаков

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Прототипный подход (П-подход) к решению практических задач синтеза (проектирования) объектов концентрирует в себе идею создания нового объекта посредством выявления и устранения недостатков уже известных объектов того же самого или близкого назначения (прототипов или аналогов) [1]. Логическая схема постановки и решения практических задач на базе П-подхода включает формирование цели, перечисление того, что задано (дано, известно), указание того, что требуется получить. При этом *цель* формируется в виде описания желаемого результата, достигаемого посредством решения практической задачи, который представляется в сравнении с результатами, достигаемыми с помощью объектов-прототипов.

Практическая задача формулируется по схеме «задано» (дано) – требуется (определить, получить)». При этом компонент «задано» включает:

- *Набор прототипов и аналогов*, представленных натурно (реально), модельно, натурно-модельно (комбинировано).

Сюда, в первую очередь, относится описание действующих производственных или иных объектов-прототипов с использованием информации из научно-технической литературы, должностных инструкций, стандартов и т.п. Сюда же должны включаться объекты-прототипы в виде описаний, взятых из статей, монографий, отчетов, диссертаций и других источников.

- *Ограничивающие условия (ограничения)*, с учетом которых должно осуществляться решение практической задачи, в частности, задачи проектирования системы управления персоналом предприятия. Ограничения могут быть временные, кадровые, финансовые, информационные, материальные, юридические и иные.

- *Целевые показатели (критерии)*, которые необходимы для оценивания эффективности возможных вариантов решения практической задачи в сопоставлении с прототипами. К их числу относятся, например, такие показатели как стоимость, быстродействие, производительность, прибыль, индекс удовлетворенности клиентов, доля рынка и т.д.

- *База знаний, представляющая собой набор общих и специальных дисциплин, типовых задач, методов и решений*, которые могут служить источником научной информации, методологической основой принимаемых проектных решений.

Компонент «*требуется*» по сути представляет собой модель цели- желаемого результата решения практической задачи. Поэтому он должен включать конкретизацию и детальное описание частных целей (результатов).

Процедура решения практической задачи синтеза (проектирования) объекта включает следующие основные этапы:

- 1) Конкретизация (в том числе отбор, дополнение, параметризация) и анализ одного или нескольких прототипов с точки зрения их достоинств и недостатков, возможных способов сохранения первых и устранения вторых (с учетом поставленной цели и ограничивающих условий).
- 2) Декомпозиция практической задачи, т.е. представление ее в виде множества частных задач, выбор подходящих методов решения частных задач.

- 3) Реализация итерационного процесса отыскания вариантов решения задач, их сравнительного анализа, применяя, если это необходимо, методы моделирования, игровые эксперименты, натурные испытания и т.п. В частном случае сравнение может быть сделано экспертным путем.
- 4) Обобщенное представление полученных вариантов решения в виде инноваций, отчетов, статей, проектов, а также обучение людей, связанных с прогнозируемым объектом.

Схема реализации прототипного подхода представлена на рисунке. Она носит, в основном, эвристический характер, где ведущую роль играет здравый смысл, практический опыт и творческие способности человека.

В соответствии с кратким описанием прототипного подхода задача синтеза (в частности, совершенствования) организационной структуры системы управления персоналом (СУП) действующего предприятия формулируется следующим образом.



Рисунок – Общее представление практической задачи и схема ее решения на базе прототипного подхода

Исходные данные включают:

- усовершенствованную функциональную структуру СУП [2,3], включающую подсистемы развития, планирования и маркетинга персонала, управления наймом, управления трудовыми отношениями и условиями труда, управления мотивацией персонала, управления обучением и карьерой персонала, управления социальной сферой, управления высвобождением персонала, учета и отчетности;
- предлагаемую модель бизнес-процесса «Управление персоналом предприятия» [4];

- *перечень подфункций и задач управления*, полученный в результате декомпозиции основных и приобъектных функциональных подсистем СУП;
- *организационную структуру действующей СУП* предприятия (прототип);
- *известные*, из научных и иных публикаций, *организационные структуры СУП* – аналоги, например [5, 6];
- *перечень требований* к проектируемой организационной структуре, в частности: затраты на работу с кадрами должны находиться в допустимых пределах; организационная структура системы управления персоналом должна соответствовать принятой организационной структуре системы управления предприятием в целом; оргструктура должна отвечать особенностям подразделений предприятия; возможность быстрого реагирования на изменения внешних и внутренних условий; включение в организационную структуру специального подразделения (элемента), реализующего функцию саморазвития СУП;
- *ограничения*, обусловленные федеральными, региональными и муниципальными законодательными актами, указами, постановлениями;
- *ограничения* и регламенты, обусловленные миссией предприятия, его целями, кадровой политикой, стратегией, уставом, действующими внутренними стандартами (документированными процедурами) ;
- *целевые показатели (критерии)* эффективности СУП: затраты на персонал, производительность труда, индекс удовлетворенности работников, средний уровень зарплаты, показатель заполнения вакансий работниками комбината, образовательный уровень персонала;
- *набор общих и специальных дисциплин, являющихся теоретической базой решения задачи*: корпоративный менеджмент, теория управления организационными системами, моделирование систем, теория управления человеческими ресурсами, экономика, организация и планирование производства, проектирование систем управления предприятием;
- *методы решения задачи*: системный анализ, натурно-математическое моделирование, натурный и игровой эксперимент, метод аналогов и прототипов, экспертно-аналитический, функционально-стоимостного анализа и др.

Результатом решения рассматриваемой задачи является обновленная организационная структура СУП предприятия, представленная в виде иерархии, число уровней которой соответствует заданной детальности описания.

Цель СУП является результатом декомпозиции глобальной цели предприятия (организации). Применительно к современному металлургическому комбинату глобальная цель может быть сформулирована, например следующим образом: *производить и поставлять металлопродукцию, максимально отвечающую требованиям потребителей, и постоянно повышать степень их удовлетворенности, позволяющую удерживать и расширять свое присутствие на рынке выпускаемой продукции*. Соответственно этому стратегическая цель СУП состоит в реализации глобальной цели предприятия (организации) на основе эффективного использования человеческих ресурсов.

Подцели СУП формируются под влиянием требований и потребностей ее окружения. При этом все системы, с которыми взаимодействует исследуемая СУП, делятся на четыре класса: *надсистема*, в качестве которой выступает система управления организацией (компанией) – СУО; *нижестоящие системы*, в качестве которых в данной работе рассматриваются системы рабочих мест – СРМ (их требования выступают в качестве ограничений на квалификационные, физические, интеллектуальные и другие характеристики работников); *существенная или актуальная среда*, которая конкретизируется как системы профессионального образования – СПО (вузы, колледжи, профессиональные училища) вместе со свободным рынком труда – СРТ; *собственно система*, то есть рассматриваемая СУП, подцели, функции и задачи которой инициируются собственными (внутренними) потребностями, мотивами и программами, возникающими в этой развивающейся системе и

направленными на формирование, оптимизацию, поддержание и развитие персонала как важнейшего ресурса организации.

К числу типовых функций управления [2,3] относятся: прогнозирование, планирование, организация, координация, регулирование, нормирование, учет, контроль, анализ, мотивация. При этом функции дробятся на самостоятельные типовые действия такие, как: изучение, диагностика, расчет, ранжирование, подготовка, участие, разработка, сопровождение, передача и др.

Практически все они реализуются в контурах управления конкретными подпроцессами – составляющими крупномасштабного бизнес-процесса «управление персоналом организации (предприятия)», в частности: подпроцессами: поиска и привлечения, профориентации и адаптации, повышения квалификации, ротации работников, создания изобретений и других инноваций, высвобождения.

Пример решения рассмотренной задачи применительно к металлургическому комбинату представлен в работе [3, 4].

Литература

1. Стариков В.С. Проектирование футеровки и систем автоматизации методических печей: Учеб. пособие./ В.С. Стариков, С.М. Кулаков, М.Б. Купчик, М.В. Темлянцев – Новокузнецк: Изд. СибГИУ, 1999.- 123 с.

2. Кулаков С.М. Функциональная структура системы управления персоналом / С.М. Кулаков, Е.В. Петров, Н.Ф. Бондарь //Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение: Сборник научных трудов. Вып.8. – Кемерово: Изд. СибГИУ, 2006. - С.271-278.

3. Кулаков С.М. Функции системы управления кадровыми ресурсами металлургического комбината / С.М. Кулаков, Е.В. Петров, Н.Ф. Бондарь //Материалы II Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». Болгария, Варна-Технический университет, 2006. –С. 186-190.

4. Кулаков С.М. Модели и методы автоматизированного управления персоналом металлургического комбината / С.М. Кулаков, Е.В. Петров – Новокузнецк: СибГИУ, 2007.- 246 с.

5. Одегов Ю.Г. Управление персоналом в структурно- логических схемах: Учебник./ Ю.Г. Одегов - М.: Академический Проект, 2005.- 1088 с.

6. Кибанов А.Я. Основы управления персоналом: Учебник. / А.Я. Кабанов – М.: ИНФРА-М, 2005.- 304 с.

ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОЦЕДУРЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛЖНОСТНЫХ ИНСТРУКЦИЙ

Н.Ф. Бондарь, С.М. Кулаков

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Рабочая (должностная) инструкция представляет собой нормативную модель деятельности работника в форме нормативного документа, в котором «регламентируются производственные полномочия и обязанности работника, то есть определяются основные функции, обязанности, права и ответственность сотрудника организации при осуществлении им деятельности в определенной должности» [1].

Эффективность труда работника во многом зависит от того, насколько четко определены его должностные обязанности, права, ответственность, служебные взаимоотношения. Все эти сведения отражаются в соответствующих нормативных документах и, в первую очередь, в должностной инструкции, которая разрабатывается для руководителей специалистов и служащих, и в рабочей инструкции, которая создается для рабочих. Инструкция позволяет решать следующие основные задачи: описание сферы ответственности и компетентности работника; разграничение обязанностей взаимосвязанных работников с целью исключения дублирования действий друг друга и упущений; самоконтроль работником своей деятельности и самоуправление трудовым

процессом; поддержка взаимодействия работников, занимающих разные должности, при решении производственных и управленческих задач.

При создании рабочих (должностных) инструкций (РИ), необходимо соблюдать единый подход к их синтезу, структуре, содержанию разделов, логической последовательности изложения текста. Инструкции должны содержать перечень всех обязанностей и полномочий работника в кратких и четких формулировках, не допускающих различных толкований, учитывать меняющиеся условия деятельности организации. Основой разработки РИ являются квалификационные требования Министерства труда и социального развития РФ, квалификационный справочник должностей Минтруда РФ, отраслевые квалификационные характеристик (требования) или профессиональные стандарты, типовые должностные инструкции, действующие должностные инструкции предприятия (инструкции- прототипы) и другая нормативная информация. На ОАО «ЗСМК» ежегодно корректируется около тысячи должностных инструкций.

Для выполнения выше перечисленных требований, ограничений и рекомендаций в данной работе предлагается использовать автоматизированную процедуру формирования рабочих (должностных) инструкций, которая устанавливает единый порядок их разработки, регламентирует процедуры согласования, утверждения, управления документами, устанавливает общие требования к их построению, содержанию, изложению и оформлению. Цель автоматизации является повышение качества рабочих (должностных) инструкций при сокращении времени на их составление и сопровождение (корректировку).

В общем виде задача автоматизированного формирования рабочей (должностной) инструкции может быть представлена следующим образом. *Дано.* 1. Действующее производственное подразделение (цех, участок, лаборатория и т.п.) конкретного предприятия. 2. Исследуемое рабочее место, должность, профессия. 3. Ограничения, обусловленные следующими регламентирующими документами, положения которых следует учитывать при составлении рабочих (должностных) инструкций: - трудовой кодекс Российской Федерации; - единый квалификационный справочник должностей, профессий (ЕКСД); - единые корпоративные требования должностей (ЕКТД) предприятия; - штатное расписание исследуемого производственного подразделения; - технологические инструкции, действующие на исследуемом рабочем месте; - стандарты предприятия, относящиеся к системе менеджмента качества, включая внутрифирменный профессиональный стандарт (ВФПС); - правила внутреннего трудового распорядка предприятия; - положение о структурном подразделении; - правила технической эксплуатации оборудования; - правила охраны труда; - правила промышленной безопасности; - другие нормативные документы государственного, регионального, муниципального и корпоративного уровня, в сферу влияния которых попадает исследуемый трудовой процесс. 4. Ограничения, обусловленные трудовым процессом и рабочим местом: - нормативная модель трудового процесса (работы); - нормативная модель рабочего места; 5. Типовые должностные инструкции и действующие на предприятии инструкции-прототипы. 6. Критерий эффективности автоматизированной процедуры: средние затраты времени на создание рабочей (должностной) инструкции. *Требуется.* Разработать унифицированную человеко-машинную процедуру составления и коррекции рабочих (должностных) инструкций на предприятии, соответствующую доминирующим нормативным документам, удовлетворяющую ограничениям и минимизирующую средние затраты времени на формирование инструкции.

Построение критерия оптимальности разрабатываемой процедуры на основе показателя – затраты времени обусловлено необходимостью ускорения процедуры создания нормативных документов – рабочих и должностных инструкций с тем, чтобы устранить отставание в актуализации этих документов в условиях быстрого развития бизнес-процессов и рабочих мест. Разработка рабочих и должностных инструкций на крупных металлургических предприятиях осуществляется согласно документированной процедуре «Порядок разработки положений о структурных подразделениях, должностных и рабочих

инструкций». Должностные и рабочие инструкции разрабатываются в структурном подразделении совместно с работником по труду.

Автоматизированное формирование рабочих (должностных) инструкций осуществляется специализированной группой, работающей очно или дистанционно (в рамках корпоративной сети) в соответствии с предложенной процедурой. В зависимости от того, какие действия необходимо предпринять: разработать РИ (ДИ) впервые, разработать изменения к действующей РИ (ДИ), либо разработать РИ (ДИ) на основе базы знаний, включающей существующие прототипы или аналоги (рисунок).

В случае составления рабочей (должностной) впервые её автоматизированное формирование РИ (ДИ) проходит по следующим этапам: *Этап 1.* Составление РИ (ДИ) на основе нормативно – правовых документов, согласно базовой структуре. При этом используются типовые фрагменты РИ (ДИ), выбираемые автоматически или человеком, также короткие типовые фразы, сконструированные заранее на основе исследования конкретных РИ или ДИ. Перечень основных нормативно-правовых документов, необходимых для разработки соответствующих разделов должностной (рабочей) инструкции представлен в таблице. *Этап 2.* Конкретизация положения рабочей (должностной) инструкции, ее основных разделов и пунктов, касающихся положения о цехе, условий работы в цехе, требований штатного расписания по данному цеху, технологической инструкции для рассматриваемой должности и т.п.. Проверка правильности изложения в рабочей инструкции процедур выполнения процессов, полномочий и ответственности исполнителей, их взаимодействия и подотчетности внутри структурного подразделения (с другими структурными подразделениями).

Первый этап процедуры в основном реализуется компьютером, второй - требует участия специалистов подразделения, в том числе тех, для которых разрабатывается должностная (рабочая) инструкция. Следует отметить, что необходим важный этап жизненного цикла РИ (ДИ), а именно, этап текущих корректировок, обусловленных обратными связями от работников, для которых составляются инструкции, а также инициативными сигналами, формируемыми вышестоящими организациями и управляющими службами корпорации.

Таблица – Основные нормативно-правовые документы, используемые при составлении разделов рабочих (должностных) инструкций

Наименование раздела инструкции	Наименование нормативных документов
Общая часть	-Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ); -Единый квалификационный справочник должностей, профессий (ЕКСД); -штатное расписание; -постановление Правительства РФ "Об утверждении перечня профессий и специальностей начального профессионального образования" от 8.12.99г №1362.
Процессы, которых участвует работник, и его обязанности	-технологическая инструкция; -стандарты предприятия системы менеджмента качества (СМК); - правила эксплуатации -правила внутреннего трудового распорядка; -правила приема и сдачи смены.
Взаимоотношения, подотчетность работника	- положение о структурном подразделении; - правила технической эксплуатации оборудования; - технологическая инструкция
Права работника	- правила охраны труда, - ТК РФ; - правила внутреннего трудового распорядка.
Ответственность	-ТК РФ; - правила технической эксплуатации оборудования; - правила внутреннего трудового распорядка; - правила охраны труда и промышленной безопасности

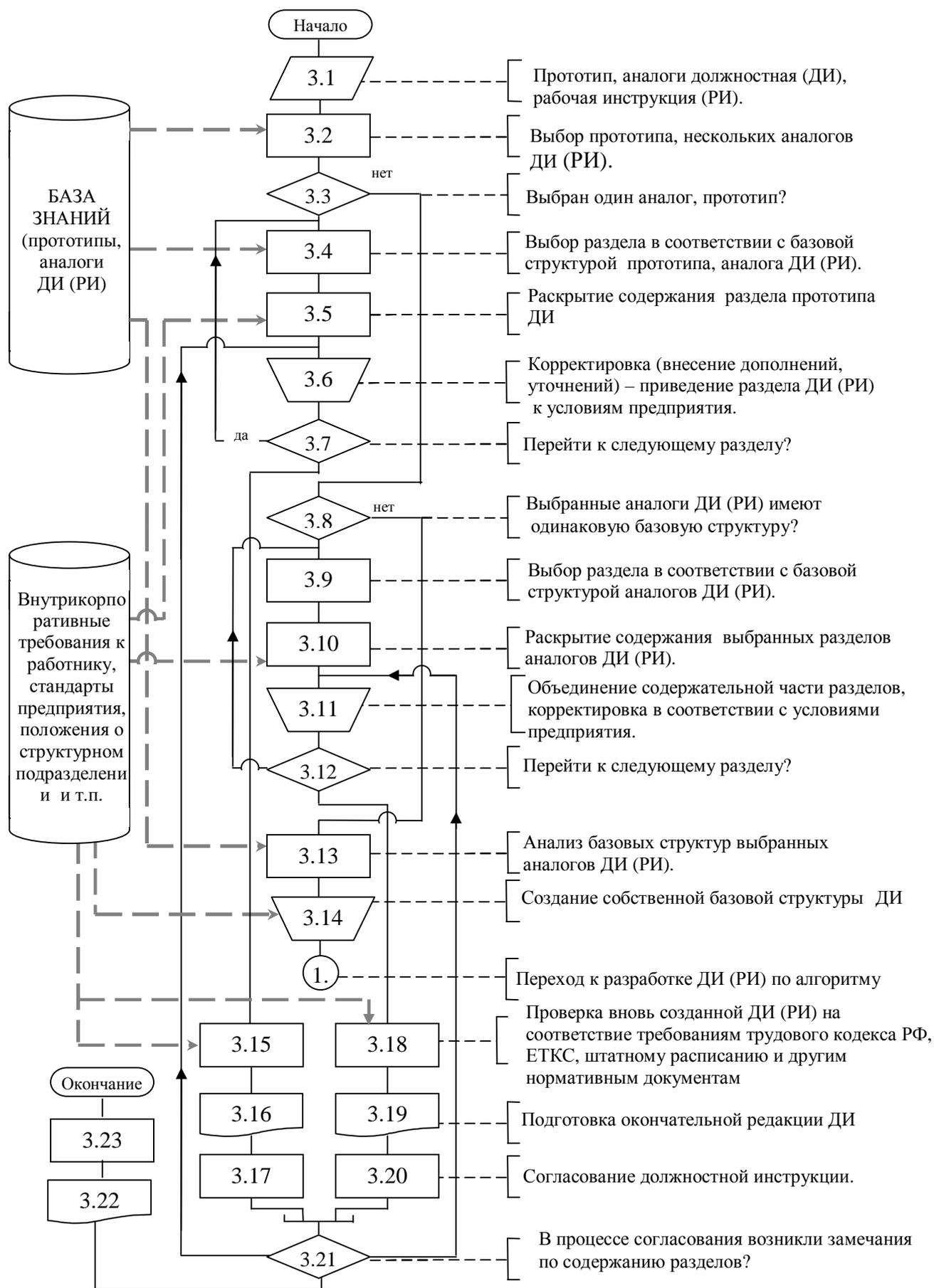


Рисунок – Алгоритм разработки ДИ на основе прототипа или аналогов ДИ

Литература

1. Одегов Ю.Г. Управление персоналом в структурно- логических схемах: Учебник./ Ю.Г. Одегов - М.: Академический Проект, 2005.- 1088 с.
2. Кулаков С.М. Модели и методы автоматизированного управления персоналом металлургического комбината / С.М. Кулаков, Е.В. Петров – Новокузнецк: СибГИУ, 2007.- 246 с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ ЧИСЛОМ КОНТУРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

М.Ю. Борщинский, П.Н. Кунинин

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В шахтных подъемных установках и прокатном производстве находят применение системы с главной обратной связью по ЭДС или скорости электродвигателя в которых из соображения повышения быстродействия не используется обратная связь по току [1, 2]. Но при этом возникает проблема ограничения полного тока якоря двигателя. В работе [3] эта задача решается на основе интегратора И задатчика интенсивности (ЗИ), причем заданием служит выходной сигнал компаратора К. Обратная связь по полному току электродвигателя задержанная и включается в работу при превышении током допустимого значения. Область применения такого типа систем ограничивается системами с главной обратной связью по напряжению генератора и нашли применение в электроприводах реверсивных обжимных станков [2], поскольку в этих системах в режиме ограничения тока якоря добавляется внешний по отношению к контуру напряжения генератора контур тока проблем в построении структуры не возникает.

В системах с главной обратной связью по ЭДС (скорости) картина совершенно другая. При замыкании контура задержанной обратной связи по току появляются перекрещивающиеся обратные связи по ЭДС (Е) и току (I_я) двигателя (рисунок 1). Естественно, принцип подчиненного каскадного управления контурами в этом случае нарушается. На рисунке 1 ИЭ - управляемый источник энергии, ЭМД и МД – электромагнитная и механическая части электропривода, U_я – напряжение на якоре электродвигателя, U_з, U_{зи} – соответственно сигналы задания и на выходе ЗИ.

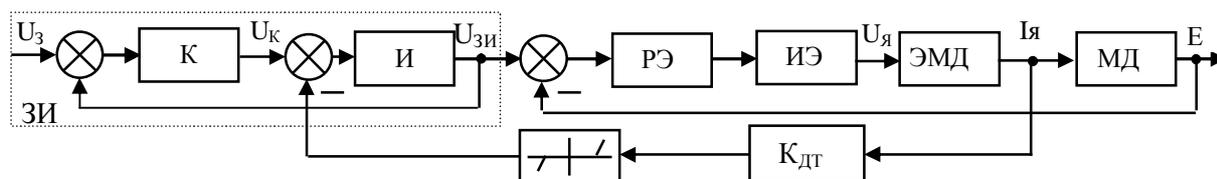


Рисунок 1 –Структурна схема системы с перекрестными обратными связями

В работе [1] в системе без контура тока не учитывается внутренняя обратная связь по ЭДС двигателя и модель электродвигателя представляется последовательным соединением инерционного и интегрирующего звеньев:

$$\frac{1/R_{я}}{(T_{яp} + 1)} \frac{R_{я}}{сфT_{Мр}},$$

что привело к созданию системы с ПД – регулятором и, как следствие, статической по нагрузке. Что бы придать астатические свойства системе, синтезируется второй контур скорости с интегрирующим регулятором с последующим преобразованием системы с двумя регуляторами скорости к системе с одним ПИД – регулятором и фильтром низких частот на входе, причем о способе реализации дифференцирующей составляющей в анализируемой работе умалчивается. Так что в этом случае фактически авторы [1] имеют систему со свойствами не двухконтурной системы, а трехконтурной.

В работе [2] предлагается система без контура, тока с главной обратной связью по ЭДС, с использованием наблюдателя ЭДС при учете внутренней обратной связи по ЭДС

двигателя. Однако решается частная задача, когда двигатель может быть представлен последовательным соединением двух инерционных звеньев первого порядка:

$$\frac{1}{T_M T_{я} p^2 + T_M p + 1} = \frac{1}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

и компенсируется влияние только большей из постоянных T_1 и T_2 .

В данной работе разрабатывается вариант системы с любым соотношением постоянных времени $T_{я}$ и T_M электродвигателя при учете внутренней обратной связи по ЭДС, а также анализируются возможности использования наблюдателя ЭДС из работы [2], который привлекателен тем, что в нем не используется операции идеального дифференцирования:

$$E(p) = U(p) + U(p) \frac{T_M p}{T_M T_{я} p^2 + T_M p + 1} - R_{я} I_{я}(p). \quad (1)$$

Исследование выполним на модели системы Г-Д шахтного подъема с двигателем постоянного тока независимого возбуждения, генератор которой управляется от тиристорного возбудителя, причем на вход возбудителя подается скачок номинального напряжения. Результаты моделирования приведены на рисунке 2, где наблюдателю (1) соответствует кривая 1, а кривая 2 - реальной характеристике изменения ЭДС. Кроме того на этом рисунке приведена кривая изменения напряжения U генератора - 1. Сопоставление кривой 1, измеренной наблюдателем (1), с кривой напряжения U якоря двигателя показывает, что на холостом ходу двигателя характеристики (левый рисунок) полностью совпадают. На правом рисунке показаны те же характеристики, но на двигатель в момент времени $t=0.6$ с скачком приложена нагрузка $I_C=2000$ А. После приложения нагрузки ЭДС двигателя уменьшается на величину статической ошибки, а выходная переменная наблюдателя (1) начинает медленно сближаться с кривой 2 действительного характера динамического изменения ЭДС двигателя. Так что из анализа кривых на рисунке 2 приходим к выводу, что наблюдатель (1) в состоянии оценивать действительное значение ЭДС только в установившемся режиме.

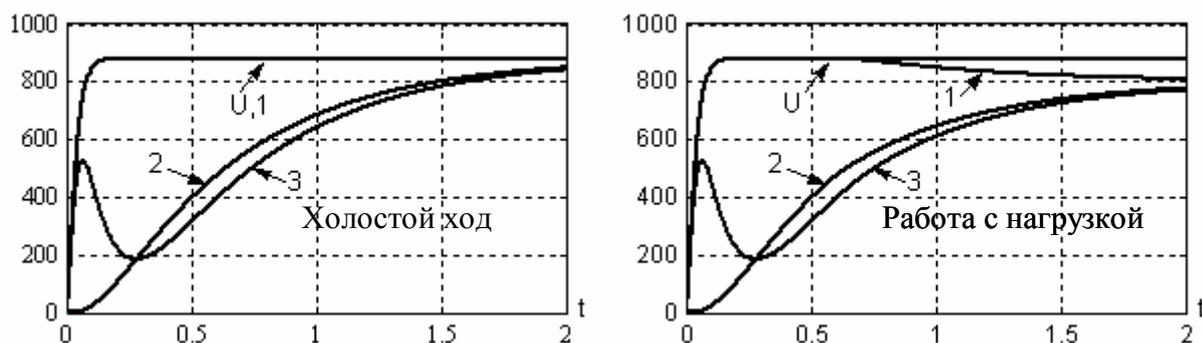


Рисунок 2 - Кривые измерения ЭДС электродвигателя по алгоритму (1)

Характеристику ЭДС можно улучшить (кривая 3 на рисунке 2), если из состава алгоритма (1) исключить второе слагаемое в правой части, причем алгоритм (1) принимает более простой вид:

$$E(p) = U(p) - R_{я} I_{я}(p). \quad (2)$$

Уравнение (2) является уравнением равновесия напряжений на якорной цепи электродвигателя при пренебрежении постоянной времени $T_{я}$ якорной цепи.

При замене операции идеального дифференцирования дифференцированием со сглаживанием уравнение равновесия напряжений на якорной цепи примет вид, который широко применяется в контроллерных системах управления:

$$E(p) = U_{я}(p) + R_{я} I_{я}(p) + \frac{T_{я} p}{q T_{я} p + 1} R_{я} I_{я}(p), \quad q < 1 - \text{положительное число}. \quad (3)$$

На рисунке 3 этому алгоритму при $q=0.1$ соответствует кривая 1. За исключением сравнительно небольшого начального временного участка $t=0 \dots 0.3$, где ошибка достигает 15%, этот алгоритм обеспечивает хорошее совпадение с действительной кривой измеряемой

ЭДС. Результат можно улучшить (кривая 2), если использовать параметр $q=0.01\text{с}$. Если же принять $q=0.001$, то кривая 3, соответствующая этой настройке, в масштабе рисунка 3 практически совпадает с действительной кривой 5. Но необходимо учесть тот факт, что частота дискретизации современных систем электропривода не превышает 50кГц и частота $f=1/qT_{\text{я}}$ не должна быть больше 50кГц , а точнее не должна превышать частоты дискретизации исследуемой системы. Поэтому последний вариант может быть не всегда применим, так что часто наиболее подходящим может оказаться вариант с $q=0.01\text{с}$ (кривая 2), поскольку достаточно хороший результат достигается при относительно малом значении частоты дискретизации.

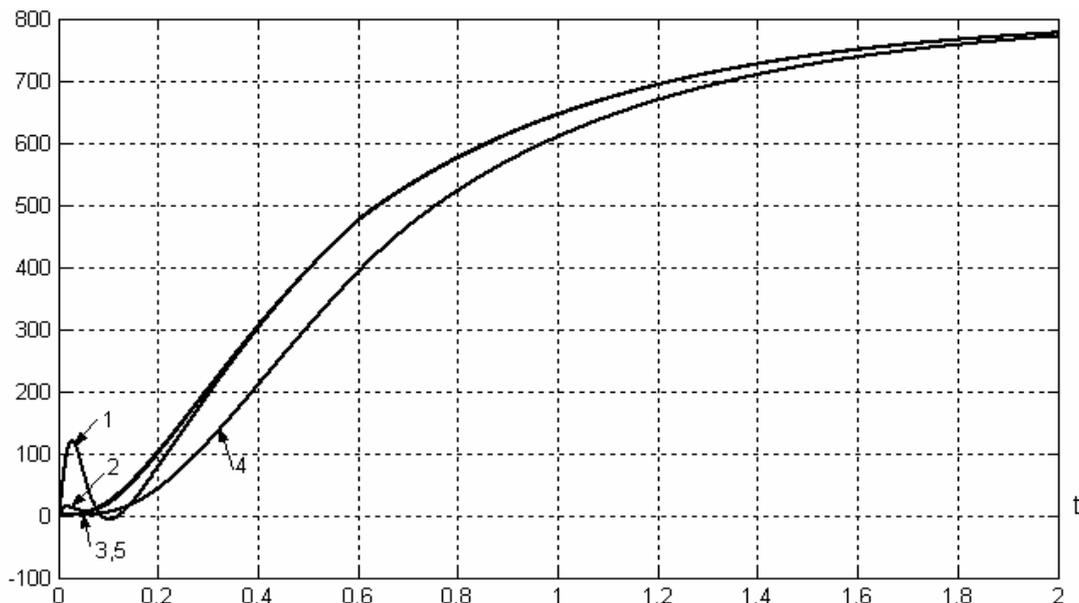


Рисунок 3 - Кривые процессов измерения ЭДС электродвигателя по алгоритму (3), в момент времени $t=0.6\text{с}$ приложена нагрузка $I_c=2000\text{А}$

Как видно из рисунка 4 (правый фрагмент), где начальный период рисунка 3 представлен в увеличенном масштабе, начальный участок кривой 2 располагается над осью абсцисс и его целесообразно немного опустить вниз. Для этого достаточно включить фильтр первого порядка с постоянной времени $T_{\text{ф}}=qT_{\text{я}}p+1$, $q=0.008\dots 0.01$ на выходе датчика напряжения. Скорректированные характеристики приведены на рисунке справа. Как следует из рисунка, ошибка не превышает одного процента от номинальной ЭДС равной 900В . Напомним, что оценка точности выполнена для наиболее тяжелого режима изменения скачком номинального управляющего сигнала на входе тиристорного возбудителя. При реальном изменении входного сигнала ошибка измерения ЭДС, естественно, будет меньше.

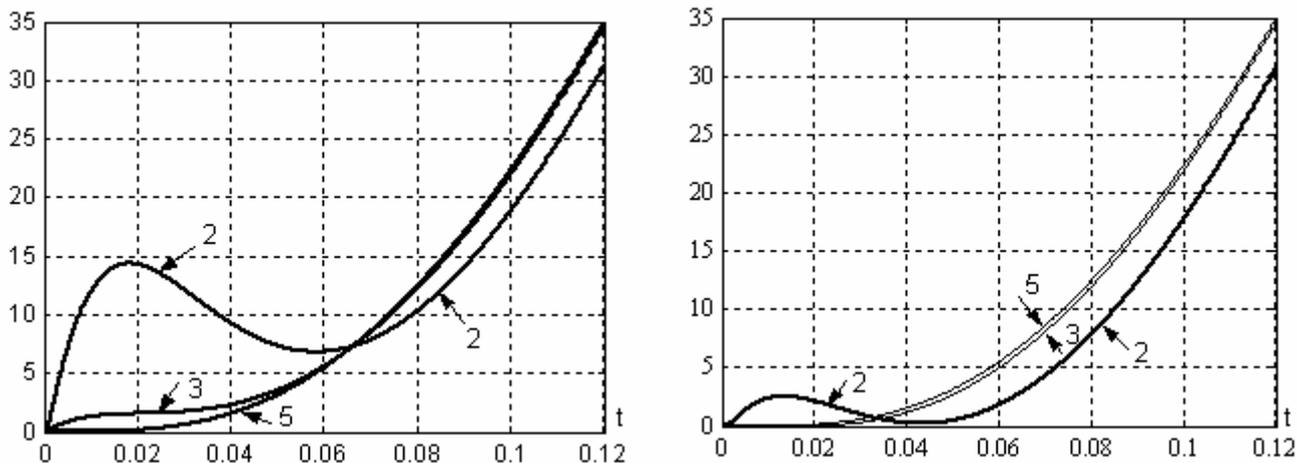


Рисунок 4 – Кривые 2, 3 и 5 ЭДС в увеличенном масштабе

датчика тока искажен высокочастотными шумами, которые усиливаются операцией дифференцирования. Чтобы исключить операцию явного дифференцирования полином числителя ($T_{яp}$) разделим на полином знаменателя ($qT_{яp}+1$). В результате получим выражение

$$\frac{T_{яp}}{qT_{яp}+1} \cong \frac{1}{q} - \frac{1/q}{qT_{яp}+1},$$

в которое операция дифференцирования уже не входит.

Подстановка $\frac{T_{яp}}{qT_{яp}+1}$ из последнего соотношения в выражение (7) дает:

$$U_{\Delta}(p) = \frac{K_{\Delta}}{K_{дн}} U_{дн}(p) - \frac{K_{\Delta}}{K_{дт}} R_{я} U_{дт}(p) - \frac{K_{\Delta}}{K_{дт}} R_{я} U_{дт}(p) \left(\frac{1}{q} - \frac{1/q}{qT_{яp}+1} \right), \quad (8)$$

Используя коэффициент K_{Δ} обратной связи по ЭДС электродвигателя структурную схему на рисунке 5 преобразуем к структуре удобной для синтеза регулятора ЭДС. Для этого контур напряжения (КН) и структурную схему электродвигателя между входом по напряжению генератора $U_{Г}$ и током якоря $I_{я}$ ($U_{Г}I_{я}$) свернем к одиночным передаточным функциям. Полученная структурная схема приведена на рисунке 6.

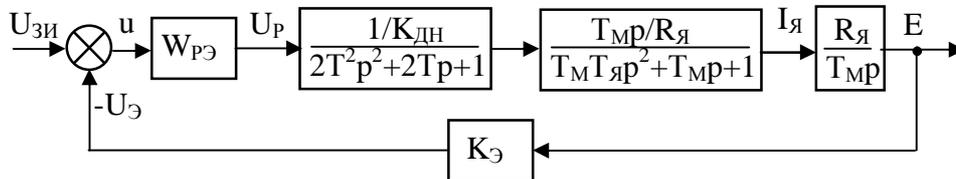


Рисунок 6 – Структурная схема контура ЭДС для синтеза регулятора ЭДС

Выполним синтез регулятор ЭДС электродвигателя на основе метода проектирования систем подчиненного регулирования:

$$W_{p\Delta}(p) = \frac{U_{p\Delta}(p)}{u(p)} = \frac{K_{дн}(T_{м}T_{я}p^2 + T_{мп} + 1)}{K_{\Delta}4T_{пp}} = \frac{K_{дн}}{4K_{\Delta}} \left(\frac{T_{м}}{T_{п}} + \frac{1}{T_{пp}} + \frac{T_{м}T_{я}}{T_{п}} p \right), \quad (9)$$

или после замены функции идеального дифференцирования реальным дифференцированием

$$\frac{T_{м}T_{я}}{T_{п}} p \cong \frac{T_{rp}}{qT_{rp}+1}$$

и разрешения относительно выходной переменной получим:

$$U_{p\Delta}(p) = u(p) \frac{K_{дн}}{4K_{\Delta}} \left(\frac{T_{м}}{T_{п}} + \frac{1}{T_{пp}} + \frac{T_{rp}}{qT_{rp}+1} \right), \quad (10)$$

где $T_r = \frac{T_{м}T_{я}}{T_{п}}$, $q < 1$ – коэффициент сглаживания выходного сигнала регулятора, ограничивающий полосу пропускаемых частот.

Программирование первых двух слагаемых правой части выражения (7) проблемы не составит. Третье слагаемое $\frac{T_{rp}}{qT_{rp}+1}$ преобразуем аналогично тому, как это сделали для наблюдателя ЭДС. В результате будем иметь:

$$\frac{1}{q} - \frac{1/q}{qT_{rp}+1} \cong \frac{T_{rp}}{qT_{rp}+1},$$

в которое не входит операция дифференцирования.

Перейдем к решению проблемы ограничения полного тока электродвигателя. Простое добавление контура тока с задержанной обратной связью проблемы не решает, поскольку согласно рисунку 1 появляются перекрестные связи, так что неизбежно взаимное влияние контуров ЭДС и тока и весьма серьезные трудности в разработке методики синтеза регулятора тока. Напрашивается идея синтезировать систему с переменной структурой,

которая в штатном режиме работает как система управления ЭДС двигателя, а при ограничении тока – как система управления током, причем при управлении током контур ЭДС должен быть отключен, чтобы исключить его влияние на процесс управления током. Система будет сдерживать три контура, но одновременно в работе будут только два контура и система будет обладать свойствами двухконтурной системы.

Для синтеза регулятора тока рассмотрим изолированный от ЭДС контур тока, структурная схема которого приведена на рисунке 7, регулятору тока W_{PT} которой соответствует передаточная функция, синтезированная по методу систем подчиненного регулирования:

$$W_{PT}(p) = \frac{U_P(p)}{u_T(p)} = \frac{R_{\text{я}} K_{\text{ДН}} (T_{\text{М}} T_{\text{я}} p^2 + T_{\text{МР}} + 1)}{K_{\text{ДТ}} T_{\text{МР}} R_{\text{я}} K_{\text{ДТ}} 4 T_{\text{ПР}}} = \frac{R_{\text{я}}}{K_{\text{ДТ}} T_{\text{МР}}} * \frac{K_{\text{ДН}}}{4 K_{\text{Э}}} \left(\frac{T_{\text{М}} T_{\text{я}}}{T_{\text{П}}} p + \frac{T_{\text{МР}} + 1}{T_{\text{ПР}}} \right). \quad (11)$$

Сравнение передаточной функции регулятора тока (8) с передаточной функцией регулятора ЭДС (6) показывает, что передаточная функция регулятор тока от регулятора ЭДС отличается только дополнительным сомножителем $R_{\text{я}}/(K_{\text{ДТ}} T_{\text{МР}})$, который добавлен слева перед знаком умножения - звездочки. Совпадает и место подключения выходов регуляторов ко входу контура источника энергии, что видно из сравнения структурных схем на рисунках 6 и 7, так что регулятор тока может быть представлен следующим образом:

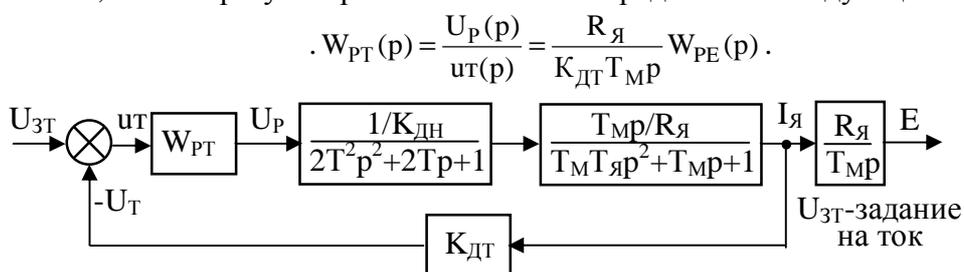


Рисунок 7. Структурная схема контура ограничения тока

Используя вышеизложенные соображения объединим структурные схемы на рисунках 7 и 10 с указанием необходимых переключений при переходе от работы в штатном режиме управления ЭДС к режиму ограничения тока и наоборот.

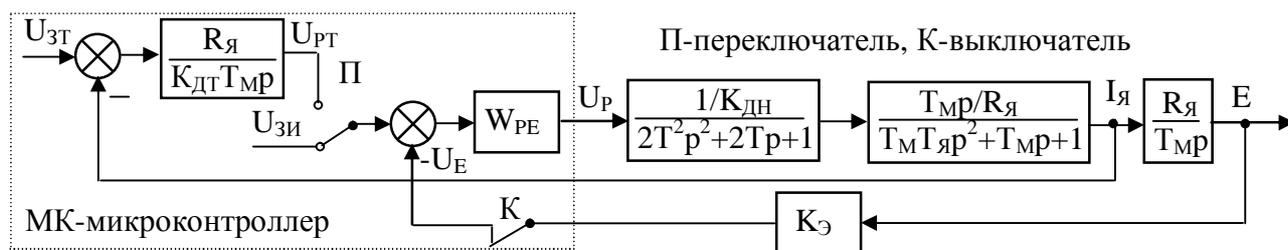


Рисунок 8 – Структурная схема системы с переключаемыми контурами ЭДС и тока

На рисунке 8 показано положение переключателей, соответствующее режиму управления ЭДС электродвигателя. При переходе к режиму ограничения тока переключатель П переводится в верхнее положение, а ключ К отключается. Следует заметить, что коммутационные аппараты П и К физически не существует, они реализованы программно в микроконтроллере МК. Кроме логики переключения микроконтроллерная программа обеспечивает плавный переход при изменении режимов работы. Дело в том, что при переключении контуров выходы переключателей изменяются скачком. Так при отключении обратной связи по ЭДС скачком изменяется напряжение на входе регулятора ЭДС на величину сигнала обратной связи U_E , скачком изменяется сигнал и при переключении П из-за несовпадающих уровней сигналов U_{PT} и U_{3I} в момент переключения. Определение момента переключения служит уровень тока якоря электродвигателя.

Таким образом разработана новая структурная схема двухконтурной системы

управления со взаимно замещаемыми контурами и переключаемыми обратными связями по ЭДС и току электродвигателя. Построена теория и синтез переключаемых регуляторов ЭДС и тока электродвигателя, теория и структура наблюдателя ЭДС с методиками расчета.

Литература

1. Католиков В. Е. Автоматизированный электропривод подъемных установок глубоких шахт [Текст] / В.Е. Католиков, А.Д. Динкель, А.М. Седунин - М., Недра, 1983. – 270 с.

2. Островляничик В.Ю. Автоматический электропривод постоянного тока горно-металлургического производства: учебное пособие / В.Ю. Островляничик - Новокузнецк, 2004. - 383 с.

3. Филенко А.С. Задающее устройство с ограничением полного тока якоря [Текст] / А.С. Филенко, М.Ф. Русских / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / под общей редакцией Л.П. Мышляева; СибГИУ. - Новокузнецк, 2008. – вып. 12. – ч. V. Технические науки – с. 36-38.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ ДЛЯ СКАНИРУЮЩИХ СИСТЕМ

А.В. Бубнов, А.М. Дайнович, Д.Ю. Сторожев

Омский государственный технический университет, г. Омск

От современных систем управления приводом требуется одновременное достижение нескольких целей. Среди них – высокая статическая и динамическая точности, высокие динамические характеристики привода, коэффициент мощности и электромагнитная совместимость. Для их достижения разработчики вынуждены использовать достаточно сложные алгоритмы управления, которые можно реализовать в аналоговом или цифровом виде.

При разработке электронных аналоговых регуляторов проектировщик по техническим или экономическим причинам вынужден пользоваться достаточно узким набором элементов, реализующих интеграторы, дифференциаторы или пропорциональные усилители. В силу этого при синтезе систем управления аналогового типа приходится сталкиваться с весьма серьезными ограничениями.

Другим перспективным направлением в комплексных автоматизированных системах является применение микропроцессоров с программируемой памятью, контролем и связью электропривода с технологическими процессами, что дает возможность создать адаптивные самооптимизирующиеся структуры управления, сбора и обработки данных; супервизорного иерархического управления (вырабатывается задающее воздействие регуляторам); цифрового управления.

Таким образом, цифровые системы имеют множество преимуществ по сравнению с аналоговыми [1], среди которых наиболее значимыми являются следующие: возможность использования более сложных алгоритмов управления, что позволяет повысить КПД, снизить энергопотребление и улучшить динамические характеристики привода; нечувствительность к дрейфу характеристик элементов схемы от времени, температуры и большинства других внешних воздействий; простота реализации автоматической калибровки. Такая калибровка необходима для учета характеристик используемых аналоговых узлов и значительно уменьшает затраты на регулировку готовых изделий при серийном производстве; простота реализации связана с тем, что управляющие функции реализуются программно, не требуя при изменении алгоритма разработки новых узлов; меньшее время вывода создаваемого устройства на рынок. Программируемость контроллеров позволяет использовать их во множестве различных устройств при отсутствии или минимальном размере изменений в конструкции. Кроме того, цифровые контроллеры дают возможность значительно ускорить итеративный процесс отладки, т.к. все изменения

сводятся к смене управляющей программы; значительно ослабляются требования к точности компонентов, т.к. большинство неточностей в аналоговых узлах может быть программно скомпенсировано.

Цифровые системы используются в настоящее время для регулирования и управления самыми различными объектами и процессами: доменными печами, прокатными станами, самолетами, кораблями, химическим оборудованием и т. п. Сфера их использования непрерывно расширяется. Одним из перспективных направлений применения цифровых систем регулирования является прецизионный синхронно-синфазный электропривод, который широко используется при построении обзорно-поисковых и сканирующих систем, в системах технического зрения современных робототехнических комплексов, установках фототелеграфной и видеозаписывающей аппаратуры, лентопротяжных и регистрирующих устройствах, копировальных установках, многоцветных полиграфических машинах.

Синхронно-синфазный электропривод реализуется на основе электропривода с фазовой синхронизацией (ЭПФС), в основе которого лежит принцип фазовой автоподстройки частоты. Функциональная схема ЭПФС приведена на рисунке 1, где БЗЧ – блок задания частоты, ИЧФД – импульсный частотно-фазовый дискриминатор (логическое устройство сравнения), ДМ – демодулятор, БУ – блок управления, ЭД – электродвигатель, ИДЧ – импульсный датчик частоты вращения.

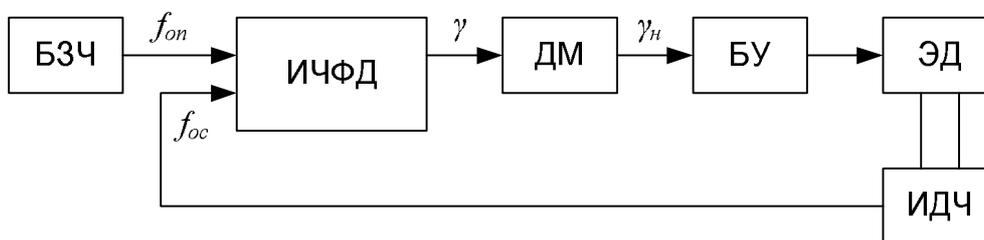


Рисунок 1 – Функциональная схема контура ЭПФС

Использование цифровых регуляторов в ЭПФС сталкивается с определенными трудностями. Поскольку в области высоких частот вращения период следования задающих импульсов и импульсов в цепи обратной связи составляет единицы и десятки микросекунд, а любая процессорная обработка сигналов вносит значительную задержку в формирование выходного сигнала, то в результате значительно увеличивается погрешность определения угловой ошибки [2].

Это влечет за собой ограничение сверху по допустимому диапазону частот вращения привода, расширить который можно применением более быстрых алгоритмов обработки данных и применением более высокопроизводительных процессоров. Таким образом, эта проблема имеет временный характер, поскольку высокие темпы развития современной электроники приводят к созданию все более и более высокопроизводительных процессоров оптимизированных для различных типов вычислений и имеющих широкий набор периферийных модулей, позволяющих перенести часть программных вычислений на аппаратный уровень контроллера.

Применение управляющего микроконтроллера позволяет реализовать цифровое регулирование в широком диапазоне частот вращения электропривода. Значительные вычислительные и логические возможности цифровых устройств и, в частности, микропроцессорной техники определяют их использование для управления автоматизированными объектами. Устройства цифровой обработки, выполненные на базе современной дискретной микроэлектроники, имеют серьезные преимущества перед непрерывными устройствами.

Важная особенность использования любых цифровых систем управления сопряжена с необходимостью дискретизации входных величин, обработки полученных данных и обратного преобразования дискретных величин в аналоговые. Это, безусловно, влечет за собой появление ошибки дискретизации [1].

Особое значение при проектировании систем высокоточного электропривода имеет анализ динамических характеристик. Основная сложность исследования электропривода с фазовой синхронизацией, построенного на основе принципа фазовой автоподстройки частоты, связана с наличием нелинейных элементов, входящих в контур ФАПЧ. Методы расчета нелинейных систем являются достаточно трудоемкими и требуют максимально полного описания характеристик нелинейных элементов, входящих в состав системы.

В работе [3] предложена модель ИЧФД, представляющая собой последовательное соединение интегратора, нелинейного элемента и ШИМ. Данная модель учитывает весь комплекс нелинейностей ИЧФД и позволяет использовать для анализа характеристик электропривода методы нелинейных и релейных систем.

В пропорциональном режиме работы (при $f_{оп} \approx f_{ос}$), выходная последовательность импульсов ИЧФД представляет собой ШИМ-сигнал угловой ошибки. Благодаря демодуляции выходного сигнала, обеспечивается качественная фильтрация выходного сигнала ИЧФД и снижение высокочастотных пульсаций в выходном сигнале блока управления.

Исследование электропривода с применением методов теории импульсных систем регулирования является достаточно трудоемким. Более ценные для практики результаты дает использование методов теории цифровых систем [4]. В этом случае математический аппарат на основе дифференциальных уравнений заменяется математическим аппаратом на основе разностных уравнений. Соответственно линейное преобразование Лапласа заменяется Z-преобразованием. Эти алгоритмы могут быть легко реализованы на ЭВМ.

Для определения области использования методов теории цифровых систем в электроприводах с ШИМ, были проведены компьютерные исследования с использованием программного продукта Matlab. При моделировании входной синусоидальный сигнал с периодом T преобразовывался в выходной с помощью цифровой модуляции (квантование с постоянным периодом $T_{оп}$) и ШИМ (рисунок 2), и оценивалась вносимая за счет модуляции в основную гармонику выходного сигнала погрешность.

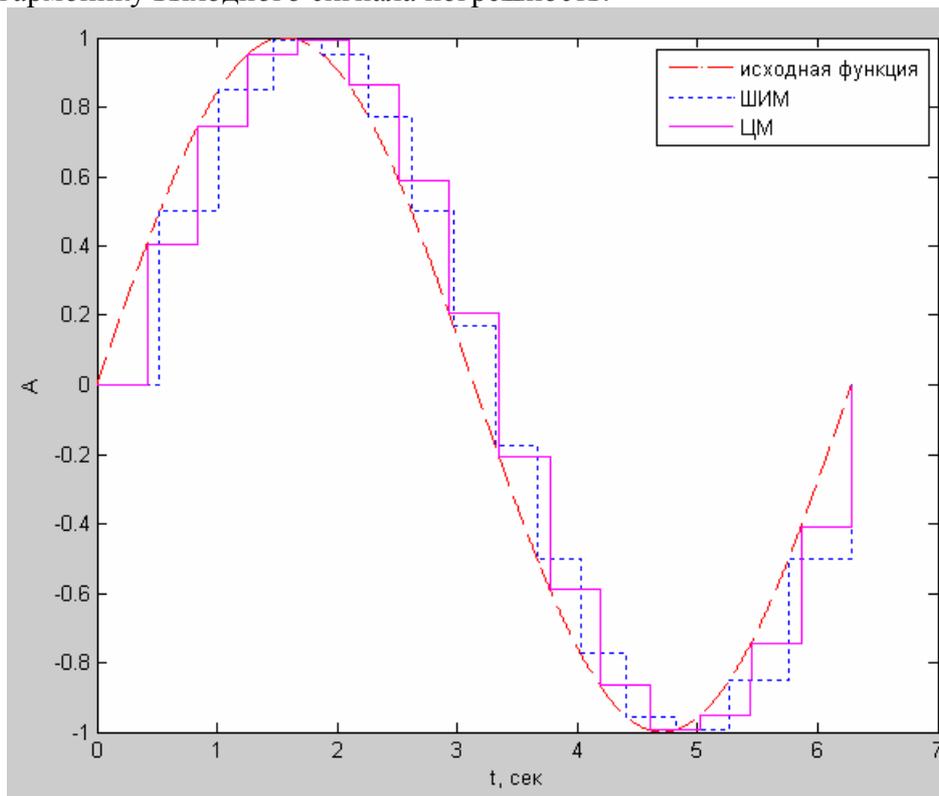


Рисунок 2 – Преобразование синусоидального сигнала с помощью ШИМ и квантования с постоянным периодом

Погрешность преобразования входного сигнала определяется в основном по погрешности амплитуды и фазы основной гармоники ряда Фурье выходного сигнала. Чтобы

определить характер изменения величин этих погрешностей, моделирование было проведено с различным периодом квантования (ШИМ). Рисунок 3 иллюстрирует зависимости погрешностей амплитуды dA и фазы $d\varphi_i$ от количества интервалов дискретизации N на периоде входного сигнала.

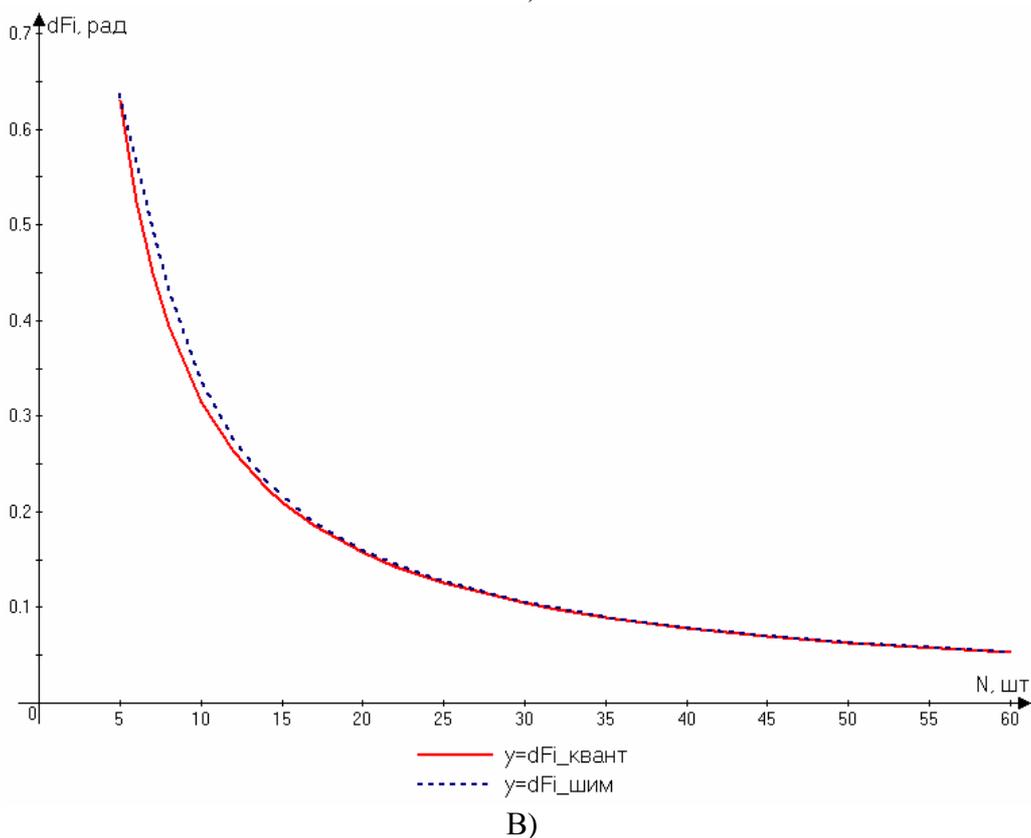
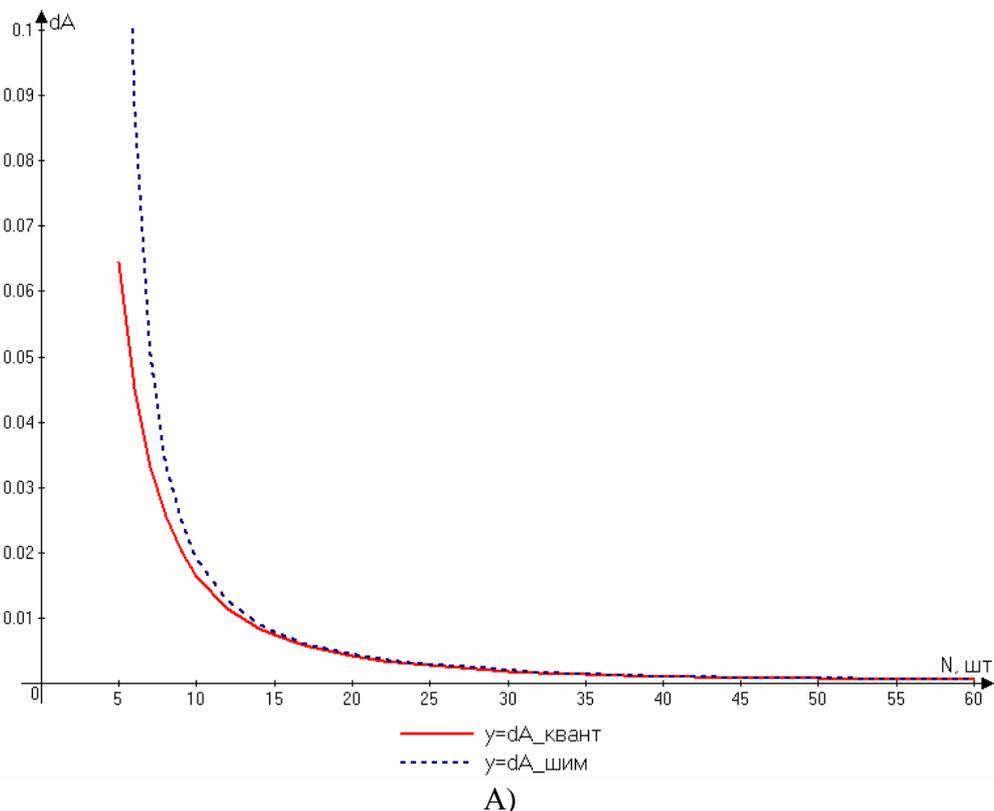


Рисунок 3 – Графики зависимости погрешности амплитуды (А) и фазы (В) основной гармоники квантованного и ШИМ сигналов

Проанализировав полученные зависимости, можно сделать вывод, что при частоте квантования (ШИМ) в 15 раз большей частоты модулируемого сигнала, погрешности обоих

видов квантования с высокой степенью точности можно считать равными. Это позволяет определить минимальную частоту дискретизации, при которой замена ШИМ на цифровой квантователь не внесет дополнительной ошибки при преобразовании сигнала.

Полученные зависимости имеют практическое значение. Они позволяют определить величину погрешности δ_M между амплитудами основной гармоники ряда Фурье квантованного $A_{\text{квант}}$ и ШИМ $A_{\text{ШИМ}}$ сигналов на определенной частоте квантования. Погрешность рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta_M = \frac{A_{\text{ШИМ}} - A_{\text{квант}}}{A_{\text{ШИМ}}} 100\% .$$

По результатам расчета построен график, представленный на рисунке 4.

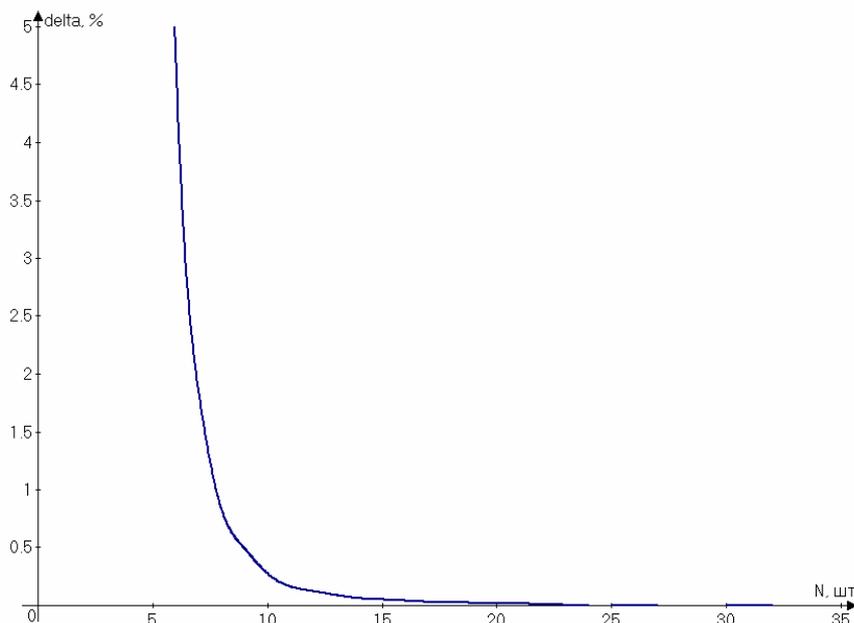


Рисунок 4 – График зависимости относительной погрешности δ_M между ШИМ и квантованием от количества дискрет на периоде входного сигнала

Расчеты показывают, что при принятых минимальными 15 дискретах на период исследуемой синусоидальной функции погрешность составляет 0,05%. Для сравнения, при девяти дискретах относительная погрешность амплитуд основной гармоники выходных сигналов составляет 0,5%. Приведенная графическая зависимость может быть использована при проектировании цифровых систем управления электроприводом для выбора минимальной частоты квантования.

Проведенные исследования показали, что при $T_{\text{оп}} \geq T/15$ цифровой квантователь не вносит дополнительной погрешности при передаче сигнала по сравнению с ШИМ. Соответственно, минимальная частота квантования определяется из условия $f_{\text{оп min}} \geq 15f$, где f - частота преобразуемого сигнала.

Литература

1. Изерман, Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
2. Бубнов, А. В. Вопросы теории и проектирования прецизионных синхронно-синфазных электроприводов постоянного тока: Монография. – Омск: Редакция журнала «Омский научный вестник», 2005. – 190 с.
3. Бубнов, А. В. Математическая модель логического устройства сравнения для электропривода с фазовой синхронизацией // Электричество. – 2005. – №5. – С. 27–31.
4. Бубнов, А. В. Цифровой регулятор в электроприводе с фазовой синхронизацией / А. В. Бубнов, А. И. Лыченков // Омский научный вестник. – 2005. – №3. – С. 122–125.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫРАБОТКИ ПЛАН-ГРАФИКОВ СОЗДАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ¹

К.Г. Венгер*, В.В. Грачев**, А.А. Ивушкин*

* Объединенная компания “Сибшахтострой”, г. Новокузнецк

** Сибирский государственный индустриальный университет,

** Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк

Вопросам планирования создания промышленных комплексов посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых [1-4]. Разработанные методы можно объединить в три группы: нормативные, эмпирические и смешанные. Они имеют такие достоинства как простота и низкая трудоемкость расчетов – для группы нормативных методов; высокая точность расчетов при совпадении характеристик предстоящего и выполненного проектов, возможность учета индивидуальных особенностей проектных и строительных организаций – для группы эмпирических методов; достоинства эмпирических и нормативных методов – для группы смешанных методов. Присущи им и недостатки. В целом эти методы и нормы, созданные на их основе в 80-90-х годах прошлого века, оказались неэффективны в новых социально-экономических условиях. Это объясняется, главным образом, тем, что в этих документах не учтены современные технологии и методы, постоянно и быстро обогащаемый опыт строительства, а также отсутствует должное внимание к вопросам стимулирования. Необходимо развитие и дополнение традиционных методов с использованием натурно-модельного подхода [5, 6], который позволяет, основываясь на информации об уже созданных комплексах, более полно выявлять неиспользованные резервы, адекватно учитывать реальные ситуации и, как правило, получать лучшие результаты.

С учетом этого сделана постановка задачи выработки план-графиков создания промышленных комплексов.

Дано. 1. Фактически реализованные траектории $Y(t)$ освоения средств для проектирования и строительства на интервале $t = \overline{T_H T_K}$, где T_H, T_K – время начала и окончания проектирования, строительства и освоения промышленного комплекса до вывода его на проектные показатели.

2. Вектор \hat{W} предстоящих условий проектирования и строительства и возможные диапазоны стимулирования $\{St^{\min}, St^{\max}\}$.

3. Пересчетные зависимости влияния изменений внешних условий $\Delta W = W - \hat{W}$ и стимулов $\Delta St = St - \hat{St}$ на изменения длительности выполнения отдельных видов работ.

4. Алгоритмы деформации и экстраполяции $F^{\exists}[\cdot]$ динамики многомерных нестационарных временных последовательностей Z

$$Z^{\exists}(t + \theta) = F^{\exists}[Z(t - \mathbf{1})], \quad (1)$$

где θ и $\mathbf{1}$ - величины интервалов экстраполяции и памяти.

5. Критерий оптимизации $Q(T_H, T_K)$, характеризующий затраты на проектирование и строительство и доход от реализации продукции.

Требуется. Построить оптимальный план освоения ресурсов, проектирования и строительства промышленного комплекса, а также отдельных видов работ.

Для решения этой задачи разработан метод, сущность которого состоит в формировании эталонных траекторий по результатам уже выполненных проектов, их приведении к базовым условиям с экстраполяцией базовых траекторий, пересчете экстраполированных базовых эталонных траекторий на условия предстоящего проекта.

¹Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проектам № 08-07-00226-а, № 08-07-12016-офи.

Реализация метода заключается в выполнении следующих операций.

На первом шаге осуществляется построение эталонных траекторий, в частности, на основе экспертных оценок и пересчетного математического моделирования.

На следующем шаге выявляются условия проектирования и строительства, которые наиболее значимо влияют на нормативы, и для каждого конкретного промышленного комплекса определяются их численные значения. К наиболее значимым отнесены условия: проектная мощность объекта, технические и технологические решения, географические и климатические условия, наличие строительно-монтажных организаций в регионе.

Далее осуществляется расчетное приведение эталонных траекторий к базовым условиям – получение базовых эталонных траекторий; эталонная траектория подвергается масштабирующим деформациям, и в результате эталонные нормативы принимают конкретные значения для проекта, принятого за базовый.

На третьем шаге базовые эталонные траектории экстраполируются на предстоящий период.

И, наконец, на четвертом шаге экстраполированные траектории пересчитываются на условия предстоящего проекта путем корректировки по отклонениям условий предстоящего проекта от базового.

Точность решения во многом определяется адекватностью используемых моделей. В общем случае модель можно представить в виде

$$T^H = F[\overset{\curvearrowright}{W}, W^B, T^B], \quad (2)$$

где T^H , T^B – нормативы соответственно предстоящего и базового проекта; $F[\cdot]$ – динамический оператор преобразования вектора условий предстоящего проекта $\overset{\curvearrowright}{W}$, базового проекта W^B и базового норматива T^B .

При практическом применении наиболее приемлема структура так называемой пересчетной модели, которая в одном из вариантов имеет вид

$$T^H = T^B + f[\overset{\curvearrowright}{W} - W^B], \quad (3)$$

где $f[\cdot]$ – оператор пересчета вариаций $\overset{\curvearrowright}{W}$ от базового уровня W^B .

В частном случае оператор $f[\cdot]$ может быть представлен в виде линейной модели, в простейшем случае – пересчетным коэффициентом

$$T^H = T^B + \sum_{i=1}^n k_i \cdot (\overset{\curvearrowright}{W}_i - W_i^B), \quad (4)$$

где k_i – коэффициент пересчета отклонения i -ого условия проекта ΔW_i в изменение норматива ΔT_i , n – количество условий создания проекта.

Конкретизация данного метода сделана на примере траекторий освоения финансовых средств при проектировании и строительстве углеобогатительных фабрик. За исходные данные взяты фактические траектории освоения средств при проектировании и строительстве четырех обогатительных фабрик (ОФ), условно ОФ I, ОФ II, ОФ III, ОФ IV (рисунок 1).

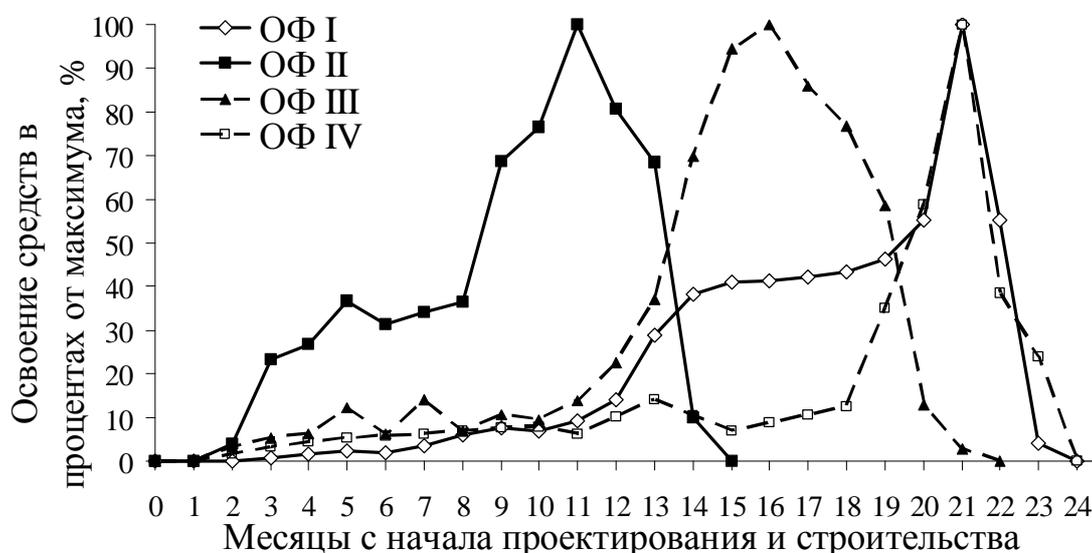


Рисунок 1 – Траектории фактического освоения средств при проектировании и строительстве ОФ

При формировании эталонной траектории учитывали равномерность финансирования, наличие кадрового обеспечения организаций исполнителей, форс-мажорные обстоятельства. Таким образом, из множества фактических траекторий выбрана та, которая была наименьшим образом подвергнута искажениям из-за организационных изменений во время проектирования и строительства – траектория ОФ II. В дальнейшем она была “очищена” от различного рода выбросов, ошибок управления, нормирована на диапазон 0÷1 и принята за эталонную траекторию. “Очищенная” траектория ОФ II послужила одновременно и базовой траекторией, так как именно условия ОФ II приняты за базовые.

Траектории фактического освоения средств (рисунок 1) имеют качественно одинаковую структуру, и количественно они зависят в основном от следующих факторов:

- проектная мощность ОФ;
- сложность технологического процесса (количество технологических стадий и агрегатов);
- геологические и климатические условия места строительства;
- степень развитости инфраструктуры в регионе;
- функция стимулирования исполнителей.

Для этих факторов был проведен пересчет базовой эталонной траектории на условия предстоящего проекта – планируемой к строительству ОФ V. Структура пересчетной модели взята в виде (4), а численные значения коэффициентов модели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Пересчетные коэффициенты модели (4)

Пересчетный коэффициент	Обозначение	Значение
1. Коэффициент пересчета отклонения по проектной мощности ОФ, мес. / млн. тонн в год по рядовому углю	k_1	5,0
2. Коэффициент пересчета отклонения по сложности технологического процесса, мес. / балл	k_2	1,8
3. Коэффициент пересчета отклонения по геологическим и климатическим условиям места строительства, мес. / балл	k_3	1,5
4. Коэффициент пересчета отклонения по степени развитости инфраструктуры в регионе, мес. / балл	k_4	-2,0
5. Коэффициент пересчета изменений стимулирования на изменение длительности проекта для квадратичной функции, % от базового норматива	k_5	-10

Условия проектирования и строительства всех ОФ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Условия проектирования и строительства ОФ

Условие проектирования и строительства ОФ	Обозначение	Диапазон изменения	Введенные в эксплуатацию ОФ				Планируемая ОФ V
			I	II*	III	IV	
1. Проектная мощность ОФ, млн. тонн в год по рядовому углю	W ₁	0-15	3,0	2,5	2,4	1,5	3,0
2. Сложность технологического процесса, в баллах	W ₂	1-10	5	4	5	3	5
3. Геологические и климатические условия места строительства, в баллах	W ₃	1-5	3	4	4	5	5
4. Степень развитости инфраструктуры в регионе, в баллах	W ₄	1-5	3	4	5	4	5
5. Функция стимулирования исполнителей	W ₅	Набор функций стимулирования	С-тип	С-тип	С-тип	С-тип	Квадратичная

В результате получена расчетная траектория освоения финансовых средств предстоящего проекта – ОФ V, которая представлена на рисунке 2.

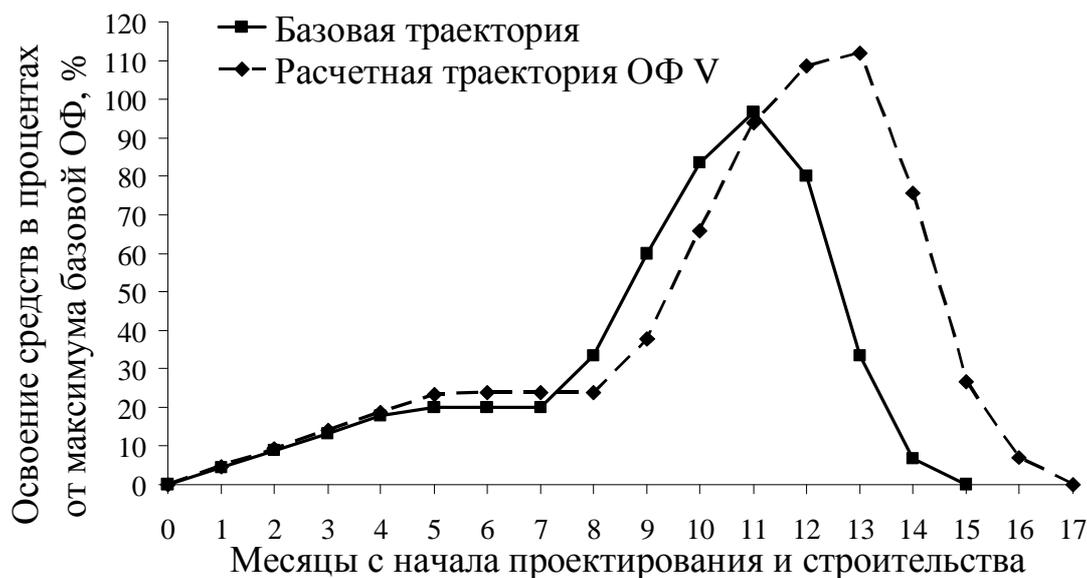


Рисунок 2 – Базовая и расчетная траектории предстоящего проекта – ОФ V

Аналогичным образом выработывали нормативные траектории и для отдельных видов работ и объектов, в частности, для электромонтажных и пуско-наладочных работ систем автоматизации.

Выработанные нормативные траектории принимались за основу при разработке сетевых графиков проектирования и строительства углеобогатительных фабрик. При этом применяли известные процедуры сетевого планирования в объединении с процедурами симплексного поиска при решении оптимизационных задач [7-8].

* ОФ II – базовая ОФ

Пример полученного сетевого графика для главного корпуса ОФ V представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Сетевой график проектирования и строительства главного корпуса ОФ V

Строгое исполнение выработанных программ позволило уменьшить сроки создания углеобогатительных фабрик до 15-18 месяцев по сравнению с традиционными сроками в 3-4 года.

Литература

1. Дикман Л.Г. Организация строительного производства: учебник для строительных вузов / Л.Г. Дикман. – 5-е издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 608 с.
2. Абрамов Л.И. Организация и планирование строительного производства. Управление строительной организацией: учебник для вузов / Л.И. Абрамов, Э.А. Манаенкова – М.: Стройиздат, 1990. – 400 с.
3. Системы сетевого планирования и управления: пер. с англ. / Г.С. Тейман Г.С. – М.: Наука, 1965. – 164 с.
4. Модер Дж. Метод сетевого планирования в организации работ: пер. с англ. / Дж. Модер, С. Филлипс. – Л.: Издат, 1966.
5. Натурно-математическое моделирование в системах управления: Учебное пособие / Авдеев В.П., Зельцер С.Р., Карташов В.Я. и др.– Кемерово: КемГУ, 1987. – 84 с.
6. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х томах. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения. / Под ред. Л.П. Мышляева. – Наука, 2006. – 483 с., ил.
7. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем / А.А. Фельдбаум – М: Физматгиз, 1963. – 552 с.
8. Дамбраускас А.П. Симплексный поиск /А.П. Дамбраускас–М.:Энергия,1979.–175 с.

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ

М.Ю. Дерябин

Норильский индустриальный институт, г. Норильск

Идентификация нелинейных зависимостей, то есть построение их моделей по результатам наблюдений, является важной задачей в технике, экономике, медицине и других областях. Зачастую технологические процессы являются слишком сложными для описания с помощью общепринятых количественных методов, в таких случаях рациональнее использовать нечеткую логику [1]. Одним из таких процессов является – восстановление диоксида серы, применяемое для уменьшения вредных выбросов в атмосферу, на

предприятиях перерабатывающих сульфидное сырье. Одно из условий оптимального ведения процесса восстановления диоксида серы в реакторе-генераторе является поддержание значения температуры в диапазоне 1150-1250 °С путем изменения расхода кислорода. Помимо расхода кислорода на температуру также влияют - расход диоксида серы, расход природного газа в реактор-генератор [2]. Таким образом, управляемой переменной является температура газов в реакторе – T , контролируемые возмущения – расходы диоксида серы F_{SO_2} и природного газа F_{CH_4} , управляющим воздействием – расход кислорода F_{O_2} (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структурная схема объекта управления

Построение нечеткой модели можно разбить на 3 этапа: 1-ый этап – построение функций принадлежности; 2-ой этап – формирование нечеткой базы знаний; 3-ий этап – определение параметров системы нечеткого вывода.

Наиболее распространены два метода построения функций принадлежности. Первый метод основан на статистической обработке мнений группы экспертов. Второй базируется на парных сравнениях, выполняемых одним экспертом [3]. В данной статье применяется первый метод, как менее трудоемкий. Его суть заключается в следующем. Каждый эксперт

заполняет анкету, в которой указывает свое мнение о наличии у элементов $u_i, i = \overline{1, n}$

свойств нечеткого множества $h_j, j = \overline{1, m}$. Введем обозначения: K - количество экспертов;

$b_{j,i}^k$ - мнение k -го эксперта о наличии у элемента u_i свойств нечеткого множества h_j ; здесь

$k = \overline{1, K}$; $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$. Будем считать, что экспертные оценки бинарные, т.е.:

$b_{j,i}^k \in \{0,1\}$. По результатам опроса экспертов степени принадлежности нечеткому множеству

$h_j, j = \overline{1, m}$ рассчитываются следующим образом:

$$\mu_{h_j}(u_i) = \frac{1}{K} \sum_{k=1, K} b_{j,i}^k; i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Результаты обработки мнений экспертов (операторов - технологов) в виде степеней принадлежности рассчитанных по формуле 1, сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка $\mu_{h_j}(F_{SO_2})$ для переменной F_{SO_2}

Терм	0	[0, 2000)	[2000, 4000)	[4000, 6000)	[6000, 8000)	[8000, 10000)	[10000, 12000)	[12000, 14000)	[14000, 16000)	[16000, 18000)	[18000, 20000)	20000
А) Очень низкий	1	1	1	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0
Б) Низкий	0	0	0	1	1	0,66	0,33	0	0	0	0	0
В) Высокий	0	0	0	0	0	0,33	1	1	0,66	0	0	0
Г) Очень высокий	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	1	1	1

После обработки мнений экспертов функции принадлежности переменной “расход диоксида серы” примут вид показанный на рисунке 2.

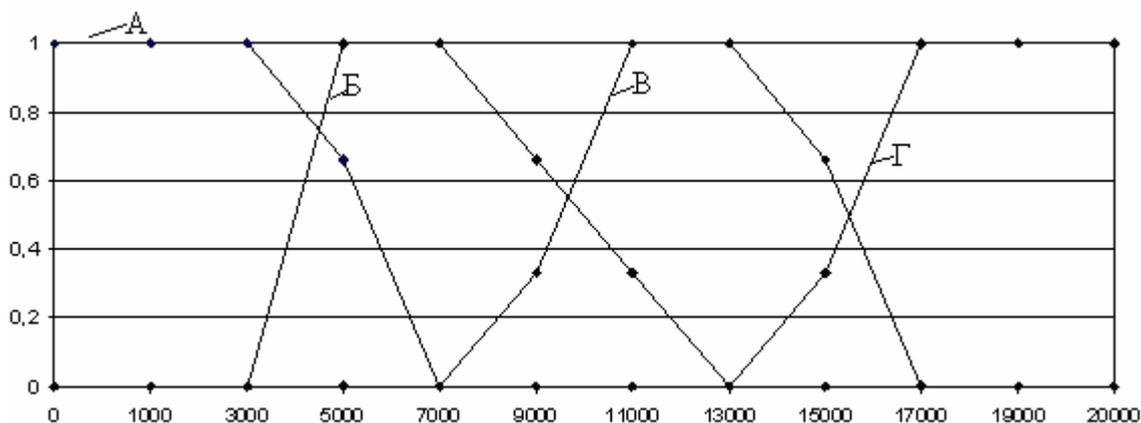


Рисунок 2 - Функции принадлежности переменной “расход диоксида серы”

Полученные функции можно аппроксимировать гауссовыми функциями принадлежности, которые задаются в параметрической форме [3]:

$$\mu(u) = \exp\left(-\frac{(u-b)^2}{2c^2}\right),$$

где b – координата максимума; c – коэффициент концентрации. Выбор Гауссовой функции принадлежности обусловлен ее достаточной гибкостью и простотой – она задается лишь двумя параметрами. Это сокращает размерность задачи оптимизации при настройке нечеткой системы. Аналогично строятся функции принадлежности для переменных “расход природного газа и «расход кислорода»». В качестве алгоритма нечеткого вывода выбран алгоритм Сугено. Его целесообразнее использовать, когда важна точность идентификации, а для задач где более нужным является объяснение и обоснование принятого решения, нечеткие базы знаний Мамдани будут иметь преимущество [3].

После построения функции принадлежности для всех переменных были сформулированы $64=4^3$ (для охвата всех возможных ситуаций) нечетких правила и их заключения, полученные путем статистического анализа работы реального объекта. База знаний Сугено аналогична базе знаний Мамдани за исключением заключений правил, которые задаются не нечеткими термами, а линейной функцией от входов. Правила в базе знаний Сугено являются своего рода переключателями с одного линейного закона “входы-выходы” на другой, тоже линейный. Границы подобластей размытые, следовательно одновременно могут выполняться несколько линейных законов, но с различными степенями. В базе знаний Сугено нет весовых коэффициентов, так как они были бы линейно зависимы с заключениями правил.

В данной базе знаний (поверхность «входы-выход» которой изображены на рисунке 3) использовано 64 правила, составленных по следующей форме: Π_i : если F_{SO_2} есть A_j и F_{CH_4} есть B_k и F_{O_2} есть C_l , то $T = d_i$, где $i=1 \div 64$; $j, k, l = 1 \div 4$; A_j, B_k, C_l – термы (рисунок 4); d_i – действительные числа.

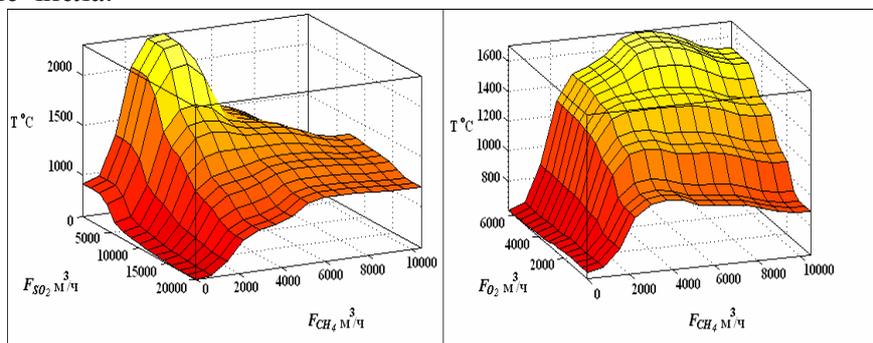


Рисунок 3 - Поверхность “входы-выход” нечеткой базы знаний

В качестве примера рассмотрим алгоритм работы системы нечеткого вывода при входных переменных: $F_{SO_2}=8200 \text{ м}^3/\text{час}$, $F_{CH_4}=3478 \text{ м}^3/\text{час}$, $F_{O_2}=2301 \text{ м}^3/\text{час}$.

На первом этапе найдем степени истинности для предпосылок каждого правила при входных переменных (рисунок 4).

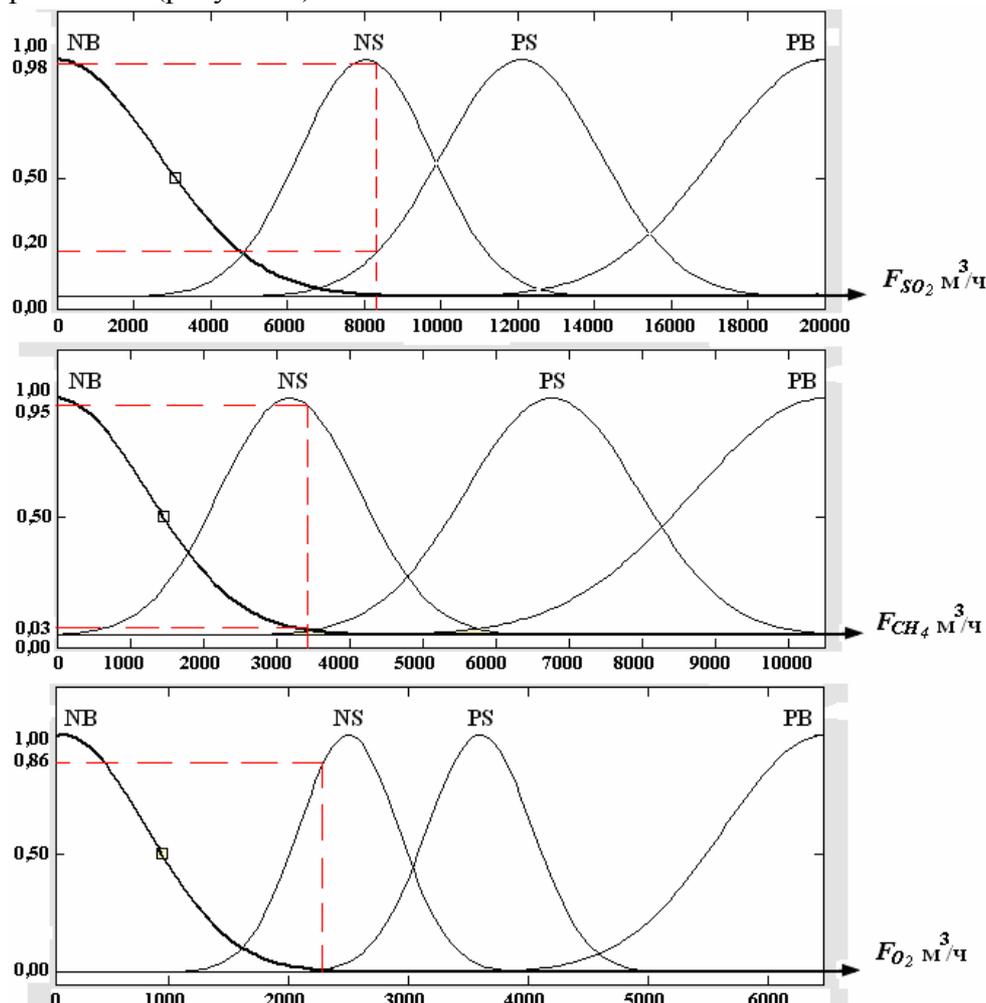


Рисунок 4 - Аппроксимированные функции принадлежности переменной «расход диоксида серы»

На втором этапе находятся активные правила, в нашем случае активными будут следующие правила:

П₁₈: если F_{SO_2} есть NS и F_{CH_4} есть NB и F_{O_2} есть NS, то $T = 690$

П₂₂: если F_{SO_2} есть NS и F_{CH_4} есть NS и F_{O_2} есть NS, то $T = 1504$

П₃₄: если F_{SO_2} есть PS и F_{CH_4} есть NB и F_{O_2} есть NS, то $T = 600$

П₃₈: если F_{SO_2} есть PS и F_{CH_4} есть NS и F_{O_2} есть NS, то $T = 1150$

На третьем этапе вычисленные значение истинности для предпосылок применяются к заключениям каждого правила с помощью операции логического минимума. В нашем случае $\alpha_{18}=0,03$; $\alpha_{22}=0,86$; $\alpha_{34}=0,03$; $\alpha_{38}=0,2$, где α_i - степень истинности i -й предпосылки.

На четвертом этапе вычисляется четкое значение выходной переменной по формуле:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i d_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} = 1450$$

В результате всего вышперечисленного мы получили нечеткую систему, которую необходимо настроить, так как вид и параметры функций принадлежности были выбраны субъективно и могут не вполне отражать объективную реальность.

Для настройки берется обучающая выборка из M пар экспериментальных данных, связывающих входы $X_r = (x_{r,1}, \dots, x_{r,n})$ с выходом y исследуемой зависимости: (X_r, y_r) , $r = \overline{1, M}$, где X_r – входной вектор в r -й паре обучающей выборки, y_r – соответствующий выход.

Параметрическая настройка сводится к следующей задаче математического программирования: найти такой вектор P , чтобы:

$$Q = \frac{1}{M} \sqrt{\sum_{r=1, M} (y_r - F(P, X_r))^2} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где P – вектор параметров функций принадлежности входных переменных; $F(P, X_r)$ – результат вывода нечеткой системы.

Адекватность модели проверим по критерию (2) на тестовой выборке из 9 наборов экспериментальных данных “входы-выходы” (таблица 3), которая представляет собой реальные значения технологических параметров. Было накоплено около 30 000 значений расходов газов и температуры, измеренных непосредственно на объекте, после чего случайным образом выбраны 9 наборов “входы-выходы”. Выборка данных и результаты вывода нечеткой модели F представлены в таблице 2, при этом $Q=189$.

Таблица 2 - Тестовая выборка данных

№	F_{SO_2}	F_{CH_4}	F_{O_2}	y	F
1	1340	573	725	1339	1120
2	3985	1345	1140	1505	1080
3	6321	2200	1873	1549	1370
4	8200	3478	2301	1439	1450
5	11301	4340	3105	1426	1290
6	13020	5301	3840	1439	1390
7	15246	6510	4100	1387	1350
8	17100	7900	4987	1403	1420
9	19324	9325	5530	1384	1350

Наибольшее расхождение между тестовыми данными и полученными с помощью модели наблюдается в опытах под номерами: 1, 2, 3, 5 (рисунок 5), при этом среднее отклонение от реальных данных составляет 8%.

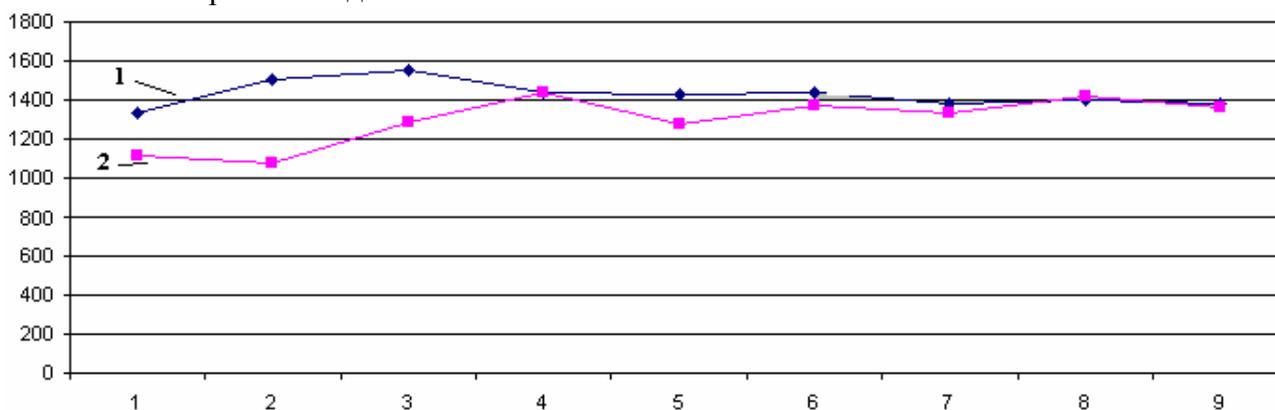


Рисунок 5 - Сравнительный анализ данных: 1 – реальные данные, 2- данные нечеткой модели

Таким образом, необходимо настроить следующие двенадцать параметров нечеткой системы: коэффициенты концентрации и координаты максимума функций принадлежности термов “очень низкий” и “низкий” входных переменных. Настройка производится следующим образом: Шаг 1. Задается допустимая невязка, количество циклов обучений и количество и размер итераций каждого настраиваемого параметра. Шаг 2. Осуществляется нечеткий вывод для текущего входного вектора X_r . Вычисляется невязка (2) на всей обучающей выборке и сравнивается с допустимой. Если текущая невязка меньше допустимой то осуществляется переход к шагу 5, если больше – то к шагу 3. Шаг 3. Проходят все итерации настраиваемого параметра, выбирается его значение, при котором невязка минимальна. Шаг 4. Выбор следующего настраиваемого параметра. Переход к шагу

2, либо если все параметры настроены, вычисляется невязка (2) на всей обучающей выборке данных и сравнивается с допустимой. Если текущая невязка меньше допустимой, то осуществляется переход к шагу 5, если больше, то значение цикла обучения увеличивается на 1. Переход к шагу 2. Шаг 5. Настройка завершена.

После настройки по данному алгоритму в течение 10 циклов невязка на всей обучающей выборке (2) снизилась на 30% (с $Q=189$ °C до $Q=132$ °C), следовательно, предложенный алгоритм эффективен.

В результате исследований получена и настроена нечеткая модель температурного режима процесса восстановления диоксида серы. Модель представляет собой набор функций принадлежности Гаусса и базу знаний Сугено нулевого порядка, ее точность можно повысить; увеличив число функций принадлежности для входных переменных, количество циклов обучения и итераций настраиваемого параметра.

Литература

1. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. – М.: Наука. – 1984. – 320 с.
2. Черепанов К.А., Черныш Г.И. Производство металлов заполярным кругом: технологическое пособие. - Норильск: Библиотека “Норильского никеля”, 2007.-296 с.
3. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с., ил.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТРАНСПОРТНЫХ ДВС

В.И. Ерохов, Е.Г. Мурачев, А.М. Ревонченков, А.А. Ревонченков

Московский государственный технический университет «МАМИ», г. Москва

Стремительное уменьшение мировых запасов углеводородов и ухудшение экологической обстановки заставляет разработчиков автомобильных транспортных средств повышать уровень даже хорошо отработанных технических решений. Повышение топливной экономичности и снижение вредных выбросов транспортного двигателя является на сегодняшний день актуальнейшей задачей, а совершенствование систем топливоподачи является одним из способов её решения [1].

В основе проектирования лежит создание перспективной системы питания, оснащенной дозирующими устройствами нового поколения, адаптированными с современными цифровыми системами управления. Задачами работы является: разработка концепции системы питания; расчет и разработка конструкции цифрового дозирующего устройства. Расчет алгоритма управления дозирующего устройства для всего диапазона рабочих режимов, режима ХХ и запуска двигателя. Создание и оптимизация программы для управления впрыском топлива, изготовление опытного образца системы питания и его испытания на выбранном двигателе.

Исполнительным элементом дозирующего устройства современного двигателя, является электромагнитная форсунка. Её характеристики фактически достигли предельных значений, а ряд недостатков принципиально неустраним. Управление электромагнитной форсункой обеспечивается только по времени, поскольку у неё только два положения: полностью открытое и полностью закрытое. Невозможность получения строго контролируемых промежуточных значений открытого состояния электромагнитной форсунки ограничивает её применение в создании более перспективных дозирующих устройств и систем, оснащённых современными цифровыми приводами (шаговые двигатели, цифровые серводвигатели, линейные двигатели).

В МГТУ «МАМИ» спроектировано и разработано дозирующее устройство свободное от этих недостатков. В устройстве применён золотниковый механизм дозирования топлива с приводом от шагового двигателя. Шаговый двигатель напрямую механически связан без промежуточных звеньев с цилиндрическим вращающимся золотником, диаграмма поворота

которого изображена на рисунке 1. Профили элементов поверхности золотника и корпуса дозатора, определяющие проходное сечение дозирующего устройства, смоделированы с учётом оптимизации параметров работы ДВС. Особенностью данного устройства является управление цикловым количеством топлива, как по времени открытия дозатора, так и по величине проходного сечения дозатора. Такое его свойство обеспечивает более гибкое управление подачей топлива по сравнению с использованием для этой цели традиционных электромагнитных форсунок [2].

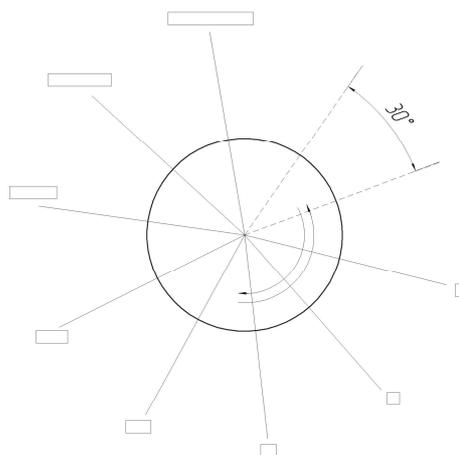


Рисунок 1 – Диаграмма изменения проходного сечения в зависимости от угла поворота золотника

Шаговый привод пока нашёл очень ограниченное применение в ДВС, например, в системах ХХ в регулировании подачи воздуха в байпасный канал и в других вспомогательных устройствах (перемещение различных заслонок, поворот зеркал внешнего вида и др.). В известных устройствах электропривод, как правило, соединен с исполнительным устройством через некоторое механическое звено, например в виде пары «винт–гайка» или «шестерня–рейка» и пр.

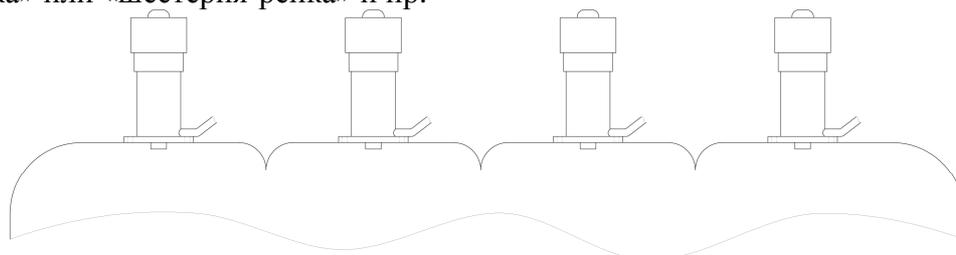


Рисунок 2 – Вариант установки дозирующих устройств на впускном коллекторе

Такое звено снижает точность управления и увеличивает инерционность всего устройства, что нежелательно. В дозирующем устройстве поворот подвижного элемента в диапазоне углов от 0° до 330° с помощью шагового двигателя обеспечивает дозирование топлива в соответствии с необходимыми рабочими режимами и высокой точностью. На рисунке 2 показан вариант установки дозирующих устройств на впускном коллекторе ДВС.

В результате проектирования разработана математическая модель шагового двигателя, включая параметры обмотки статора и ротора шагового двигателя, сопротивление обмоток статора и якоря, магнитодвижущую силу обмотки статора, магнитный поток, создаваемый обмоткой статора, магнитную индукцию, момент инерции ротора, угловую частоту колебаний ротора, основную частоту колебаний ротора и минимальное время отработки одной команды.

Разработана математическая модель системы управления, представляющую собой целевую функцию минимизации выброса вредных веществ, расхода топлива и КПД двигателя.

Разработана принципиальная схема подачи топлива цифровым дозирующим устройством и сформулированы оптимальные диаграммы единичного импульса на обмотке шагового двигателя. Разработана диаграмма изменения проходного сечения дозатора.

Выводы. Сформулирована, теоретически обоснована и экспериментально подтверждена концепция перспективного двигателя с цифровым дозирующим устройством нового типа. Разработанная концепция позволила сформулировать технико-эксплуатационные требования к перспективным конструкциям топливной аппаратуры в целом и функциональным ее элементам, а также к конструкции топливной аппаратуры действующего производства и подлежащей модернизации.

В результате выполненной работы получены новые научные и технические результаты. Создана система питания двигателя с цифровым дозирующим устройством для подачи, в частности, сжиженного нефтяного газа. Разработана конструкция электронно-управляемого цифрового устройства, обеспечивающая высокую точность дозирования. Разработан алгоритм и программа для управления созданной системой питания. Проведены испытания созданной системы питания. Сделаны выводы о работоспособности созданной системы питания и произведено сравнение показателей двигателя при работе с созданной системой питания и с промышленно производимыми системами питания для данного двигателя. Получен заметный социально-экономический, экологический, топливно-экономический и энергетический эффект.

Литература

1. Ерохов В.И. Системы впрыска топлива легковых автомобилей.– М.: Транспорт, 2002. –174 с.
2. Покровский Г.П., Белов Е.А., Драгомиров С.Г. и др. Электронное управление автомобильными двигателями. М.: Машиностроение, 1994.- 336 с.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Г.Х. Ирзаев

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Конкуренция между зарубежными и отечественными производителями промышленных изделий требует реструктуризации производственного механизма предприятий при эффективном использовании инновационного потенциала. Это можно реализовать только на основе CALS – непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий и создания системы автоматизированного управления планированием и контролем ресурсов и сроков проектирования, освоения и производства изделий. Предполагается сложная и ответственная работа по снижению затрат на создание изделия, его ресурсопотребление, адаптацию к производственным условиям, т.е. обеспечение технологичности конструкции (ТК). Реализовать эти задачи предлагается на основе разработанных методологических подходов к принятию решений по обеспечению, оценке и прогнозированию ТК, экспериментальные исследования которых доказали эффективность автоматизированного управления технологичностью изделий на более ранних этапах их создания с сосредоточением усилий на качественных аспектах ТК, дополняемых количественными оценками.

Используемые сегодня в практике методы оценки ТК новых изделий носят характер подтверждения фактически достигнутого уровня этого показателя при сопоставлении его с уровнем некоторого изделия-аналога. Количественная оценка технологичности в виде частных показателей позволяет объективно определять лишь структурный состав изделия, но не его качественные параметры, связанные с конструктивными решениями, экономичностью изготовления и другими трудноформализуемыми характеристиками. Кроме того,

количественная оценка затруднена на ранних этапах проектирования из-за недостатка информации о проектируемом объекте и производственной среде его изготовления. С целью повышения объективности оценок возникает необходимость применения экспертных методов для прогнозирования ТК изделий на ранних этапах проектирования с последующим сопоставлением полученных качественных оценок ТК с количественными для получения достоверной комплексной оценки.

Предлагается методика экспертного прогнозирования ТК изделий, в основу которого положен принцип учета и последующей минимизации разногласий экспертов, принадлежащих двум профессиональным группам – конструкторам-разработчикам и технологам-изготовителям (далее по тексту разработчики – Кн, изготовители – Тх) по объекту экспертизы. В качестве управляющей информации рассматривается уровень разногласий этих специалистов по параметрам комплексной оценки ТК, в роли которых выступают качественные факторы технологичности, ориентированные как на типовые конструкции изготовителя изделий, так и на его производственно-технологическую базу.

Последовательность реализации методики экспертного прогнозирования ТК представлена на рисунке 1. В ходе подготовки экспертизы формируются экспертные группы из числа специалистов Кн и Тх, имеющих непосредственное отношение к проектируемому изделию. Затем проводится их отбор с использованием модели комплексной оценки компетентности эксперта, изложенной в [1], и с учетом рекомендаций по количественному составу [2].

Сначала каждому эксперту двух групп разработчиков Кн и изготовителей Тх сообщается цель экспертизы, предоставляется перечень качественных факторов технологичности, а также вся имеющаяся документация на изделие.

Затем начинается непосредственно процесс получения от экспертов Кн и Тх информации, используемой для прогнозирования ТК изделия. Эксперту предлагается упорядочить качественные факторы по степени их отрицательного влияния на ТК разрабатываемого изделия. Упорядочение проводится методом парных сравнений. Составляется матрица парных сравнений, столбцам и строкам которой соответствуют факторы технологичности, причем строке и столбцу с одинаковыми номерами соответствует один и тот же фактор. Матрица заполняется следующим образом: на пересечении i -й строки и j -го столбца ставится «1», если i -й фактор не в меньшей степени ухудшает технологичность рассматриваемой конструкции, чем j -й фактор, и ставится «0» – в противном случае.

Таким образом, сумма элементов i -й строки характеризует предпочтительность i -го фактора по сравнению с $(m - 1)$ остальными. По результатам построчного суммирования составляется ранжирование факторов технологичности данного эксперта.

После парных сравнений эксперту предлагается провести непосредственное ранжирование факторов из того же списка. Это использовано для оценки корректности экспертной информации (уровня достоверности, воспроизводимости оценок экспертов, определения компетентности участников экспертизы) и дальнейшего отбора из числа экспертов наиболее подходящих по уровню профессиональной компетентности.

Рабочей группой решаются вопросы выделения компетентных экспертов, обобщения их индивидуальных оценок, определения согласованности оценок внутри и между профессиональными группами Кн и Тх, рассчитывается прогнозное значение коэффициента ТК.

Для оценки компетентности эксперта используется коэффициент ранговой корреляции Кендэла, вычисляемый для двух ранжирований по формуле [3]

$$\tau = \frac{2S'_0}{m(m-1)},$$

где $S'_0 = \sum_{q=1}^m \sum_{t=1}^m \text{sign} [(r_t^M - r_q^M)(r_t^C - r_q^C)]$; r_t^M , r_q^M – соответственно t -й и q -й элементы вектор-столбца ранжирования чисел предпочтений, полученных при парных сравнениях

$R^M = \left\| r_1^M, \dots, r_m^M \right\|$; r_t^c, r_q^c – соответственно t -й и q -й элементы вектор-столбца «присвоенное место», приведенного в стандартную форму нестроеного ранжирования $R^C = \left\| r_1^c, \dots, r_m^c \right\|$; m – количество качественных факторов ТК.

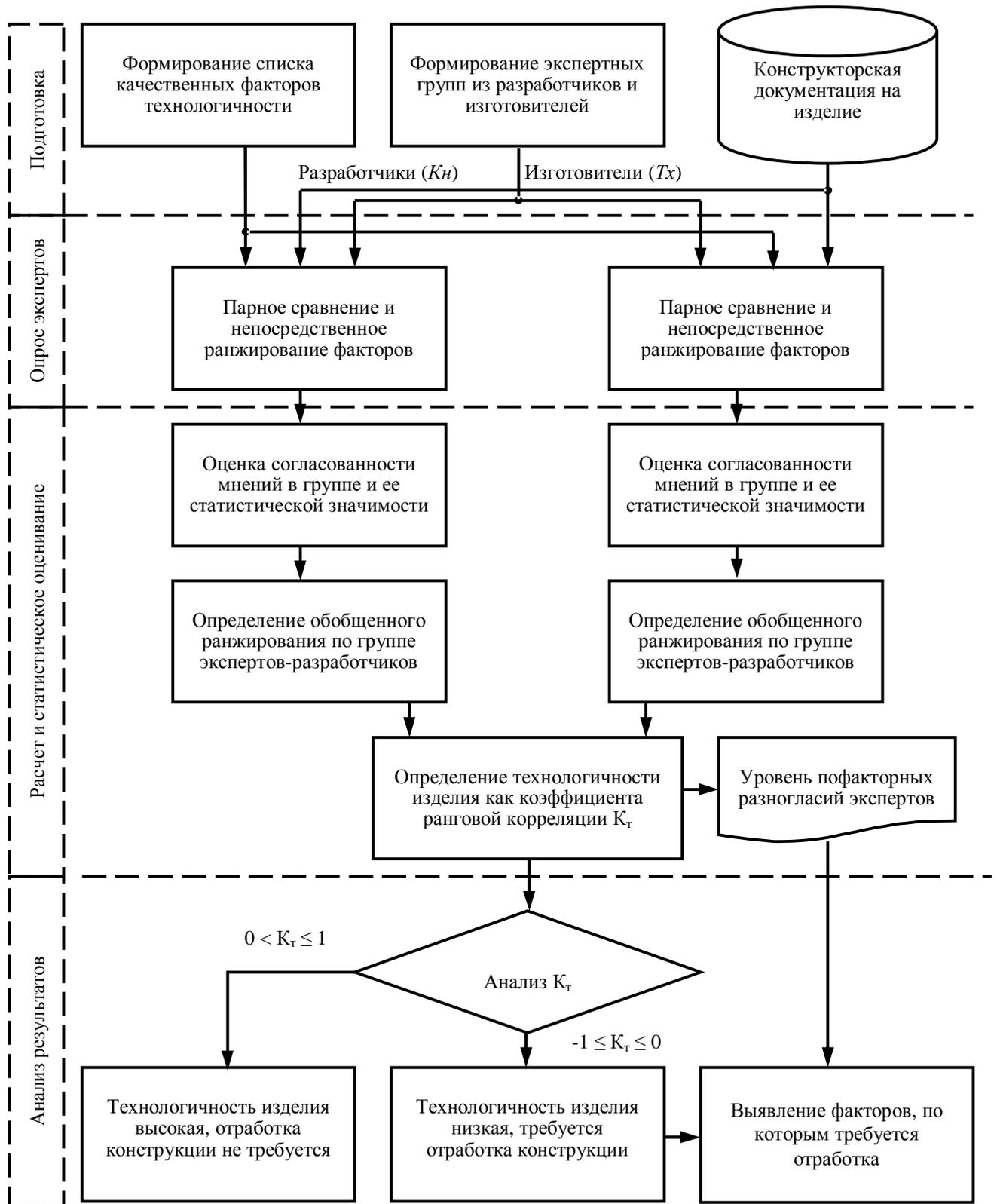


Рисунок 1 – Блок-схема реализации метода экспертного прогнозирования ТК промышленного изделия

Затем оценивается значимость коэффициента по заданному уровню доверительной вероятности P_0 . Эксперты с незначимыми коэффициентами τ считаются некомпетентными для участия в экспертизе и исключаются из предварительно сформированных групп. Результаты ранжирований качественных факторов технологичности компетентных экспертов двух групп K_n и T_x являются исходной информацией, подлежащей дальнейшей статистической обработке для вычисления прогноза ТК. Экспертиза будет считаться корректной и завершится в один тур, если наблюдается согласованность точек зрения экспертов, входящих в одну группу. Разногласия же между экспертами, принадлежащими к разным профессиональным группам, допускаются и более того, они будут использоваться далее для прогнозирования уровня технологичности на ранних стадиях проектирования.

Для оценки согласованности мнений экспертов внутри каждой из групп используется дисперсионный коэффициент конкордации, который определяется по формуле [3]

$$W = \frac{12S}{c^2(m^3 - m) - c \sum_{s=1}^c T_s^2},$$

где S – оценка дисперсии; T_s – показатель связанных рангов в s -м ранжировании; c – количество экспертов в группе; s – индекс эксперта в группе ($s = 1, 2, \dots, c$).

Оценка значимости коэффициента конкордации может быть произведена по критерию Пирсона X^2 . Если условие выполняется, то гипотеза о согласии экспертов внутри профессиональной группы принимается, в противном случае – отвергается, и тогда необходимо провести второй тур экспертизы.

После этого строятся обобщенные (согласованные) ранжирования по обеим группам K_n и T_x экспертов в виде медианы Кемени [4]

$$M^*(P_1, \dots, P_c) = \arg \min_{v=1}^c \sum_{v=1}^c d(p, p_v),$$

где v – индекс ранжирования (экспертов в группе), $v = 1, 2, \dots, c$.

По полученным двум ранжированиям вычисляется прогнозный коэффициент ТК проектируемого изделия как коэффициент ранговой корреляции Кендэла. Значимость его определяется по заданному уровню доверительной вероятности P_0 .

В контексте сформулированного выше принципа минимизации разногласий экспертов, конструкция промышленного изделия является технологичной, если наблюдается положительная корреляция обобщенных ранжирований при заданном уровне доверительной вероятности (т.е. при $0 < K_T \leq 1$). При этом величина K_T характеризует степень отработанности изделия на ТК. Если же $-1 \leq K_m \leq 0$, то необходимо пересматривать принятые ранее схмотехнические, конструкторские или технологические решения с целью повышения их технологичности. Метод позволяет получать промежуточные результаты, отражающие распределение межгрупповых разногласий по отдельным факторам ТК. Отработка должна быть направлена на проведение работ, устраняющих максимальные разногласия.

Автоматизированная система построена на системных принципах, заложенных в CALS, имеет стандартные операционные и программные средства, многомодульную структуру построения, показанную на рисунке 2.

Модуль ввода и формирования исходных данных предназначен для установки данных по оцениваемому объекту (детали, сборочной единице, изделию): наименования, уровня значимости внутригруппового согласия экспертов, уровня доверительной вероятности для прогноза ТК, набора качественных факторов, ориентированных на данную конструкцию. Доступ к модулю для записи, корректировки и удаления информации имеет только руководитель проекта через пароль. Модуль снабжен средствами создания и ведения базы исходных данных, многократно используемых при обработке экспертных данных другими модулями.

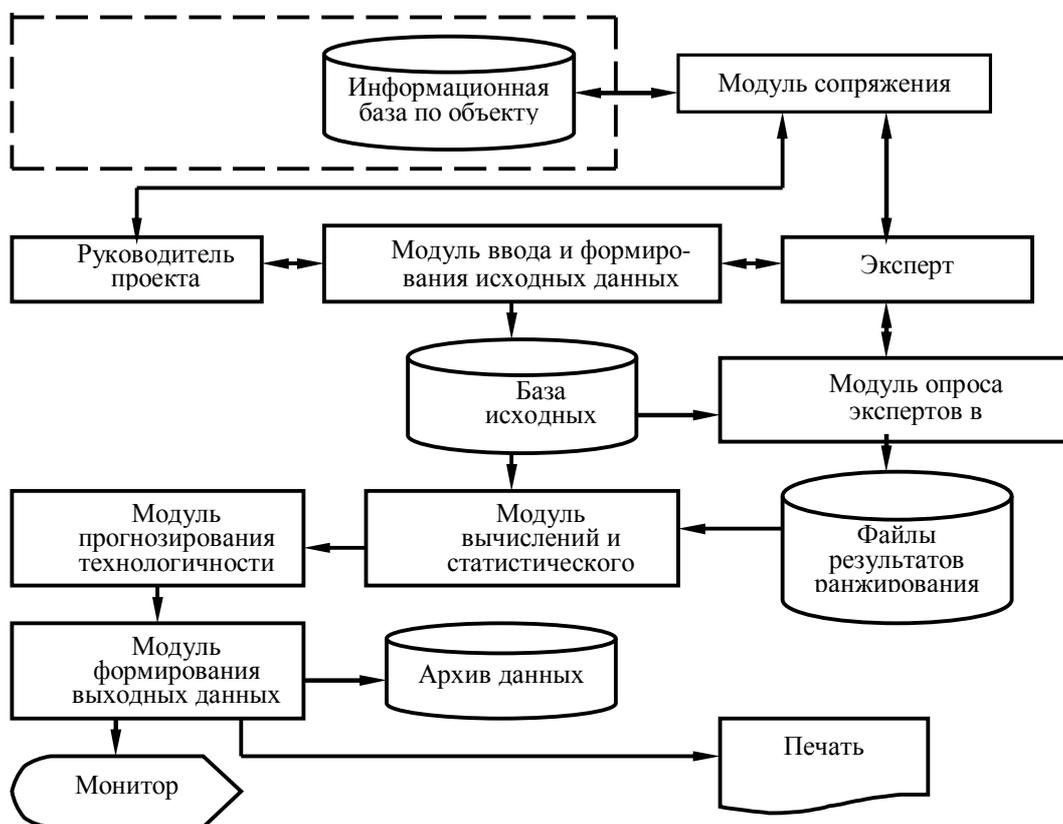


Рисунок 2 – Блок-схема автоматизированной системы экспертного прогнозирования ТК

Модуль опроса осуществляет диалоговую процедуру опроса учетных данных эксперта, а также последовательный опрос его сначала в режиме парного сравнения, затем непосредственного ранжирования факторов ТК по степени их влияния на ухудшение технологичности. В конце процедуры данные сохраняются модулем в отдельных рабочих файлах базы данных (БД).

Модуль вычислений и статистического анализа осуществляет предварительную обработку данных, которая заключается в расчете оценок компетентности экспертов, значимости этих оценок и сравнении их с заданным граничным уровнем. Данные экспертов со значимыми оценками записываются модулем в стандартном формате в два раздела библиотеки-архива по экспертам-разработчикам и экспертам-изготовителям. Определяются обобщенные ранжирования в виде медианы Кемени, проверяется значимость согласия экспертов.

Модуль прогнозирования ТК предназначен для расчета ранговой корреляции Кендэла, характеризующей степень отработанности изделия, а также для расчета уровня пофакторных разногласий между экспертами K_n и T_x с выделением факторов с максимальным уровнем.

Модуль формирования выходных данных позволяет выводить на монитор или распечатывать на принтере таблицы по группам K_n и T_x в отдельности, содержащие фамилии экспертов, оценки их компетентности и значения уровней достоверности этих оценок, значения W , величины достоверностей их оценок, обобщенные по каждой группе, ранжирования факторов ТК и достоверность их оценки, массив межгрупповых разногласий экспертов по отдельным факторам, графики обобщенных ранжирований и пофакторных разногласий экспертов, значение прогноза технологичности K_T с рекомендациями по направлениям отработки конструкции. Файлы с выходными данными хранятся в архиве системы.

Модуль сопряжения позволяет обеспечить выход экспертов и руководителя проекта в информационное пространство предприятия с целью просмотра и анализа электронной КД и

макетов, оцениваемых на ТК изделий, учета типовых решений и практического опыта по проектированию объектов-аналогов. Процессы прогнозирования ТК изделий оказываются встроенными в комплекс задач проектирования, производства, реализации, эксплуатации и утилизации продукции, решаемых с помощью CAD/CAE/CAM.

Графический интерфейс системы разработан с помощью технологии объектно-ориентированного программирования на Delphi 5. Запуск системы осуществляется в операционной среде Windows. Интерфейс реализован в виде меню, содержащего набор кнопок, каждая из которых имеет выпадающий список опций. Опрос экспертов в режиме парных сравнений факторов реализуется в диалоговых окнах, где необходимо щелчком кнопки мыши установить флажки на предпочтительных факторах. Непосредственное ранжирование осуществляется экспертом в окне с полным списком факторов путем последовательного выбора в порядке уменьшения их значимости. Каждое окно сопровождается комментарием.

В БД реализована сегментация, позволяющая создавать разделы связанных друг с другом записей на основе критерия подобия. Структура БД системы удовлетворяет общим требованиям контроля над избыточностью, непротиворечивостью, целостностью данных, повышения скорости доступа к данным и их готовности к использованию, а также имеет развитые средства резервного копирования и восстановления данных.

Количественные оценки остаются одной из главных составляющих комплексной системы обработки изделий на ТК наряду с качественными, так как позволяют определить совокупности свойств новых изделий с последующим сопоставлением со свойствами базовых изделий для принятия решения по повышению уровня ТК. Оценка ТК можно сделать более дифференцированной, если использовать экспертный выбор состава показателей и их весовых коэффициентов в конкретных условиях производства.

Методика реализована в виде подсистемы комплексной автоматизированной системы, которая осуществляет оптимизацию количественного и качественного состава частных показателей ТК и выбор их с учетом взаимного влияния, а также определение весов показателей согласно упорядочениям мнений экспертов [5]. Малозначимые показатели из последующих расчетов исключаются. С учетом весов и значений частных показателей вычисляется комплексный показатель ТК, который сопоставляется с базовым из ТЗ на проектирование.

Реализация методологии комплексного управления технологичностью промышленных изделий имеет вид многошагового итеративного процесса, который заканчивается при достижении некоторой сходимости результатов экспертного качественного прогнозирования и результатов количественного расчета показателей ТК. Обработка конструкции на технологичность начинается при формировании ТЗ. Здесь количественная оценка является главной, так как необходимо выбрать номенклатуру показателей технологичности, определить численные значения нормативных показателей, внести их в ТЗ для сопоставления с достигнутыми на последующих этапах проектирования и освоения изделия. В процессе проектирования изделия на первый план выдвигается качественная оценка, которую можно реализовать по предлагаемой методике в виде двухэтапной экспертизы конструкции на технологичность.

В ходе экспертизы I, проводимой на стадии технического проекта изделия, вскрываются «узкие» места конструкции изделия и технологии его изготовления, по которым не достигнуто взаимоприемлемого компромисса экспертов в оценке ТК и которые нуждаются в дополнительной проработке. Особое значение здесь приобретают технологические рекомендации экспертов по сборочным процессам, обеспечивающие параллельность их проведения, легкосъемность деталей и сборочных единиц, простоту настройки и регулировки. На этой же стадии принимаются решения по применению стандартных и унифицированных составных частей, проводится расчет фактически достигнутых показателей ТК по установленной ТЗ номенклатуре и расчет уровня технологичности. По итогам прогнозирования значения коэффициента ТК изделия и на основе анализа распределения пофакторных разногласий, проводится межгрупповое

совещание с выработкой комплекса мероприятий по совершенствованию конструкции изделия и условий выполнения работ в производстве.

Экспертиза II проводится на стадии разработки рабочей документации и позволяет определить меру отработанности изделия на технологичность после доработки замечаний экспертизы I, а также наметить конкретные пути как по устранению разработчиком оставшихся замечаний к конструкции, так и по освоению изготовителем новой технологии. Качественная оценка ТК по экспертизе II дополняется количественной для получения комплексной.

Комплексная автоматизированная система управления ТК промышленных изделий может успешно использоваться при выборе оптимальных вариантов разрабатываемых изделий, прогнозировании конструктивно-технологических изменений в них, разработке организационно-технических мероприятий по повышению уровня ТК, так как на ранних этапах не требуется значительных затрат производства, как на этапах технологической подготовки и серийного выпуска. Методика автоматизированного прогнозирования позволяет разработчикам принимать лучшие решения за минимальное время с помощью возможностей анализа проекта, а система выбора оптимальных по количеству и качеству показателей ТК помогает достоверно выразить затраты изготовителя в ходе освоения и серийного выпуска изделий.

Экспериментальные исследования и внедрение разработанной системы на промышленных предприятиях при проектировании и серийном выпуске новых изделий показали их достаточно высокую эффективность, универсальность для любых типов изделий.

Литература

1. Ирзаев Г.Х. Система отбора компетентных экспертов для решения проектно-производственных задач // Автоматизация и современные технологии. 2008. №1. С. 40-46.
2. Ирзаев Г.Х. Разработка методов организации экспертизы по прогнозированию технологичности радиоэлектронных средств // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2005. №7. С. 58-61.
3. Кэндэл М. Ранговые корреляции. М.: Статистика, 1975.
4. Кемени Д., Снелл Д. Кибернетическое моделирование. М.: Сов. радио, 1972.
5. Ирзаев Г.Х., Курбанов М.М. Выбор системы показателей технологичности современных радиоэлектронных средств на основе предпочтений экспертов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2008. №1. С. 32-36.

ОБ УПРАВЛЕНИИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ В ПОМЕЩЕНИИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

О.З. Исьянов

Омский государственный технический университет, г. Омск

Автоматизированные системы климатизации помещений предназначенных для обитания и трудовой деятельности человека, должны создавать для него комфортные условия. При разработке алгоритмов управления такими системами необходимо учитывать нечеткий характер требований человека к комфортным параметрам микроклимата, а так же взаимосвязи параметров микроклимата между собой. Поэтому эффективными будут системы автоматического регулирования, не с жесткими уставками, а системы фазы-управления.

Успешность реализации системы фазы-управления будет в значительной степени зависеть от того, как решена задача фазификации управления. При решении этой задачи необходимо сформировать лингвистические переменные для комфортных параметров микроклимата и определить соответствующие функции принадлежности.

Ощущение комфорта формируется сочетанием следующих параметров, определяющих микроклимат помещения: температура воздуха; скорость движения воздуха; относительная влажность воздуха; результирующая температура помещения; локальная асимметрия результирующей температуры.

Результаты разработки и исследования систем жизнеобеспечения позволили сформировать определенные требования к этим параметрам. При определении значений параметров могут рассматриваться оптимальные параметры и допустимые параметры.

В литературе [1] приводятся граничные значения оптимальных и допустимых значений параметров в зависимости от назначения помещений и температуры наружного воздуха.

Зона комфорта (оптимальное для организма сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха) будет обеспечена для жилых и общественных зданий в теплый период года при следующих параметрах: температура воздуха 20-24°, относительная влажность 30-60%, скорость движения воздуха не более 0, 25 м/с. В холодный период года эти показатели составляют соответственно 20-22°, 30-45% и 0,5 м/с. Для производственных помещений эти параметры зависят от характера работы. Оптимальные условия допускают изменения температуры воздуха в зоне пребывания человека в пределах от 0, 5 до 1, 5°С. Колебания относительной влажности в зоне теплового комфорта в пределах 10% не оказывают заметного влияния на организм.

Таким образом, комфортное обитание в первую очередь связано с параметрами температуры, влажности и скорости потоков воздуха.

Для лингвистической оценки параметра температуры состояния комфортности, используем общепринятые выражения (далее - термы): «комфортно», «жарко», «очень жарко», «холодно» и т.д. Для этого проведем ряд экспериментов позволяющих воссоздать полную картину лингвистической оценки параметра температуры.

Проведение эксперимента производится в два этапа, в холодный и теплый периоды года. Холодный период года - период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 8 °С и ниже. Теплый период года - период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше 8 °С. Измерение показателей микроклимата в холодный период года следует выполнять при температуре наружного воздуха не выше минус 5 °С. Не допускается проведение измерений при безоблачном небе в светлое время суток. Для теплого периода года измерение показателей микроклимата следует выполнять при температуре наружного воздуха не ниже 15 °С. Не допускается проведение измерений при безоблачном небе в светлое время суток.

Полученные опытным путем значения обрабатываем путем нахождения результирующей температуры, так как она в полной мере отражает нужный нам параметр, на каждом отрезке времени присвоив этому значению усредненный терм. Заносим результаты в таблицу 1.

Таблица 1 - Лингвистические переменные для параметра результирующей температуры в помещении

Холодный период года				Теплый период года			
терм	min, t, °С	max, t, °С	точка с, °С	терм	min, t, °С	max, t, °С	точка с, °С
холодно	14,89	16,71	15,80	холодно	15,13	17,53	16,33
прохладно	15,16	19,01	17,09	прохладно	15,37	21,84	18,61
комфортно	16,87	24,28	20,57	комфортно	20,16	26,12	23,14
жарко	21,76	28,26	25,01	жарко	22,92	30,24	26,58
очень жарко	27,40	30,90	29,15	очень жарко	29,02	32,18	30,60

Теперь каждое значение результирующей температуры соответствует своему терму, причем явно отслеживается интервал значений на каждый сформулированный терм, максимальное значение температуры для которого действует середина этого интервала, (точка «с»), см. рисунок 1.

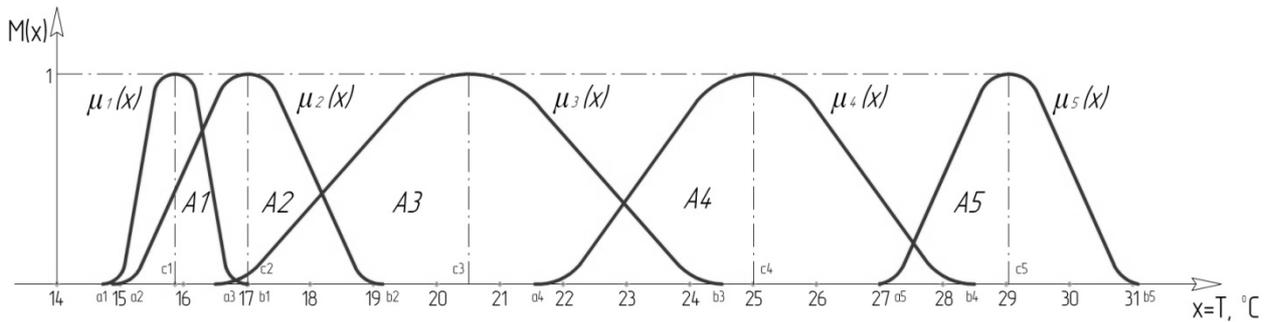


Рисунок 1 - Функция принадлежности для лингвистического аргумента «степень комфортности в холодный период года»

Построив таблицу лингвистических переменных для параметра температуры в помещении, строим функции принадлежности (рисунок 1) используя метод равноделения (метод шкалирования) [3], в холодный период года:

- «холодно»=A1, значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $14,89^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $16,71^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$. Внутри интервала $[a_1;b_1]$ выделим точку c_1 (которая означает бесспорную принадлежность значения $x=c$, к соответствующему терму), где $M(c)=1$. Полученное в холодный период года нечеткое множество A1 принимает вид:

$$A1 = \frac{0,01}{14,89} + \frac{0,25}{15,17} + \frac{0,5}{15,31} + \frac{0,75}{15,45} + \frac{1}{15,80} + \frac{0,75}{16,15} + \frac{0,5}{16,29} + \frac{0,25}{16,43} + \frac{0,01}{16,71}; \quad (1)$$

- «прохладно»=A2, значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $15,16^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $19,01^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A2 = \frac{0,01}{15,16} + \frac{0,25}{15,58} + \frac{0,5}{15,95} + \frac{0,75}{16,32} + \frac{1}{17,09} + \frac{0,75}{17,86} + \frac{0,5}{18,23} + \frac{0,25}{18,60} + \frac{0,01}{19,01}; \quad (2)$$

- «комфортно»=A3, значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $16,87^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $24,28^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A3 = \frac{0,01}{16,87} + \frac{0,25}{17,66} + \frac{0,5}{18,39} + \frac{0,75}{19,12} + \frac{1}{20,57} + \frac{0,75}{22,02} + \frac{0,5}{22,75} + \frac{0,25}{23,48} + \frac{0,01}{24,28}; \quad (3)$$

- «жарко»=A4, значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $21,76^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $28,26^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A4 = \frac{0,01}{21,76} + \frac{0,25}{22,64} + \frac{0,5}{23,23} + \frac{0,75}{23,82} + \frac{1}{25,01} + \frac{0,75}{26,20} + \frac{0,5}{26,79} + \frac{0,25}{27,38} + \frac{0,01}{28,26}; \quad (4)$$

- «очень жарко»=A5, значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $27,40^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $30,90^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A5 = \frac{0,01}{27,40} + \frac{0,25}{27,61} + \frac{0,5}{27,99} + \frac{0,75}{28,36} + \frac{1}{29,15} + \frac{0,75}{29,94} + \frac{0,5}{30,31} + \frac{0,25}{30,69} + \frac{0,01}{30,90}; \quad (5)$$

При построении ФП приоритетное значение приобретает расстановка центров ФП, где имеет место $M(c)=1$, что означает бесспорную принадлежность значения $x=c$, к соответствующему терму.

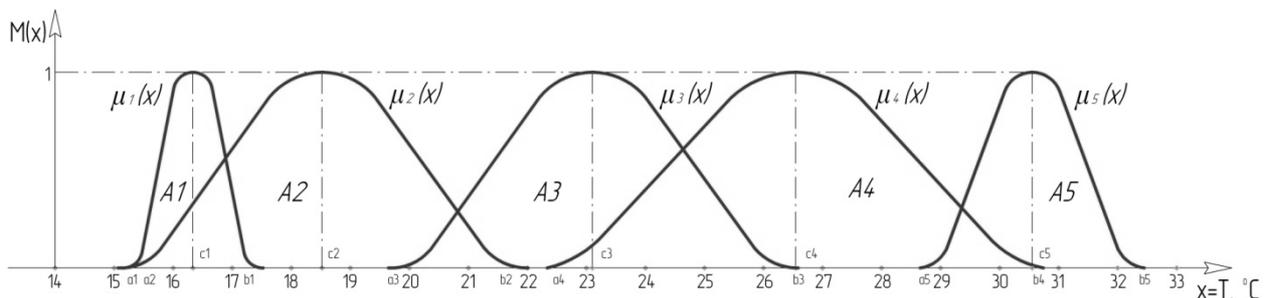


Рисунок 2 - Функция принадлежности для лингвистического аргумента «степень комфортности в теплый период года»

Оперируя значениями таблицы лингвистических переменных для параметра температуры в помещении, строим функции принадлежности (рисунок 2) используя метод равноделения (метод шкалирования) [3], в теплый период года:

- «холодно»= A_1 , значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $15,13^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $17,53^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$. Внутри интервала $[a_1;b_1]$ выделим точку c_1 (которая означает бесспорную принадлежность значения $x=c$, к соответствующему терму), где $M(c)=1$. Полученное в теплый период года нечеткое множество A_1 принимает вид:

$$A_1 = \frac{0,01}{15,13} + \frac{0,25}{15,58} + \frac{0,5}{15,74} + \frac{0,75}{15,90} + \frac{1}{16,33} + \frac{0,75}{16,76} + \frac{0,5}{16,92} + \frac{0,25}{17,08} + \frac{0,01}{17,53}; \quad (6)$$

- «прохладно»= A_2 , значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $15,37^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $21,84^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A_2 = \frac{0,01}{15,37} + \frac{0,25}{16,15} + \frac{0,5}{16,74} + \frac{0,75}{17,33} + \frac{1}{18,61} + \frac{0,75}{19,88} + \frac{0,5}{20,47} + \frac{0,25}{21,06} + \frac{0,01}{21,84}; \quad (7)$$

- «комфортно»= A_3 , значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $20,16^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $26,12^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A_3 = \frac{0,01}{20,16} + \frac{0,25}{20,72} + \frac{0,5}{21,23} + \frac{0,75}{21,91} + \frac{1}{23,14} + \frac{0,75}{24,37} + \frac{0,5}{24,96} + \frac{0,25}{25,56} + \frac{0,01}{26,12}; \quad (8)$$

- «жарко»= A_4 , значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $22,92^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $30,24^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A_4 = \frac{0,01}{22,92} + \frac{0,25}{23,54} + \frac{0,5}{24,31} + \frac{0,75}{25,09} + \frac{1}{26,58} + \frac{0,75}{28,07} + \frac{0,5}{28,85} + \frac{0,25}{29,62} + \frac{0,01}{30,24}; \quad (9)$$

- «очень жарко»= A_5 , значение которого определяется в пределах от 0 до 1 на интервале от $29,02^{\circ}\text{C}=a_1$, где $M(a)=0$, до $23,18^{\circ}\text{C}=b_1$, где $M(b)=0$.

$$A_5 = \frac{0,01}{29,02} + \frac{0,25}{29,29} + \frac{0,5}{29,59} + \frac{0,75}{29,90} + \frac{1}{30,60} + \frac{0,75}{31,30} + \frac{0,5}{31,61} + \frac{0,25}{31,91} + \frac{0,01}{23,18}; \quad (10)$$

Полученные ФП для лингвистического аргумента «степень комфортности в теплый и холодный период года» как видно на рисунке 1 и 2 отличаются друг от друга. Явное отличие температурного восприятия окружающей среды в различные периоды года наблюдается на интервале A_3 . Вся ФП в теплый период года получилась более вытянутой, что свидетельствует о большей степени модальности восприятия человеком температурных ощущений в этот период года.

Математическое описание [2] полученной колоколообразной функции принадлежности для лингвистического аргумента «степень комфортности в холодный период года» выглядит следующим образом:

$$\mu_1(x) = \exp\left[\left(\frac{-x - c_1}{\delta}\right)^2\right]; \quad (11)$$

Чтобы определить термы для выходной переменной выполняющую роль управляющего воздействия, возьмем за основу воздушную систему отопления, играющую роль противодействующего процесса понижения температуры, и воздушную систему охлаждения противодействующего процесса повышения температуры [5]. Эти два процесса ни в коем случае не должны пересекаться, а наоборот должны иметь температурную границу, состоящую из одинакового интервала выходных значений. Такой интервал в холодный период года должен находиться на левой половине лингвистической переменной $\mu_4(x)$, так как для нормальной работы системы местного отопления и учитывая тепловые потери помещения через ограждающие конструкции процесс передачи тепловой энергии в нутрии помещения должен быть равным, но не мене, суммы всех этих факторов.

Исходя из вышесказанного, математическое описание [3] лингвистических переменных при помощи Гауссовой функции изменится, и будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \mu_{1l}(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\pi \frac{x - c_1}{c_1 - a_1}\right), & \text{при } x \in [a_1, c_1] \\ \mu_{1r}(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\pi \frac{c_1 - x}{b_1 - c_1}\right), & \text{при } x \in [c_1, b_1] \end{cases} \quad (12)$$

Здесь индекс l - обозначает левую сторону, а индекс r - правую сторону лингвистической переменной.

Для удобства дальнейшего описания степени комфортности в холодный период года и правильности отражения физических процессов функция принадлежности примет вид показанный на рисунке 3.

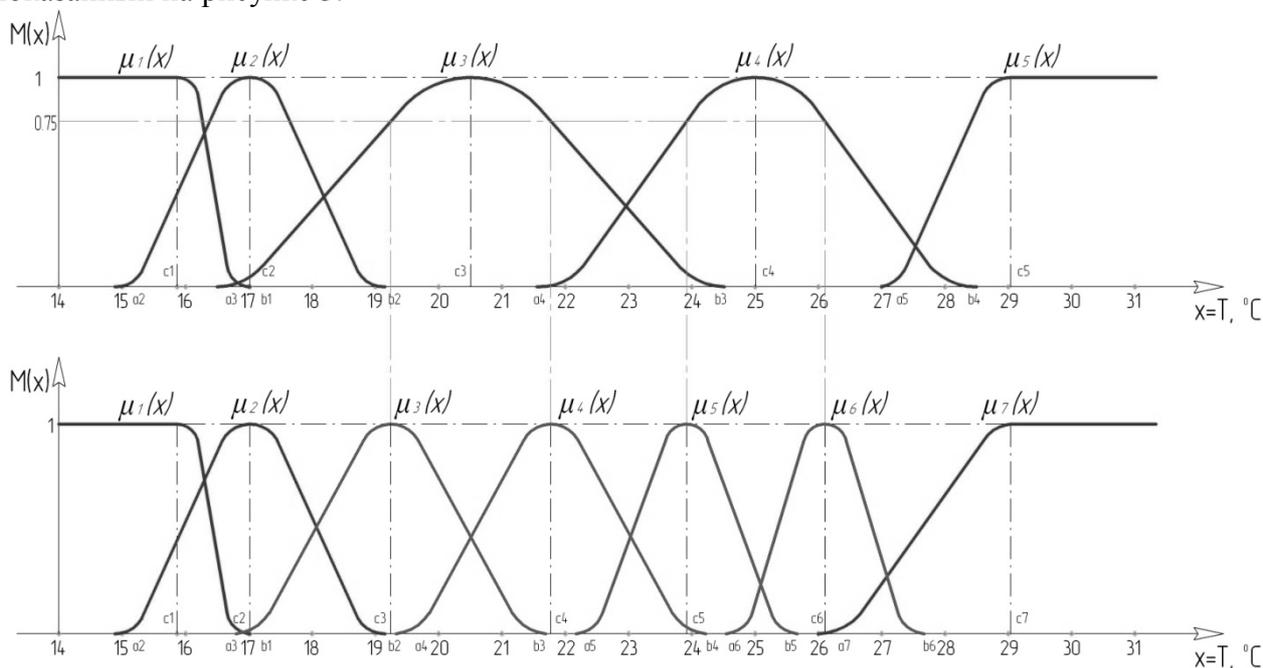


Рисунок 3 - Функция принадлежности для лингвистического аргумента «степень комфортности в холодный период года»

Функцию принадлежности для лингвистического аргумента «степень комфортности в холодный период года» изменяем, для более подробного описания температурного ощущения. Деление лингвистических переменных «комфортно» и «жарко», производим путем нахождения точек на $\mu_{3l}(x)$, $\mu_{3r}(x)$, $\mu_{4l}(x)$, $\mu_{4r}(x) = 0,75$ пользуясь выражением (12), и принятие значений по оси абсцисс за центры лингвистических переменных получившейся ФП. Таким образом лингвистические переменные принимают следующий вид градации термов:

- очень холодно - $\mu_1(x)$, при $c_1 = 15,80$ °C;
- холодно - $\mu_2(x)$, при $c_2 = 17,09$ °C;
- прохладно - $\mu_3(x)$, при $c_3 = 19,24$ °C;
- комфортно - $\mu_4(x)$, при $c_4 = 21,78$ °C;
- тепло - $\mu_5(x)$, при $c_5 = 23,92$ °C;
- жарко - $\mu_6(x)$, при $c_6 = 26,10$ °C;
- очень жарко - $\mu_7(x)$, при $c_7 = 29,15$ °C.

На этапе фазификации входные физические переменные преобразуются в соответствующие термы. Исполнительный механизм, управляемый при помощи нечеткой логикой работает по следующему принципу: сигналы от датчиков будут фазифицированы, обработаны, дефазифицированы, и полученные данные в виде сигналов поступят на трехходовой клапан системы отопления либо системы охлаждения, пропускная способность

которого (а, следовательно, и производительность) будут меняться в соответствии со значением функции принадлежности.

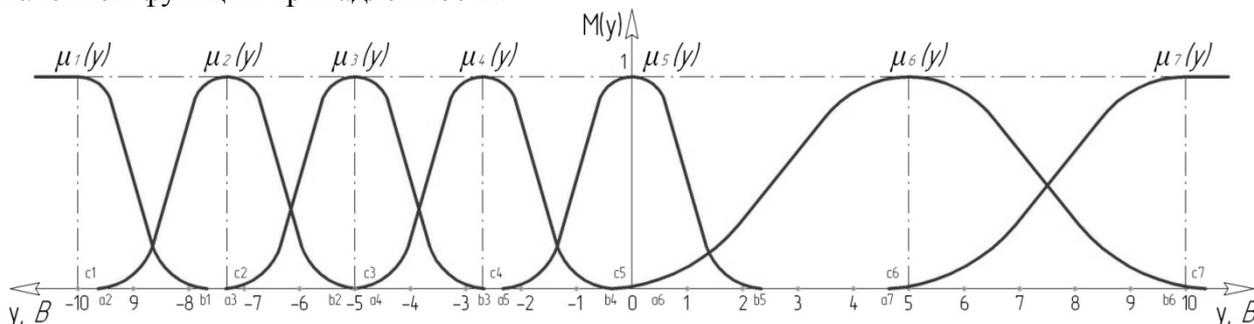


Рисунок 4 - Функция принадлежности нечеткого вывода системы тепловой комфортности в холодный период года

Учитывая, что производительность калорифера пропорциональна пропускной способности трехходового клапана, можно построить функцию принадлежности $M(y)$ от закрытия клапана, придав лингвистическим термам выходное аналоговое значение от 0 до 10 Вольт (рисунок 4). При максимальном значении – 10 Вольт трехходовой кран открыт полностью, а при выходном значении – 0 Вольт, полностью закрыт:

- полностью открыть трехходовой клапан U1 - $\mu_1(y)$, при $c_1 = (-10)В$;
- немного открыть трехходовой клапан U1 - $\mu_2(y)$, при $c_2 = (-7,3)В$;
- клапан U1 открыть на половину - $\mu_3(y)$, при $c_3 = (-5)В$;
- немного закрыть трехходовой клапан U1 - $\mu_4(y)$, при $c_4 = (-2,7)В$;
- полностью закрыть трехходовой клапан U1 и U2 - $\mu_5(y)$, при $c_5 = (0)В$;
- медленно открывать трехходовой клапан U2 - $\mu_6(y)$, при $c_6 = 5В$;
- быстро открыть трехходовой клапан U2 – $\mu_7(y)$, при $c_7 = 10В$.

Особенность функции принадлежности нечеткого вывода системы тепловой комфортности в помещении заключается в противоположности подаваемых сигналов на исполнительные механизмы U1 и U2. Знак отрицания предполагает противоположность технологического процесса производимого исполнительными механизмами, в роли которых находятся трехходовой клапан U1 нагревательного и трехходовой клапан U2 охладительного элементов. Отсутствие сигнала управления приводит к закрытию клапанов. Лингвистическая переменная $\mu_5(y)=0$, подразумевает воздействие на два клапана одновременно, что влечет за собой уменьшения инерционности переходного процесса охлаждения помещения либо его отопления. Отличие левой и правой стороны функции принадлежности нечеткого вывода обусловлено тепловыми потерями помещения через ограждающие конструкции в холодный период года. В связи с чем более детальное управление акцентировано на прогреве помещения.

Результатом влияния функции принадлежности $M(x)$ на значение выходного параметра $M(y)$ «производительность калорифера» является свод правил:

- П1: Если очень холодно, то полностью открыть трехходовой клапан U1;
- П2: Если холодно, то немного открыть трехходовой клапан U1;
- П3: Если прохладно, то клапан U1 открыть на половину;
- П4: Если комфортно, то немного закрыть трехходовой клапан U1;
- П5: Если тепло, то полностью закрыть трехходовой клапан U1 и U2;
- П6: Если жарко, то медленно открывать трехходовой клапан U2;
- П7: Если очень жарко, то быстро открыть трехходовой клапан U2.

Получившимся правилам, которые основаны на импликации «ЕСЛИ-ТО», соответствует знание эксперта $\mu_1(x) \rightarrow \mu_1(y)$ которое отражает нечеткое причинное отношение предпосылки и заключения, поэтому назовем его нечетким отношением [4] и обозначим через R. Определяем степень принадлежности всего антецедента правил:

$$R_{\mu_1(x) \rightarrow \mu_1(y)} = \min \{ \mu_1(x), \mu_1(y) \} \quad (13)$$

Нечеткому правилу «Если очень холодно, то полностью открыть трехходовой клапан» соответствует матрица:

$x, \text{Вольт} / y, ^\circ\text{C}$	-10	-9,27	-9	-8,7	-7,94	
15,8	1	0,75	0,5	0,25	0,01	
16,15	0,75	0,75	0,5	0,25	0,01	(14)
16,29	0,5	0,5	0,5	0,25	0,01	
16,43	0,25	0,25	0,25	0,25	0,01	
16,71	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	

Для вычисления искомой выходной величины $Z_{\text{ЦТ}}$ проводим дефазификацию нечеткой величины при входной величине $15,8 ^\circ\text{C}$. По методу центра тяжести получаем:

$$Z_{\text{ЦТ}} = \frac{(-10 * 1) + (-9,27 * 0,75) + (-9 * 0,5) + (-8,7 * 0,25) + (-7,94 * 0,01)}{1 + 0,75 + 0,5 + 0,25 + 0,01} = -9,5 \quad (15)$$

В данном примере отражено управление согласно одного параметра, температуры, наиболее эффективное поддержание комфортных условий в нутрии помещения с использованием нечеткой логики предполагает рассмотрение всех возможных комбинаций причинно-следственных связей между всеми параметрами комфортности.

Проведение подобного анализа для всех параметров позволит достичь оптимального условия комфортности условий обитания человека, при этом с меньшими затратами на ресурсы затрачиваемые на достижение данного результата.

Литература

1. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / Постановление Госстроя России от 06.01.1999 N 1 ГОСТ от 06.01.1999 N 30494-96. – 13с.

2. Лукас, В.А. Основы фазы-управления: учеб. пособие / В.А.Лукас. – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2000. – 62с.

3. Деменков, Н.П. Нечеткое управление в технических системах: учеб. пособие / Н.П.Деменков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 200 с.

4. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию нечетких решений / Л.А.Заде: Пер. с англ. М: Мир, 1976. 165 с.

5. Белова, Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е.М.Белова. – М.: Евроклимат, 2006. – 640с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ СВОБОДНЫМ АБРАЗИВОМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

С.А. Костенков, М.А. Костенков
Филиал ГУ КузГТУ, г. Новокузнецк

В ювелирной промышленности используется операция обработки свободными абразивами (абразивными гранулами) для обработки заготовок ювелирных изделий. В настоящее время в ювелирной промышленности используется несколько принципов обработки свободными абразивами на разных видах соответствующих станков. Данная операция имеет следующие разновидности: барабанная, вибрационная, центробежная, буксирная, магнитная, вибро-центробежная, центробежно-барабанная, магнитно-центробежная, центробежно-дисковая. Наиболее часто в ювелирной промышленности используются барабанная, центробежная, вибрационная и магнитная разновидности обработки свободными абразивами. В отрасли используются, как правило, станки зарубежного производства ведущих производителей Германии, Италии и Китая. Будучи простыми по конструкции, данные станки имеют завышенную стоимость. Существенное влияние на стоимость оказывают налоги на ввозимую по импорту продукцию. Особенностью таких станков является частичная автоматизация их работы. Интенсивность обработки и

другие параметры устанавливается вручную перед началом обработки и не меняются в процессе обработки.

Из всех видов наиболее эффективной и простой в реализации является вибрационная обработка. Ее применение может обеспечить достижение необходимого результата и заменить другие разновидности обработки свободным абразивом. Основной задачей при обработке ювелирных изделий является сохранение ценного материала, что достигается снижением припуска на обработку, а размер припуска зависит от требуемой точности обработки (чем меньше припуск, тем большая точность обработки допускается). Поэтому необходимо обеспечивать возможно большую точность вибрационной обработки. Любая операция обработки свободным абразивом заключается в хаотичном взаимодействии элементов рабочей среды и обрабатываемых заготовок. Одно взаимодействие гранулы рабочей среды и заготовки обеспечивает лишь один срез на поверхности обрабатываемой заготовки. Форма и глубина среза зависят от угла взаимодействия, интенсивности обработки, формы заготовки и эксплуатационных характеристик рабочей среды. Обработка всей поверхности заготовки и удаление установленного припуска обеспечивается длительностью обработки, как правило, в течение нескольких часов. Таким образом, результат обработки зависит от интенсивности обработки и ее длительности. Оптимальное сочетание высокой точности снятия припуска и достижения высокого качества поверхности можно добиться путем автоматизации вибрационной обработки.

Автоматизация вибрационной обработки с использованием компьютера для ее осуществления дает следующие возможности:

- обеспечение высокой точности снятия припуска с заготовок из ценных и драгоценных материалов;
- обеспечение возможности осуществления разных по чистоте режимов обработки (чернового, чистового и тонкого режима) за один автоматический цикл обработки;
- использование режима промывки заготовок и рабочей среды по окончании обработки;
- запоминание и сохранение режимов обработки для конкретных видов заготовок;
- обеспечение одинакового результата обработки разных партий заготовок.

В филиале ГУ КузГТУ в г. Новокузнецк разработан новый вибрационный станок (рисунок) с полной автоматизацией обработки и возможностью реализации всех элементов заданного режима. Управление режимами осуществляется при помощи компьютера через универсальный последовательный порт (USB) при помощи специально разработанного программного обеспечения. В совокупности станок и компьютер представляют собой автоматизированный комплекс, позволяющий в широком диапазоне варьировать режимы вибрационной обработки деталей. Это позволяет вести в автоматизированном режиме обработку деталей, использовать индивидуальные режимы обработки для разных типов и габаритов деталей из разных материалов. На основе автоматизированного комплекса можно решать задачу отыскания оптимальных режимов вибрационной обработки новых типов деталей или деталей из новых материалов.

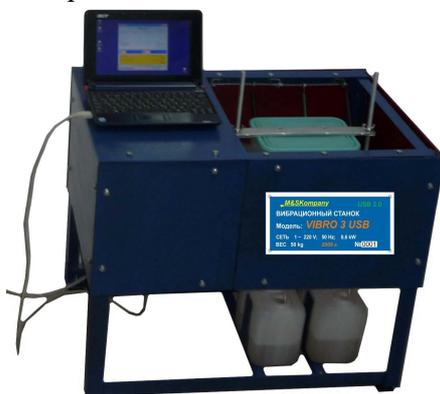


Рисунок – Новый вибрационный станок с автоматизированным циклом обработки

В новом станке реализованы следующие элементы для определения автоматизированного режима обработки: задание требуемой частоты колебания камеры в широком диапазоне; реверсирование направления вибраций; затухание и возрастание частоты колебаний; регулировка интенсивности подачи специальной охлаждающей жидкости (СОЖ); управление несколькими потоками СОЖ (черновым, чистовым, промывочным); реализация разных режимов обработки в одном цикле обработки без перегрузки деталей в другой станок или камеру (черновая обработка – чистовая обработка – промывка деталей); установка требуемой интенсивности обработки каждого режима обработки; установка требуемой длительности разных режимов обработки; сохранение рационального режима обработки для конкретного вида деталей.

Таким образом, точность снятия припуска при вибрационной обработке обеспечивается за счет ее автоматизации на специальном станке. Разработанный комплекс является основой для проведения прикладных исследований в области оптимизации режимов вибрационной обработки серийно выпускаемых ювелирных изделий. Кроме того, автоматизированный комплекс может применяться в приборостроении, машиностроении, автомобилестроении и механических мастерских. Он рекомендуется к применению в качестве оборудования для вибрационной обработки на ювелирных, приборостроительных, машиностроительных и автомобильных предприятиях.

В филиале КузГТУ в г. Новокузнецк может быть разработано и другое оборудование для нужд предприятий и научно-исследовательских лабораторий и центров с реализацией аналогичного принципа автоматизации. Работы могут быть выполнены в полном и частичном объеме. Полный вид работ заключается в следующем: разработка проекта оборудования, разработка рабочих чертежей узлов оборудования, разработка электронных компонентов, изготовление, сборка, разработка программного обеспечения и оформление документов по защите интеллектуальной собственности.

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

О.А. Кравцова, Л.И. Криволапова

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Все технологические агрегаты, в том числе и металлургические, функционирующие в режиме повышенной опасности возникновения аварийных ситуаций, в обязательном порядке оснащаются системами диагностики технического состояния как отдельных элементов конструкций, так и всего объекта управления в целом.

С точки зрения эксплуатационной эффективности металлургических агрегатов диагностика их технического состояния является первостепенной задачей, однако при ошибочном подходе к использованию она может не обеспечить требуемый результат. Наиболее эффективный и надежный результат технического диагностирования достигается при использовании комплексного подхода к процессу контроля при четкой взаимосвязи и соответствии современных требований основных его составляющих: персонала, организационных структур (лаборатории), технических средств и оборудования, нормативных и методических документов. Более подробно возможность реализации данного подхода рассмотрим на примере диагностики состояния футеровки горна доменной печи.

Обобщенное представление типовых методов диагностики разгара футеровки горна доменной печи по ее остаточной толщине огнеупорной кладки, получивших наибольшее распространение, приведены на рисунке 1. Анализ действующих систем диагностики состояния футеровки горна доменной печи, основанных на рассмотренных методах, позволил выявить присущие им недостатки:

- в ряде систем степень износа кладки определяется из уравнений нестационарной теплопроводности (рисунок 1*), в которых фигурирует общее количество датчиков измерения температуры, установленных по толщине огнеупорной кладки; но в алгоритмах

расчета остаточной толщины футеровки не учитывается число термодатчиков, вышедших из строя; в результате этого расчеты остаточной толщины огнеупорной кладки лишь приблизительно отражают реальный разгар горна;

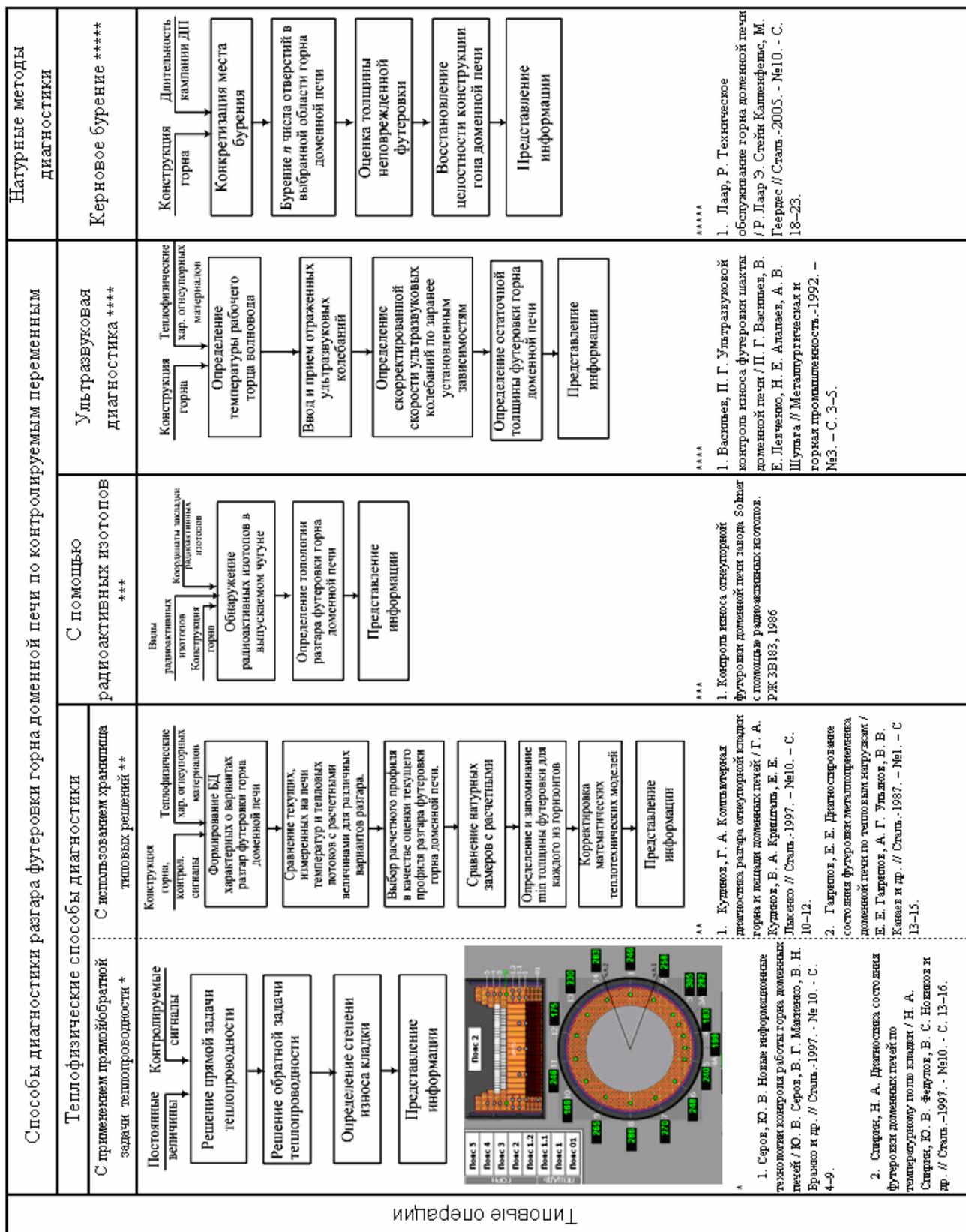


Рисунок 1 – Обобщенное представление типовых способов диагностики футеровки горна доменной печи

- в системах диагностики футеровки горна доменной печи, основу которых составляет решение обратной задачи нестационарной теплопроводности, используют предположение о стабильности удельных показателей теплопроводности (рисунок 1*), что не соответствует реальным условиям работы огнеупорной футеровки горна доменной печи;
- представление обслуживающему персоналу информации в виде видеogramм, характеризующих состояние футеровки горна доменной печи только на текущий момент времени (рисунок 1*), не позволяет видеть динамическое развитие разгара футеровки, что необходимо для принятия правильного управляющего решения технологическим персоналом;
- создание базы данных о характерных топологиях разгара горна доменной печи требует высокопроизводительного вычислительного комплекса и больших затрат времени на расчет множества вариантных топологий разгара (рисунок 1**), которые не всегда оправданы, так как расчеты осуществляются по уравнениям теплопроводности, решение которых осуществляется с существенными упрощениями;
- метод, основанный на применении радиоактивных изотопов (рисунок 1***), характеризуется неоднозначностью определения топологии разгара;
- метод определения остаточной толщины футеровки горна доменной печи с помощью кернового бурения (рисунок 1****) сопровождается повышенной опасностью при его реализации.

Одним из методов повышения эффективности и надежности систем диагностики является объединение автономных систем данного типа в единую многоканальную систему, позволяющую своевременно обнаруживать изменения в техническом состоянии диагностируемого объекта по группе совместно анализируемых контролируемых переменных (например: температуре огнеупорной кладки, данных об изменении химического состава выпускаемого чугуна, температуре воды в “холодильниках” и других контролируемых переменных), отражающих как технологическое состояние объекта управления, так и техническое состояние элементов конструкции агрегата.

Структурная схема предлагаемой многоканальной системы диагностики технического состояния футеровки горна доменной печи приведена на рисунке 2.

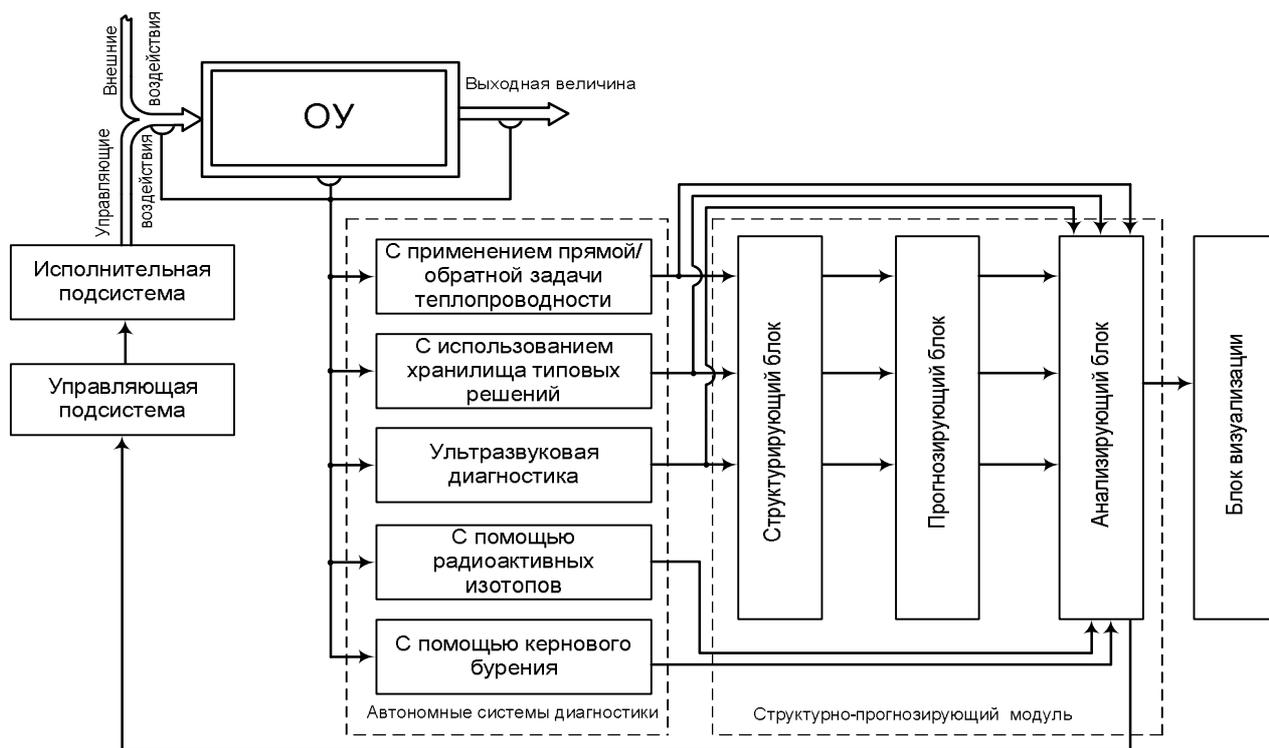


Рисунок 2 – Структурная схема многоканальной системы диагностики технического состояния

В производственных условиях поиск возможных причин произошедших аварий и предаварийных состояний осуществляется, в том числе, путем поиска характерных изменений в контролируемых сигналах [1]. Данная задача в многоканальной системе диагностики технического состояния решается в рамках алгоритмического структурно-прогнозирующего модуля, основными компонентами которого являются:

- *структурирующий блок* предназначен для своевременного обнаружения момента изменения тенденции контролируемой технологической характеристики вводится, в рамках которого осуществляется многоканальный вейвлет-анализ контролируемых сигналов. Структурный анализ осуществляется с использованием параллельных вычислений, что ускоряет получение результата по диагностике состояния элементов конструкций технологических агрегатов. В многоканальной структуре вейвлет-анализа каждый канал обработки исследуемой временной последовательности данных соответствует конкретному уровню детализации контролируемого сигнала. Такой подход обеспечивает одновременность получения значений вейвлет-свертки на текущий момент времени по всем заданным уровням детализации сигнала. Последнее обстоятельство позволяет иметь полную (по всем уровням) развертку вейвлет-спектрограммы на текущий момент времени [2]. Совокупность контролируемых переменных с выявленными структурными изменениями конкретизирует область возможного разгара футеровки горна, для которой по требованию технологического персонала осуществляется расчет остаточной толщины футеровки горна, в соответствии с методом, используемым в автономных системах диагностики.

- *прогнозирующий блок* предназначен для расчета прогнозных оценок технического состояния диагностируемого элемента конструкции агрегата по следующей схеме [2]:

- формирование структурно-однородных участков анализируемой временной последовательности по результатам вейвлет-анализа;
- определение динамического показателя сложности выделенных структурно-однородных участков исследуемой последовательности;
- полиномиальная аппроксимация и последующая экстраполяция последовательности структурно-однородных участков;
- оценивание возможного будущего технического состояния диагностируемого элемента, которое предопределяется вариантными траекториями, соответствующими экстраполированному значению показателя сложности.

- *анализирующий блок* предназначен для анализа всей имеющейся информации.

По завершении цикла структурного анализа и прогнозирования дальнейшей динамики учитываемых контролируемых сигналов технологическому персоналу предоставляется информация по предаварийным областям футеровки горна и вариант дальнейшей динамики изменения температуры огнеупорной кладки, в которых отмечены резкие структурные изменения сигналов термодатчиков (рисунок 3).



Рисунок 3 – Отображение изменения температурного поля футеровки горна доменной печи

Литература

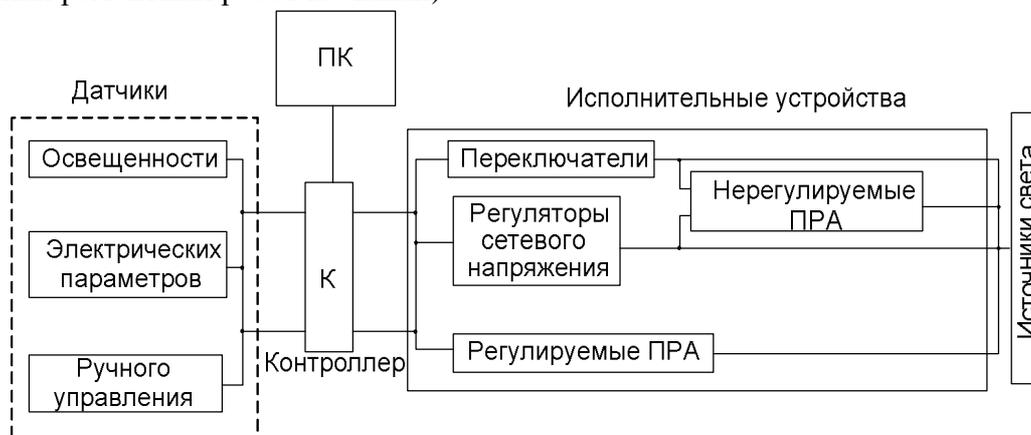
1. Патент РФ №2299910 С2. МПК С 21 В 7/24. Способ контроля состояния футеровки горна доменной печи / Е.А. Кошелев, Л.И. Криволапова, О.А. Кравцова. – Оpubл. 27.05.2007. Бюл. изобр. - №15. – С. 554-555.
2. Кошелев А.Е. Подсистема диагностики состояния элементов конструкций металлургических агрегатов в составе АСУ ТП / Е.А. Кошелев, Л.И. Криволапова, О.А. Кравцова // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2008.- №2(18), часть 2. – С. 110-116.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

И.Н. Краснокуцкий

Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

Внедрение интеллектуальных систем управления энергоемкими объектами является одной из актуальных задач современной науки. Одним из таких объектов считается автоматизированная система диспетчерского управления наружным освещением (АСДУ НО). Структурная схема АСДУ в общем виде представлена на рисунке 1 [1]. В качестве источников информации о параметрах системы управления освещением и состоянии параметров окружающей среды используются различные датчики, а именно: датчики уровня естественной освещенности, датчики электрических параметров, формирующие информацию о значениях напряжения, тока, потребляемой мощности в каждой фазе, об обрывах и замыканиях в питающих сетях, датчик перехода на ручное управление, определяющий переключение контроллера в местный режим управления (необходим при выполнении ремонтных работ на линии).



К – контроллер,

ПК – персональный компьютер,

ПРА – пускорегулирующая аппаратура

Рисунок 1 – Структурная схема АСУ наружным освещением

Вся информация с датчиков поступает на контроллер К, который содержит в памяти расписание режимов работы и при пропадании связи с ПК центрального поста, обеспечивает автономный режим работы системы освещения.

Персональный компьютер ПК задает режимы работы системы освещения, собирает и хранит информацию об ее функционировании.

После обработки полученной с датчиков информации контроллер подает управляющие воздействия на исполнительные устройства. Переключатели предназначены для полного или частичного включения или отключения ламповой нагрузки от сети. Они могут быть электромеханическими (реле или контакторы), статическими (на базе тиристоров или транзисторов) и гибридными. Регуляторы сетевого напряжения предназначены для плавного или дискретного регулирования светового потока источников света. Они могут

быть как индивидуальными, так и групповыми. В зависимости от используемых источников света питающее напряжение на них может подаваться как непосредственно, так и через нерегулируемую пускорегулирующую аппаратуру (ПРА).

Принцип действия регулируемых ПРА основан на изменении их внутреннего сопротивления. Использование такой аппаратуры позволяет отказаться от регуляторов сетевого напряжения и нерегулируемой ПРА [1].

Полученные экспериментальным путем значения естественной освещенности представлены на рисунке 2.б.

Система наружного освещения выбирает режим работы на основе заданного годового или индивидуального расписания. Такие системы имеют высокую надежность, но не взаимодействуют с окружающей средой, т.е. при смещении светового дня, пасмурной погоде или, наоборот, при раннем рассвете освещение в городе или на крупном предприятии может либо не включиться своевременно, либо не отключиться, когда необходимости в нем уже нет.

Автором разработан более сложный алгоритм управления, основанный на методах нечеткой логики. Последняя является основой некоторых интеллектуальных систем управления, которые в той или иной форме имитируют мышление человека с целью решения технических, экономических, информационных задач. Входными данными такой системы являются: естественная (солнечная) освещенность, календарный день года, время суток, текущий режим освещения. В результате определяется режим освещения, выбранный на основе эвристических правил, которые составляются совместно со специалистом АСДУ наружным освещением. Правила формируются исходя из следующих рекомендаций: свод правил должен быть достаточно полным для выполнения поставленной задачи управления, не должно быть неучтенных возможных ситуаций с измеряемыми координатами, уводящих процесс из под контроля; желательно, чтобы каждое правило было простым, содержало одно условие и одно заключение; для получения более качественного процесса управления не должно оставаться не перекрытых хотя бы двумя правилами фаззи множеств; чем разнообразнее тестовые сигналы в процессе составления алгоритма, тем менее чувствительную к появлению в условиях эксплуатации непредусмотренных возмущающих воздействий систему можно получить [2]. Один из вариантов базы правил представлен в таблице 1.

Таблица 1 -Правила определения мощности включения наружного освещения

Освещенность	Время суток			
	Утро	День	Вечер	Ночь
Нулевая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Очень низкая	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая
Средняя	Очень низкая	Очень низкая	Очень низкая	Очень низкая
Высокая	Нулевая	Нулевая	Нулевая	Нулевая

Алгоритм управления наружным освещением осуществляется по методу Мамдани. Нечеткий вывод осуществляется на основе двух входных переменных: освещенность (нулевая, очень низкая, низкая, средняя, высокая) и время суток (утро, день, вечер, ночь). Выходной переменной является мощность включения $P_{вкл}$ системы наружного освещения (нулевая, очень низкая, низкая, средняя, высокая). Для получения числового значения мощности включения проводится процедура дефаззификации по методу наибольшего (правого) модального значения:

$$P_{вкл} = \max \{ P_{вклт} \}, \quad (1)$$

где $P_{вклт}$ – модальное значение (мода) нечеткого множества для выходной переменной $P_{вкл}$ после этапа аккумуляции.

Результаты моделирования логического вывода в среде MATLAB [2, 3] с экспериментальными замерами естественной освещенности представлены на рисунке 2.

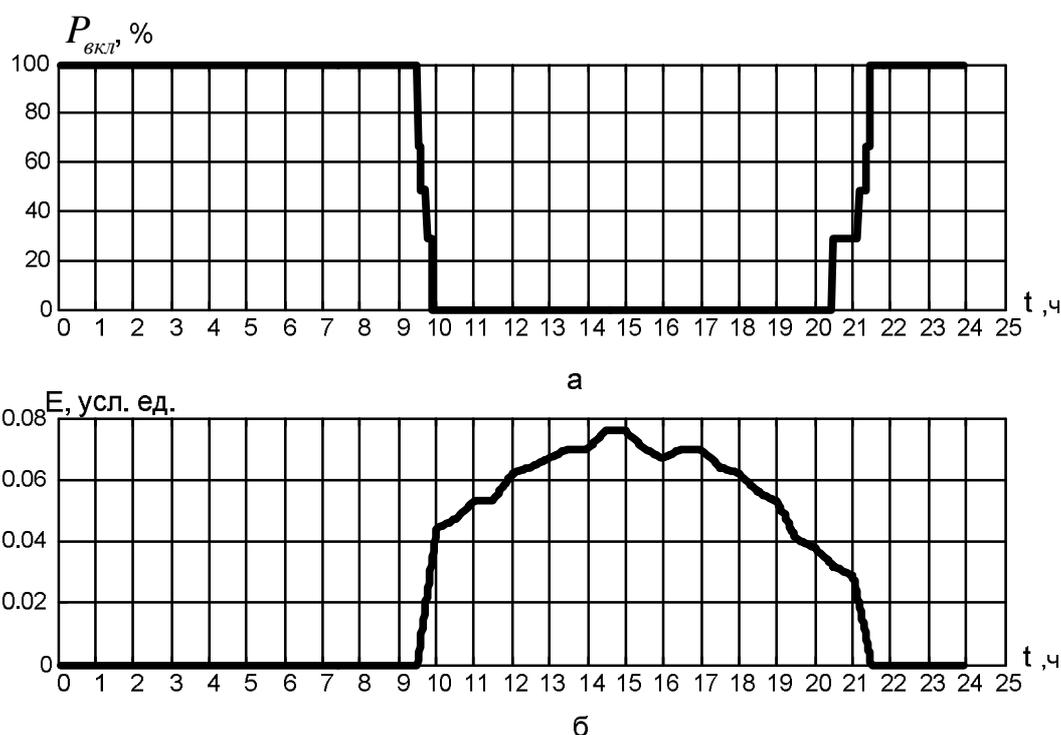


Рисунок 2 – Результаты моделирования алгоритма управления наружным освещением:
а – выходная величина мощность включения; б – график изменения естественной (солнечной) освещенности в течение суток

Измеренные значения естественной освещенности E приведены в условных единицах. Выходная величина мощности включения измеряется процентами от максимально возможной. После выполнения интеллектуальной системой принятия решения, расчета рекомендуемой мощности включения, она формирует набор команд, реализующий данное значение в АСДУ наружным освещением.

Литература

1. Справочная книга по светотехнике. / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. М.: Знак, 2006. 972 с.
2. Леоненко А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTech. СПб.: БХВ–Петербург, 2005. 736с.
3. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 452 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЛЬСОВОГО ПРОКАТА В УСЛОВИЯ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.М. Кулаков^{*}, И.В. Чичерин^{}, С.В. Чабан^{***}**

^{*} СибГИУ, г. Новокузнецк, ^{**} КузГТУ, г. Кемерово, ^{***} ОАО «НКМК», г. Новокузнецк

Для повышения качества рельсов необходим контроль прямолинейности, которую можно охарактеризовать с помощью следующих функций.

Продольный профиль (ПП) – это функция $U(x_i)$, описывающая изменение координаты поверхности в вертикальной или горизонтальной плоскости относительно положения абсцисс x_i , направленной вдоль рельса (рисунок 1). При этом длина рельса равна l_0 , начало оси ($x_0 = 0$) совпадает с его передним концом, а сама ось представляет собой отрезок прямой, проходящей через точку $U(x_i)=0$.

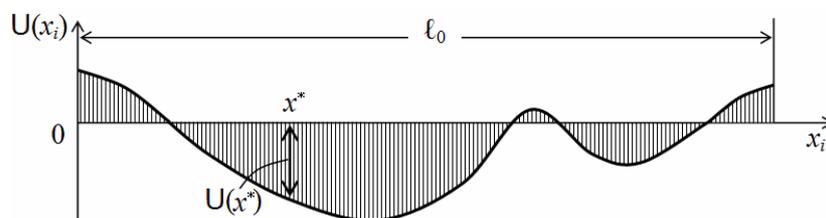


Рисунок 1 – Пример продольного профиля рельса (в вертикальной плоскости)

Местные прогибы (МП) – это функция $Y(x_i) = U_n(x_i) - U_E(x_i)$ отклонения координаты $U_n(x_i)$ поверхности рельса от точки E принадлежащей отрезку прямой длиной $\ell \ll \ell_0$, концы которого скользят по поверхности рельса (рисунок 2).

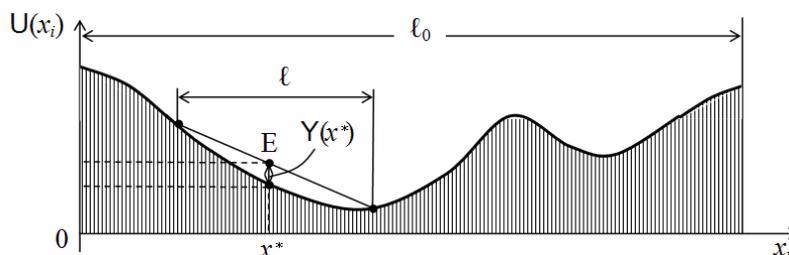


Рисунок 2 – Пример местного прогиба в точке x_1

Функцию $Y(x_i)$ можно относительно легко вычислить по функции $U(x_i)$. Для случая, когда точка E расположена на середине базы ℓ , функция $Y(x_i)$ вычисляется по формуле:

$$Y(x_i) = \frac{U(x_{i-e}) + U(x_{i+e})}{2} - U(x_i); \quad e = \frac{\ell}{2\Delta}, \quad (1)$$

где Δ – постоянный шаг пространственной дискретизации объекта, $\Delta = x_i - x_{i-1}$; i – номер дискретного отсчета вдоль рельса.

Вычисление ПП $U(x_i)$ по известным МП $Y(x_i)$ является гораздо более сложной задачей [1], которая до конца еще не решена. Следует отметить, что ПП является более «естественной» и информативной функцией, характеризующей прямолинейность объекта, чем МП.

В условиях массового производства наибольшее распространение получил трехточечный способ измерения прямолинейности, схема которого приведена на рисунке 3.

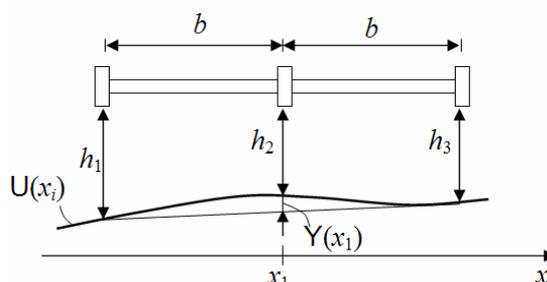


Рисунок 3 – Схема трехточечного способа оценивания местных прогибов

Этот способ основан на измерении расстояний h_1, h_2, h_3 между тремя датчиками, расположенными вдоль оси координат x_i , и поверхностью движущегося рельса и последующем вычислении оценки МП $Y(x_i)$. Такой способ реализован в действующем устройстве контроля прямолинейности железнодорожных рельсов «Элекон» на ОАО «НКМК». К недостаткам устройства «Элекон» можно отнести невозможность измерения концевых участков рельсов длиной b , а также то, что прямолинейность оценивается не по функции ПП, а по менее информативной функции МП.

Для устранения указанных недостатков и для повышения точности оценивания предложена усовершенствованная система контроля прямолинейности поверхностей рельсов, которая отличается от действующей системы «Элекон» алгоритмом обработки сигналов измерительной информации (СИИ).

Схематическое представление функциональной структуры новой системы приведено на рисунке 4.

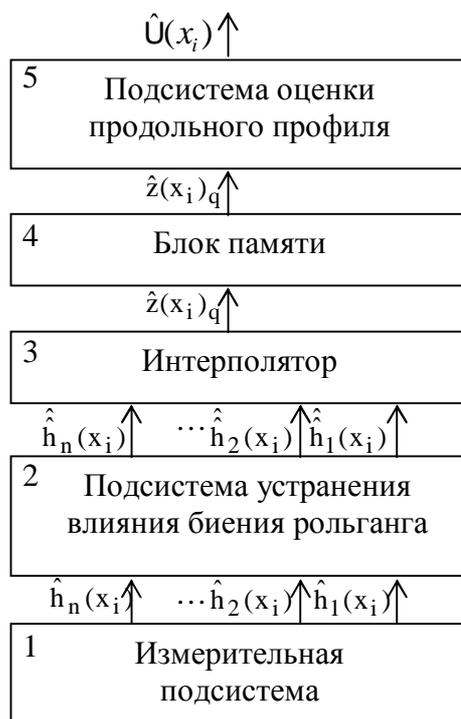


Рисунок 4 – Схематическое представление новой системы построения продольного профиля рельса с применением интерполирующих полиномов.

Измерительная подсистема 1 включает датчики, аналого-цифровые и первичные преобразователи которые позволяют получать оценки $\{\hat{h}_j(x_i), j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m}\}$, где j – номер датчика, $j = 1, 2, \dots, n$; i – номер дискретного пространственного отсчета на рельсе (номер пункта на рельсе), $i = 1, 2, \dots, m$.

В подсистеме устранения влияния биения рольганга вычисляются оценки $\{\hat{h}_j(x_i), j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m}\}$. Алгоритм устранения влияния биения рольганга состоит из следующей последовательности шагов.

1. На основе преобразования Фурье вычисляются АЧХ $A_{hj}(\lambda)$ и фазочастотная характеристика (ФЧХ) $\varphi_{hj}(\lambda)$ оценок $(\hat{h}_j(x_i), j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m})$, где λ – длина волны, мм.

2. В АЧХ $A_{hj}(\lambda)$ для каждого из датчиков амплитуда на длине волны $\hat{\lambda}_\sigma$, соответствующей частоте биения срезается до среднего уровня амплитуд соседних длин волн. Длина волны $\hat{\lambda}_\sigma$ оценивается исходя из длины окружности ролика и скорости движения рельса:

$$\hat{\lambda}_\sigma = \frac{2\pi \cdot R_p}{\hat{v}}, \quad (2)$$

где R_p – радиус ролика, мм; \hat{v} – оценка скорости движения рельса через зону контроля, мм/сек. В результате получается АЧХ $A_{hj}^*(\lambda)$ оценок $(\hat{h}_j(x_i), j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m})$ с устраненным эффектом биения ролика.

3. Для АЧХ $A_{hj}^*(\lambda)$ и ФЧХ $\Phi_{hj}(\lambda)$ выполняется обратное преобразование Фурье, в результате чего получаются оценки $(\hat{h}_j(x_i), j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m})$ зазоров между датчиками и рельсом с удаленным эффектом биения ролика.

По мере продвижения рельса через зону контроля и получения новых оценок $\hat{h}_j(x_i)$ в интерполяторе 3 рассчитываются коэффициенты интерполирующего полинома $\hat{z}(x_i)_q$ с узлами в точках замеров $\hat{h}_j(x_i)$

$$\hat{z}(x_i)_q = \{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}_q \quad (3)$$

где a_0, a_1, \dots, a_{n-1} – коэффициенты полинома; q – номер полинома.

Для системы контроля состоящей из трех датчиков ($n = 3$) коэффициенты интерполирующего параболического полинома вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} a_0 &= \hat{h}_1(x_i), \\ a_1 &= \frac{-\hat{h}_3(x_{i+2b/\Delta}) + 4\hat{h}_2(x_{i+b/\Delta}) - 3\hat{h}_1(x_i)}{2}, \\ a_2 &= \frac{\hat{h}_3(x_{i+2b/\Delta}) - 2\hat{h}_2(x_{i+b/\Delta}) + \hat{h}_1(x_i)}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

На основе коэффициентов вычисляются отсчеты локального профиля с шагом пространственной дискретизации Δ по формуле.

$$\hat{z}(x_i)_q = a_{2q} w^2 + a_{1q} w + a_{0q} \quad (5)$$

где $w = \overline{0, f-1}$; f – количество отсчетов полинома $\hat{z}(x_i)_q$.

На рисунке 5 показан начальный этап работы интерполятора при следующих условиях: измерительная подсистема состоит из трех датчиков ($n = 3$); расстояние между соседними датчиками равно b ; количество отсчетов $f = 7$ полинома $\hat{z}(x_i)_q$; шаг дискретизации $\Delta = 2b/(f-1) = 2b/6$. Части а, б, в рисунка 5 отражают три последовательных положения (ситуаций) рельса с указанием на нем соответствующих точек контроля: 1.1, 2.1, ..., 7.1; 2.2, ..., 8.2; 3.3, ..., 9.3.

Оценки $\hat{z}(x_i)_j$ хранятся в блоке памяти 4. Для получения оценки продольного профиля $\hat{U}(x_i)$ в блоке памяти необходимо хранить $(f \cdot (f - 1))$ оценок $\hat{z}(x_i)_j$.

В подсистеме оценки продольного профиля 5, в результате последовательной сшивки полиномов $\hat{z}(x_i)_j$ строится ПП $\hat{U}(x_i)$

Результаты моделирования показали, что предлагаемая система контроля прямолинейности поверхностей длиномерных объектов превосходит действующий прототип по точности оценивания (среднемодульной ошибке) на 11 % и позволяет контролировать концы рельсов.

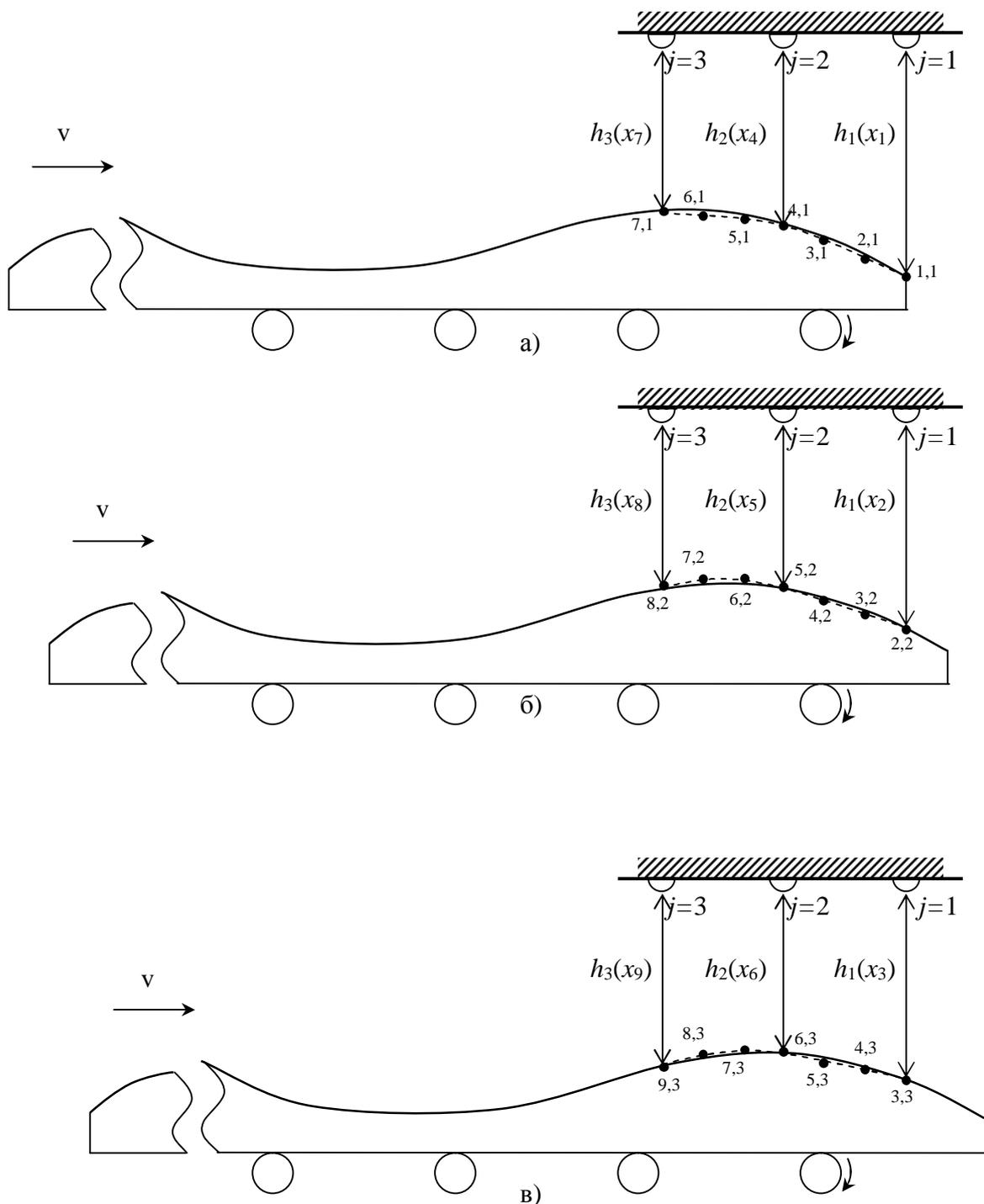


Рисунок 5 – Схема работы интерполятора: а) ситуация 1; б) ситуация 2; в) ситуация 3

Литература

1. Уланов О.И. Измерение продольной непрямолинейности рельсов: методы и результаты. / О. И. Уланов. // Математические и экономические модели в оперативном управлении производством. – 1997. – № 6. – С. 6-10.

2. Кулаков С.М. Разработка сплайн-алгоритма контроля прямолинейности длинномерных объектов / С. М. Кулаков, И. В. Чичерин, С. В. Чабан // Металлургия: новые технологии, управление, инновации и качество: Труды Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2005. – С. 224–230.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА ПО РЕМОНТУ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Г.Г. Куликов, В.Ф. Драган, И.В. Трохалин

ООО «АСКОН-Уфа», г. Уфа

Эксплуатация сложного оборудования во всех отраслях промышленности неизбежно приводит к необходимости проведения ремонтов: планово-предупредительных (текущих, средних, капитальных), аварийных (восстановительных). Простои оборудования и его восстановительные ремонты из-за отказов или аварий могут приводить к серьезным потерям для эксплуатанта (невыполнение обязательств перед заказчиками, сверхурочные работы, затраты на запчасти и материалы и т.д.), поэтому ремонты должны проводиться по возможности быстро, а затраты должны быть обоснованными.

Если текущие и средние ремонты могут осуществляться своими силами, то капитальные ремонты и отдельные сложные случаи аварийных ремонтов эксплуатирующие организации обычно доверяют специализированным сервисным центрам (СЦ), так как сами не располагают соответствующими ресурсами: оборудованием, площадями, персоналом, документацией и методиками. Такие СЦ могут быть организованы на базе завода изготовителя соответствующего оборудования, либо в качестве подразделения в составе эксплуатирующей организации (например, ремонтно-механические заводы и мастерские), а так же в качестве самостоятельных организаций (сервисных центров), оказывающих услуги по ремонту определенных видов оборудования разных производителей.

Для примера, рассмотрим сервисный центр по ремонту газоперекачивающих агрегатов (ГПА), используемых для транспортировки природного газа. Такие агрегаты иногда используются в течение тридцати и более лет. За такой срок эксплуатации они могут пережить 5-7 капитальных ремонтов (при межремонтном ресурсе порядка 16-25 тыс. часов [1]). Длительность одного капитального ремонта на базе специализированного сервисного центра составляет 4-6 месяцев, а затраты на ремонт могут достигать 70% от стоимости агрегата. Не секрет, что суммарная стоимость капитальных ремонтов за время эксплуатации значительно превышает цену при покупке ГПА. Поэтому главными целями СЦ являются минимизация сроков ремонта и сохранение приемлемых затрат на его осуществление. Достичь этой цели непросто, так как капитальный ремонт ГПА представляет собой сложный проект с большим числом задействованных подразделений и информационных связей, разнообразием работ и формируемой документации. Согласно [2], применительно к ГПА, капитальный ремонт – это комплекс ремонтных работ, заключающийся в полной разборке и дефектоскопии основного и вспомогательного оборудования агрегата, замене отработавших заводской ресурс или ремонте отбракованных по техническим условиям составных частей, в том числе и базовых, регулировке и испытании КИП и автоматизированной системы управления, выполнении работ для восстановления эксплуатационных характеристик при падении номинальной мощности более чем на 25%.

Капитальный ремонт является одним из процессов такой стадии жизненного цикла (ЖЦ) изделия как «поддержка применения», согласно [3]. В свою очередь проект капитального ремонта является набором услуг и может рассматриваться как система, имеющая свой ЖЦ. На каждой из стадий ЖЦ капитального ремонта различные процессы СЦ выполняются с участием различных программных средств, персонала и методик, образующих вместе автоматизированные информационные системы (АИС) различного назначения. Эти АИС являются подсистемами интегрированной автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), обеспечивающей выполнение всех процессов СЦ.

Рассмотрим одну из важнейших стадий жизненного цикла капитального ремонта (в отличие от других видов ремонта) – стадию конструкторско-технологической подготовки

ремонтного производства (КТПП). Перечислим задачи, которые решаются в ходе процессов КТПП в условиях СЦ: Дефектация оборудования, для выявления состава ремонтируемых и заменяемых узлов и деталей и планирования КТПП; Разработка комплекта ремонтных чертежей на отдельные узлы и детали ГПА; Разработка чертежей на изготовление (как для ремонта, так и для продажи в качестве запчастей) деталей и узлов; Разработка чертежей оснастки и инструмента; Разработка рабочих ТП ремонта; Разработка рабочих ТП изготовления; Инженерные расчеты; Расчет норм расхода материалов (основных и вспомогательных); Расчет трудовых норм; Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ.

Все это требует активного применения различных САПР (CAD/CAM/CAPP-систем) и, возможно, расчетных (CAE) систем специалистами инженерных служб, задействованных в процессах КТПП. Кроме того, необходимо обеспечивать коллективную разработку конструкторской и технологической документации (КТД), заимствование наработок из прошлых проектов, процедуры согласования и утверждения КТД в процессе КТПП и проведения изменений, хранить нормативную документацию, информацию о прошлых ремонтах каждого экземпляра изделия, обеспечивать защиту информации и разграничение прав доступа.

Для решения указанных задач традиционно применяются системы класса PDM (Product Data Management), которые объединяют в единую среду участников КТПП, позволяют организовать коллективную работу над КТД и интегрировать данные, создаваемые в различных САПР.

АИС, состоящую из программных средств классов PDM, CAD, CAM, CAE и CAPP, инженерного персонала и методик, применяемых в процессах КТПП, условно назовем автоматизированной системой управления конструкторско-технологической подготовкой ремонтного производства (АСУ КТПП). Данная АИС является подсистемой АСУП сервисного центра.

Стандартной областью применения АСУ КТПП (в области производства, а не ремонтов) является машиностроительное производство. АСУ КТПП здесь взаимодействует с подсистемами АСУП, отвечающими за планирование и оперативное управление производством, в целях определения потребности и снабжения ресурсами в соответствии с производственной программой, выдачи нарядов-заданий в производственные подразделения и контроля их выполнения. В большинстве случаев, указанное взаимодействие сводится к автоматизированной передаче данных из PDM-системы в модули ERP-системы (Enterprise Resource Planning), отвечающие за планирование и оперативное управление. Распределение функций, методики внедрения, использования и взаимодействия этих систем здесь хорошо известны. Однако, существуют особенности, накладывающие ограничения на применение этих методик в предметной области капитальных ремонтов:

1) В машиностроении, в целях планирования и управления производством, необходимы конструкторские и технологические спецификации изделий, хранящиеся в PDM-системе, без привязки к экземплярам изделий. В области же капитальных ремонтов, основная деятельность изначально ориентирована на конкретные экземпляры изделий. Для каждого экземпляра необходимо хранить конструкторско-технологическую документацию по всей истории ремонтов (ремонтные чертежи, технологические процессы, расчеты, модернизации и т.д.). Поэтому технология использования PDM-системы отличается от той, что применяется для целей производства в машиностроении;

2) Алгоритмы планирования ресурсов для капитальных ремонтов могут существенно отличаться от алгоритмов планирования снабжения производственной программы, применяемых на предприятиях производителях оборудования (потребность в материалах, запчастях, трудовых ресурсах и мощностях при осуществлении ремонтов может быть точно определена только после поступления изделия в ремонт, в результате проведения дефектации, либо укрупнено, на основе стандартных потребностей на определенную модель оборудования). Следовательно, выдвигаются и несколько иные, чем в производстве,

требования к порядку взаимодействия АСУ КТПП и подсистем планирования и оперативного управления производством АСУ СЦ;

3) СЦ может самостоятельно изготавливать запчасти и компоненты, как на серийной основе, так и в целях конкретного ремонта, то есть функционал подсистем планирования и оперативного управления должен удовлетворять требованиям как ремонта, так и изготовления, а PDM-система должна корректно предоставлять данные для обоих направлений деятельности (ремонт, изготовление запчастей);

4) В области ремонтов предъявляются особенно жесткие требования к времени, затрачиваемому на КТПП. Последняя начинается уже после того, как изделие поступило в ремонт, поэтому необходимо как можно раньше предоставить КТД в цехи и как можно раньше определить потребность в необходимых ресурсах. Если в производстве процессы КТПП и непосредственно изготовление разделены по времени (хотя часто этот принцип не соблюдается), то в условиях капитальных ремонтов КТПП может продолжаться в ходе самого ремонта. Некоторые дефекты могут выявляться в процессе ремонта в цехе, в этом случае так же требуется быстрая разработка КТД и корректировка потребности в ресурсах.

Основным выводом из вышесказанного является следующее. С одной стороны, специфика капитальных ремонтов оборудования приводит к необходимости использования АСУ КТПП, включающего комплекс систем PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP, с другой, накладывает ограничения на стандартный функционал такого комплекса (по аналогии с машиностроительным производством) и порядок его взаимодействия с подсистемами АСУП сервисного центра. Таким образом, возникает задача автоматизации процессов КТПП и их интеграции с другими процессами сервисного центра (управление ремонтным производством, планирование ресурсов, снабжение и др.) на базе комплекса систем PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP, с учетом специфики ремонтного производства. Другими словами, требуется создание АСУ КТПП и ее интеграция в АСУП сервисного центра по ремонту сложных технических изделий.

Проблема создания АСУ КТПП для целей капитальных ремонтов на базе комплекса PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP и ее интеграции в систему управления сервисным центром в настоящее время является слабо проработанной. Обзор современных PDM-систем показывает, что специализированных решений для автоматизации КТПП в области капитальных ремонтов практически не существует. Хотя именно PDM-система отвечает за учет специфических особенностей предметной области.

Для того, чтобы обеспечить возможность создания АСУ КТПП на множестве сервисных предприятий, подобных рассмотренному СЦ, при условии выбора ими в качестве программных средств PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP решений от различных производителей, необходима методология создания АСУ КТПП для сервисных предприятий. Такая методология может быть основана на методах типового проектирования АИС, которые подробно рассмотрены в литературе [4]. Типовое проектирование ИС предполагает создание системы из готовых типовых компонентов. Для реализации выделенных компонентов выбираются имеющиеся на рынке типовые проектные решения (ТПР), которые настраиваются на особенности конкретного предприятия. В рассматриваемом случае, такими ТПР являются системы PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP.

Одним из ключевых, и наиболее трудоемких этапов разработки методологии проектирования АСУ КТПП является разработка типовой системной модели, показывающей все аспекты функционирования системы на абстрактном сервисном предприятии.

На рисунке показана обобщенная событийная модель процесса КТПП СЦ в виде EPC-диаграммы (Event-driven Process Chain). Помимо данного типа моделей, типовая системная модель включает так же организационную модель, модель функций (дерево функций) и информационную модель, которые последовательно детализируются до элементов самого нижнего уровня.

Методология основана на преобразовании типовой системной модели АСУ КТПП, с учетом специфики конкретного СЦ, в конфигурацию программного комплекса PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP, с учетом специфики входящих в него компонентов. Требуется

ограничить множество предприятий, которые отвечают критериям возможности применения методологии. Так же необходимо выявить типовые требования к АСУ КТПП, в частности определить требования к компонентам комплекса PDM/CAD/CAM/CAE/CAPP, которые могут быть использованы для построения АСУ КТПП, выделить общие свойства однотипных компонентов для унификации подхода к их конфигурированию.

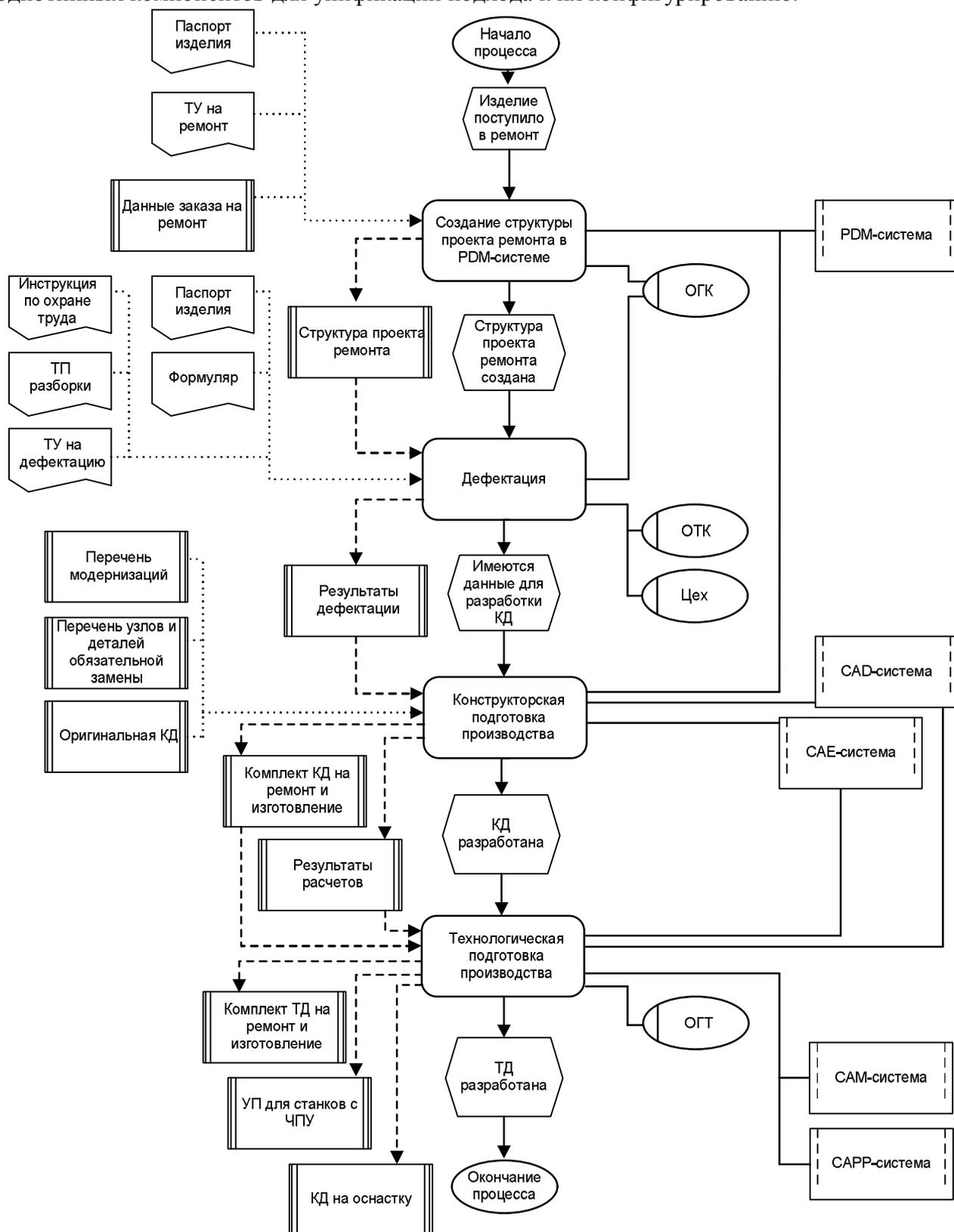


Рисунок – Событийная модель процесса КТПП в сервисном центре

Такая методология позволит на множестве сервисных предприятий, обладающих определенными признаками, создавать АСУ КТПП ориентируясь на типовую модель,

выбирая различные компоненты в качестве программных средств, при этом обеспечивается учет специфических особенностей сервисного предприятия, зависящих от типа ремонтируемого оборудования, принятых стандартов и окружения.

Литература

1. Терентьев А.Н. Надежность газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. М.: Недра, 1979.
2. Терентьев А.Н., Седых З.С. Ремонт газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. М.: Недра, 1985.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.
4. Смирнова Г.Н., Сорокин А.А., Тельнов Ю.Ф. Проектирование экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2002. – 512 с.

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА В СИСТЕМЕ Г-Д С ГЛАВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО НАПРЯЖЕНИЮ ГЕНЕРАТОРА

П.Н. Кунин, М.Ф. Русских

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В прокатном производстве находит применение система генератор-двигатель (ГД) с главной обратной связью по напряжению генератора, току и ЭДС или скорости электродвигателя с задатчиком интенсивности ЗИ на входе. Но большое количество контуров существенно снижает быстродействие и эффективность системы. В этом плане нельзя не обратить внимание на работу [1, с. 99-100], где в системе управления блюмингом предлагается отказаться от контуров тока и скорости ЭДС. Эта идея обосновывается следующим образом: "... при реальных параметрах объекта и элементов трехконтурной системы управления входящие в ее структуру контуры тока и скорости практически не улучшают ее динамические характеристики, а контур скорости даже ухудшает их. Поэтому целесообразно исключить их из системы управления *оставив в ней только контур напряжения для компенсации постоянной времени обмотки возбуждения генератора*". Структурная схема такой системы, состоящей из контура напряжения генератора КНГ с главной обратной связью по напряжению генератора U_g , объекта управления ОУ и задатчика интенсивности ЗИ как составная часть более полной системы приведена на рисунке 1, причем КНГ представлен в свернутом виде.

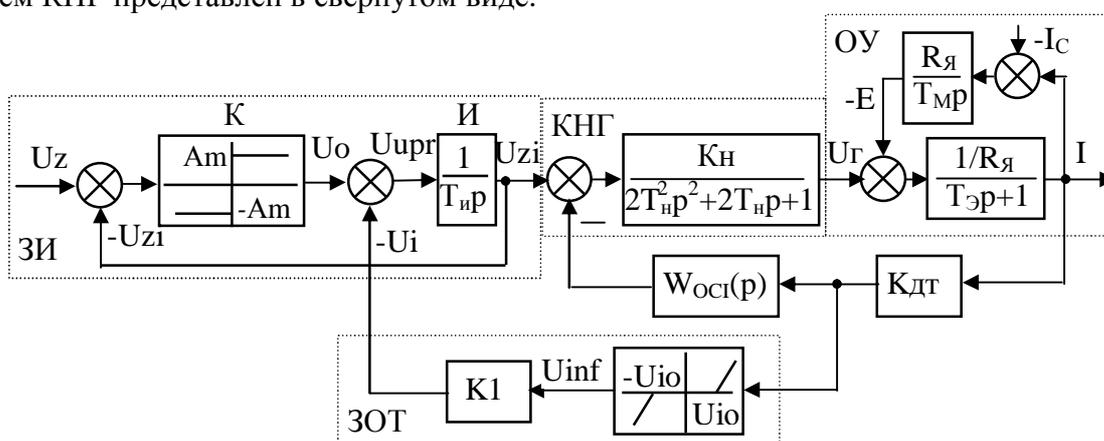


Рисунок 1 – Система ГД с ОУ задатчиком интенсивности ЗИ, звеном коррекцией $W_{ОС}$ и задержанной обратной связью по полному току ЗОТ

Поскольку ЗИ ограничивает только динамический ток при пуске и торможении электродвигателя, то в рассматриваемом классе систем отсутствует ограничение полного тока электродвигателя и во внештатных ситуациях возможны неконтролируемые длительные перегрузки как при пуске и торможении, так и в режиме обработки нагрузки вплоть до стопорения механизма при токе короткого замыкания электродвигателя.

С целью устранения указанного недостатка в работе [1, с.101] предлагается ввести дополнительную задержанную обратную связь по полному току двигателя через интегратор И задатчика интенсивности (ЗИ на рисунке 1). Однако, теоретическое обоснование этому решению не приводится.

Теоретическое обоснование и методика расчета параметров цепи задержанной обратной связи по полному току двигателя приведены в работе [2]. Здесь доказывается, что если не учитывать противоЭДС обмотки якоря электродвигателя, то необходимо применение ПИ регулятора тока и предлагается верная структурная схема канала токоограничения и соответствующая ей передаточная функция регулятора тока [2, рисунок 3 и формула (2)], если не принимать во внимание явную опisku в передаточной функции, в которой соответствующая структурной схеме входная величина U_0/K_1+U_{i0} (в $U_{i0}=K_d t i_{i0}$ – учтен датчик тока, что упущено у авторов статьи [2]) заменена переменной U_{upr} . Однако в завершении статьи авторы [2] приводят обобщающую схему, которая противоречит объединяемым схемам. Автор работы [1] обращает также внимание на то, что соотношение электромеханической T_m и электромагнитной T_e постоянных времени определяет электропривод блуминга как колебательное звено, а в системе с главной обратной связью по напряжению генератора электродвигатель не охвачен обратной связью, так что динамические процессы в нем определяются только собственными параметрами и механической инерционностью объекта управления. Колебательный характер изменения тока I и ЭДС якоря двигателя при пуске электропривода показаны на осциллограмме рисунка 2,а, что свидетельствует о необходимости введение корректирующего устройства, демпфирующего колебательный процесс.

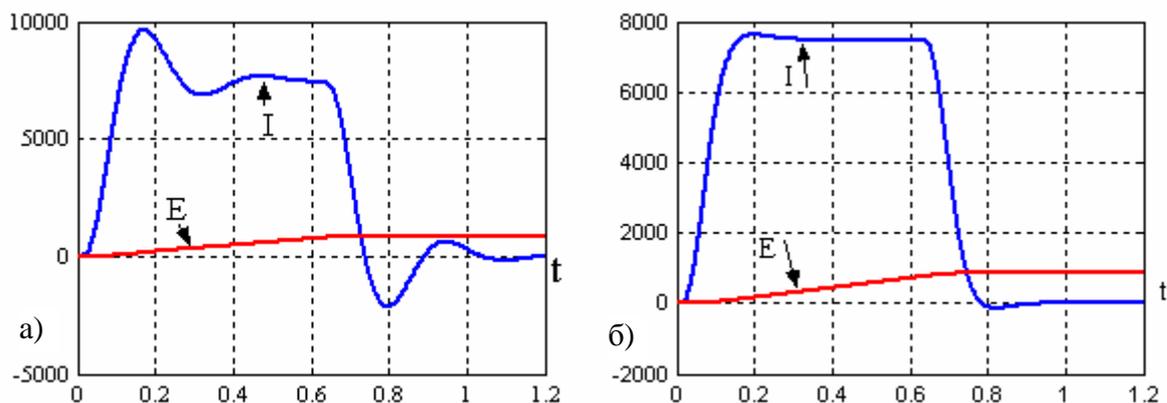


Рисунок 2 – Переходные процессы в системе: а) – без коррекции и б) – с коррекцией тока

Для демпфирования колебаний тока электродвигателя автор работы [1] предлагает ввести гибкую отрицательную обратную связь по полному току двигателя через звено

$$W_{осл}(p) = \frac{T_{к1}p}{T_{к2}p+1}, \quad (1)$$

замыкая обратную связь непосредственно на вход контура напряжения [1, рисунок 2.29, с.83], отказавшись от регулятора тока и обеспечивая тем самым высокое быстродействие контура. Соответствующая схема в абсолютных единицах измерения приведена на рисунке 1, где она выделена пунктирным прямоугольником, который обозначен ОУ с КНГ, где ОУ – объект управления, КНГ – передаточная функция контура напряжения генератора, построенная в соответствии с методикой, приведенной в [1], К – компаратор.

Однако, получить приемлемый результат при применении звена (1) и рекомендуемой настройкой $T_{к1}=1.44с$ авторам не удалось, не привел к желаемому результату и перебор различных настроек. Поэтому было принято решение выполнить анализ обоснованности методики синтеза корректирующего звена гибкой обратной связи (1), предложенной в работе [1] и при необходимости выполнить ее усовершенствование.

На основании структурной схемы ОУ с КНГ на рисунке 1 составим обобщенное уравнение контура тока с учетом управления U_{zi} , возмущающего воздействия I_c и безынерционного преобразователя электрической энергии:

$$I(p) = \frac{U_{zi}(p)K_H T_M p(T_{K2}p+1)/R_{\text{я}} + I_C(p)(T_{K2}p+1)}{C_3 p^3 + C_2 p^2 + C_1 p + 1}, \quad (2)$$

где $C_1 = T_M + T_{K2}$, $C_2 = T_M T_{\text{э}} + T_M T_{K2} + K_{\text{дт}} K_H T_M T_{K1} / R_{\text{я}}$, $C_3 = T_M T_{\text{э}} T_{K2}$.

Далее автор работы [1] записывает передаточную функцию по току нагрузки I_C , которую легко получить из уравнения (2) и приравнивает ее желаемой передаточной функции:

$$\frac{I(p)}{I_C(p)} = \frac{(T_{K2}p+1)}{C_3 p^3 + C_2 p^2 + C_1 p + 1} = \frac{(T_{K2}p+1)}{(T_{\mu}p+1)(T^2 p^2 + 2\xi T p + 1)}, \quad (3)$$

Поскольку числители передаточных функций в (3) совпадают, для равенства передаточных функций достаточно обеспечить равенство их характеристических полиномов. Раскрыв скобки и приравняв коэффициенты при соответствующих степенях оператора p левой и правой частей с учетом выражений для C_1 , C_2 , и C_3 получим систему из трех алгебраических уравнений с тремя подлежащими определению константами: T_{μ} , T_{K1} и T_{K2} . Автор работы [1] почему-то к неизвестным константам относит и T , в силу чего приходит к выводу, что система из трех уравнений при четырех неизвестных имеет бесконечное множество решений. Ошибочность этого заключения подтверждает полученный результат. Из [1, (2.90) и (2.122)] для систем с без и инерционным преобразователем имеет

$$T = \sqrt{(1+\delta)T_{\text{э}}T_M}, \quad (4)$$

откуда при $\delta \leq 0.1$ (установлено автором работы [1]) следует, что T зависит только от произведения $T_{\text{э}}T_M$. Однако, на странице 94 автор работы [1] предлагает постоянную T рассчитывать из условия ограничения максимального значения производной тока якоря электродвигателя на допустимом уровне, регламентируемым паспортными данными электродвигателя, естественно при использовании анализируемой методики определить T из условия ограничения производной тока невозможно.

С целью анализа предложенной в [1] методики выполним в соответствии с этой методикой деление характеристического полинома передаточной функции (3) с коэффициентами C_i на двучлен $(T_{\mu}p+1)$ характеристического полинома желаемой передаточной функции, в результате получим выражение для характеристического полинома:

$$N(p) = \left[\frac{C_3}{T_{\mu}} p^2 + \left(\frac{C_2}{T_{\mu}} - \frac{C_3}{T_{\mu}^2} \right) p + \left(\frac{C_1}{T_{\mu}} - \frac{C_2}{T_{\mu}^2} + \frac{C_3}{T_{\mu}^3} \right) \right] (T_{\mu}p+1) + 1 - \left(\frac{C_1}{T_{\mu}} - \frac{C_2}{T_{\mu}^2} + \frac{C_3}{T_{\mu}^3} \right).$$

где $R(p) = 1 - \left(\frac{C_1}{T_{\mu}} - \frac{C_2}{T_{\mu}^2} + \frac{C_3}{T_{\mu}^3} \right)$ - остаток от деления, у которого в отличие от остатка в [2, формулы (2.75) и (2.78)] отсутствует оператор p .

$$\text{Положив } \frac{C_1}{T_{\mu}} - \frac{C_2}{T_{\mu}^2} + \frac{C_3}{T_{\mu}^3} = 1, \quad \frac{C_3}{T_{\mu}} = T^2, \quad \frac{C_2}{T_{\mu}} - \frac{C_3}{T_{\mu}^2} = 2\xi T, \quad (5)$$

получим $R(p)=0$, а характеристический полином приведем к виду полинома желаемой передаточной функции (3):

$$N_{\text{ж}}(p) = (T^2 p^2 + 2\xi T p + 1)(T_{\mu}p+1),$$

по поводу которого автор работы [1] заявляет: “Причем постоянные T_{K1} и T_{K2} не должны оказывать существенного влияния на переходный процесс, который в основном определяется постоянной T и коэффициентом демпфирования $\xi=0.707$. В этом случае значения T_{K1} и T_{K2} должны быть либо малыми по отношению к постоянной T , либо быть близкими по значению друг к другу“. В приведенной цитате автор [1], очевидно, допустил опisku и T_{K1} следует заменить на T_{μ} , поскольку T_{K2} в передаточную функцию (4) не входит. Подставив значение $C_3 = T_M T_{\text{э}} T_{K2}$ из пояснений к (3) во второе равенство из (5) получим соотношение:

$$T^2 = T_M T_{\Delta} \frac{T_{K2}}{T_{\mu}},$$

из которого следует, что при близких или равных $T_{K2} \cong T_{\mu}$ постоянная времени T однозначно определяется постоянными времени T_M и T_{Δ} электропривода и в предложенной методике не может быть определена из условия ограничения производной тока двигателя.

Поскольку гибкое звено обратной связи к желаемому результату не привело, нам представляется целесообразным упростить систему и звено коррекции, заменив его на пропорциональное звено

$$W_{OCl}(p) = K_{OCl}. \quad (6)$$

С учетом (6) и рисунка 1 уравнение (2) преобразуется к виду:

$$I(p) = \frac{U_{zi}(p) K_H T_M p / R_{\Delta} + I_C(p) (T_H^2 p^2 + 2\xi T_H p + 1)}{C_4 p^4 + C_3 p^3 + C_2 p^2 + C_1 p + 1}, \quad (7)$$

где $C_1 = T_M + 2\xi T_H + K_H K_{дТ} K_{OCl} T_M / R_{\Delta}$, $C_2 = T_M T_{\Delta} + 2\xi T_H T_M + T_H^2$, $C_3 = 2\xi T_H T_M T_{\Delta} + T_H^2 T_M$, $C_4 = T_H^2 T_M T_{\Delta}$.

Для блюминга при трехфазной мостовой схеме тиристорного возбудителя генератора имеем $2T_H = 2 \cdot T_H = 0.00667$ с, а $T_M = 0.033$ с и $T_{\Delta} = 0.06$ с, откуда следует, что T_M и T_{Δ} существенно больше, чем $2T_H$. Поэтому малы и коэффициенты C_3 и C_4 при операторах p^3 и p^4 характеристического полинома в (10) и ими можно пренебречь, однако, сохранив их при исследовании синтезированной системы, чтобы оценить допустимость принятого упрощения:

$$N(p) = C_4 p^4 + C_3 p^3 + C_2 p^2 + C_1 p + 1 \cong C_2 p^2 + C_1 p + 1, \quad (8)$$

$$C_2 = T^2, C_1 = 2\xi T. \quad (9)$$

Подставляя значения C_2 и C_1 из (9) в соотношения к передаточной функции (7) и выполнив преобразования будем иметь:

$$T = \sqrt{T_M T_{\Delta} + 2\xi T_H T_M + T_H^2}, \quad K_{OCl} = \frac{2\xi \sqrt{T_M T_{\Delta} + T_H^2 + 2\xi T_H T_M} - T_M - 2\xi T_H}{K_H K_{дТ} T_M / R_{\Delta}}, \quad (10)$$

причем значение коэффициента демпфирования задается проектировщиком. Кривая тока, смоделированная для параметров блюминга ЗСМК при $\xi = 0.71$, приведена на рисунке 2,б. Как видно из рисунка, колебательные процессы в токе якоря электродвигателя удалось подавить с помощью простейшего пропорционального звена (6) в отрицательной обратной связи по току электродвигателя без регулятора в прямом канале.

Уточним функции ЗИ в системе на рисунке 1. Выход U_{zi} подключен на вход контура тока. Казалось бы, что ЗИ должен формировать темп нарастания тока якоря двигателя. Однако из осциллограмм рисунка 2 видно, что ЗИ формирует постоянный динамический ток и, как следствие, линейно нарастающую ЭДС. Это объясняется тем, что на участке линейно-нарастающего выходного сигнала ЗИ передаточная функция контура тока с учетом (8) и (9) в упрощенном варианте с учетом интегратора имеет вид:

$$\frac{I(p)}{U_o(p)} = \frac{K_H T_M / (T_H R_{\Delta})}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}, \quad (11)$$

откуда следует, что контур тока совместно с интегратором И ЗИ задает уровень динамического тока якоря, а при постоянном динамическом токе якоря ЭДС электродвигателя, естественно, нарастает по линейному закону.

Авторы работ [1, 2] в качестве составного элемента регулятора задержанной обратной связи по току используют интегратор И задатчика интенсивности. Это было целесообразно при аппаратной реализации системы в работе [1]. Та же идея реализуется и в работе [2] с введением в ЗИ дополнительных элементов, обеспечивающих реализацию ПИ регулятора контура тока без учета противоЭДС электродвигателя. В обоих случаях нарушается нормальная работа ЗИ в режиме ограничения тока и необходимы переключения в системе при переходе от нормально режима к режиму ограничения тока и наоборот.

В микроконтроллерной системе программу интегратора можно выделить в отдельную функцию (макрос) и вызвать ее (его) со своими параметрами как при выполнении программы ЗИ, так и регулятора тока. Предлагаемый контур задержанной обратной связи без переключателей приведен на рисунке 3, причем выходной сигнал – $U_{рт}$ суммируется с сигналом U_{zi} .

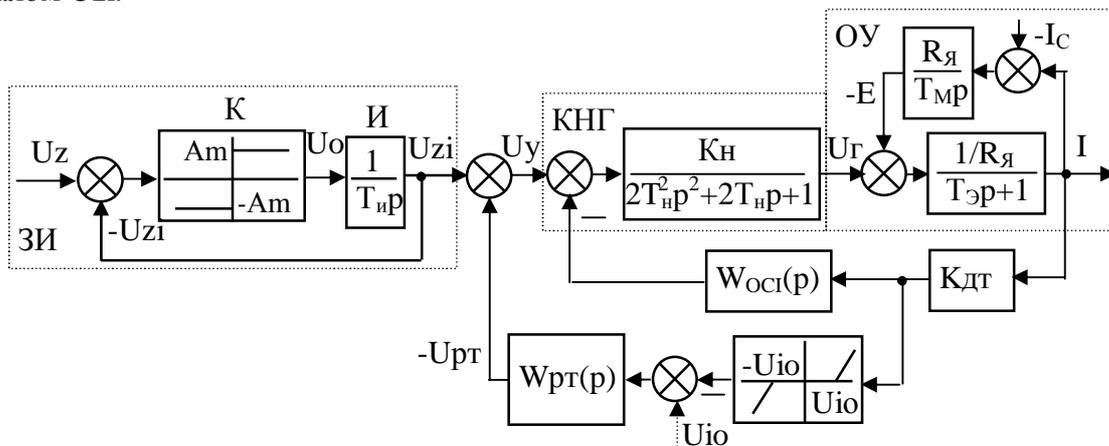


Рисунок 3 – Новая система ГД с ограничением полного тока двигателя

Объектом управления для контура задержанной обратной связи по полному току электродвигателя является система, состоящая из КНГ, ОУ, $W_{оци}(p)$ и Кдт с входным сигналом U_y и выходным I . На рисунке 1 этой системе соответствует входной сигнал U_{zi} , откуда имеем $U_{zi}(p) = U_o / (T_{ир}p)$. Подставляя $T_{ир}$ из последнего соотношения в (11) и учитывая, что $U_{zi}(p)$ схемы на рисунке 1 соответствует $U_y(p)$ на схеме рисунка 3, получим:

$$\frac{I(p)}{U_y(p)} = \frac{K_H T_{мп} / R_{\text{я}}}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1} \quad (12)$$

Синтез регулятора тока выполним применяя метод синтеза систем с медленными и быстрыми движениями [3], модифицируя его применительно к решаемой задаче. В результате получим:

$$W_{рт}(p) = \frac{R_{\text{я}}(2\xi T p + 1)}{K_H K_{дт} T_M 4\xi T p} \quad (13)$$

На рисунке 4 слева приведена модель ОУ с реактивной нагрузкой, исключающий вращение двигателя в обратном направлении когда ток нагрузки превышает ограниченный ток электродвигателя. На рисунке 4 обозначено: 1–блок сравнения значений ЭДС электродвигателя E с малым отрицательным значением -0.001 близким к нулю, формируемым блоком 3; 2–переключатель, обеспечивающий выполнение алгоритма: $a = I - I_c$, если $I_c > I$, то $a = 0$.

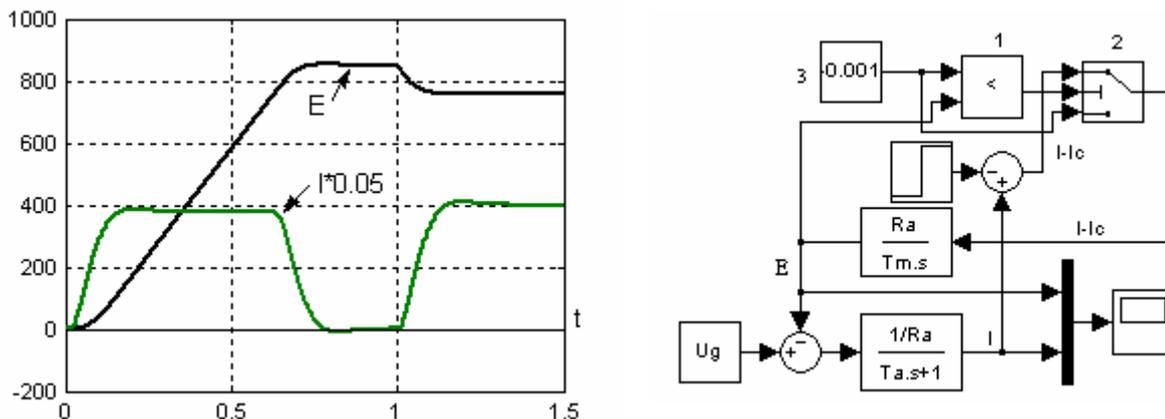


Рисунок 4 – Модель ОУ с реактивной нагрузкой осциллограмма переходных процессов

На рисунке 4 справа приведена осциллограмма разгона двигателя с динамическим током около 8000А и приложения нагрузки около 8000А в момент времени $t = 1с$. Из рисунка

видно, что статическая ошибка в ЭДС двигателя составляет около 20%.

Оценим ошибку аналитически. Из структурной схемы на рисунке 3 имеем: $[I(p) - I_C(p)]R_{\Sigma}/(T_M p) = E$. Подставляя значение $I(p)$ из последнего соотношения в передаточную функцию (12) и разрешив последнюю относительно $E(p)$ получим операторное дифференциальное уравнение, которое при $t \rightarrow \infty$ дает уменьшение E при приложении нагрузки I_C на величину $\Delta E = I_C R_{\Sigma} / T_M$. Следовательно имеем, что статическая ошибка в системе с главной обратной связью по напряжению генератора определяется только параметрами ОУ и не зависит от системы управления. При номинальной нагрузке ошибка составляет около

$$\Delta E = I_C R_{\Sigma} / T_M = 8000 * 0.006 / 0.033 = 0.20 = 20\%.$$

На рисунке 5 приведены кривые переходных процессов пуска электродвигателя и приложения нагрузки в момент времени $t=0.25c$, когда разгон электродвигателя еще не закончился. На осциллограмме слева ток нагрузки $I_C=7900A$ и не превышает номинального значения тока якоря электродвигателя. Кривая переходного процесса тока электродвигателя подтверждает, что в системе с главной обратной по напряжению генератора ЗИ определяет динамический ток, а ток нагрузки увеличивает полный ток на величину тока нагрузки.

Приложение к двигателю тока нагрузки, который превышает ток ограничения иллюстрирует осциллограмма на рисунке 5 справа. Здесь проявляется работа контура ограничения полного тока электродвигателя. Уставка на ток ограничения принята $U_{I0}=10V$, что при перерасчете на ток $I_0 = U_{I0} / K_{DT}$. При $K_{DT}=0.00062$ имеем: $I_0=16129A$. Ток нагрузки на рисунке 5 справа составляет $I_C=16300A$, что несущественно превышает ток ограничения. Однако необходимо учесть, что приложение нагрузки при разгоне электродвигателя система с задержанной обратной связью по полному току электродвигателя работает в режиме слежения за линейно нарастающим сигналом ЗИ и к установившейся ошибке добавляется динамическая ошибка. Влияние этой ошибки отчетливо видно на рисунке 5 справа на интервале времени $t=0.7...1.4c$ при спадании ЭДС. Эта дополнительная ошибка дала возможность отработать полный ток электродвигателя на начальном участке разгона электродвигателя при линейно нарастающей ЭДС без ограничения тока. Поскольку полный ток электродвигателя меньше тока нагрузки это привело к остановке электродвигателя, что хорошо иллюстрирует осциллограмма на рисунке 5 справа начиная с момента времени $t=1.25c$. На этом участке динамическая ошибка уменьшилась до нуля и ток ограничения также уменьшился на величину динамической ошибки.

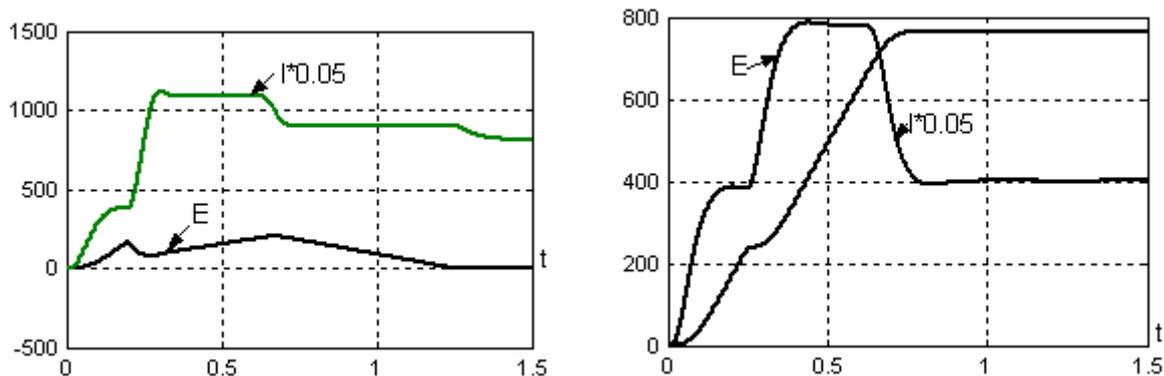


Рисунок 5 – Приложение нагрузки $I_C=8000A$ (слева) и $I_C=16300A$ (справа) при $t=0.25c$

Необходимо также учесть, что длительное нахождение электродвигателя в режиме стопорения под током нагрузки недопустимо и в системе управления необходимо предусмотреть алгоритм, который отключает электродвигатель от питающей сети при его останове, а также при перегрузке оставляя электродвигатель в этом режиме в пределах допустимого времени.

Таким образом, пропорциональное корректирующее звено (9) в цепи обратной связи по току якоря электродвигателя без регулятора в прямом канале обеспечило желаемое демпфирование переходных процессов, задаваемое величиной коэффициента демпфирования ξ , а по формулам (13) рассчитываются постоянная времени T и коэффициент

корректирующей обратной связи по току K_{Oci} .

Введение задержанной обратной связи по полному току электродвигателя обеспечило ограничение тока на допустимом уровне. Однако приложение нагрузки в режиме ускорения электродвигателя за счет динамической ошибки уровень тока ограничения увеличивается на 20%, что ставит перед необходимостью тщательного анализа при определении уставки на ток ограничения.

Литература

1. Островляничик В.Ю. Автоматический электропривод постоянного тока горно-металлургического производства: учебное пособие / В.Ю. Островляничик. - Новокузнецк, 2004. - 383 с.

2. Филенко А.С. Задающее устройство с ограничением полного тока якоря / А.С. Филенко, М.Ф. Русских / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / под общей редакцией Л.П. Мышляева; СибГИУ. - Новокузнецк, 2008. – вып. 12. – ч. V. Технические науки. – с. 36-38.

3. Кунин П.Н. Многоконтурные системы с медленными и быстрыми движениями / П.Н. Кунин, Т.В. Богдановская / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды IV Всероссийской научно-практической конференции.-Новокузнецк: СибГИУ, 2003, с.73-78.

АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСНОЙ СТАНЦИИ С СИНЕРГЕТИЧЕСКИМ РЕГУЛЯТОРОМ-ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Д.В. Кунина

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Управление насосом насосной станции ЗАО “Водоканал” осуществляется частотным электроприводом на основе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и скалярной системой управления. Низкое быстродействие и неудовлетворительное качество динамических процессов поставили перед необходимостью модернизации системы до системы векторного управления. Обладая несомненными преимуществами перед электроприводом постоянного тока независимого возбуждения, векторный асинхронный электропривод существенно уступает ему по качественным показателям переходных процессов [1]. В отношении улучшения динамических процессов в нелинейном асинхронном электроприводе векторного управления привлекательным представляется применение методов синергетического подхода, согласно авторам работ [2, 3] методы ориентированы на построение систем качественного управления нелинейными объектами, в том числе и электроприводами.

Однако изучение источников [2, 3] вызвало определенные опасения в хорошей обусловленности теоретических обоснований синергетического подхода к электромеханическим системам. В результате задача модернизации системы скалярного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором насоса до системы векторного управления переросла в задачу исследования сути синергетического подхода к синтезу электромеханических систем и возможности его применения для решения задач управления существенно нелинейным асинхронным электроприводом.

Базовые теоретические положения синергетического подхода к синтезу систем управления нелинейными объектами автором работы [2] обосновываются следующим образом:

Дан объект управления:

$$\dot{x}(t) = f(x, u), \quad (1)$$

где x -вектор переменных состояния размерности n ; u -вектор управлений размерности $m < n$. Требуется найти закон управления

$$u(\psi) = u(x), \quad (2)$$

который обеспечивает перевод изображающей точки (ИТ) системы (1) из произвольного начального состояния $x_0(x_{10}, \dots, x_{n0})$ сначала в окрестность инвариантного многообразия

$$\psi(x_1, \dots, x_n) = 0 \quad (3)$$

в фазовом пространстве координат, а затем дальнейшее асимптотическое движение ИТ вдоль этого многообразия в желаемое состояние системы (1), в частности, в начало координат. Закон управления (1) удерживает ИТ в указанной окрестности при ее дальнейшем движении вдоль (2). Притягивающие многообразия (2) могут быть интерпретированы как задаваемые целевые множества, к которым неизбежно должна притягиваться ИТ из произвольного начального состояния, а затем двигаться вдоль них.

Макропеременные $\psi(x_1, \dots, x_n)$ должны удовлетворять функциональному уравнению

$$T\dot{\psi} + \phi(\psi) = 0, \quad (4)$$

которое при $\phi(\psi)\psi > 0$ и $T > 0$ является уравнением Эйлера-Лагранжа относительно устойчивых экстремалей, доставляющих минимум сопровождающему оптимизирующему функционалу

$$J_{\Sigma} = \int_0^{\infty} [\phi^2(\psi) + T^2 \dot{\psi}^2(t)] dt, \quad (5)$$

на траекториях движения замкнутой системы”, где T – весовой коэффициент, запрещающий длительное существование производной.

Из цитаты следует, что в основу теории положена вариационная задача на условный экстремум с конечными (голономными) (3) и в форме дифференциальных уравнений (неголономными) (1) связями [3]. А как известно из теории вариационного исчисления функции, доставляющие экстремум, должны удовлетворять условиям, определяемыми уравнениями связи. Так что вопреки заявлению автора работы [2] осуществляется не перевод изображающей точки (ИТ) системы (1) из произвольного начального состояния $x_0(x_{10}, \dots, x_{n0})$ сначала в окрестность инвариантного многообразия $\psi(x_1, \dots, x_n) = 0$, а само решение задачи Эйлера-Лагранжа изначально обеспечивает взаимное изменение переменных состояния в соответствии с соотношением (3).

Вызывает возражение заявление автора [3] о том, что уравнение (4) является уравнением Эйлера-Лагранжа, соответствующее функционалу (5). Если в функционале (5) переменных две: $\phi(\psi)$ и $\psi(t)$, то почему уравнение Эйлера (4) только одно, а не два в соответствии с количеством функций. Если функция одна, то почему по-разному обозначена функция $\phi^2(\psi)$ и ее производная $\dot{\psi}^2(t)$, переменные в неголономной связи – дифференциальные уравнения объект управления (1).

Синергетика изучает самоорганизующиеся большие системы. Автор работы [2] вводит новое понятие направленной (управляемой) самоорганизации. Направленная самоорганизация обеспечивается вектором управления u и призвана направлять процессы самоорганизации в большой системе в желаемом направлении. Демонстрацию самоорганизации и направленной самоорганизации автор работы [2] демонстрирует на примере, позаимствованном у основателя синергетики и автора ее названия Г. Хакена:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}(t) &= \lambda_1 x - xy, \\ \dot{y}(t) &= -\lambda_2 y + x^2, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

и та же система подготовленная для реализации направленной самоорганизации за счет использования вектора управления u :

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}(t) &= \lambda_1 x - xy, \\ \dot{y}(t) &= -\lambda_2 y + x^2 + u \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

В качестве инвариантного многообразия (3) автор [2] принимает правую часть второго уравнения (6), не приводя обоснования того, из каких соображений это делается:

$$\psi(x, y) = x^2 - \lambda_2 y, \quad (8)$$

присваивает его функции $\psi(x, y)$, которую называет макропеременной и которая должна удовлетворять функциональному уравнению (4) с тем отличием, что теперь функция и ее производная, входящие в уравнение (4) имеют одинаковые имена, совпадающие с именем макропеременной (8), что подтверждает наши соображения по этому поводу:

$$T\dot{\psi}(t) + \psi = 0, \quad (9)$$

где T – постоянная времени, определяющая инерционность системы. В функционале (5) она играет роль весового коэффициента влияния производной $\dot{\psi}(t)$. Подстановка в последнее соотношение функции $\psi(x, y)$ из (8) с учетом уравнений объекта (6) находит выражение для управления u :

$$u = \left(\frac{2\lambda_1}{\lambda_2} - 1 \right) x^2 - \frac{2}{\lambda_2} x^2 y + \lambda_2 y + \frac{1}{2T_1} \psi. \quad (10)$$

Из уравнения (10) следует, что управление сформировано только из внутренних переменных и функции ψ , направленная самоорганизация формируется за счет внутренних переменных и исключено внешнее воздействие на систему. Подставляя значение u из (10) в (7) автор [2] Колесников А.А. получил систему с направленной (управляемой) самоорганизацией:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}(t) &= \lambda_1 x - xy, \\ \dot{y}(t) &= -\lambda_2 y + x^2 + \left(\frac{2\lambda_1 x^2}{\lambda_2} - x^2 - \frac{2}{\lambda_2} x^2 y + \lambda_2 y + \frac{1}{\lambda_1 T_1} \psi \right). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Если внимательно проследить за подстановками выражений при выводе закона управления (10), то можно заметить их зацикливание, которое при подстановке u из (10) в (11), привело к сокращению слагаемых правой части второго уравнения объекта (7) (они в (11) для наглядности перечеркнуты) и замене их производными, образованными подстановкой $\psi(x, y)$ из (8) в (9). Так что все управление направленной самоорганизацией осуществляется производной от внутренней макропеременной $\psi(x, y)$ из соотношения (8) и только через внутренние обратные связи. Как и самоорганизующаяся система (6), система с направленной самоорганизацией не имеет входов для внешнего воздействия. За счет введенных обратных связей изменяются только параметры внутренней самоорганизации, очевидно, способные каким то образом за счет изменения взаимосвязей качественно или количественно или то и другое изменить в процессах самоорганизации.

Чтобы подтвердить это проведем сравнительный анализ системы с самоорганизацией (6) по Хакену Г. и направленной самоорганизацией (11) по Колесникову А.А. Для этого выполним моделирование систем (6) и (11) используя следующие значения параметров: $y_0=3$, $x_0=20$ – начальные значения переменных состояния; $\lambda_1=10$, $\lambda_2=1000$, $T=1$, 0.1 , 0.01 . Созданные модели объединены в одну схему и представлены на рисунке 1.

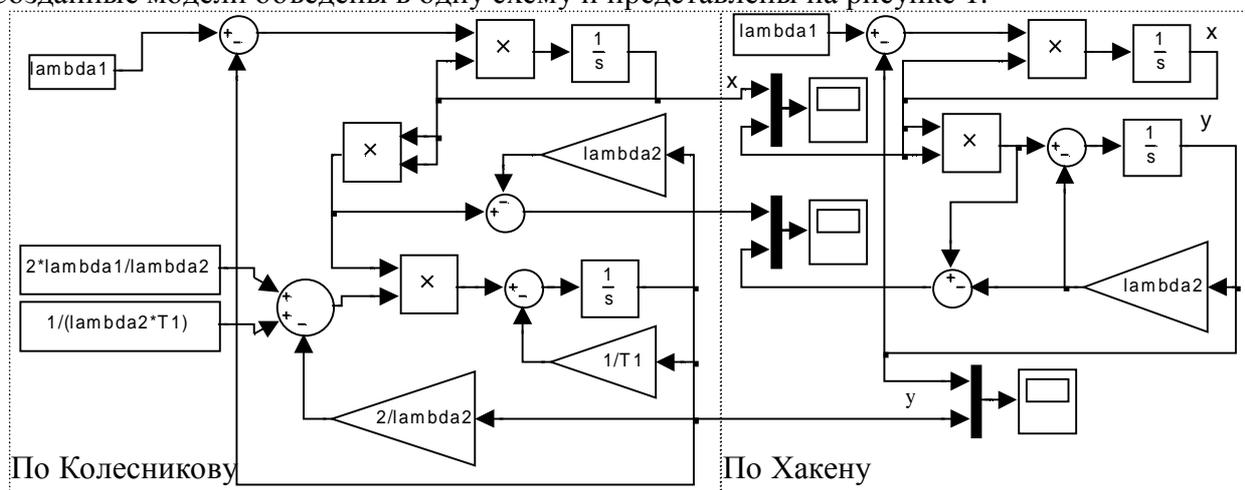


Рисунок 1 – Модели систем по Г. Хакену (11) и А.А. Колесникову (6)

На рисунке 2 показаны осциллограммы изменения координат x и y для процессов по модели с самоорганизацией Г. Хакена (обозначены индексом x) и для модели направленной самоорганизации по А.А. Колесникова (обозначены индексом k) для весового коэффициента $T=0.001$ в соотношении (4). Поскольку, как уже отмечалось, вес производной составляет 0.1% от сигнала направленной самоорганизации, мал и процессы в обеих системах совпадают и на рисунке 2 сливаются в одну линию.

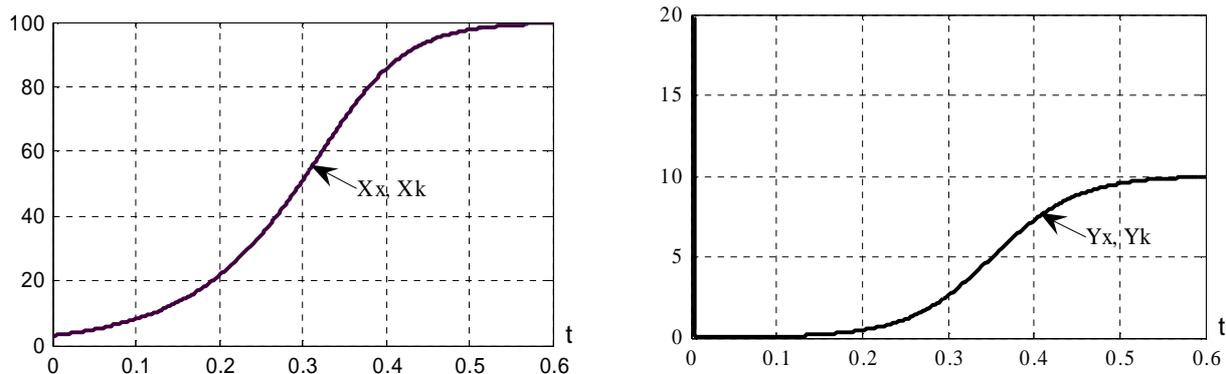


Рисунок 2 – Переходные процессы по координатам x и y для $T=0.001$

На рисунке 3 показаны те же процессы, что и на рисунке 2, но с той разницей, что весовой коэффициент производной в функции (4) увеличен до $T=0.1$. Изменение выходной координаты в системе с направленной самоорганизацией x_k этом случае хотя практически повторяет изменение координаты в системе самоорганизацией x_x , но с запаздыванием в 0.2 с, что составляет 33% от времени переходного процесса. Также медленно обрабатывается и внутренняя переменная y_k . Если в начальный период переменная y_x в масштабе графика практически мгновенно с 20 уменьшается до нуля, то переменная y_k подобное спадание происходит за время в 0.4с.

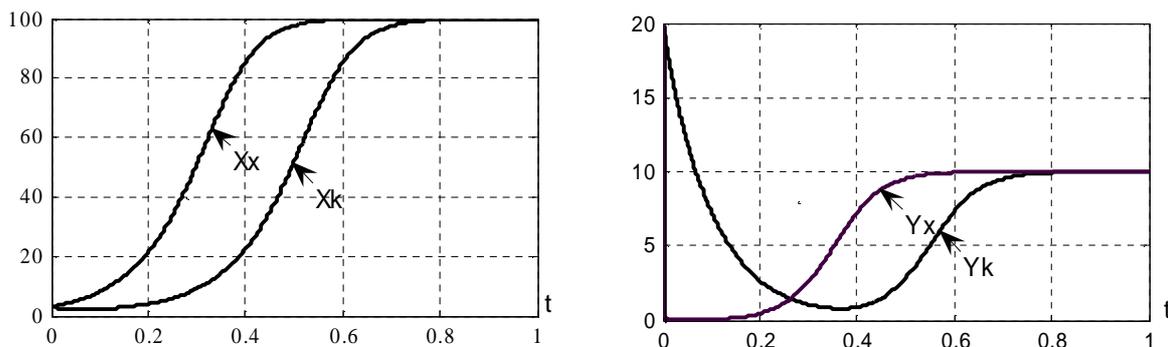


Рисунок 3 – Переходные процессы по координатам x и y для $T=0.1$

Еще хуже дело обстоит при $T=1$ (рисунок 4). Здесь запаздывание составляет около 2 с. Так что имеем не улучшение динамических процессов, а существенное их ухудшение.

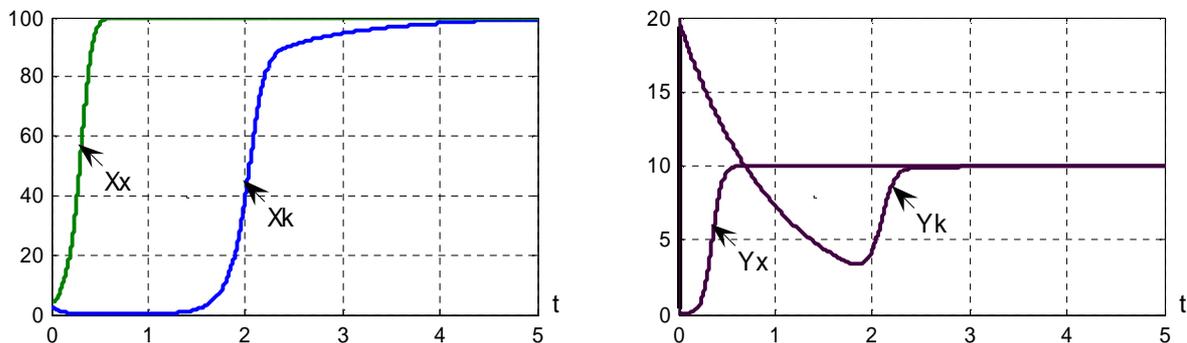


Рисунок 4 – Переходные процессы по координатам x и y для $T=1$ с

Произведенные исследования дают основание сделать вывод, что направленная самоорганизация по [2] позволяет только увеличить инерционность процессов, только в

пределе приближаясь к процессу по Г. Хакену. Качественная картина остается практически неизменной. Цель такого рода направленной самоорганизации остается неясной.

Изучаемая модель в литературных источниках трактуется как упрощенное отображение взаимоотношения биологических популяций “Хищник-жертва”, причем хищник обозначен переменной y , а жертва – переменной x .

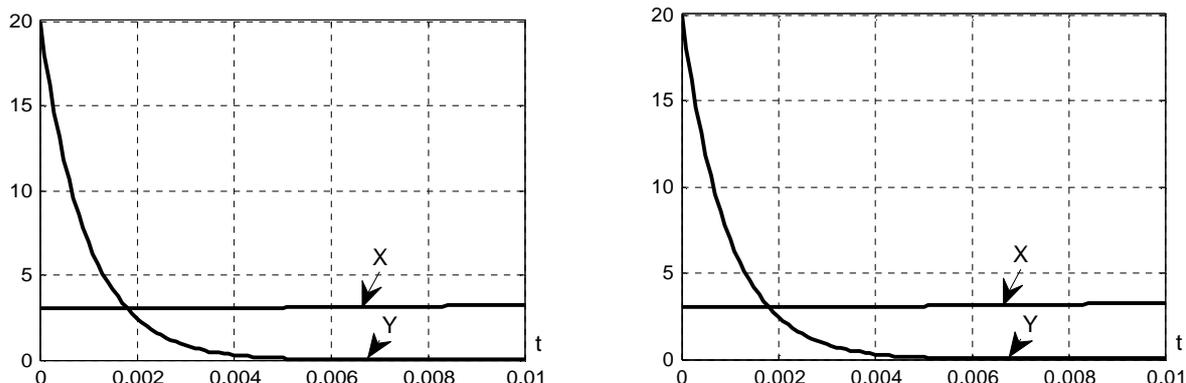


Рисунок 5 – Начальный этап взаимодействие системы “Хищник-жертва” при $T=0.001$

Из рисунка 5 следует, что при $T=0.001$ процессы в системах с самоорганизацией и направленной самоорганизацией в начальный период практически совпадают. При малом количестве жертв x хищники интенсивно вымирают. При уменьшении числа хищников количество жертв начинает медленно нарастать, постепенно наращивая темп нарастания, причем процессы остаются совпадающими вплоть до установившегося равновесия (рисунок 6). На рисунке 6 и последующих рисунках динамическая кривая изменения количества хищников Y для лучшего визуального восприятия приведена в увеличенном в пять раз масштабе.

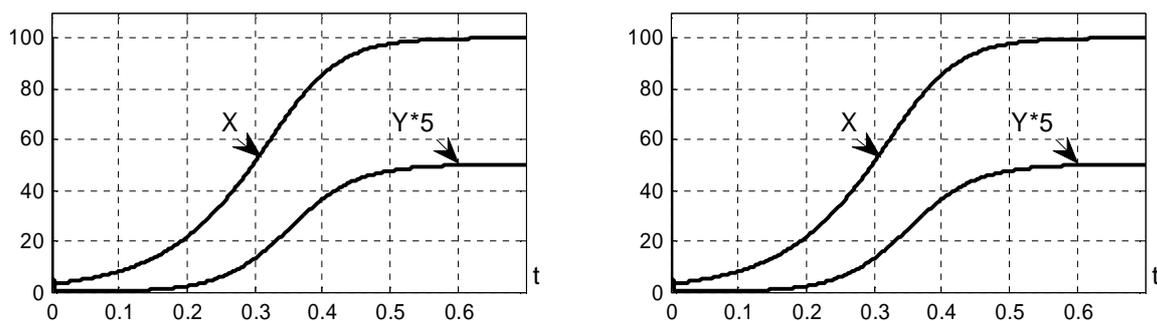


Рисунок 6 – Взаимодействие системы “Хищник-жертва” при $T=0.001$

Динамические процессы при увеличении T расходятся во все большей мере. В этом нет ничего удивительного, поскольку процессы связаны с однородным дифференциальным уравнение (9) первого порядка, от постоянной времени T которого и зависит инерционность процессов. Отличие от чистой экспоненты объясняется нелинейностью модели объекта (11). Если согласно рисунку 5 популяция хищников уменьшается до величины, близкой к нуля за время $t=0.005$, то в системе с направленной самоорганизацией этот процесс растягивается до $t=0.4$ при $T=0.1$ (рисунок 7), до $t=2$ при $T=1$ (рисунок 8).

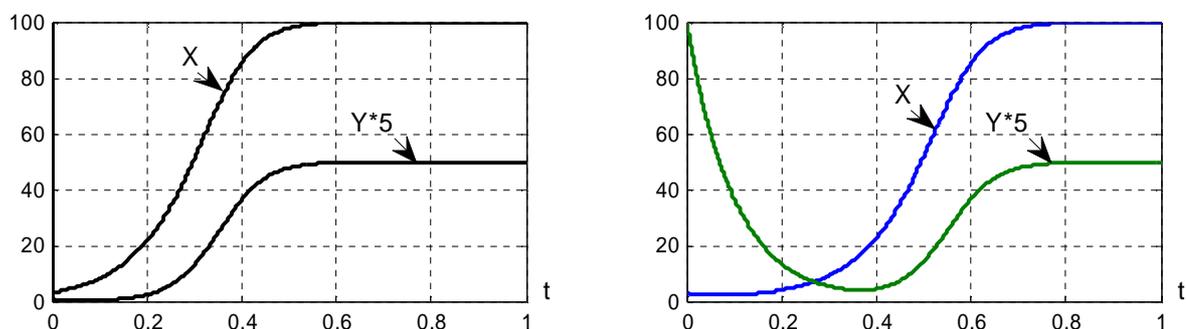


Рисунок 7 – Взаимодействие системы “Хищник-жертва” при $T=0.1$

Если при $T=0.1$ (рисунок 7) популяции жертв еще не грозит вымирание, то при $T=1$ в начальный период количество жертв падает до величины, близкой к нулю, и популяция жертв длительное время находится под угрозой полного вымирания.

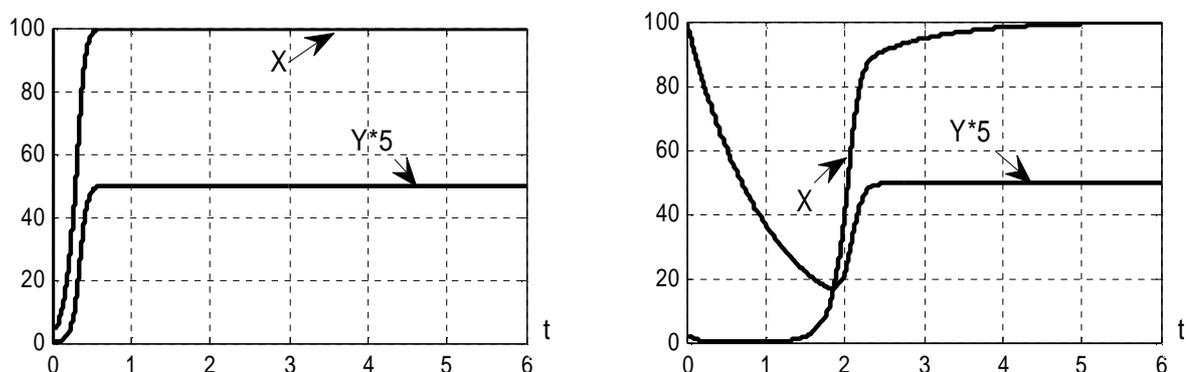


Рисунок 8 – Взаимодействие системы “Хищник-жертва” при $T=1$

Проведенный анализ показывает, что метод направленной самоорганизации не обеспечивает улучшения протекания динамических процессов и без доработки не может быть использован для улучшения динамических показателей векторного частотного управления электроприводом, оснащенном асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.

Как известно [1], высококачественное управление нелинейным асинхронным электроприводом без линеаризации характеристик является задачей, которая еще далека до своего завершения и идея автора работы [2] использовать идеи направленной самоорганизации для построения теории аналитического конструирования регуляторов для управления объектами с существенно нелинейными и даже неустойчивыми характеристиками заслуживает пристального внимания и ждет своего уточнения и дальнейшего развития. Привлекательным является и то, что в основу положены методы вариационного исчисления, которые существенно проще и нагляднее принципа максимума и в отличие от последнего проще обеспечивают процесс построения структуры и параметров регулятора.

Последнее может вызвать возражение в том плане, что вариационное исчисления обеспечивает решение в открытом пространстве управлений и координат объекта. Но, как показывает ряд исследователей, например [5], это затруднение достаточно легко разрешимо как при учете ограничения управлений, так и переменных объекта управления. Особенно удобен метод, предложенный Н.Н. Гернет, суть которого изложена в работе [5].

Нами предполагается следующий путь уточнения и развития метода, предложенного в работе [2]. Как и в работе [2], рассматриваем нелинейный объект (1), в который, в общем случае, нелинейно входят как управления, так и переменные состояния. Автор [2] заостряет внимание на выборе критерия, непосредственно вытекающего из физической сущности решаемой задачи, но учет свойств объекта автор [2] решает своеобразным способом. Вводит в критерий опосредованным образом через переменную ψ критерия (5) правые части объекта управления (1). Как это связано с качественными показателями управления, автор работы [2] не раскрывает.

Очевидно, физическую сущность процесса управления отражает простейший классический квадратичный критерий $J = \int_0^{\infty} x^2(t)dt$, где x – отклонение управляемой координаты от желаемого значения. Этот критерий обеспечивает минимум среднеквадратичной ошибки и в такой постановке обеспечивает неосуществимые безынерционные процессы, предполагающие источник энергии бесконечно большой мощности и разрешает существование больших отклонений производной управляемой координаты. Поэтому в критерий волевым порядком вводятся слагаемые либо с производной, либо с управлением, чтобы обеспечить их конечное значение. Но это уже не

критерий оптимальности, а решения компромисса с введением весовых коэффициентов. На наш взгляд, последний критерий достаточно хорошо учитывает реальные требования объекта, а инерционность объекта и конечность управления можно учитывать ограничениями управления и координат объекта управления, но с использованием не принципа максимума, а вариационного исчисления с обобщенным уравнением Эйлера, как это предлагается в работе [5]. Макропеременную ψ целесообразно сохранить, отобразив в ней не статическую, а динамическую цель управления.

Литература

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 272 с.
2. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного анализа [Текст] / А.А. Колесникова. М.: КомКнига, 2006. – 240 с.
3. Синергетика: процессы самоорганизации и управления. Учебное пособие / под общей редакцией А.А. Колесникова и др. В 2-частях. Таганрог. Изд-во ТРТУ. 2004. Ч. II – 358с.
4. Эльсгольц Л.Э. Вариационное исчисление. / Л.Э. Эльсгольц. М.: ЛКИ. – 2008. – 208с.
5. Абдуллаев Н.Д. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов / Н.Д. Абдуллаев, Ю.П. Петров. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние. 1085. – 240 с.

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА «ПРОФИЛЬ 2500» – ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ГЕОМЕТРИИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС С УЧЕТОМ ИЗНОСА ОПОРНЫХ ВАЛКОВ

Ю.Б. Кухта

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск*

С точки зрения технологии производства значимое влияние на плоскостность и форму поперечного сечения горячекатаных полос оказывает степень износа опорных валков клетки кварто [1-2]. Известно, что накапливающиеся изменения первоначального профиля валков приводят к снижению точности прокатки, изменению условий контакта между рабочими и опорными валками, возникновению трудностей с получением листового металла требуемого качества. Причем, характер и интенсивность износа определяется всем комплексом технологических условий прокатки. Поэтому необходимо учитывать износ поверхностного слоя, как фактор, оказывающий значительное влияние на форму межвалкового зазора и геометрию полосы [3].

В работе была поставлена цель: разработать программную систему, основная задача которой – прогнозирование плоскостности и профиля поперечного сечения полос с учетом текущего состояния образующей бочки опорных валков чистовой группы широкополосного стана горячей прокатки (ШСП). Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: построить модель износа опорных валков клетки кварто с использованием дискретного представления конечной величины, причем учесть максимальное количество влияющих факторов, четко определив их воздействие, выразив его в адаптивных коэффициентах; разработать алгоритм, основанный на математической модели нагрузок и деформаций валковой системы кварто, дополненной учетом износа опорных валков и на его базе спроектировать программную систему «Профиль 2500».

В ходе исследования 25 характерных кампаний работы опорных валков, относящихся к периоду с ноября 2006 года по октябрь 2007 года в листопрокатном цехе №4 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат (ММК)», осуществлялись замеры текущего износа для каждого валка. Данные помещались в единую базу. Последовательно производился их анализ после окончания каждой кампании, который выполнялся следующим образом: строились профилограммы на основе полученных замеров для верхних

и нижних валков каждой клетки. Оценивалась глубина истирания поверхности бочки по всей ее длине путем сравнения со значением начального профиля. Параллельно производился анализ отработанных за период кампании «монтажей». В производственной терминологии «монтаж» - план производства листового проката, подразумевающий учет всей необходимой информации о последовательности выпуска продукции и ее характеристиках. Отметим, что каждый «монтаж» формируется исходя из реальных потребностей в производстве определенного проката, что обусловлено наличием того или иного заказа. Размер «монтажа» различен, следовательно, и километраж прокатанного металла сильно разнится. Значительно варьируется и количество произведенных полос в определенном диапазоне ширин, что сказывается на величине и характере распределения износа по длине бочки.

По результатам проведенного исследования был сделан вывод, что глубина истирания бочки валка связана с последовательностью прокатки полос различного типоразмера и общим количеством – километражем проката.

После проведенного детального изучения фактического процесса износа на примере 25 кампаний, а также анализа опубликованных ранее материалов различных исследований был разработан способ описания процесса износа опорных валков, ориентированный на максимально возможную точность прогнозирования. Учтены следующие аспекты: во-первых, допускается использование симметричной схемы при прогнозировании износа опорных валков относительно вертикальной оси; во-вторых, уравнение аккумулирует в себе две компоненты износа – равномерную и неравномерную часть и может быть представлено как суперпозиция составляющих $Z_{и} = Z_{р} + Z_{н\text{ер}}$. Первое слагаемое $Z_{р}$ согласно обширной информации и результатам исследований можно считать пропорциональным количеству прокатанного металла (Q , км) и интенсивности износа валков, характеризуемой $K_{и}$, мм/км. Коэффициент $K_{и}$ дает усредненную величину износа в миллиметрах на километр прокатанной полосы. В результате получаем:

$$Z_{р} = K_{и} \cdot Q \quad (1)$$

При конструировании второго слагаемого уравнения необходимо было учесть, что за одну кампанию прокатывается n полос разной ширины, каждая из которых, некоторым образом воздействует на валок, повышая степень его износа. Исследование множества кривых износа показало, что при прокатке n -ой полосы частная кривая может быть описана кривой, близкой к параболе. Однако, за кампанию работы валков происходит многократное последовательное наложение частных кривых износа, что численно характеризуется изменением величины $Z_{и}$ и носит накопительный характер.

С учетом сказанного второе слагаемое имеет вид:

$$Z_{н\text{ер}} = \sum_{j=1}^3 Z_{н\text{ер}j}, \quad (2)$$

$$Z_{н\text{ер}j} = Q K_{Нk} \left[\frac{12}{b^2 K_A^2} x_i^2 - 1 \right], \quad j = \overline{1,3}, k = \overline{1,3}, i = \overline{0,n} \quad (3)$$

Расчет $Z_{н\text{ер}}$, которая является кусочно-линейной функцией, производится в точках, полученных при разбиении половины длины бочки валка на n отрезков с шагом $\Delta x = x_{i+1} - x_i$, $x_i = \frac{L}{n} \cdot i, i = \overline{0, n}$. Значение коэффициента k определяется в зависимости от значения x_i , а именно: если $x_i \in [0;600]$, тогда $k=1$; если $x_i \in [601;850]$, тогда $k=2$; если $x_i \in [851;1250]$, тогда $k=3$, где x_i – абсциссы узлов равноудаленных точек, расположенных вдоль поверхности бочки опорного валка; n – число разбиений на половине длины бочки валка; Q – количество прокатанного металла, м; L – половина длины бочки опорного валка, м; b – половина ширины прокатываемой полосы, м.

В представленном соотношении были введены коэффициенты, учитывающие абразивный износ (коэффициент K_A , согласно многочисленным исследованиям, зависит от ширины прокатываемых полос – больше на 10-50%) и неравномерность распределения

выработки по длине бочки опорного вала (дискретно-переменный коэффициент K_n принимающий различные величины на краевых и центральном участках бочки опорного вала и зоне перехода между ними).

Все перечисленные особенности обобщены в итоговой формуле:

$$Z_{ij} = K_{ij} \cdot Q + Z_{\text{пер}j} \quad (4)$$

Достоинством предложенной методики является то, что сформулированный подход к описанию износа опорных валков удобно применять на практике и достаточно несложно адаптировать, т.к. все исходные данные доступны для проведения расчетов. Следует так же отметить, что любая методика будет узконаправленной и достаточно адекватной при наличии условий, характерных для объекта, на основе которого осуществлялось ее построение. Но общий подход к прогнозированию может быть применен для аналогичных процессов [4-5].

Для оценки адекватности предложенной методики определения износа опорных валков было выполнено сравнение расчетных значений износа, полученных с использованием формулы (4), с результатами измерений. Точность прогнозирования оценивали с помощью критерия Фишера. В результате для основного массива данных точность прогнозирования (соответствие критерию Фишера) оказалась не ниже 81%, что является приемлемым для прогнозирования величин с влиянием множества факторов, природа которых трудно поддается математическому описанию. Полученные результаты подкрепили продуктивность предложенного математического описания процесса износа опорных валков. Следует отметить, что даже тогда, когда отклонения между расчетными и опытными данными существуют, они остаются в приемлемом диапазоне (характер фактического износа и в этих случаях соответствует расчетным).

Разработанное описание было использовано в качестве дополнения к существующей математической модели нагрузок и деформаций валковой системы кварто [7-8], что позволило достаточно точно прогнозировать форму поперечного профиля и плоскостность полосы.

Все выше описанное легло в основу программы «Профиль 2500», основная задача которой заключается в получении количественных представлений о форме поперечного сечения прокатываемых полос и их плоскостности в каждой клетке чистой группы стана 2500 горячей прокатки ОАО «ММК», а так же в использовании методов регулирования с целью устранения возможных дефектов. Программа включает в себя два модуля. Первый позволяет определить характеристики валков чистой группы (рисунок 1), ввести и анализировать информацию о произведенном прокате за прошедший период кампании, а также учтя все перечисленное, спрогнозировать текущий износ бочки опорных валков чистой группы ШСГП (рисунок 2).

Характеристика валков клеток чистой группы							
Рабочие валки							
Рабочие валки	5	6	7	8	9	10	11
Профилировка верх	-1	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Профилировка низ	-1	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Ø, мм	800	800	700	700	700	700	700
Опорные валки							
Опорные валки	5	6	7	8	9	10	11
Профилировка верх	2	2	2	2	2	2	2
Профилировка низ	2	2	2	2	2	2	2
Ø, мм	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Дополнительные характеристики опорных валков							
№ п/п	1 валок	2 валок	3 валок	4 валок	5 валок	6 валок	7 валок
Тв(1)/Мяг(2)	1	1	1	1	1	1	1
Профиль	2	2	2	2	2	2	2
Дата завалки	10.19-1	10.19-1	10.19-1	10.19-1	10.19-1	10.19-1	10.19-1
Дата вывалки	10.29-2	10.29-2	10.29-2	10.29-2	10.29-2	10.29-2	10.29-2

Рисунок 1 – Характеристики валков

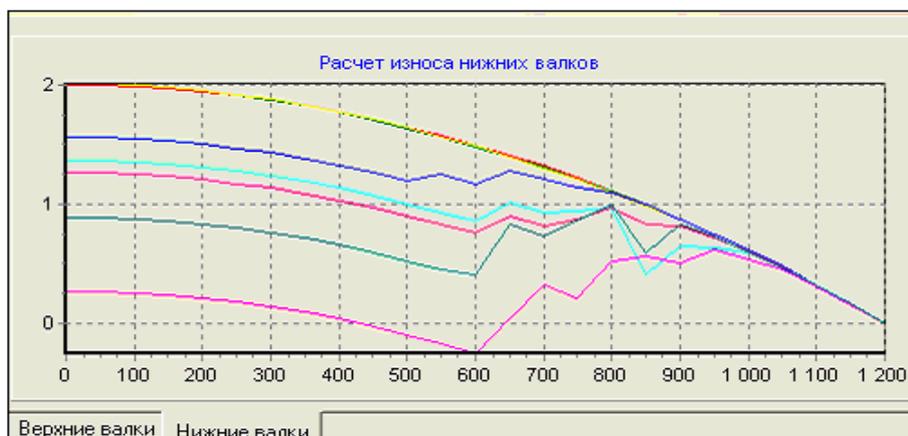


Рисунок 2 – Прогнозируемый профиль опорных валков

Второй модуль предоставляет возможность проанализировать партии «монтажа» на предмет образования дефектов геометрии полосы с учетом текущего состояния образующей опорных валков (рисунок 3). Следует отметить, что информация о произведенных и планируемых к выпуску партиях «монтажей» вводится в автоматическом режиме из файла, сформированного по результатам отбора необходимой информации из корпоративной информационной системы ОАО «ММК».

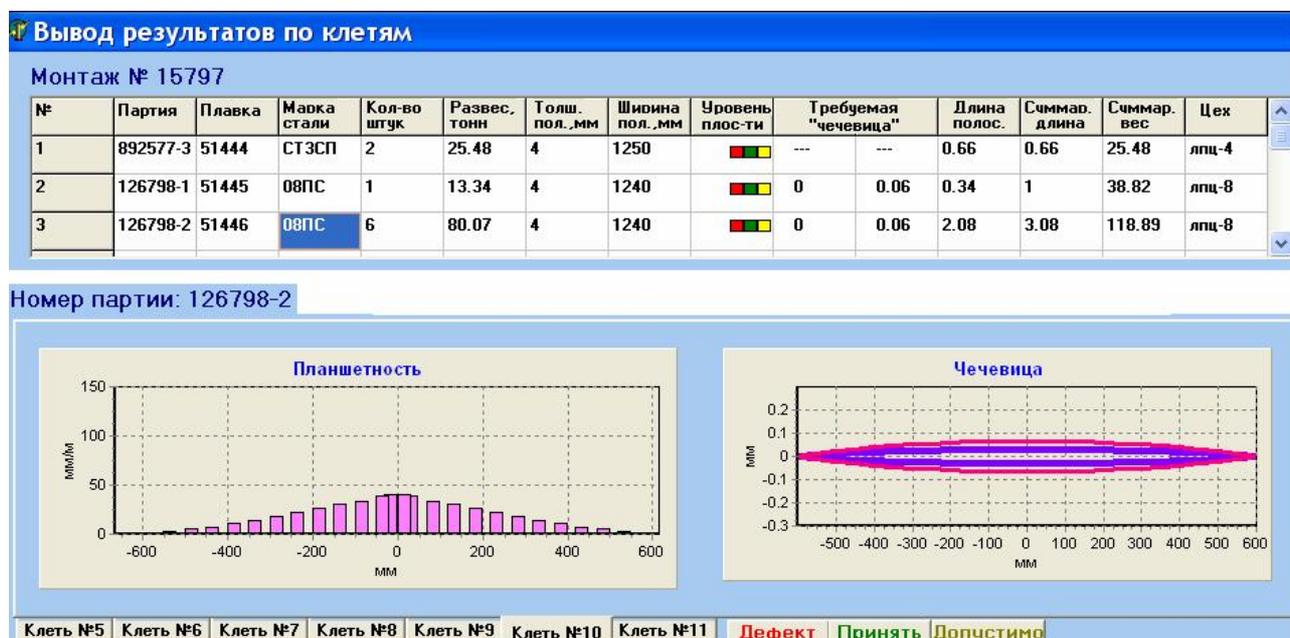


Рисунок 3 – Геометрия полосы (партии) анализируемого монтажа

С исследовательской точки зрения использование такой программной системы позволяет решать задачи поиска начальных (станочных) профилировок валков клетей кварту, определять величину противоизгиба рабочих валков клетей чистовой группы и осуществляя их решение в любой временной момент кампании опорных валков при любых степенях и характерах их износа.

Программа «Профиль 2500» применяется для инженерного анализа в качестве своеобразной виртуальной модели работы чистовой группы клетей ШСП 2500 ОАО «ММК». Начальные параметры, адаптивные коэффициенты, режимы противоизгиба рабочих валков вводятся пользователем и могут корректироваться, после чего производится расчет значений поперечного сечения полосы на входе и выходе из каждой клетки, а также ее плоскостности. Такой подход дает наглядное представление о методах компенсации износа опорных валков с целью предупреждения формирования дефектов конечного продукта прокатного производства. Анализ общей картины позволяет делать вывод о технологической

приемлемости тех или иных установочных и расчетных параметров (профилировка валков, плоскостность и форма поперечного сечения, совместимость позиций сортамента по требованиям к профилю) с учетом наличия информации о планируемом выпуске проката.

Программа «Профиль 2500» (свидетельство № 9738 отраслевого фонда алгоритмов и программ федерального агентства по образованию) внедрена в инженерную производственную практику на ШСП 2500 (листопрокатный цех №4 ОАО «ММК»). Практическое применение разработок позволило в течение 2008 года добиться снижения выхода несоответствующей продукции по дефектам плоскостности (волнистость, коробоватость) с 0,22% (2007 г.) до 0,15%. Так же снизился выход второго сорта холоднокатаного металла по дефектам, связанным с несовершенством поперечного профиля подката до 0,02% за 2008 год (0,08% – 2007 г.).

Литература

1. Коновалов Ю.В., Галкин Д.П. и др. Повышение точности листовой прокатки. – М.: Металлургия, 1978 – 295с.
2. Ковынев М.В., Миллер В.В.. Производство листового металла. – М.: Металлургия, 1976 – 224с.
3. Радюкевич Л.В., Мельцер В.В., Салганик В.М. и др. Интенсификация производства листовой стали на широкополосных станах, Москва, Металлургия, 1991
4. Трейгер Е.И., Приходько В.П.. Повышение качества и эксплуатационной стойкости валков листовых станов. М.: Металлургия, 1988 – 191с.
5. Третьяков А.В., Гарбер Э.А., Давлетбаев Г.Г.. Расчет и исследование прокатных валков. М.: Металлургия, 1976 – 256с.
6. Прогнозирование профиля, плоскостности горячекатаных полос и теплового состояния рабочих валков стана 2500 горячей прокатки (Профиль2500) / В.М. Салганик, П.П. Полецков, Кухта Ю.Б. //Свидетельство об отраслевой регистрации разработки №9738. 01.02.08.
7. Салганик В.М., Мельцер В.В. Исследование на ЭВМ деформаций и нагрузок валковой системы кварты: Учеб. пособие.- Магнитогорск, 1987. – 77с.
8. Salganik V. Mathematical modeling of roll load and deformation in a four-high strip mill. MetallForming 2002. The University of Birmingham, UK, September 9-11, 2002

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ В ДОМЕННОМ ЦЕХЕ ОАО «ММК»¹

В.В. Лавров*, **А.А. Бурыкин***, **Н.А. Спирин***, **А.В. Краснобаев****

* ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург

** ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск

Обеспечение эффективной и стабильной работы доменного производства в современных условиях требует использования новых подходов к анализу производственных данных, основной которого является создание и внедрение интегрированных информационных программных комплексов для накопления, оперативной обработки и представления информации. В результате решения этой задачи разработан программный комплекс, который позволяет инженерно-технологическому персоналу доменного цеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») в интерактивном режиме проводить анализ производственных данных и прогнозировать работу доменных печей в различных производственных ситуациях.

¹Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0152

В основу метода, используемого при проектировании автоматизированного программного комплекса анализа и прогнозирования производственных ситуаций в доменном цехе, положены идеи и нотации известной методики структурного анализа и проектирования IDEF0 [1]. Нотация метода IDEF0 позволила представить все процессы проектируемого программного комплекса в виде графа, вершинами которого являются «функции», выполняемые в ходе процесса обработки информации. Метод IDEF0 использован для анализа проектируемой системы в целом как совокупности взаимосвязанных функций, в котором каждая из функций отделена от объекта, ответственного за ее выполнение. Результатом функционального моделирования явился набор диаграмм. Фрагмент первого уровня декомпозиции функциональной модели программного комплекса анализа и прогнозирования производственных ситуаций в доменном цехе представлен на рисунке 1.

На рисунке 2 представлена функциональная структура программного комплекса, которая состоит из нескольких основных подсистем. Пунктирные стрелки моделируют внешние связи системы с источниками и потребителями данных, сплошные – связи между информационными блоками.

Программный комплекс включает в себя следующие подсистемы.

1. *Сбор, первичной обработки и хранение данных.* На данном этапе происходит заполнение базы данных исходными данными, необходимых для анализа.

2. *Визуализация данных о работе доменных печей.* Обеспечивает построение трендов по указанным параметрам в любой комбинации за выбранный временной период.

3. *Сопоставительный анализ работы доменных печей и цеха.* Обеспечивает возможность сравнения работы цеха или печи по выбранным параметрам за заданный временной период.

4. *Формирование технического отчета о работе доменных печей и цеха.* Информационный блок предназначен для формирования технического отчета о работе печей и цеха в целом за заданные периоды работы печей и цеха.

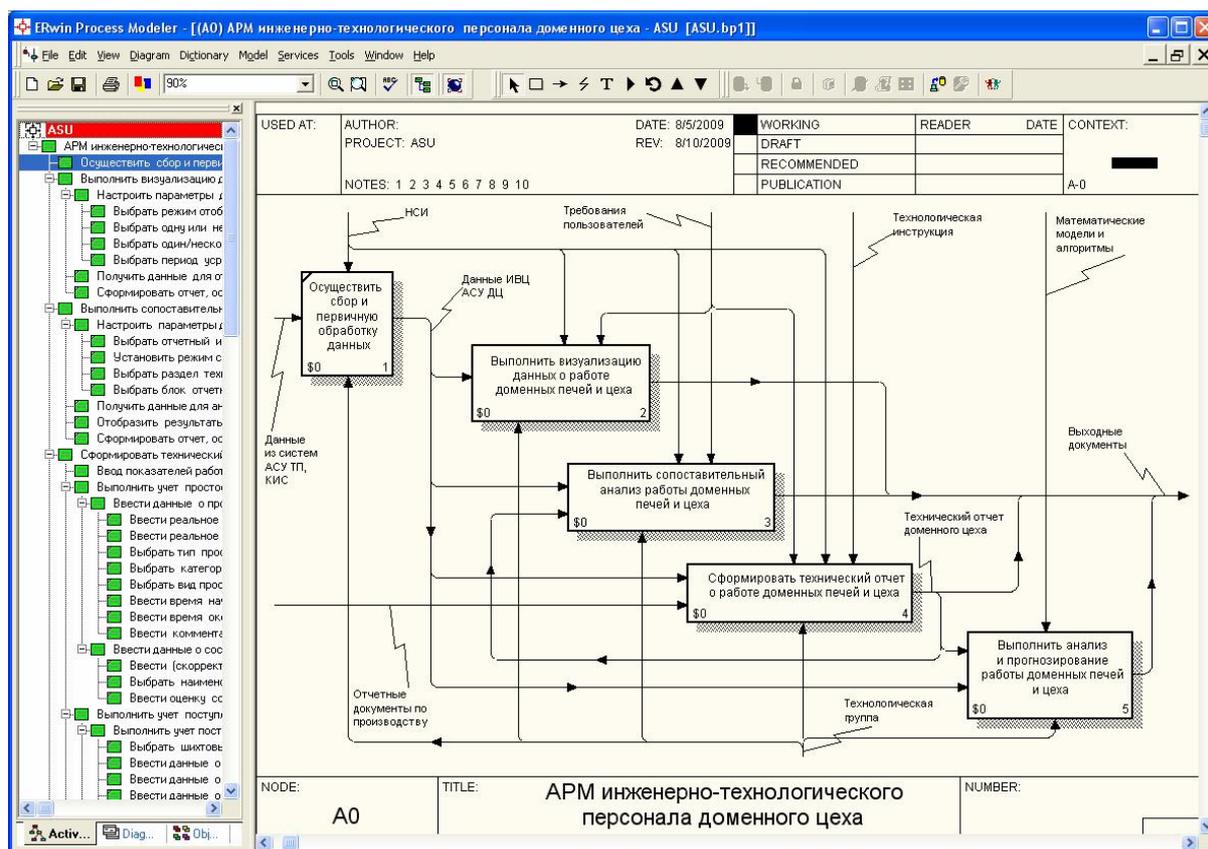


Рисунок 1 – Фрагмент функциональной модели программного комплекса

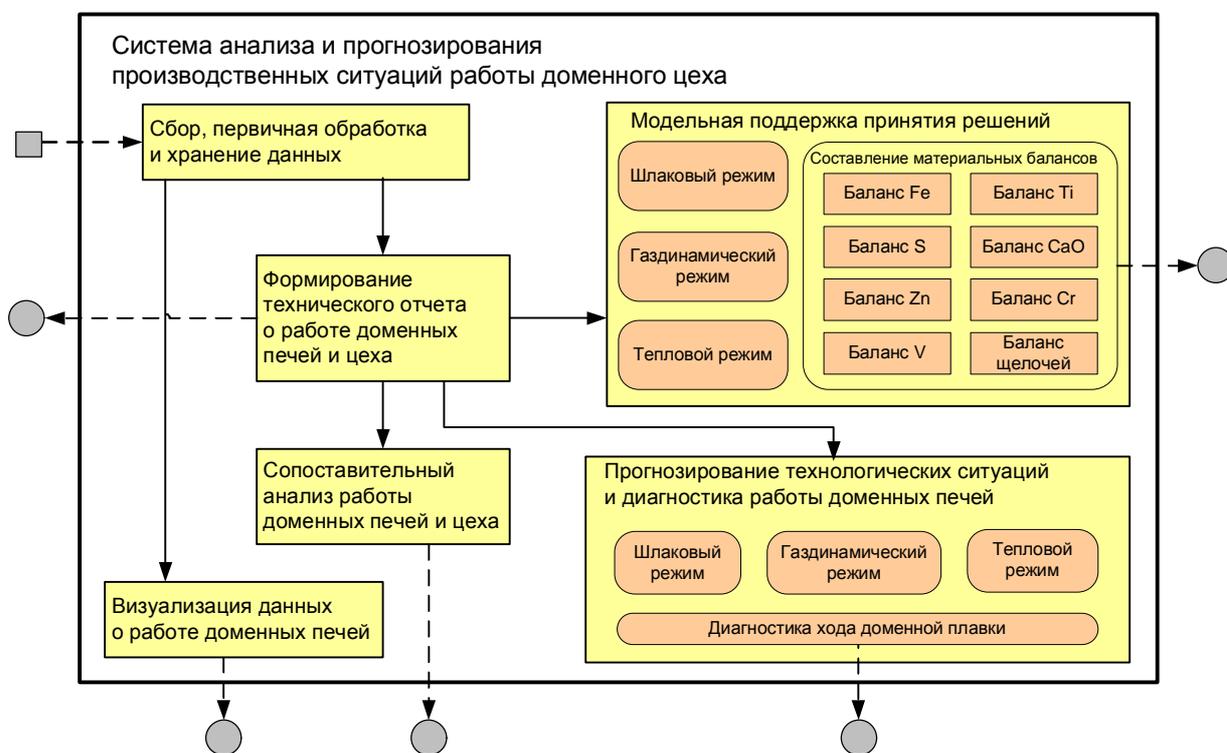


Рисунок 2 – Фрагмент структуры программного комплекса:

■ – источник данных; ● – потребитель данных

5. *Модельная поддержка принятия решений, прогнозирования технологических ситуаций и диагностика работы доменных печей.* В основу этой подсистемы положены модели для выбранного пользователем периода работы отдельных печей или цеха в целом:

- расчета свойств первичного и конечного шлака, обессеривающей способности конечного шлака и прогнозирования содержания серы в чугуне;
- моделирования дутьевого и газодинамического режима доменной плавки;
- балансы основных элементов доменной плавки (Fe, S, Zn, Ti, V, CaO, Cr и щелочей);

Анализ доменного процесса позволяет констатировать, что подсистема модельной система поддержки принятия решений анализа и прогноза работы доменного цеха должна включать следующие взаимосвязанные подсистемы более низкого уровня декомпозиции:

- шлакового режима;
- газодинамического режима;
- теплового режима;
- балансы элементов;
- диагностики хода доменной плавки.

Указанные подсистемы охватывают основные явления, свойственные доменному процессу. Каждая из этих подсистемы взаимодействует с другими блоками, подсистемами и внешней средой. Для прогнозирования технологических ситуаций также используются подсистемы шлакового, газодинамического и теплового режимов, расчета технико-экономических показателей доменной плавки (расхода кокса, производительности) при изменении дутьевых параметров, свойств кокса, соотношения компонентов железорудной части шихты и расхода флюсов.

Подробное описание разработанных математических моделей, алгоритмов и компьютерных программ, положенных в основу решения комплекса технологических задач в области доменного производства, представлено в литературе [2, 3].

Программный комплекс создан с использованием клиент-серверной технологии. На сервере с помощью механизма хранимых процедур производится автоматический сбор

данных за требуемый отчетный период из систем АСУ ТП, информационных систем комбината, обработка и выборка данных из таблиц базы данных по запросам пользователей. Клиентская часть, выполненная на основе объектно-ориентированного подхода, реализует интерфейс пользователя с базой данных, обработку данных с использованием математических моделей шлакового, газодинамического и теплового режимов доменной плавки, выполнение расчетов показателей для анализа и прогнозирования производственных ситуаций работы доменных печей и формирование отчетной документации.

Использованная технология построения программного комплекса имеет ряд преимуществ: централизованное администрирование, обеспечение безопасности и надежности хранения данных; гибкая настройка и разделение прав пользователей; масштабируемость системы и конфигурируемость программного обеспечения; упрощенная интеграция в существующие корпоративные информационные системы.

Разработанный программный комплекс интегрирован в корпоративную сеть ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО ММК) и позволяет инженерно-технологическому персоналу оперативно решать технологические задачи с использованием следующих программных модулей.

1. «Сравнительный анализ». Модуль осуществляет автоматическое извлечение из разделов технического отчета и обеспечивает формирование группы показателей для сравнительного анализа работы доменных печей и цеха за два произвольно выбранных периода их работы. Программное обеспечение позволяет формировать наборы показателей работы доменных печей в виде следующих информационных блоков: производство чугуна; график выпусков; интенсивность плавки по руде и сожженному углероду и коксу; качество чугуна и шлакового режима; дутьевой режим; газодинамический режим; тепловой режим; потери железа; факторный анализ.

Каждый из вышперечисленных информационных блоков содержит набор показателей, которые могут быть автоматически извлечены из базы данных доменного цеха и отображены на пользовательской форме (рисунок 3). Полученный на экране документ содержит помимо табличных данных также их визуальное представление в виде гистограммы. Итоговый отчет после предварительного просмотра и настройки можно экспортировать в форматы офисных документов или отправить на печать.

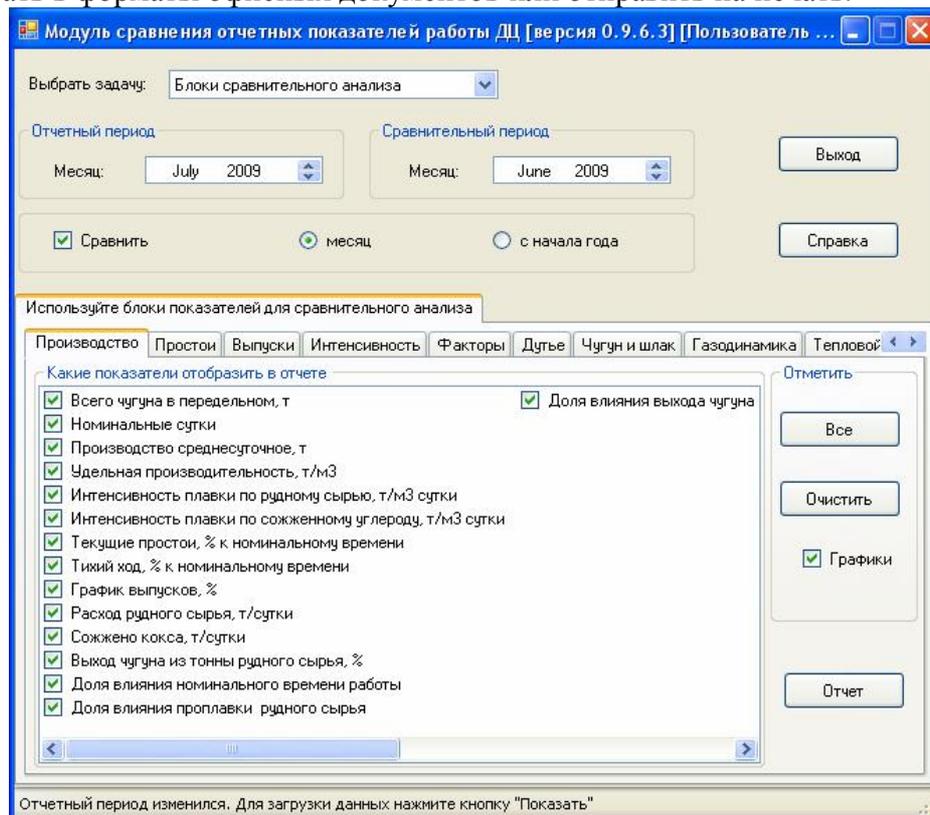
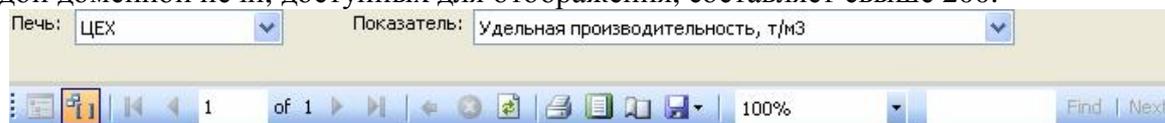


Рисунок 3 – Экранная форма модуля сравнения отчетных показателей

Большинство показателей, входящих в информационные блоки, являются отчетными и генерируются в базе данных в регламентируемые моменты времени (в начале месяца) с помощью программного обеспечения «Модуль технического отчета» системы «АРМ инженерно-технического персонала доменного цеха». Другая категория показателей является производной и должна быть рассчитана на основе отчетных показателей с использованием математических моделей.

2. «Тренды отчетных показателей». Производит отображение динамики изменения показателей на основании отчетной информации из модуля «Технический отчет» и других имеющихся компьютерных модельных систем. Фрагмент экранной формы предварительного просмотра в отчете динамики изменения одного из показателей представлен на рисунке 4. По желанию пользователя возможен выбор произвольного показателя по любой доменной печи или цеху, а также их сопоставление на графике. Общее количество отчетных показателей по каждой доменной печи, доступных для отображения, составляет свыше 200.



Технологические показатели работы доменных печей и цеха



Рисунок 4 – Экранная форма визуализации отчетных показателей работы доменных печей

3. «Балансы». Модуль производит автоматический расчет балансов железа, серы, цинка, титана, СаО, хрома, щелочей, ванадия по реально имеющейся в базе данных отчетной информации за выбранный пользователем период работы доменных печей и цеха. Предусмотрено формирование отчета в виде таблиц и гистограмм, а также визуализация соотношения статей балансов в виде экранных форм.

4. «Диагностика и прогноз». Модуль осуществляет диагностику и прогнозирование газодинамических режимов, шлакового режима, выбора состава доменной шихты с возможностью загрузки базовых периодов в автоматическом режиме из базы данных аглодоменного цеха.

Газодинамический режим. Диагностика газодинамического режима доменной плавки по фактическим показателям работы печи в базовом периоде: расчет газодинамических характеристик слоя шихтовых материалов, оценка скоростей фильтрации газа, изменения перепадов давления и степени уравнивания шихты, определение предельно допустимого расхода дутья и критических перепадов давления газа по высоте печи. Прогнозирование газодинамического режима при изменении расхода дутья, параметров комбинированного дутья, параметров загружаемой шихты, уровня засыпи и давления колошникового газа. Возможна установка любой комбинации указанных воздействий. Пользователю с помощью специальной экранной формы предоставлена возможность

корректировки гранулометрического состава агломерата и кокса через изменение процентного состава различных фракций.

Шлаковый режим. Программный модуль предназначен для решения следующих технологических задач: оценки свойств шлака при заданных расходах, составах железорудных компонентов доменной шихты, флюсующих материалов и параметров процесса; расчета требуемого расхода одного из флюсующих материалов при изменении сырьевых условий и параметров процесса для получения шлака с заданными свойствами; определение требуемого соотношения компонентов железорудной части шихты при изменении сырьевых условий и параметров процесса для получения шлака с заданными свойствами.

Выбор состава шихты. Программный модуль позволят определять оптимальный состав и расходы компонентов доменной шихты (агломерационной шихты), обеспечивающих рациональную производительность, расход кокса, свойства шлака при заданных дутьевых параметрах, свойствах кокса и составе получаемого чугуна. По фактическим показателям работы печи в базовом периоде рассчитываются параметры, определяющие процессы шлакообразования и десульфурацию чугуна. В проектный период по заданным дутьевым параметрам, составу чугуна, расходам и составам железорудных материалов и флюсующих добавок прогнозируются расход кокса, производительность печи и рассчитываются параметры, характеризующие шлаковый режим и производится диагностика возможности реализации доменной плавки.

Промышленная эксплуатация программного комплекса «АРМ технолога доменного цеха» на ОАО «ММК» позволила существенно сократить время на анализ производственных данных и подготовку отчетной документации. На основании полученных данных инженерно-технологический персонал может разрабатывать мероприятия для повышения эффективности доменного производства, прогнозировать работу доменных печей и цеха в целом в различных ситуациях при изменении поставок сырья, топлива, технологических режимов доменной плавки и принимать на основе анализа результатов моделирования соответствующие условиям обоснованные управленческие решения.

Литература

1. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с BPWin 4.0 – М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 224 с.
2. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П.Онорин, Н.А.Спирин, В.Л.Терентьев [и др]. Под ред. Н.А.Спирина. – Екатеринбург, УГТУ–УПИ. 2005. – 301 с.
3. Информационные системы в металлургии / Н.А.Спирин, Ю.В.Ипатов, В.И.Лобанов [и др.]. Под ред. Н.А.Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2001. – 617 с.

О КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПЛОСКОСТИ В ГПМ

И.В. Лазаренко

Омский государственный технический университет, г. Омск

При производстве любого изделия очень важно его качество. Таким образом, любое производство заинтересованно в снижении количества брака. Это справедливо и для автоматического производства. Задача автоматического контроля очень хорошо решена для массового и крупносерийного производства. Средствами автоматизации являются контрольно-сортировочные автоматы и автоматические приборы и системы для контроля размеров обрабатываемых деталей непосредственно в процессе обработки. В гибких производственных системах (ГПС), предназначенных для механической обработки деталей, за возникающими погрешностями следит оператор. Как же сделать контроль обработки на ГПС полностью автоматизированным? Для создания автоматизированной системы автоматического контроля в ГПС необходимо решить вопрос с наличием соответствующих

технических средств, а также математического и программного обеспечения для определения алгоритма функционирования системы.

Как правило в процессе металлообработки происходит работа с плоскостью. Для определения погрешности положения плоскости необходимо сравнить исходное положение (то которое записано в программе) и фактическое (то которое она заняла на самом деле в процессе базирования). Фактическое положение можно определить с помощью измерительной головки [1]. Теперь необходимо определить различие в исходном и фактическом положениях. Для этого разобьем их на угловые и линейные составляющие, и определим их величины.

Если связать с фактическим положением одну систему координат СК1, а с расчетным другую СК, то они будут смещены друг относительно друга. Смещение можно разбить на две составляющие: линейную и угловую.

Для устранения угловой погрешности будем использовать следующий метод [2]. Возьмем контрольную точку К с координатами (X, Y, Z) в расчетной системе координат (СК) OXYZ. И К1 с координатами (X1, Y1, Z1) в фактической системе координат (СК1) O1X1Y1Z1 (рисунок).

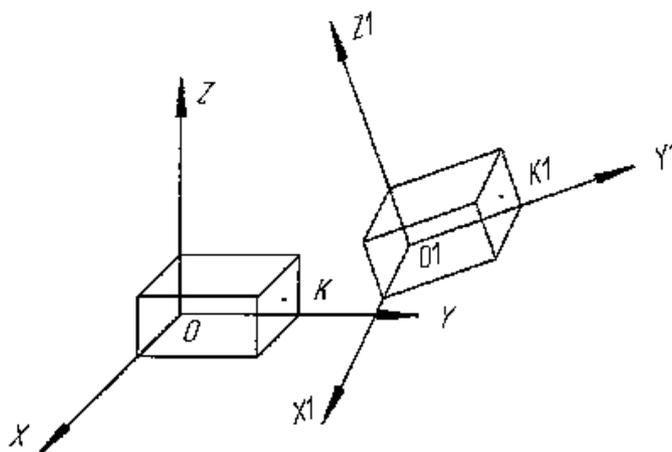


Рисунок – Смещение систем координат

Зададим контрольную точку К тела в его базовом положении:

$$K = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

После смещения тела эта точка будет иметь новые координаты, которые определяются матрицей:

$$K1 = M \cdot L \cdot K, \quad (2)$$

где L – матрица 4x4 линейных сдвигов, M – матрица 4x4 поворотов через углы Эйлера. Матрица поворотов через углы Эйлера формируется путем перемножения матриц элементарных поворотов в порядке, обратном порядку поворотов:

$$M = M\psi \cdot M\theta \cdot M\varphi. \quad (3)$$

Перемножаем эти матрицы и получаем следующее выражение:

$$M = \begin{pmatrix} C\psi * C\varphi - S\psi * C\theta * \varphi & -C\psi * S\varphi - S\psi * C\theta * C\varphi & S\psi * S\theta & 0 \\ S\psi * C\varphi + C\psi * C\theta * S\varphi & -S\psi * S\varphi + C\psi * C\theta * C\varphi & -C\psi * S\theta & 0 \\ S\theta * S\varphi & S\theta * C\varphi & C\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где C – косинус соответствующего угла, а S – синус. Теперь зная матрицу поворотов можно попробовать решить задачу численным методом с помощью пакета Maple.

Задаем координаты точки K до ее смещения (базовые координаты):

$$K := \text{array}(1..4, 1..1, [[100], [90], [10], [1]]). \quad (5)$$

Затем задаем координаты точки $K1$ после смещения:

$$K1 := \text{array}(1..4, 1..1, [[97.43594459], [92.87387627], [8.982193961], [1]]). \quad (6)$$

Для начала рассмотрим систему расчетных уравнений без учета линейных смещений (в 2 подставляем 5, 6 и 4):

$$\begin{aligned} 97.43594459 &= 100 * \text{Cos}(\psi) * \text{Cos}(\varphi) - 100 * \text{Sin}(\psi) * \text{Cos}(\psi) * \text{Sin}(\varphi) - \\ &- 90 * \text{Cos}(\psi) * \text{Sin}(\varphi) - 90 * \text{Sin}(\psi) * \text{Cos}(\psi) * \text{Cos}(\varphi) + 10 * \text{Sin}(\psi) * \text{Sin}(\theta), \\ 92.87387627 &= 100 * \text{Sin}(\psi) * \text{Cos}(\varphi) + 100 * \text{Cos}(\psi) * \text{Cos}(\psi) * \text{Sin}(\varphi) - \\ &- 90 * \text{Sin}(\psi) * \text{Sin}(\varphi) + 90 * \text{Cos}(\psi) * \text{Cos}(\theta) * \text{Cos}(\varphi) - 10 * \text{Cos}(\psi) * \text{Sin}(\theta), \\ 8.982193961 &= 100 * \text{Sin}(\theta) * \text{Sin}(\varphi) + 90 * \text{Sin}(\theta) * \text{Cos}(\varphi) + 10 * \text{Cos}(\theta). \end{aligned} \quad (7)$$

Находим численное решение с помощью пакета Maple для φ, ψ, θ :

$$\psi = 1.791834049, \theta = 6.292006177, \varphi = -1.762898043. \quad (8)$$

Получив значения углов, проводим проверку результатов. Для этого находим матрицу обратную (4) и умножим ее на (5). Получаем численное значение координат проверочной точки $K2$:

$$K2 := \text{array}(1..4, 1..1, [[97.43594457], [92.87387632], [8.982193920], [1]]). \quad (9)$$

Находим погрешность между координатами точек $K1$ и $K2$. Для этого из (9) вычитаем (6). Получаем следующее числовое значение:

$$\Delta = K2 - K1 = \begin{vmatrix} -2 * 10^{-8} \\ 5 * 10^{-8} \\ -4,1 * 10^{-8} \\ 0 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Получены результаты с точностью 10^{-8} , следовательно, полученная модель соответствует поставленной задаче и позволяет получить адекватный результат при контроле погрешности базирования, для приведения детали в расчетное положение.

Для нахождения линейных погрешностей воспользуемся следующим методом. Выделим у тела три взаимно перпендикулярные грани зададим на них шесть контрольных точек следующим образом:

- три точки $K1(X1, Y1, Z1)$, $K2(X2, Y2, Z2)$, $K3(X3, Y3, Z3)$, лежащие в плоскости OXY системы координат;
- две точки $K4(X4, Y4, Z4)$, $K5(X5, Y5, Z5)$, лежащие на грани, перпендикулярной к первой и совпадающей с координатной плоскостью OYZ ;
- одна точка $K6(X6, Y6, Z6)$, лежащая в плоскости, перпендикулярной первым двум и совпадающей с координатной плоскостью OXZ .

Уравнение первой плоскости будет иметь вид:

$$\begin{bmatrix} x - X1 & y - Y1 & z - Z1 \\ X2 - X1 & Y2 - Y1 & Z2 - Z1 \\ X3 - X1 & Y3 - Y1 & Z3 - Z1 \end{bmatrix} = 0, \quad (11)$$

или после вычислений

$$a1 \cdot x + b1 \cdot y + c1 \cdot z + d1 = 0,$$

где $a1 = Y2 * Z3 - Y2 * Z1 - Y1 * Z3 - Z2 * Y3 + Z2 * Y1 + Z1 * Y3$;

$$b1 = X1 * Z3 - X1 * Z2 + Z1 * X2 - X2 * Z3 - Z1 * X3 + X3 * Z2;$$

$$c1 = X2 * Y3 - X1 * Y3 - Y1 * X2 - X3 * Y2 + Y1 * X3 + X1 * Y2;$$

$$d1 = -X1 * Y2 * Z3 - X3 * Z2 * Y1 + X3 * Y2 * Z1 + X2 * Y1 * Z3 + X1 * Z2 * Y3 - \\ - X2 * Z1 * Y3.$$

Уравнение плоскости, проведённой перпендикулярно первой плоскости и проходящей через точки K4 и K5^

$$\begin{bmatrix} x - X4 & y - Y4 & z - Z4 \\ X5 - X4 & Y5 - Y4 & Z5 - Z4 \\ a1 & b1 & c1 \end{bmatrix} = 0, \quad (12)$$

или после вычислений

$$a2 \cdot x + b2 \cdot y + c2 \cdot z + d2 = 0,$$

где

$$a2 = c1 \cdot Y5 - c1 \cdot Y4 - b1 \cdot Z5 - b1 \cdot Z4;$$

$$b2 = -X5 \cdot c1 + X4 \cdot c1 - a1 \cdot Z4 + a1 \cdot Z5;$$

$$c2 = -X4 \cdot b1 + X5 \cdot b1 - a1 \cdot Y5 + a1 \cdot Y4;$$

$$d2 = a1 \cdot Z4 \cdot Y5 + X4 \cdot b1 \cdot Z5 + X5 \cdot c1 \cdot Y4 - X4 \cdot c1 \cdot Y5 - X5 \cdot b1 \cdot Z4 - a1 \cdot Y4 \cdot Z5.$$

Уравнение плоскости, проходящей через точку K6 перпендикулярно первым двум плоскостям

$$\begin{vmatrix} x - X6 & y - Y6 & z - Z6 \\ a1 & b1 & c1 \\ a2 & b2 & c2 \end{vmatrix}.$$

После вычислений получим уравнение плоскости в следующем виде

$$a3 \cdot x + b3 \cdot y + c3 \cdot z + d3 = 0,$$

где $a3 = b1 \cdot c2 - c1 \cdot b2$; $b3 = -a1 \cdot c2 + a2 \cdot c1$; $c3 = a1 \cdot b2 - a2 \cdot b1$;

$$d3 = -a2 \cdot c1 \cdot Y6 + a1 \cdot c2 \cdot Y6 - X6 \cdot b1 \cdot c2 + X6 \cdot c1 \cdot b2 + a2 \cdot b1 \cdot Z6 - a1 \cdot b2 \cdot Z6$$

Для определения линейных сдвигов тела найдём положение начала локальной системы координат смещённого тела. Начало координат является точкой пересечения координатных плоскостей и его координаты в неподвижной системе координат определяются следующим образом:

$$X_0 = -\frac{d1 \cdot b2 \cdot c3 - d1 \cdot c2 \cdot b3 - d2 \cdot b1 \cdot c3 + d2 \cdot c1 \cdot b3 + d3 \cdot b1 \cdot c2 - d3 \cdot c1 \cdot b2}{a1 \cdot b2 \cdot c3 - a1 \cdot c2 \cdot b3 - a2 \cdot b1 \cdot c3 + a2 \cdot c1 \cdot b3 + a3 \cdot b1 \cdot c2 - a3 \cdot c1 \cdot b2},$$

$$Y_0 = -\frac{a1 \cdot d2 \cdot c3 - a1 \cdot c2 \cdot d3 - a2 \cdot d1 \cdot c3 + a2 \cdot c1 \cdot d3 + a3 \cdot d1 \cdot c2 - a3 \cdot c1 \cdot d2}{a1 \cdot b2 \cdot c3 - a1 \cdot c2 \cdot b3 - a2 \cdot b1 \cdot c3 + a2 \cdot c1 \cdot b3 + a3 \cdot b1 \cdot c2 - a3 \cdot c1 \cdot b2},$$

$$Z_0 = -\frac{a1 \cdot b2 \cdot d3 - a1 \cdot d2 \cdot b3 - a2 \cdot b1 \cdot d3 + a2 \cdot d1 \cdot b3 + a3 \cdot b1 \cdot d2 - a3 \cdot d1 \cdot b2}{a1 \cdot b2 \cdot c3 - a1 \cdot c2 \cdot b3 - a2 \cdot b1 \cdot c3 + a2 \cdot c1 \cdot b3 + a3 \cdot b1 \cdot c2 - a3 \cdot c1 \cdot b2},$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты начала системы координат смещённого тела в исходной системе координат.

Этими величинами характеризуются линейные сдвиги тела фактической системы координат относительно исходной. В результате решения получены значения составляющих линейных и угловых погрешностей базирования. Для коррекции смещения используем обратные линейные смещения и углы Эйлера со знаком минус.

Литература

1. В.Г. Хомченко, А.В. Федотов. Математическое обеспечение для САП ЧПУ при управлении точностью обработки. – Омск: 2006. – 89 с.

2. И.В. Лазаренко. Об устранении погрешности базирования детали с использованием углов Эйлера. // Информационные технологии и автоматизация управления: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Омск 2009. – 98 – 101с.

АЛГОРИТМЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

О.С. Логунова, В.С. Арестов, С.М. Логунов

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск*

Введение.

В настоящее время около 60 % отливаемых непрерывным литьем заготовок разливается на слябовых машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Основными производителями непрерывнолитых слябов в мире являются Япония, США, КНР, Германия, Корея и Россия. На долю этих стран приходится более двух третей мирового объема производства слябов. Сейчас в мире насчитывается чуть более 500 слябовых МНЛЗ с общим числом ручьев свыше 700 шт.

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» в докризисной экономике входил в первую двадцатку металлургических предприятий мира и не отстает от мирового технологического прогресса. На сегодняшний день это предприятие практически полностью перешло на производство слябов при помощи машин непрерывного литья заготовок.

В настоящее время является актуальной проблема разработки алгоритмов для имитационного моделирования технологических систем. Такие системы включаются в состав автоматизированных систем управления (АСУ) и широко используются для мониторинга технологического процесса (ТП) и обучения персонала.

Создание программного комплекса, моделирующего работу МНЛЗ, позволит сократить временные и материальные затраты при обучении будущих специалистов – операторов МНЛЗ на рабочем месте, проводить тестирование и испытания МНЛЗ с использованием имитационной модели технологических ситуаций, в том числе и аварийных.

Постановка задачи имитационного моделирования.

Используя исходные данные, характеризующие конструкционные особенности МНЛЗ и показатели приборов АСУ ТП, необходимо разработать алгоритмы имитационной модели МНЛЗ, состоящей из следующих частей:

- имитационная модель главного поста управления машины непрерывного литья заготовок;
- имитационная модель технологических процессов непрерывной разливки стали;
- модель кристаллизации, для определения толщины затвердевшей оболочки («корочки») заготовки, находящейся в МНЛЗ;
- модель для определения расхода стали машины непрерывного литья заготовок.

Для имитационного моделирования были выбраны конструкционные параметры МНЛЗ № 2, функционирующей во втором кислородно-конвертерном цехе ОАО «ММК». Используемые значения приведены в таблице. В качестве исходных данных так же использовались таблицы расхода воды и воздуха на зоны вторичного охлаждения слитка. Данные таблиц позволяют по технологической инструкции определять программу охлаждения заготовки для различных групп марок разливаемой стали, сечения слитка и температуры подачи стали на поворотный стенд МНЛЗ.

Алгоритмы имитационной модели главного поста управления (ГПУ) машины непрерывного литья заготовок.

Имитационная модель ГПУ МНЛЗ содержит большое количество алгоритмов, охватывающих весь комплекс «Оператор – Клиент – Сервер – МНЛЗ – Сталь».

Программное обеспечение главного поста управления МНЛЗ предназначено для контроля и мониторинга текущего состояния МНЛЗ, её параметров, а так же для обработки и занесения в базу данных информации по плавке, находящейся в процессе разливки.

Все алгоритмы программного комплекса ГПУ можно разделить на группы, согласно схеме приведенной на рисунке 1.

Таблица – Значения исходных данных, выбранных для имитационного моделирования

Параметр	Значение
Параметры МНЛЗ	
Количество ручьев, шт	4
Количество кристаллизаторов, шт	2
Количество мест под сталеразливочные ковши, шт	2
Количество промежуточных ковшей, шт	2
Максимальная скорость вытягивания заготовки, м/мин	1,7
Параметры ручья	
Металлургическая длина, м	28
Длина до места отделения затравки, м	30
Длина до машины газовой резки (МГР), м	51
Количество коллекторов на ручей, шт	16
Технологические параметры	
Уровень наполнения кристаллизатора, мм	100
Расстояние до установки головки затравки, мм	600
Расстояние до зеркала при запуске МНЛЗ, мм	170



Рисунок 1 – Классификация алгоритмов имитационной модели ГПУ

На рисунке 2 приведена общая схема работы имитационной модели МНЛЗ, реализованная на основе алгоритмов, приведенных на рисунке 1. Согласно схеме классификации выделены две основные части: серверная и клиентская. Для каждой из частей реализованы все алгоритмы расчетов и обработки запросов, а также способы вывода информации по результатам работы каждого алгоритма.

Одной из основных задач имитационного моделирования состояния МНЛЗ является задача выбора методов расчета в зависимости от режима работы определенного узла или механизма. Режим работы определяет выполняемые и допустимые операции.

При изменении параметров механизмов МНЛЗ или процесса в ручном режиме необходимо привести фактическое значение этого параметра в соответствии с новым значением. Поэтому для всех подобных ситуаций действует алгоритм регулирования фактического значения параметра. Обобщенная схема такого алгоритма изображена на рисунке 3. Для мониторинга расхода металла в МНЛЗ необходимо выполнять расчет массы металла на всех технологических этапах от сталеразливочного ковша до конца ЗВО. На рисунке 4 изображен один из таких алгоритмов – алгоритм расчета массы металла в кристаллизаторе.

Серверная часть

Клиентская часть

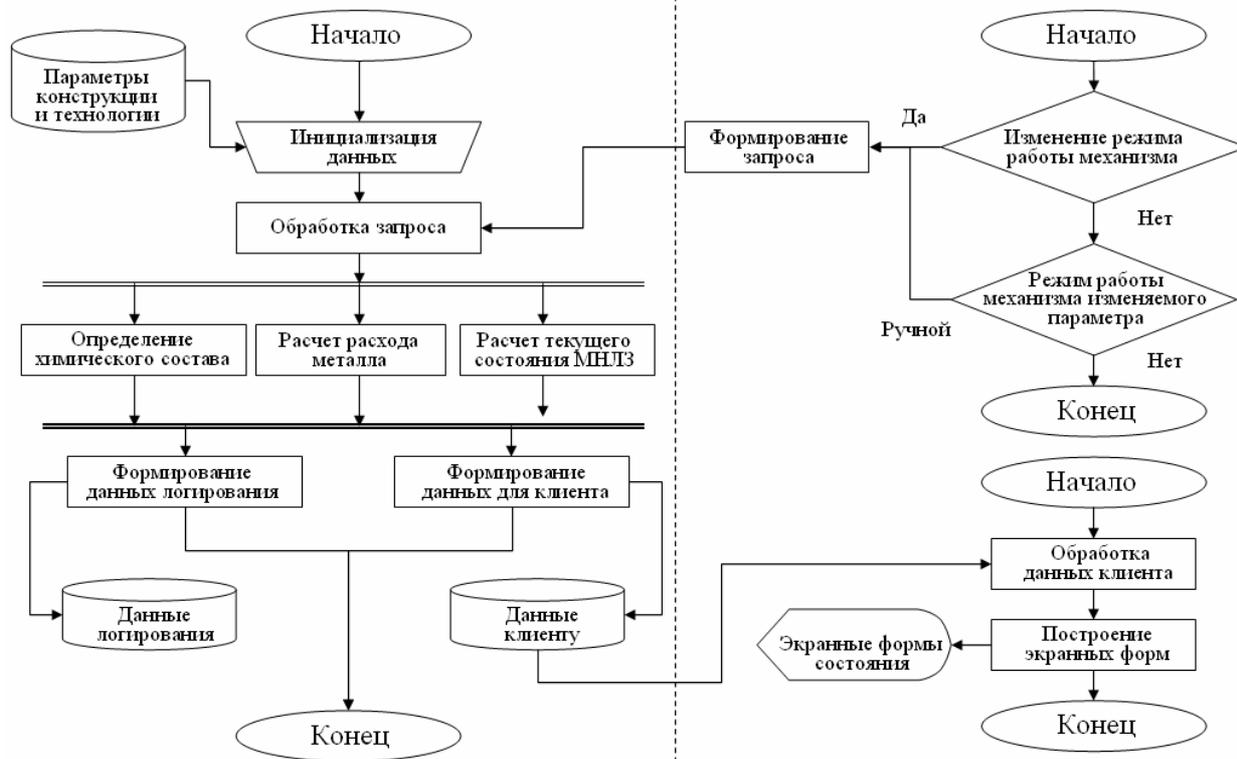


Рисунок 2 – Схема функционирования имитационной модели ГПУ МНЛЗ

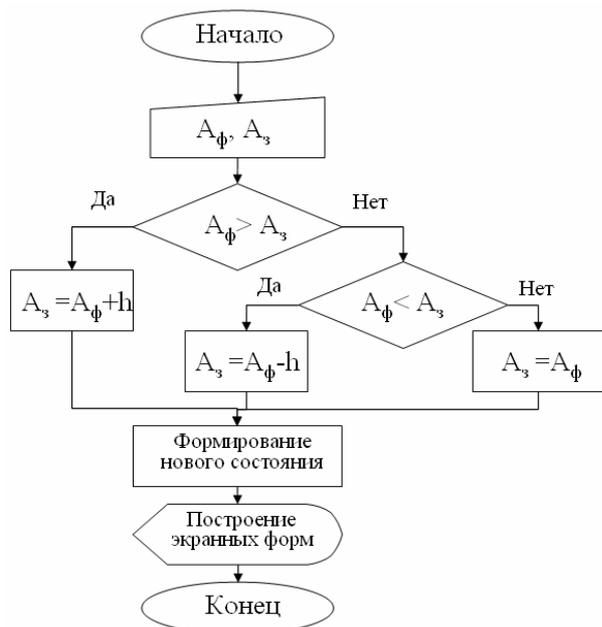


Рисунок 3 – Алгоритм регулирования фактического значения параметра при его изменении

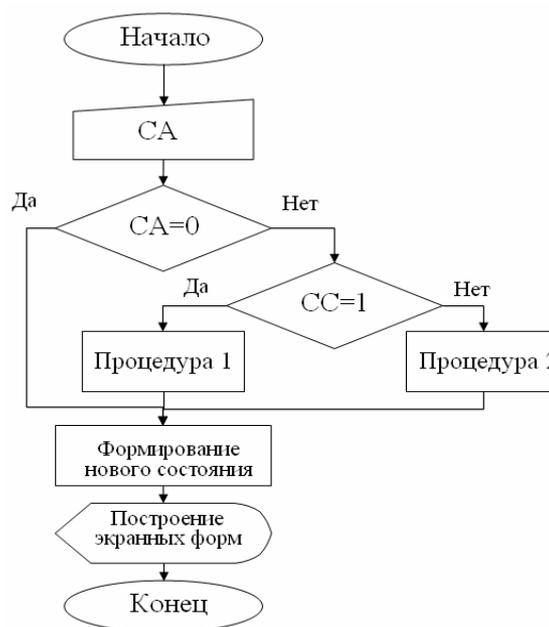


Рисунок 4 – Алгоритм регулирования фактического значения параметра при его изменении

На рисунке 3 введены обозначения: A_ϕ – фактическое значение параметра механизма МНЛЗ или процесса непрерывной разливки стали; A_3 – новое заданное значение параметра механизма МНЛЗ или процесса непрерывной разливки стали; h – шаг изменения выбранного параметра.

На рисунке 4 введены обозначения: CA – показатель состояния агрегата: 1 – агрегат работает, 0 – агрегат не работает; CC – показатель выхода заготовки из кристаллизатора: 1 –

заготовка вышла за пределы кристаллизатора, 0 – заготовка не вышла за пределы кристаллизатора.

Основная расчетная формула для процедур 1 и 2 имеют вид:

$$M = (H - L) \cdot M_0, \quad (1)$$

$$M = (H_0 - L) \cdot M_0, \quad (2)$$

где M – масса металла, находящегося в кристаллизаторе, кг; H – высота кристаллизатора, м; L – удаление уровня металла от верха кристаллизатора, м; H_0 – удаление начала слитка от верха кристаллизатора, м; M_0 – масса погонного метра металла, кг, определяемая по формуле: $M_0 = \rho_{Me} \cdot a \cdot b \cdot c$, где ρ_{Me} – плотность металла в интервале температур 1540 ÷ 1560 °С, кг/м³; $a=0,25$ – толщина заготовки, м; b – ширина заготовки, принимающая значения из [0,8; 2,5], м; $c=1$ – длина одного погонного метра, м.

Наличие всех алгоритмов, приведенных на рисунке 1, позволило спроектировать и разработать программную реализацию имитационной модели.

Принципы построения программного обеспечения имитационной модели

1. *Принцип функциональности модулей.* Программный комплекс, моделирующий ГПУ МНЛЗ, состоит из 2-х основных частей: программы-сервера и программы-клиента. В свою очередь эти части разделены на модули, реализующие отдельные функциональные алгоритмы. Программа сервер выполняет моделирование всех процессов МНЛЗ, а так же за формирование и ведение протоколов изменений работы МНЛЗ и оператора (логирование). Программа-клиент выполняет формирование запросов пользователя к программе-серверу и вывод информации на экран.

Запросы на изменения параметров МНЛЗ формируются клиентской части программного комплекса на основе запросов пользователя. Организация и обработка запроса возлагается на один из модулей серверной части. Примерами запросов клиентской части являются: изменение скорости вытягивания на выбранном ручье, изменение частоты качания кристаллизатора, изменение расходов воды в кристаллизаторе и зонах вторичного охлаждения, изменение режимов работы ручьев, кристаллизаторов, всего агрегата в целом.

2. *Принцип протоколирования.* В ходе работы программного комплекса ведется запись изменений, сделанных оператором (клиентом) – логирование работы МНЛЗ.

3. *Принцип интерактивности.* При разработке программного комплекса был определен диалог на основе меню, позволяющего в интерактивном режиме изменять параметры технологического процесса и выбирать формы для отображения его состояния. Схема главного меню программного обеспечения отображена на рисунке 5.

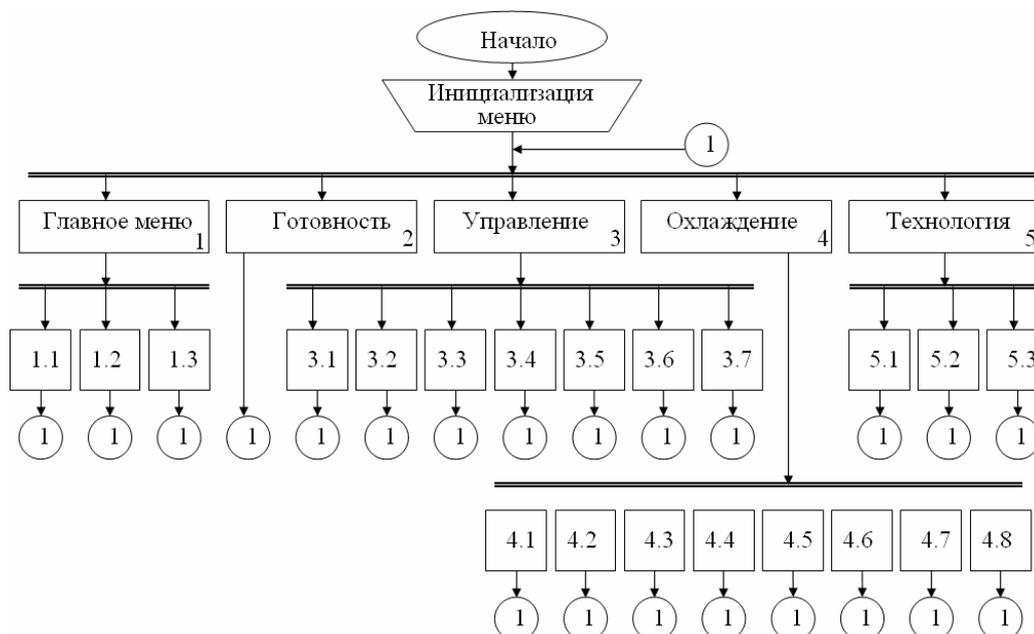


Рисунок 5 – Функциональная схема главного меню программного продукта (ГПУ)

Главное меню состоит из 5 основных пунктов. 1. Главное меню, позволяющее передавать управление между постами управления МНЛЗ и содержащее подпункты: 1.1. Технология ПУ 1 – главный пуль управления. 1.2. Технология ПУ 2 – пульт управления машиной газовой резки. 1.3. Авторизация. 2. Готовность, позволяющее отобразить на экране состояние готовности к работе всех систем МНЛЗ. 3. Управление, позволяющее переключать экранные страницы мониторинга ручьев: 3.1. Электронная страница ручья 5. 3.2. Электронная страница ручья 6. 3.3. Электронная страница ручья 7. 3.4. Электронная страница ручья 8. 3.5. Электронная страница ручья 5, 6. 3.6. Электронная страница ручья 7, 8. 3.7. Электронная страница всех ручьев. 4. Охлаждение, позволяющее переключать экранные страницы мониторинга систем охлаждения МНЛЗ и заготовки: 4.1. Электронная страница охлаждения кристаллизатора. 4.2. Электронная страница общих подводов охлаждения. 4.3. Электронная страница зон вторичного охлаждения ручьев 5 и 6. 4.4. Электронная страница зон вторичного охлаждения ручьев 7 и 8. 4.5. Электронная страница для регулирования вторичного охлаждения 5 и 6 ручьев. 4.6. Электронная страница для регулирования вторичного охлаждения 7 и 8 ручьев. 4.7. Электронная страница охлаждения опор. 4.8. Электронная страница готовности всего охлаждения. 5. Технология, позволяющая контролировать основные параметры плавки: 5.1. Электронная страница результатов химического анализа. 5.2. Электронная страница состояния текущей (следующей) плавки. 5.3. Электронная страница базовых таблиц охлаждения.

4. *Принцип ментальности.* Электронные страницы программного средства организованы на основе ментальной модели. Ментальная модель позволила использовать метафоры узлов и механизмов реального агрегата для их отображения на общих схемах. На рисунке 6 показан пример рабочего окна при управлении разливкой на ГПУ МНЛЗ.

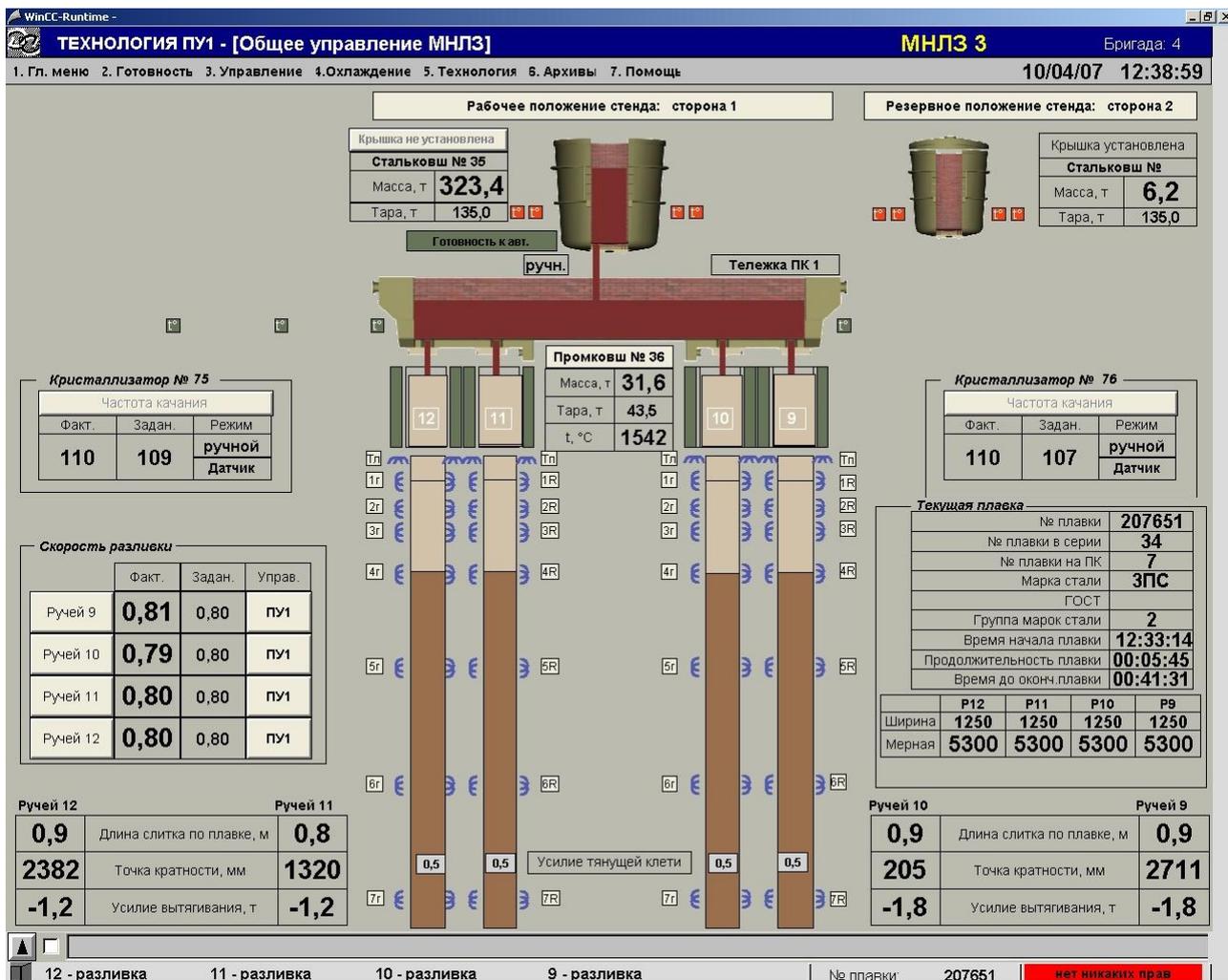


Рисунок 6 – Пример рабочего окна программного комплекса ГПУ МНЛЗ

Имитационная модель ГПУ МНЛЗ так же в точности копирует интерфейс программного обеспечения ГПУ МНЛЗ и позволяет представить пользователю всю информацию, которую получает оператор. Недостатком ментальной модели является отсутствие отображения теплового состояния металла в сталеразливочном и промежуточных ковшах, а также при нахождении в зонах вторичного охлаждения.

Заключение. При проектировании и разработке имитационной модели ГПУ МНЛЗ выполнено построение имитационных моделей главного поста управления МНЛЗ, технологических процессов непрерывной разливки стали, затвердевания заготовки в условиях МНЛЗ. Разработанные алгоритмы и принципы построения программного комплекса позволили создать надежную имитационную модель ГПУ МНЛЗ. Перспективным направлением развития проекта является синтез ГПУ с математическими моделями для описания теплового состояния расплава в сталеразливочном и промежуточных ковшах, описания процессов затвердевания заготовок в МНЛЗ.

СИСТЕМНОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЛОКАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ (ЛВС) ОРГАНИЗАЦИИ НА БАЗЕ ИНТЕРНЕТ

В.В. Митьков

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Стремительное развитие глобальной сети Интернет в последние годы свидетельствует о том, что новые Интернет - технологии получили в мире широкое общественное признание. Практически все страны — члены мирового сообщества в той или иной степени интегрированы в сеть Интернет. Интернет – совокупность связанных между собой сетей, каждая из которых является сложной многокомпонентной системой. От обслуживания ЛВС, и качественного администрирования ЛВС зависят целостность, скорость и сохранность передаваемых данных.

Задача обслуживания ЛВС, и администрирования ЛВС становится доступной только для профессионалов в том случае, если сеть динамично развивается, использует новые технологии и протоколы передачи данных, Wi-Fi и другие виды беспроводного доступа. Проблема администрирования ЛВС нескольких организаций или предприятий становится все более актуальной в нашем динамично развивающемся мире, и без использования всевозможных Интернет-технологий, таких, как различные сервисы удаленного доступа, выделенные линии Интернета и другие, данную задачу решить практически невозможно.

Типовая система администрирования распределенных ЛВС разработана и поэтапно внедряется в ряде организаций, расположенных в различных районах г. Новокузнецка. В частности, одна из организаций включает: главный офис, где находится бухгалтерия, отдел кадров, отдел безопасности, совет директоров и отдел АСУ; оптовую базу, состоящую из следующих отделов: магазин, склады, отделы доставки и закупки, отдел розницы, коммерческий отдел; магазины туристических товаров, сеть продовольственных магазинов, станцию технического обслуживания, ресторан. Компьютерный парк данных организаций и их подразделений насчитывает более 200 машин, в том числе сервера распределенных баз данных; Интернет-серверы, обеспечивающие связь ЛВС с сетью Интернет, контроллеры домена, сервера с терминальным доступом. Техническая структура ЛВС распределенных объектов представлена на рисунке.

РСА ЛВС позволяет удаленно средствами Интернет-технологий, не находясь физически на самом объекте, решать следующие задачи:

- мониторинг работоспособности сервисов, служб, серверов и каналов доступа;
- настройка ПО;
- диагностика и решение вопросов работоспособности рабочих станций и сетевого взаимодействия;
- проведение плановых работ;

- ü развертывание релизов;
- ü анализ инфраструктуры, инициация улучшений;
- ü оказание консультативной помощи пользователям;
- ü подготовка и сохранение резервных копий данных, их периодическая проверка и уничтожение;
- ü восстановление данных;
- ü установка и конфигурирование необходимых обновлений для операционной системы и используемых программ;
- ü установка и конфигурирование нового аппаратного и программного обеспечения;
- ü создание и поддержание в актуальном состоянии пользовательских учётных записей;
- ü обеспечение информационной безопасности в компании;
- ü документирование работы.

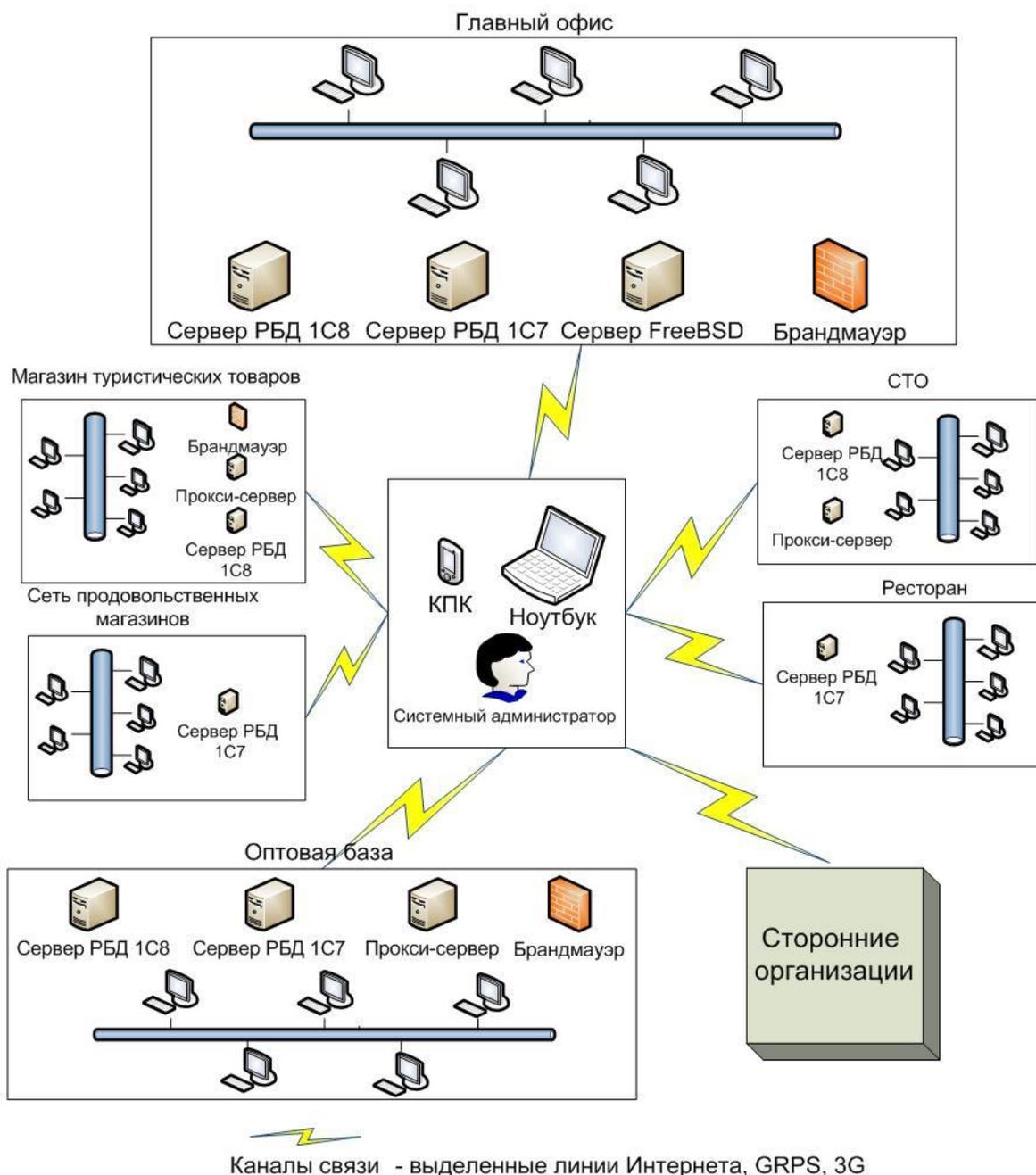


Рисунок – Схема администрирования распределенных ЛВС организации
 Администрирование ЛВС – задача, на которой нельзя экономить. От администратора зависит удобство работы, и навыки пользователей, скорость работы сети. Администратор

сокращает до минимума время простоев, вызванных проблемами не только с сетевым оборудованием. Грамотно используя современные средства и возможности Интернет-технологий, администратор может удаленно работать с различными распределенными ресурсами, что делает его еще более мобильным, и сокращает время решения возникших проблем на том или ином подразделении организаций.

Литература

1. Самоучитель системного администратора / А.М. Кенин; ВHV. - СПб, 2008.. – 560 с.
2. Протоколы Internet: энциклопедия / Ю. А. Семенов; Горячая Линия – Телеком. – М., 2001. – 1100 с.
3. Основы локальных сетей / Ю.В. Новиков, С.В. Кондратенко; Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру. – М., 2005. – 360 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МОДЕЛИ ОДЕЖДЫ И ОПТИМИЗАЦИИ АССОРТИМЕНТА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОЛЛЕКЦИИ МОДЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.Ф. Немирова, Е.В. Мирончик

Омский государственный институт сервиса, г. Омск

Успешная реализация одежды на современном рынке связана не только со стилевым и конструктивным решением модели, но и с выбором материалов для ее изготовления. В промышленности одежда создается на основе инженерного проектирования: от эскиза модели до воплощения его в материале. Наиболее значимыми при выборе являются волокнистый состав материала, цвет, рисунок, фактура поверхности. Соответствие свойств материалов определенным требованиям, регламентируемым нормативами, не всегда является обязательным.

В условиях индустрии моды выбор материалов дизайнером при проектировании модели и оценка материала потребителями при приобретении изделия являются субъективными и в большей степени базируются на органолептической оценке материала, чем на показателях его свойств. В настоящее время у дизайнера появилась возможность выбирать из большого количества материалов, что в отсутствие методов и критериев для субъективного выбора усложняет решение задачи.

На предприятии на этапе проектирования одежды материалы выбираются из имеющегося ассортимента, производится выбор материалов, как для модели, так и для всей коллекции. Однако задачи выбора материалов недостаточно формализованы, преобладает субъективный подход к выбору как основных, так и прокладочных материалов, который во многом базируется на опыте и интуиции дизайнера и технолога; методы выбора материалов требуют дальнейшего совершенствования, применения аналитических подходов, повышающих качество изделий и удовлетворение потребительского спроса.

В данной работе решается задача разработки аналитических подходов и автоматизации процессов выбора материалов.

При выборе материалы сравниваются друг другом, каким-то из них отдается предпочтение. Поэтому для оценки материалов по результатам их выбора предлагается ввести характеристику «пригодность». Пригодность (P) – характеристика выбора материала для модели, заданная количественно, устанавливает соответствие материала данной модели по результатам его выбора.

Величина показателя пригодности является мерой приближения каждого оцениваемого материала к некоторому идеальному материалу, полностью соответствующему данной модели.

Предполагается, что при выборе материалов для модели одни из них будут более пригодными, другие менее пригодными, третьи непригодными вообще. Поэтому вводится критерий пригодности (R), отражающий степень соответствия материала данной модели. Критерий должен соответствовать общей оценке результатов выбора, а именно, чем выше

показатель пригодности, тем больше соответствие материала модели. Предполагается, что оценка материалов по результатам выбора (пригодность) может быть неудовлетворительной, удовлетворительной; хорошей и отличной.

Таким образом, из набора, включающего n материалов, для модели пригодны l материалов, ($1 \leq l < n$), при условии, что показатель пригодности выше заданного критерия, а именно $P \geq R$.

Поскольку при выборе все материалы из имеющегося набора сравниваются друг с другом, для повышения объективности результатов предлагается использовать метод парного сравнения, разработанный Л. Терстоуном [1,2]. Данный [метод](#) применяется для построения объектно-ориентированных шкал: [шкалы оценок](#), судейства, а также для проведения социологических и маркетинговых исследований.

Метод основан на попарном сравнении объектов ранжирования по заданному основанию. Все объекты попарно сравниваются друг с другом, сравнение осуществляется по заданным критериям.

В данной работе дизайнер проводил сравнение материалов для модели, представленной эскизом, на основе органолептической оценки. Образцы материалов размещаются на отдельные карточки, проводится сравнение двух материалов, определяется, какой из них предпочтительнее для данной модели. Сначала первый материал сравнивается с остальными, затем второй, третий и т. д. Результаты парных сравнений заносятся в матрицу парных сравнений A , столбцы и строки которой обозначаются номерами материалов A_{ij} .

Каждому элементу матрицы A_{ij} присваивается значение по результату сравнения двух материалов: если материал по строке (i) предпочтительнее, чем материал, соответствующий столбцу (j), в ячейку, соответствующую номеру материала в строке ставится «1», в ячейку, соответствующую номеру материала в столбце – «0». И наоборот. То есть, элементы матрицы относительно диагонали являются зеркальным отражением друг друга

Число возможных сравнений материалов друг с другом (K) равно

$$K = n(n-1)/2,$$

где n – количество материалов.

По результатам сравнений для каждого материала может быть определен абсолютный показатель пригодности

$$P_i = \sum A_{ij}$$

где A_{ij} – предпочтение результата сравнения пары материалов i и j (принимает значение 0 или 1; $j = 1 \div n$).

Недостатком абсолютного показателя пригодности является то, что его величина определяется количеством сравниваемых материалов. Поэтому целесообразно использовать относительный показатель, значения которого находятся в интервале от 0 до 1. Относительный показатель пригодности

$$\Delta P_i = \sum A_{ij} / (n-1) = P_i / (n-1).$$

Для наглядности результат вычисления относительного показателя пригодности можно представлять и в виде простой дроби, тогда в знаменателе можно увидеть, какое число материалов участвовало в сравнении.

При значении $\Delta P_i = 1$ материал в наибольшей степени пригоден для модели среди совокупности рассмотренных, при значении $\Delta P_i = 0$, остальные материалы более предпочтительны.

Поскольку значения относительного показателя пригодности находятся в интервале от 0 до 1, для установления критериев пригодности используется функция желательности, уравнение которой имеет вид $d_i = \exp[-\exp(-y_i)]$. Данная функция недискретна, монотонно возрастает, ограничена на заданном участке. Е. Харрингтоном при исследованиях функции в качестве граничных точек выбраны 0,37; 0,63; 0,80 [2]. Именно эти точки используются в качестве нормативов критерия пригодности: ниже значения 0,37 – пригодность

неудовлетворительная, от 0,37 до 0,63 –удовлетворительная; 0,63 и 0,80 соответствуют нижним значениям хорошей и отличной пригодности. Для наглядности результаты выбора материалов для модели отражаются на метрической шкале относительной пригодности, общий вид которой представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Шкала относительной пригодности

В качестве примера в таблице 1 приводятся результаты сравнения 10 материалов.

Таблица 1 – Матрица парных сравнений материалов для модели

№ материала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Пригодность	
											абсолютная $P_i = \sum A_{ij}$	относительная $\Delta P_i = P_i / (N-1)$
1	x	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0,22
2	1	x	1	0	1	1	1	1	0	0	6	0,67
3	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
4	1	1	1	x	1	1	1	1	0	0	7	0,78
5	0	0	1	0	x	0	0	1	0	0	2	0,22
6	1	0	1	0	1	x	0	1	0	0	4	0,45
7	1	0	1	0	1	1	x	1	0	0	5	0,56
8	1	0	1	0	0	0	0	x	0	0	2	0,22
9	1	1	1	1	1	1	1	1	x	0	8	0,89
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x	9	1,00

На рисунке 2 приводятся результаты распределения материалов по относительной пригодности.

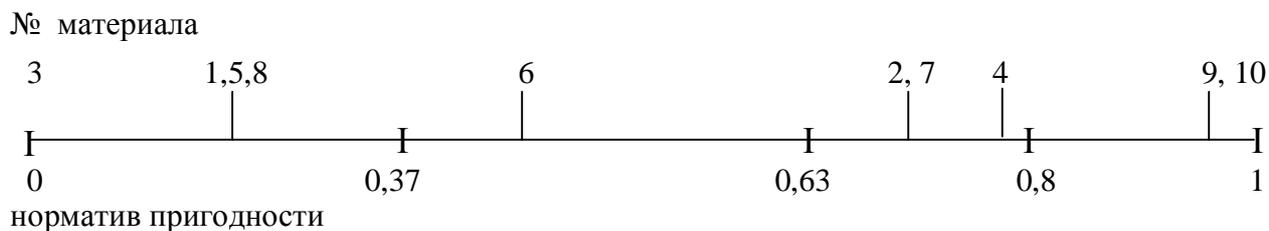


Рисунок 2 – Распределение материалов по относительной пригодности

Таким образом, по результатам выбора материалов для модели установлено, что отличной пригодностью обладают образцы материалов 9 и 10, хорошей – образцы 2, 4 и 7. Т. е. для одной модели может быть одинаково пригодно несколько материалов, и для обеспечения визуального разнообразия модель может изготавливаться из нескольких материалов.

Промышленное предприятие осуществляет подготовку производства не одной модели, а коллекции моделей, следовательно, по результатам выбора материалов для моделей, можно оптимизировать ассортимент материалов, применяемых предприятием для изготовления коллекции.

При оптимизации могут быть учтены следующие условия:

- материал может использоваться для изготовления модели при заданной пригодности (устанавливается критерий пригодности);
- для каждой модели может использоваться заданное число материалов;
- задается общее число материалов, из которых может быть изготовлена вся коллекция; в частности, оно может быть минимальным.

Для решения задачи предлагается использовать теорию графов и целочисленное линейное программирование (ЦЛП), в частности обобщенную задачу дискретной оптимизации о наименьшем покрытии множества [3].

Для описания математической модели оптимизации ассортимента материалов вводятся следующие обозначения.

Пусть m – число изделий в коллекции, а n – число материалов в наборе. Результаты выбора материалов для моделей коллекции отображаются на двудольном ориентированном графе $G = (\tilde{V}, E)$ с множеством вершин $\tilde{V} = (V \cup W)$ и множеством ребер E . Каждая вершина v_j из $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ соответствует j -му виду материала, $j=1, \dots, n$, а вершина w_i из $W = \{w_1, \dots, w_m\}$ соответствует i -му изделию, $i=1, \dots, m$. Ребра графа отражают результат выбора «материал–модель», если j -й материал пригоден для изготовления i -го изделия, то в E имеется ребро (v_j, w_i) , $i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$. При этом i -й материал пригоден для модели, если показатель относительной пригодности $\Delta Pi \geq R$.

Число материалов для каждой модели в коллекции b_i задается целочисленным вектором $b = (b_1, b_2, \dots, b_i)^T, i=1, \dots, m$.

Допустимое b -покрытие для двудольного графа определяется следующим образом. Пусть V' – подмножество вершин V ($V' \subseteq V$) и E' – совокупность всех инцидентных с V' ребер. Множество V' называется *допустимым b -покрытием*, если любая вершина w_i является концом не менее b_i ребер из E' . Задача заключается в нахождении допустимого b -покрытия минимальной или заданной мощности.

Для формулировки соответствующей задачи ЦЛП вводятся следующие обозначения.

Пусть $a_{ij} i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$ – компоненты матрицы смежности A графа G , в которой:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й материал пригоден для } j\text{-го изделия,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Для материала вводится переменная его выбора для разных моделей

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й материал выбран для изготовления модели} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

где $j = 1, \dots, n$.

Модель ЦЛП имеет вид:

$$\sum_{j=1}^n x_j \rightarrow \min \tag{1}$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i \quad i=1, \dots, m, \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j=1, \dots, n. \quad (3)$$

Задача (1)–(3) – это обобщенная задача о наименьшем покрытии множества [6]. Целевая функция (1) означает минимизацию суммарной пригодности материалов, выбранных для изготовления моделей коллекции, а неравенство (2) показывает, что для изготовления каждого изделия должно быть выбрано не меньше заданного количества материалов.

Рассмотрим задачу подбора материалов в другой постановке. Требуется определить набор из фиксированного числа материалов (k), который обеспечивает требуемое разнообразие коллекции моделей, при этом суммарная пригодность выбранных материалов будет максимальной. Соответствующая модель ЦЛП записывается следующим образом:

$$\sum_{j=1}^n P_j x_j \rightarrow \max \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = k, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij}x_j \geq b_j, \quad i=1, \dots, m, \quad (6)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j=1, \dots, n. \quad (7)$$

Для реализации предложенных методов разработано пользовательское приложение в среде Delphi. На рисунке 3 представлено окно ввода ограничений поиска и расчета покрытий.

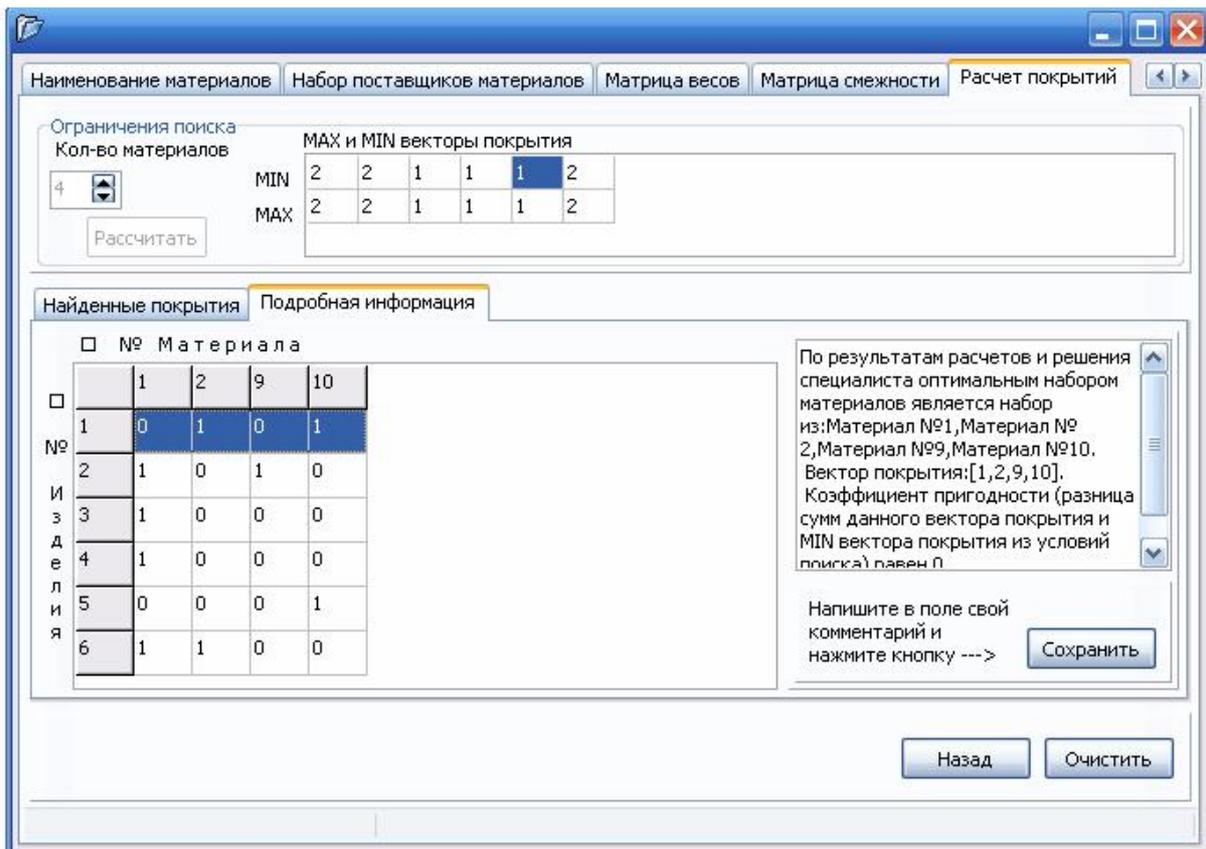


Рисунок 3 – Окно ввода ограничений поиска и расчета покрытий

Для апробации предложенных методов и математических моделей проведён вычислительный эксперимент [4].

Выбор материалов проводился дизайнером для 6 моделей, представленных эскизами, методом парных сравнений на основе органолептической оценки материалов. Набор материалов включал 10 образцов. Результаты выбора материалов для каждой из 6 моделей приводятся в таблице 2.

На основе матрицы пригодности сформирована матрица смежности (таблица 3) при условии $\Delta Pi \geq 0,67$. При выборе материалов для коллекции задавались различные условия.

Например, если для каждой модели предполагается использовать по одному материалу, $b=(1,1,1,1,1,1)$, минимально число материалов $k=3$: это образцы 3,7,10, или 1,2,10. В дальнейшем выбор окончательный выбор материалов может проводиться по определенным поставщикам; ограничиваться ценой и др. экономическими критериями

Таблица 2 – Суммарная матрица относительной пригодности материалов для моделей

		Материалы									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Модели	1	0,22	0,67	0,00	0,78	0,22	0,45	0,56	0,22	0,89	1,00
	2	0,67	0,56	0,67	0,44	0,56	0,44	0,44	0,33	0,67	0,22
	3	0,44	0,67	0,33	0,56	0,56	0,56	0,67	0,44	0,44	0,33
	4	0,67	0,33	0,44	0,56	0,44	0,33	0,78	0,33	0,56	0,56
	5	0,44	0,44	0,56	0,56	0,44	0,56	0,44	0,33	0,56	0,67
	6	0,67	0,67	0,67	0,56	0,22	0,56	0,33	0,67	0,33	0,33

Таблица 3– Матрица смежности материалов и моделей

a_{ij}		Материалы										$a_{ij} \bullet x_j$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Модели	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3
	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	6	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	4
	Σx_j	3	3	2	1	0	0	2	1	1	2	

Если для моделей 1, 2 и 6 предполагается использовать по 2 материала, т.е. вектор покрытия задается следующим образом: $b=(2,2,1,1,1,2)$, а для коллекции необходимо использовать не более 4 материалов, то есть фиксированное число материалов $k=4$, по результатам выбора дизайнера и проведенным расчетам оптимальным является набор, включающий материалы 1,2,9,10. Однако, при числе материалов для коллекции $k=6$, оптимальным является набор, включающий материалы 3,4,7,8,9,10.

Таким образом, применение аналитического подхода к выбору материалов на этапе проектирования коллекции позволяет повысить эффективность технической подготовки производства.

Литература

1. Татарова Г.Г. Методология анализа данных в социологии / Учебник для вузов. — М.: NOTA BENE, 1999. — 224 с.
2. Гвишиани Д. М., Емельянова С. В. Многокритериальные задачи принятия решений. М.: Машиностроение, 1978. - 192 с.
3. Hochbaum, D.S. Approximating Covering and Packing Problems: Set Cover, Vertex Cover, Independent Set, and Related Problems/ D.S. Hochbaum // Approximating Algorithms for NP-Hard Problems. Ed. by S.D. Hochbaum. – PWS Publishing Company, 1995. – P.94-143.
4. Мирончик Е.В. Решение задачи ограничения ассортимента материалов на основе моделей дискретной оптимизации / Заозерская Л.А., Мирончик Е.В., Немирова Л.Ф.: Препринт. – Омск, 2007. – 17 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦИФРОВОМ ВОЗБУДИТЕЛЕ СИСТЕМЫ Г-Д ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МОЩНОСТЬЮ СВЫШЕ 1000 кВт

В.Ю. Островляничик, Д.Е. Модзелевский

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

На сегодняшний день широко распространен в большинстве мощных установок горно-металлургического профиля электропривод постоянного тока с управлением от тиристорных преобразователей. Однако вопросы, связанные с особенностями работы тиристорного преобразователя на нагрузку, обладающую большой индуктивностью, освещаются в литературе довольно скупо. К подобным нагрузкам можно отнести обмотки возбуждения генераторов (в электроприводе, выполненном по системе Г-Д), двигателей (особенно в электроприводах, использующих реверс поля), и в некоторых случаях якорь тихоходного электродвигателя при установке в якорной цепи насыщающегося сглаживающего реактора.

Реверсивные тиристорные преобразователи (ТП) с отдельным управлением обладают рядом преимуществ по сравнению с преобразователями с совместным управлением. Эти преимущества широко описаны в литературе. К наиболее часто упоминаемым преимуществам отдельного управления относятся более высокий коэффициент полезного действия, более низкие стоимостные и массогабаритные показатели преобразователя. К недостаткам часто относят существенную нелинейность ТП в зоне малых токов.

Наличие инерционности и нелинейность характеристики ТП приводят к ухудшению регулировочных характеристик, затягиванию переходного процесса пуска (реверса) и возникновению нежелательных колебаний в системе регулирования. Существуют ситуации, когда без применения специальных мер в принципе невозможно открыть тиристорный преобразователь на нагрузку, обладающую большой индуктивностью.

Проблема создания систем импульсно фазового управления (СИФУ) рассматривалась на протяжении многих лет. Наиболее активно этот вопрос развивался в 70-х годах прошлого столетия. Однако для тиристорных электроприводов с отдельным управлением до конца не решенным остался ряд вопросов, связанных с управлением в режиме прерывистых токов и обеспечением линейной статической и динамической характеристики тиристорного преобразователя в зоне малых токов.

Эти вопросы не нашли своего решения и при создании преобразователей серии КТЭ предназначенные для работы на индуктивную нагрузку для электроприводов мощностью более 1 МВт, что характерно для рассматриваемых установок.

Применение быстродействующих микропроцессорных устройств для управления такими преобразователями позволяет реализовать гибкие алгоритмы формирования импульсов в соответствии с заданной фазой или законом управления, обеспечивающие работу при изменениях свойств питающей сети, характера и процессов, протекающих в нагрузке, а также производить учет особенностей управления и нелинейностей в самом преобразователе.

Ниже предлагается математическая модель силовой части тиристорного преобразователя. Для исследования электромагнитных процессов в тиристорном преобразователе, работающем на обмотку возбуждения, используется метод кусочно-нелинейной аппроксимации с применением полученной ранее эмпирической модели тиристора.

На рисунке 1 представлена эквивалентная электрическая схема работы трехфазного мостового тиристорного выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку. На рисунке жирными линиями отмечены пути протекания тока в момент коммутации тока с шестого на второй тиристоры. Переходный процесс описывается системой уравнений (1).

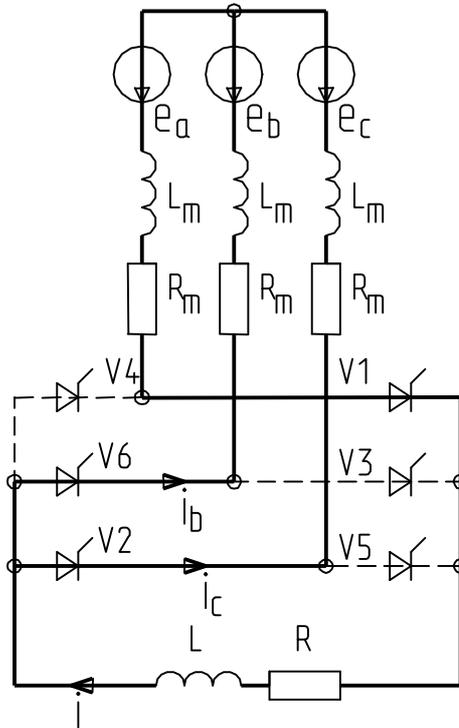


Рисунок 1 – Эквивалентная электрическая схема работы трех тиристорov.

$$\begin{cases} i = i_b + i_c; \\ (R_T + R + R_{VS1})i + (L_T + L)\frac{di}{dt} + (R_T + R_{VS6})i_b + L_T \frac{di_b}{dt} = e_a - e_b; \\ (R_T + R_{VS6})i_b + L_T \frac{di_b}{dt} - (R_T + R_{VS2})i_c - L_T \frac{di_c}{dt} = e_c - e_b; \end{cases} \quad (1)$$

где i , i_b , i_c , - токи в нагрузке, фазах В и С, e_a , e_b , e_c - э.д.с. обмоток питающего трансформатора (питающей сети) фаз А, В и С, R_T , L_T - активное и индуктивное сопротивления фазы трансформатора, R , L - активное и индуктивное сопротивления нагрузки тиристорного преобразователя, в данном случае обмотки возбуждения электрической машины, R_{VSN} - эквивалентное активное сопротивление N-ого тиристора, получаемое из эмпирической модели, описываемое системой уравнений (2) и (3).

Ниже приведено математическое описание модели работы тиристора. Модель отличается от общепринятого представления нелинейным сопротивлением, зависящем от величины тока i_{VS} и времени, прошедшего с момента снятия управляющего импульса, $t_{\text{откл. имп.}}$.

$$R_{VS} = \begin{cases} R_{\text{Закр}}, & \text{если } i_{VS} \leq 0 \text{ или } U_{VS} < 0 \\ R_{\text{Закр}}, & \text{если } U_{VS} \geq 0 \text{ и } S = 0 \text{ и } i_Y = 0 \\ R_{\text{Откр}}, & \text{если } U_{VS} \geq 0 \text{ и } (i_{VS} > I_{\text{уд}} \text{ и } S = 1) \text{ или } (i_Y = I_{\text{у.с}}) \\ R(t_{\text{откл. имп}}, i_{VS}) = R_1 t_{\text{откл. имп}} \frac{1}{i_{VS}}, & \text{если } i_{VS} > 0 \text{ и } i_{VS} < I_{\text{вкл}} \text{ и } S = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{VS} < 0 \text{ или } i_{VS} < I_{\text{уд}} \\ 1, & \text{если } U_{VS} \geq 0 \text{ и } i_{VS} \geq I_{\text{вкл}} \\ S, & \text{во всех остальных случаях} \end{cases} \quad (3)$$

где i_{VS} - мгновенное значение тока, протекающее в тиристоре, $I_{\text{уд}}$ - ток удержания тиристора, $I_{\text{вкл}}$ - ток включения тиристора, U_{VS} - напряжения на выводах анод-катод тиристора, $R_{\text{Закр}}$ - сопротивление тиристора в закрытом состоянии, $R_{\text{Откр}}$ - сопротивление

тиристора в открытом состоянии, R_1 – коэффициент пропорциональности нелинейного состояния, i_y – тока управления тиристором, $I_{y.c}$ – тока управления тиристором, равный току спрямления характеристики тиристора, $t_{откл\ ипп}$ – время, прошедшее с момента снятия управляющего импульса, S – состояние тиристора (0 – открыт, 1 – закрыт).

Исследуя полученную модель можно сделать вывод, что тиристор при наличии малого значения прямого тока может увеличивать свое сопротивление, переходя в дальнейшем в закрытое состояние. Процесс включения тиристора должен быть обеспечен появлением в тиристоре тока включения $I_{вкл}$ до момента снятия управляющего импульса. Эти особенности при неправильном алгоритме управления могут привести к значительным перенапряжениям в обмотках возбуждения мощных электрических машин. Перенапряжение объясняется наличием остаточного малого тока, протекающего в значительной индуктивности, который способен при резком увеличении сопротивления, что эквивалентно отключению от источника, создавать перенапряжение за счет запасенной энергии.

Исходя из полученных рассуждений, необходимо предъявлять дополнительные требования к датчику закрытого состояния вентиля (ДЗВ), который является необходимым элементом системы управления тиристорным преобразователем с отдельным управлением.

Контроль закрытого состояния тиристорных мостов может осуществляться как по току тиристорного моста, так и по напряжению на тиристорах. Контроль закрытого состояния мостов по току требует большой точности и чувствительности в цепи измерения тока, а также отсутствие шумов, приводящим к ложному срабатыванию ДЗВ. При этом проблема возникновения перенапряжений решается выставлением заданного тока отключения моста. Контроль закрытого состояния моста по напряжению на тиристорах обладает лучшей чувствительностью и лучшей помехозащищенностью, по сравнению с датчиком тока, но при этом возможно раннее запирающее действие тиристорных мостов, что вызывает указанные выше аварийные режимы.

Разрешать переключение групп тиристорных мостов и снимать управляющие импульсы с работающей в данный момент группы нужно только при комбинации обоих типов датчиков: контролировать закрытое состояние моста одновременно по напряжению на тиристорах и току в нагрузке тиристорного моста. Для устранения возможных шумов с датчика тока целесообразно ввести дополнительную бестоковую паузу порядка 100 мкс.

Выражение для описания работы датчика закрытого состояния вентиля можно представить следующим образом:

$$D = \left(\prod_i \left(|U_{Ti}| > C_{\Pi} U_{T\ от} \right) \right) \prod_i (i < I_{уд}) \quad (4)$$

где D – логический сигнал состояния тиристорного преобразователя (1 – закрыт и 0 – открыт); U_{Ti} – измеренное напряжение на i -том тиристоре; C_{Π} – перегрузочная способность тиристора; $U_{T\ от}$ – номинальное падение напряжения на тиристоре в открытом состоянии; i – ток нагрузки тиристорного преобразователя.

На рисунке 2 приведена осциллограмма переходного процесса при правильной обработке реверса тока в обмотке возбуждения генератора в составе преобразовательного агрегата скипового подъема Абаканского рудоуправления ОАО «Евразруда». На осциллограмме виден процесс переключения мостов с обработкой необходимой минимальной бестоковой паузы без возникновения перенапряжений в процессе переключения. На участке осциллограммы перехода тока через ноль видно, что переключение мостов происходит с достаточным быстродействием, не внося существенных искажений в процесс изменения тока. Из осциллограммы видно, что созданная математическая модель подтверждается натурным экспериментом.

В итоге следует отметить, что проведенное исследование и разработанная математическая модель позволила реализовать тиристорный преобразователь при работе на индуктивную нагрузку большой мощности и синтезировать алгоритмы управления тиристорным преобразователем. В дальнейшем производится обобщение полученных результатов для широкого класса тиристорных электроприводов.

достаточно отслеживать изменение средней за сутки (или средней дневной и средней ночной) температуры наружного воздуха, следовательно, допустимо воспроизводить лишь статическую модель канала.

Задача разработки адаптивной системы управления решалась следующим образом. Как известно, в стационарном режиме мощность системы отопления должна быть равна тепловым потерям здания, то есть должно выполняться соотношение:

$$(mF)_{CO}(\Delta t_{CO})^{n+1} = q_V \cdot V(t_B - t_H) \quad (1)$$

Заметим, что в формуле (1) явным образом учитывается зависимость коэффициента теплопередачи k эквивалентного отопительного прибора, представляющего всю систему отопления здания целиком, от его температурного напора Δt_{CO} , т.е. считается, что $(kF)_{CO} = (mF)_{CO} \times (\Delta t_{CO})^n$. Здесь m и n – некоторые коэффициенты, F – площадь поверхности теплообмена эквивалентного отопительного прибора, t_B, t_H – соответственно температура внутреннего и наружного воздуха, $q_V \cdot V$ – произведение удельной тепловой характеристики здания q_V на его объем V .

Данное выражение можно переписать так:

$$\varphi(\Delta t_{CO})^{n+1} = t_B - t_H, \quad (2)$$

где $\varphi = (mF)_{CO} / (q_V V)$ – это некоторый комплексный параметр, который и подлежит оценке по эксплуатационным данным.

Применим к уравнению (2) линеаризующее преобразование, а именно – прологарифмируем обе его части, тогда будем иметь:

$$\ln \varphi + (n+1) \cdot \ln(\Delta t_{CO}) = \ln(t_B - t_H) \quad (3)$$

Далее будем считать, что $a = \ln \varphi$; $b = (n+1)$; $x = \ln(\Delta t_{CO})$; $y = \ln(t_B - t_H)$, т.е. введем такие обозначения, поэтому уравнение (3) переписывается в следующем виде: $y = a + bx$.

Решение задачи параметрической идентификации данного уравнения методом наименьших квадратов широко известно в литературе, из этого решения следует, что оптимальные значения параметров n и φ необходимо вычислять по формулам:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N \ln \frac{(t_{Bi} - t_{Hi})}{\Delta t_{COi}} \times \ln \Delta t_{COi} - \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \ln \Delta t_{COi} \times \sum_{i=1}^N \ln \frac{(t_{Bi} - t_{Hi})}{\Delta t_{COi}}}{\sum_{i=1}^N (\ln \Delta t_{COi})^2 - \frac{1}{N} \times (\sum_{i=1}^N \ln \Delta t_{COi})^2}; \quad (4)$$

$$\varphi = \exp\left\{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \ln \frac{(t_{Bi} - t_{Hi})}{\Delta t_{COi}} - \frac{n}{N} \times \sum_{i=1}^N \ln \Delta t_{COi}\right\}. \quad (5)$$

Заметим, что формулами (4), (5) представляется неадаптивный алгоритм идентификации параметров n и φ уравнения (2). Разработан также и адаптивный алгоритм. Для апробации как адаптивного, так и неадаптивного алгоритмов идентификации были использованы экспериментальные данные работы [3]. Для указанных экспериментальных данных по формулам (4) и (5) определили, что $n = 0,00208$; $\varphi = 1,01547$, т.е. конкретный вид уравнения (2) будет следующим: $1,01547(\Delta t_{CO})^{1,00208} = t_B - t_H$. Заметим, однако, что указанное уравнение отражает как действительные теплотехнические свойства самого здания, так и характеристики его системы отопления.

Теперь постараемся ответить на следующий вопрос: «Как организовать компенсацию основного возмущения – колебаний температуры наружного воздуха, если произведена

настройка соотношения (2) на конкретный процесс, на конкретные характеристики, как самого здания, так и его системы отопления?».

Уравнение (2) можно разрешить относительно температуры на входе системы отопления t_{CO} , т.е. его можно представить следующим образом:

$$t_{CO} = t_B + W_{CO} / (2cG_{CO}) + (t_B - t_H) \frac{1}{\varphi} \quad (6)$$

Здесь c, G_{CO} – соответственно удельная теплоемкость и массовый расход теплоносителя во всей системе отопления, W_{CO} – мощность системы отопления.

На рисунке 1 приведена структурная схема комбинированной системы управления тепловым режимом зданий, реализующая алгоритм компенсации (6). В данном случае отработка других возмущений, а именно – влияние ветра, солнечной радиации, тепловыделений в здании и др. возлагается на контур обратной связи по сигналу t_B .

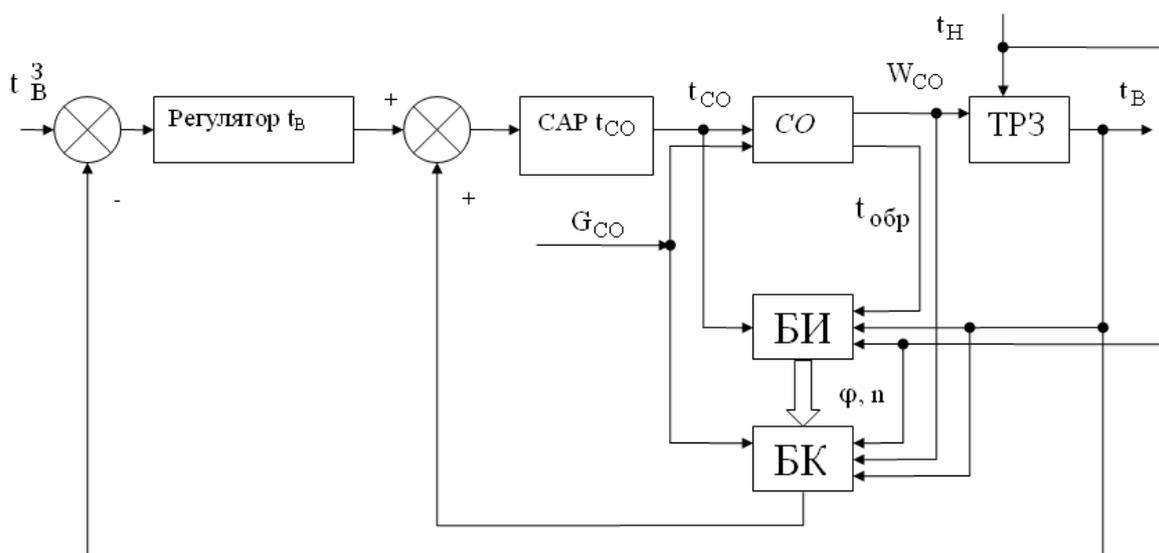


Рисунок 1 – Схема комбинированной системы управления, реализующая алгоритм компенсации (6)

На рисунке 1 использованы следующие обозначения: ТРЗ – тепловой режим здания, БИ – блок идентификации, в этом блоке определяются настраиваемые параметры n и φ , БК – блок компенсации, в этом блоке формируется сигнал компенсации в соответствии с формулой (6).

Другой вариант алгоритма компенсации основного возмущения – температуры наружного воздуха представляется следующим соотношением:

$$t_{CO} = t_B \cdot \{1 + q_V V \cdot [0,5 / (cG_{CO}) + 1 / (kF)_{CO}]\} - q_V \cdot V [0,5 / (cG_{CO}) + 1 / (kF)_{CO}] \cdot t_H, \quad (7)$$

У алгоритма (7) два «проблемных» параметра – $(kF)_{CO}$ и q_V , подлежащих определению по экспериментальным данным, причем предполагается, что эти параметры оцениваются раздельно.

Здесь для идентификации q_V необходима информация о текущих значениях $t_B(\tau)$, $t_H(\tau)$ и мощности системы отопления $W_{CO}(\tau)$, для определения $(kF)_{CO}$ необходим следующий набор экспериментальных данных – $t_B(\tau)$, $t_{CO}(\tau)$, $t_{OBR}(\tau)$, $G_{CO}(\tau)$, либо $t_B(\tau)$, $t_{CO}(\tau)$, $G_{CO}(\tau)$, $W_{CO}(\tau)$. Так как сигнал $W_{CO}(\tau)$ в любом случае необходим для идентификации q_V , то предпочтительнее использовать для оценки $(kF)_{CO}$ последний набор данных, в этом случае улучшается техническая структура системы.

Разработаны адаптивные алгоритмы идентификации указанных параметров, эти алгоритмы включают процедуры фильтрации и помехоустойчивого дифференцирования сигналов [4]. В частности, алгоритм помехоустойчивого дифференцирования имеет вид

$$\frac{dx(\tau_{i+1})}{d\tau} = \left[\frac{x_{i+1} - \bar{x}}{1,5\Delta\tau} + \frac{x_i - \bar{x}}{0,5\Delta\tau} + \frac{\bar{x} - x_{i-1}}{0,5\Delta\tau} + \frac{\bar{x} - x_{i-2}}{1,5\Delta\tau} \right] / 4 = \frac{1}{6\Delta\tau} [x_{i+1} + 3x_i - 3x_{i-1} - x_{i-2}]$$

Здесь x_i – значение сигнала в i -тый момент времени τ_i , $\bar{x} = (x_{i+1} + x_i + x_{i-1} + x_{i-2})/4$, $\Delta\tau$ – промежуток времени между моментами считывания сигналов $\Delta\tau = \tau_{i+1} - \tau_i$, $i = 0,1,2,\dots$

Задача фильтрации сводилась к следующей задаче оптимизации:

$$\Psi_1(x_i - x_i^\Phi)^2 + \Psi_2(x_i^\Phi - x_{i-1}^\Phi)^2 \rightarrow \min_{x_i^\Phi},$$

где x_i – фактическое значение сигнала в i -й момент (отсчет), x_i^Φ – оценка полезного сигнала для i -того момента времени, Ψ_1 и Ψ_2 – весовые коэффициенты.

Решая данную задачу оптимизации, нашли, что оценка полезного сигнала должна определяться по следующей формуле:

$$x_i^\Phi = x_{i-1}^\Phi + \frac{\Psi_1}{\Psi_1 + \Psi_2} (x_i - x_{i-1}^\Phi).$$

Структурная схема комбинированной системы управления, реализующей алгоритм компенсации (7), приведена на рисунке 2. Заметим, что в обоих случаях суммарное количество входных сигналов для блоков идентификации (БИ) и компенсации (БК) равно шести.

Разработанные варианты адаптивных систем управления могут быть использованы при реализации энергосберегающих мероприятий в жилищно-коммунальной отрасли народного хозяйства.

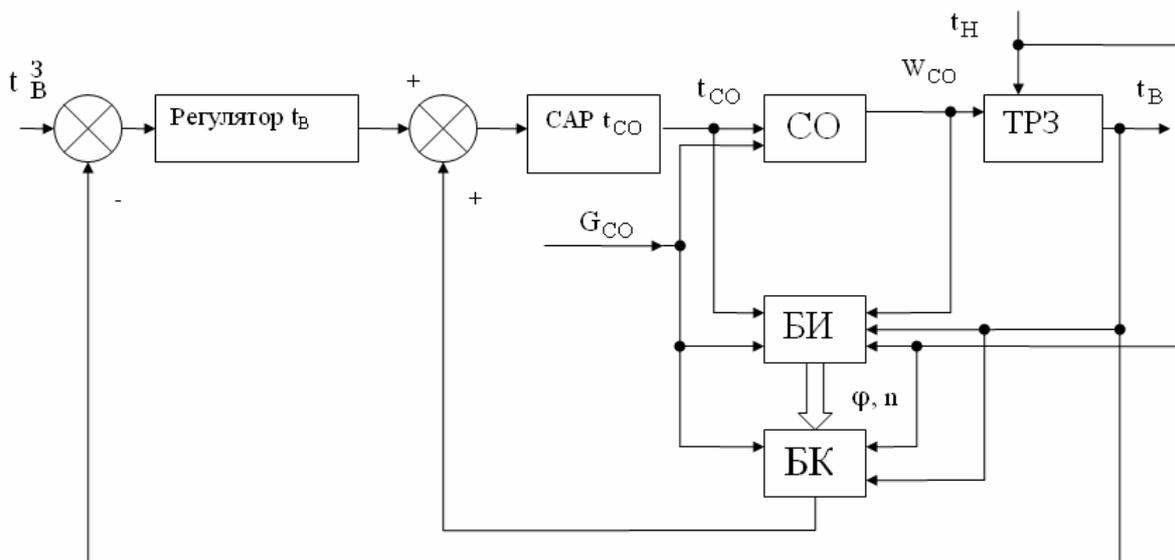


Рисунок 2 - Структурная схема комбинированной системы управления, реализующей алгоритм компенсации (7)

Литература

1. Зингер Н.М. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков – М.: Стройиздат, 1990. – 188 с.
2. Ливчак В.И. Что ждет Россию в будущем – котельные в каждом доме или все-таки централизованное теплоснабжение на базе теплофикации? / В.И. Ливчак // АВОК. – 2008. – №2. – С. 10 – 18.

3. Гершкович В.Ф. Динамика изменения параметров отопительной системы при позиционном регулировании / В.Ф. Гершкович // Новости теплоснабжения, 2002, № 11 (27), с. 42 – 44.

4. Панферов С.В. Адаптивный алгоритм в задаче идентификации параметров математической модели / С.В. Панферов, А.И. Телегин // Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: Материалы 10–й Всероссийской научно-практической конф. Магнитогорск: МГТУ, 2009г., с. 43 – 47.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЦИФРОВЫХ РАДИОТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ

А. С. Попов, А. А. Баканов

*Томский государственный университет управления и радиоэлектроники, г. Томск,
Филиал Кузбасского государственного технического университета, г. Новокузнецк*

Согласно концепции развития телерадиовещания в Российской Федерации, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 ноября 2007 г. № 1700, к 2015 году Россия, как и вся Европа, полностью перейдет на систему наземного цифрового телевидения. Уже сегодня практически все отечественные телекомпании производят свои телепрограммы в цифровом формате. Российская Федерация как страна-участница региональной конференции в Женеве (с 15.05. по 16.06.2006 г.) в рамках второй сессии РКР, ратифицировала соглашения, которые вступили в силу с 15.06.2007 г.

После многих лет разговоров о необходимости внедрения в Российской Федерации цифрового телевизионного вещания в стандарте DVB эта задача переходит в практическое русло. Активная роль в этих процессах будет принадлежать ФГУП «РТРС», так как это предприятие обеспечивает общегосударственное и коммерческое эфирное телерадиовещание на территории России. В ведении ФГУП «РТРС» находится до 85% всех телепередатчиков страны, поэтому оно является естественной монополией на рынке телевидения страны. ФГУП «РТРС» приступило к замене старых, уже выработавших свой ресурс, аналоговых телепередатчиков, на гибридные аналого-цифровые передатчики, способные работать в цифровом режиме вещания. В стране уже несколько лет успешно действуют зоны цифрового телевидения [1].

На сегодняшний день использование современных телекоммуникационных технологий позволяет построить качественную, надежную и экономически обоснованную систему мониторинга передающим комплексом [2].

Поскольку основным преимуществом цифрового ТВ-вещания является возможность передать в полосе аналогового канала шириной 8 МГц не одну, а сразу несколько программ одновременно, то остро встает вопрос об обеспечении повышенной надежности комплекса вещательного оборудования, в частности радиотелевизионных передатчиков. Иначе говоря, выход из строя передатчика, который вещает в эфир цифровой поток, приведет к пропаданию сразу нескольких программ, а не одной как раньше и сейчас.

Если говорить об обслуживаемых станциях, то пропадание сигнала будет сразу замечено. В случае с необслуживаемыми станциями, остановка вещания будет замечена через какой-то промежуток времени. Чтобы это время сократить до минимума и достаточно быстро принять меры к устранению неисправности, следует вести мониторинг основных параметров передатчиков.

Целью данной работы является разработка недорогой автоматической системы дистанционного мониторинга цифровых радиотелевизионных передатчиков.

Отличительной чертой организации вещания на объектах связи является его низкая рентабельность, где содержание технического штата занимает существенную часть всех расходов, связанных с финансированием вещания. Оптимальным решением в такой ситуации служит создание необслуживаемых объектов связи с системой дистанционного мониторинга, и в дальнейшем управлением радиотелевизионными передатчиками [1].

Система дистанционного контроля радиотелевизионных передатчиков (рисунок 1) включает в себя серверный модуль для дистанционного мониторинга, хотя бы один клиентский модуль, при этом клиентский модуль включает микроконтроллер, управляющий беспроводным приемопередатчиком. Клиентский модуль посредством приемопередатчика осуществляет обмен кодированными сигналами с серверным модулем. Микроконтроллер включает в себя аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и последовательно установленные разъемы для подключения к электросети, датчик тока, реле размыкания/замыкания и разъем для подключения электроприбора. При этом датчик тока связан с микроконтроллером, включающим АЦП, микроконтроллер связан с приемопередатчиком для передачи данных о потребляемом электроприбором токе на серверный модуль.

Система предназначена для дистанционного контроля основных рабочих параметров и управления оборудованием.

Функциональные возможности:

- контроль параметров оборудования, опрашиваемого внутренним контроллером, таких как: напряжения и токи всех источников питания передатчика, температура внутри блоков, падающая, отраженная и входная мощности и т.п. (зависит от состава конкретного передатчика);

- контроль состояния внешних датчиков (пожарная сигнализация, охранный сигнализация, температура в помещении и т.п.).

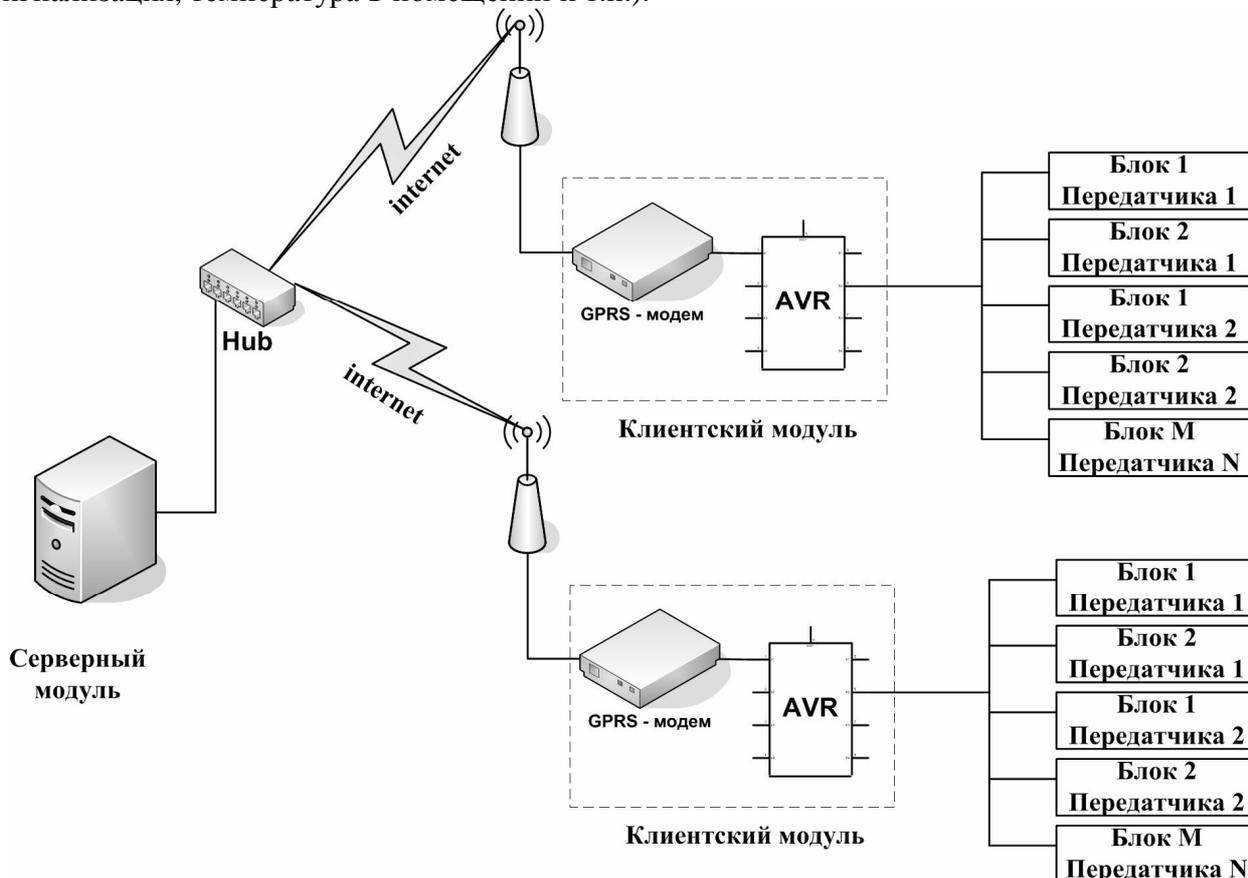


Рисунок 1 – Структурная схема системы дистанционного мониторинга цифровых радиотелевизионных передатчиков

Клиентский модуль коммутирует данные в сети Ethernet, GSM, GPRS. Состояние входов/выходов доступно программно [4]. GPRS - модем принадлежит к новому поколению продукции компании SIM Technology. Его модификация GPRS SIM300D идеально подходит для использования в промышленных machine-to-machine (M2M) приложениях. Он легко интегрируется в системы, где необходимо передавать или принимать/передавать данные через GSM-сеть в режиме SMS, CSD, HSCSD или GPRS, совершать голосовые звонки через GSM-сеть [5].

На первых этапах разработки системы планируется осуществлять мониторинг только значений напряжения питания на вводах передатчиков (наличие/отсутствие).

Согласно проведенному аналитическому обзору, выявлены два основных производителя микроконтроллеров, которые целесообразно использовать для поставленной задачи. Это программируемые микроконтроллеры AVR и PIC компаний Atmel и Microchip, соответственно.

Микроконтроллеры AVR имеют более совершенную архитектуру и могут выполнять команды в каждом такте (в отличие от PIC, которым для выполнения команды требуется четыре такта). Поэтому при той же тактовой частоте микроконтроллеры AVR работают в 4 раза быстрее. Кроме того, они имеют 32 рабочих регистра (в отличие от одного единственного, имеющегося в PIC) и почти в 3 раза больше команд. Благодаря этому программы для AVR практически всегда будут короче аналогичных программ для PIC. Однако, несмотря на то, что в документации указывается от 90 до 120 команд (в зависимости от модели), многие из них дублируют друг друга, из всех команд действительно уникальными является не более 50. К так называемым регистрам специальных функций микроконтроллеров PIC (которые в AVR называются регистрами ввода/вывода) разрешен прямой доступ, что в микроконтроллерах AVR не допускается. Однако это не такой уж большой недостаток, и в целом программы для AVR являются более эффективными. Все микроконтроллеры AVR имеют FLASH-память программ, что позволяет осуществлять их многократное перепрограммирование. И наконец, в связи с тем, что различные модели микроконтроллеров PIC разрабатывались на протяжении многих лет, у них имеется ряд досадных проблем с совместимостью, которых в микроконтроллерах AVR до сих пор удавалось избегать.

Микроконтроллеры AVR – это одни из самых быстродействующих микроконтроллеров. При наличии соответствующей программы он сможет выполнять практически любые функции. Достаточно сложная принципиальная схема может превратиться в обычную программу, уменьшив, таким образом, устройство до одной единственной микросхемы. Микроконтроллеры ликвидируют разрыв между аппаратным и программным обеспечением – они выполняют программу как обычный компьютер, являясь в то же время дискретными элементами, которые могут взаимодействовать с другими компонентами схемы. За несколько лет микроконтроллеры стали неотъемлемой частью инструментария радиоинженеров и огромного числа радиолюбителей, поскольку они великолепно подходят для экспериментирования, мелкосерийного производства и реализации проектов, требующих определенной гибкости выполняемых функций [6].

В среднем, полностью завершённый модуль со всеми необходимыми функциями для реализации проекта, на рынке стоит от 4 до 5 тыс. руб. Затраты на разрабатываемую систему, по предварительным подсчетам, составят порядка 2,5 тыс. руб. Стоимость конечного продукта значительно снизится при оптовых закупках элементной базы и массовом изготовлении печатных плат. Следует отметить, что цена колеблется из-за непостоянного курса валют.

Предварительно, на данный момент есть потребность в 80 клиентских модулях на территории Кемеровской области.

Литература

1. <http://www.rtrs.ru/interview.asp?view=14742>
2. http://broadcasting.ru/articles2/newproducts/sist_distanc_kontr_i_upravl_peredatch_real_izov_v_len_obl
3. Пат. 72100 Рос. Федерация: МПК H02J13/00 Система дистанционного управления электроприборами: / Смагин А. К., Русанов А. А., опублик. 27.03.2008
4. <http://www.microtec.ru/content/photos/products/files/16.pdf>
5. <http://telematika.com.ua/content/view/48/35/lang,GPS-monitoring/>
6. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс./ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XX1», 2006. – 272 с: ил. (Серия «Мировая электроника»).

СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

А. В. Протодяконов, А. Н. Фомин, С. Е. Швец

Кузбасский государственный технический университет, Кемерово

Транспортные потоки являются достаточно сложным объектом моделирования, который обладает множеством параметров. Значения некоторых параметров вполне очевидны или их можно относительно просто измерить. Например, очевидна топология дорожной сети, можно измерить длины очередей на дорогах, интенсивности транспортных потоков. В то же время значения других параметров не столь очевидны или трудноизмеримы. В основном это параметры, связанные с особенностями вождения и характеристиками автомобиля.

Процесс подбора неизвестных параметров модели называют калибровкой. Для калибровки могут использоваться различные подходы – в нашей работе использовался генетический алгоритм. Целью калибровки является создание валидной модели, поэтому необходимо выбрать критерии, по которым будет оцениваться валидность модели. Эти критерии должны обладать следующими характеристиками:

- простота сбора;
- чувствительность к изменению параметров модели.

Общая схема калибровки модели приведена на рисунке 1.

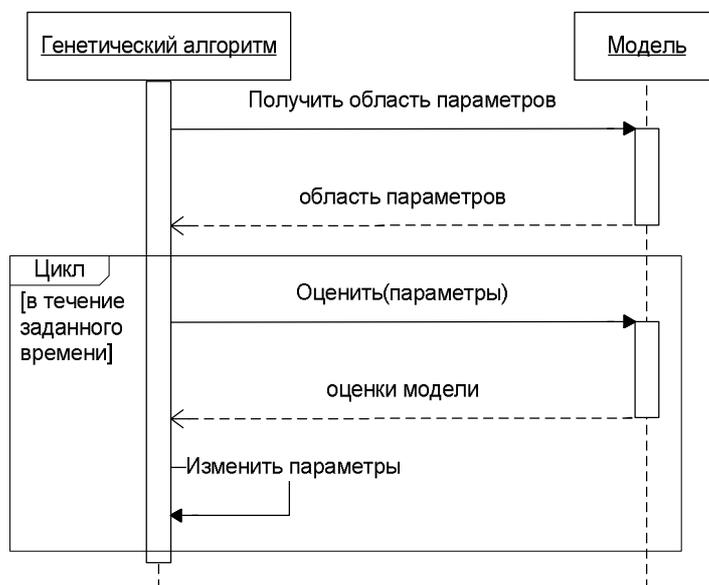


Рисунок 1 – Общая схема калибровки модели

Обычно при калибровке рекомендуется использовать следующие параметры для оценки валидности модели транспортных потоков: задержки; длины очередей; средние скорости; среднее время в пути; интенсивности потоков.

В используемой нами модели калибровались следующие параметры:

- среднее ускорение при разгоне;
- среднее ускорение при торможении;
- средний интервал между автомобилями.

Для калибровки был выбран участок магистральной улицы с двумя близкорасположенными регулируемыми перекрестками (г. Кемерово, пр. Ленина, пересечение с ул. Шорникова и ул. Тухачевского) (рисунок 2). Выбор связан с тем, что основной поток автомобилей движется прямо по пр. Ленина и влияние прочих некалиброванных параметров и неучтенных явлений должно быть минимально. В течение

часа на обоих перекрестках измерялись интенсивности потоков и максимальные длины очередей. Также в течение часа в различных направлениях ездил автомобиль-маркер, который измерял среднее время в пути.

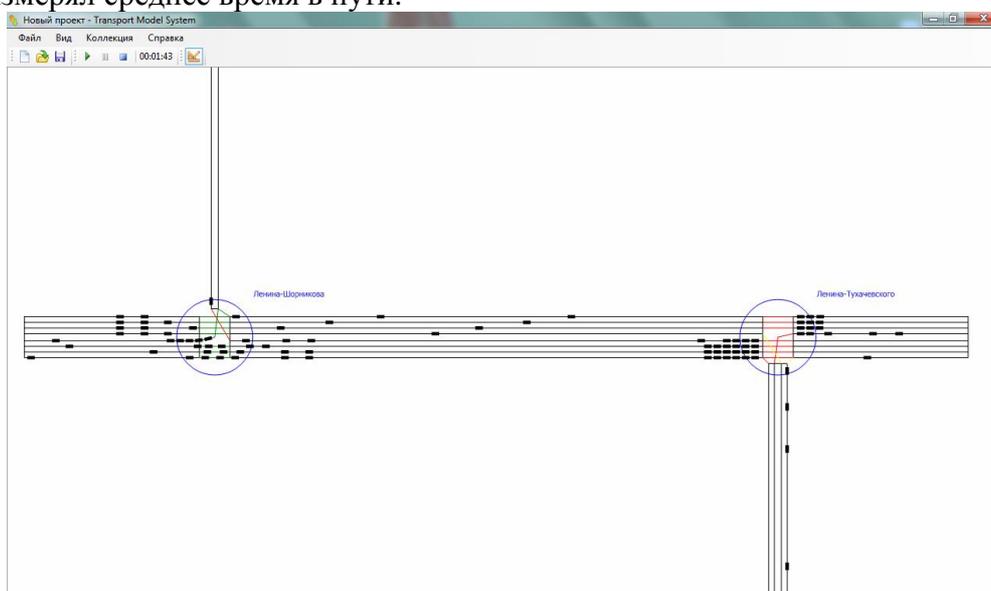


Рисунок 2 – Визуализация моделируемого процесса

Для создания нагрузки в экспериментах использовались статистические данные об интенсивностях потоков. Первоначально для калибровки модели использовались только длины очередей, так как по ним была собрана наиболее обширная и достоверная выборка. На рисунке 3 изображены 75 лучших решений, полученных с помощью генетического алгоритма.

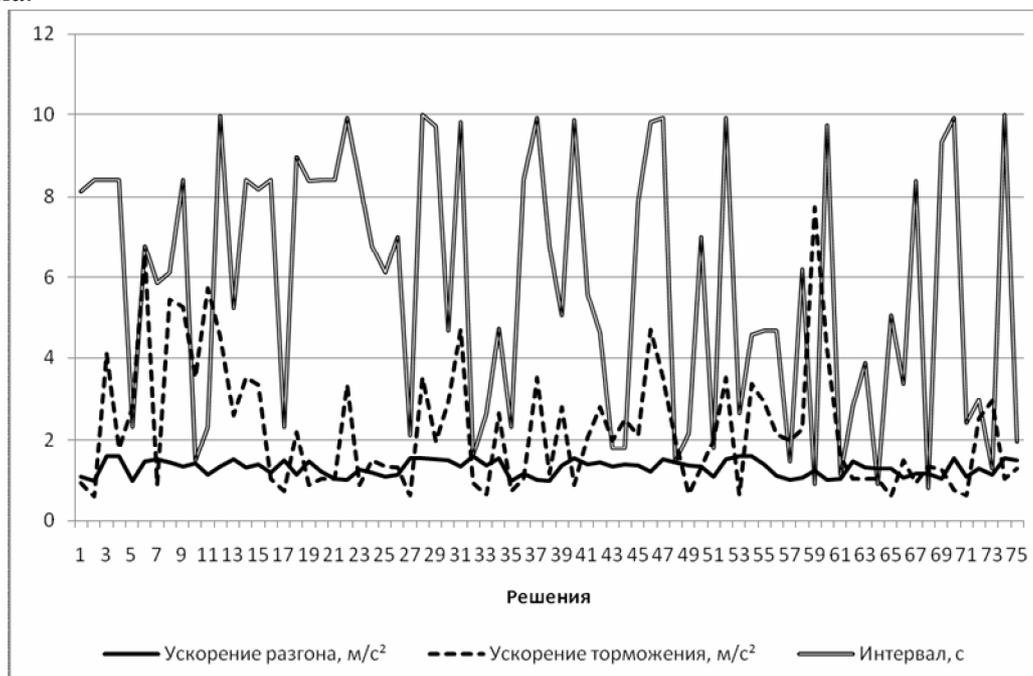


Рисунок 3 – Результат калибровки модели по одному критерию (75 лучших решений)

Из рисунка видно, что было откалибровано только значение ускорения разгона, среднее значение которого составило $1,3 \text{ м/с}^2$ с коэффициентом вариации 15%. Для ускорения торможения и интервала между автомобилями коэффициент вариации превысил 50%. Таким образом можно сказать, что эти два параметра не оказывают значительного влияния на использованный критерий калибровки.

Ввод дополнительного параметра калибровки – время в пути – позволил улучшить результаты работы алгоритма и уменьшить разброс параметров. 75 лучших решений полученные в результате калибровки изображены на рисунке 4.

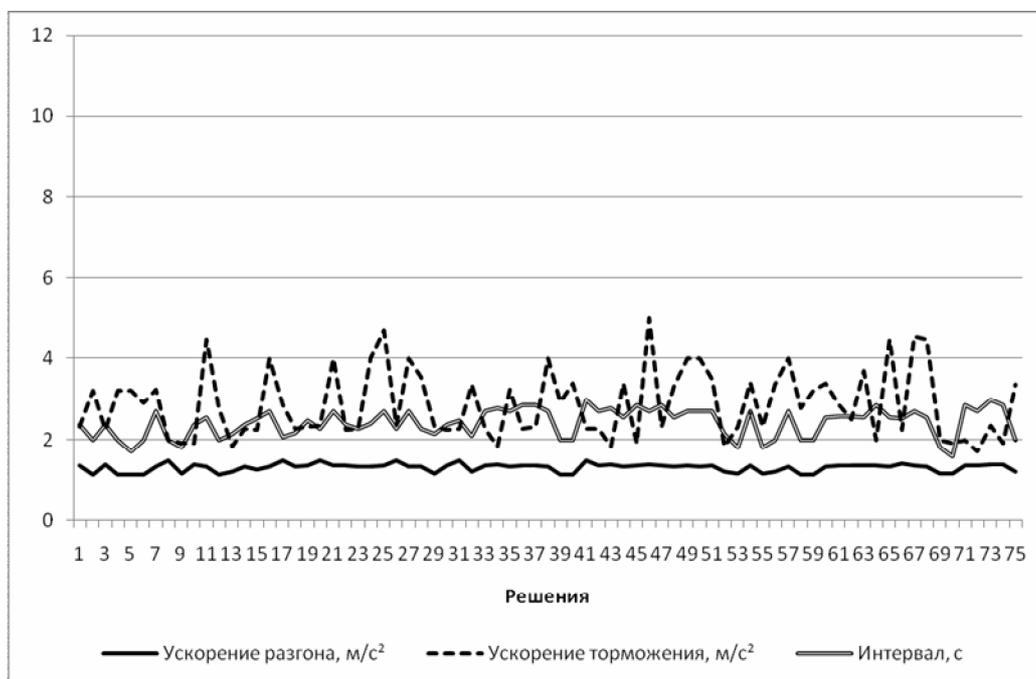


Рисунок 4 – Результат калибровки модели по двум критериям (75 лучших решений)

Среднее ускорение разгона также составило $1,3 \text{ м/с}^2$, но при этом коэффициент вариации уменьшился до 8%. Среднее ускорение торможения составило $2,9 \text{ м/с}^2$ с коэффициентом вариации 30%, а и средний интервал между автомобилями – $2,4 \text{ с}$ с коэффициентом вариации 15%.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЧЕВОГО ИНТЕРФЕЙСА В УПРАВЛЕНИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

И.Ф. Ревонченкова, М.П. Фархадов

Институт проблем управления РАН (ИАТ), г. Москва

Необходимым условием обеспечения высокого уровня производства и высокой эффективности производства является автоматизация технологических процессов производства, контроля и качества продукции. Использование робототехнических систем в производстве в наше время уже никого не удивит. Повсеместно применяются роботы в машиностроении, приборостроении, автомобилестроении, переработке, добыче полезных ископаемых и других трудоемких производствах. Но, бывают отдельные случаи, когда присутствие человек в непосредственной близости к производственному процессу, вообще недопустимо и опасно для его здоровья и жизни. Это работы, связанные с радиацией, в химически агрессивных средах, в температурно-экстремальных условиях, в открытом космосе, при высокой перегрузке организма человека и пр. В таких условиях может выдерживать только специальное оборудование и техника, специализированные компьютеры, контроллеры, а управлять ими может оператор с помощью речевого мониторинга (дистанционно).

Как показала практика, областями наиболее целесообразного применения речевого ввода информации является дистанционное управление действиями робототехнических систем в условиях производства, ввод команд и параметров операций оператором на естественном языке в устной форме, получение сообщений о результатах произведенных операций и контроле качества работ.

Многие задачи управления технологическими процессами требуют использования как интерактивных (информационных), так и манипуляторных (рабочих) роботов.

Для управления производственными процессами специально разрабатываются интерактивные роботы с широким диапазоном связи и учетом условий режимов

объекта управления. При этом для выполнения функции сборки, обслуживания, осмотра и ремонта потребуются планирующие подсистемы, вырабатывающие последовательность команд для достижения конечной цели – обработки детали нужного размера, шероховатости, шлифовки и пр. Для этого создаются подсистемы визуального контроля, контрольно-измерительных средств и диагностики оборудования и самого робота для анализа и решения различных проблем, сбоев и незапланированных остановов. В том числе и восприятия речевой информации по управлению всей системы Информационные роботы получают данные от различных датчиков и контроллеров и передают их оператору в режиме on line или в автоматическом режиме непосредственно рабочему роботу.

Роботы-манипуляторы применяются для технического обслуживания всего оборудования и самих роботов, а также выполнения рабочих операций: транспортировки, установки, перемещения и переориентации объекта обработки; центрирования детали, подготовку оборудования; соединение и отсоединение конструктивных элементов, электрических разъемов и контактов; дистанционное наблюдение и освещение; ремонт и переоснащение робота; съем контрольных размеров контроль качества детали, в том числе качеств шероховатости, гладкости и полировки.

Промышленные роботы применяются в различных областях производства: транспортировка, загрузка и выгрузка заготовок деталей и инструмента: складирование, сортировка, проверка качества, маркировка деталей и заготовок; сборки, сварки, окраски, термообработки, штамповки, нанесения гальванопокрытий, механообработке; горячее объемное деформирование,ковки, горячей прессовке, раскрое с помощью гильотинных ножниц и прессов глубокой вытяжки; изготовление пластмассовых изделий и ПХВ.

Сборочные технологические процессы отличаются большим разнообразием операций, высокой трудоемкостью и необходимостью быстрой отработки и оператором и системой. В результате в управляющей информационной системе наращивается огромное количество данных, и поэтому реально потребуются большие массивы памяти в компьютере. Эти массивы необходимы для обеспечения нормальных условий работы управляющей системы в реальном масштабе времени и в режиме скоростной обработки входной информации. В этой ситуации система распознавания речи может помочь решить многие проблемы, связанные с оперативностью принятия решения оператором в режиме on line.

Для примера рассмотрим возможные варианты останова в работе автоматической линии сборки двигателя автомобиля. Сбои на станции сборки можно классифицировать следующим образом: - неисправности оборудования; - временный останов по техническим причинам; - останов по причине ожидания комплектующих и подачи их на станцию.

Наиболее вероятные неисправности оборудования могут быть следующие: нарушения связи с компьютером или платой АЦП; блокировка питания отдельных устройств; перегрев различного оборудования; неисправность оборудования; отсутствие масла в устройстве и пр.

Временный останов по техническим причинам может быть диагностирован как одна из следующих операций: подъем упора; отвод упора; установка упора; подъем манипулятора-подъемника; спуск манипулятора-подъемника; перемещение спутника и т.д.

Останов по причине ожидания комплектующих деталей может быть следующий: деталь не адаптирована; отсутствие детали; пневмоподача детали; сортировка; наличие детали на складе и т.д.

Таким образом, прослеживается четкая иерархия взаимосвязанных операций, которые требуют подтверждения или определенных действий оператора слежения. Создание базы данных (БД), отражающей все сбои и классифицирующей их в рамках технологического процесса, в принципе вполне возможно и допустимо. Команды управления и сообщения о сбоях однозначны и довольно лаконичны. Поэтому взаимодействие автоматизированной системы слежения и оператора допустимо с

помощью речевого интерфейса, что существенно упростит этот процесс. Иерархический граф классификации сообщений представлен на рисунке 1.

Слежение за всем процессом производства можно возложить на компьютер достаточно большой мощности, а на станциях сборочного процесса применять компьютеры малой мощности или контроллеры. Использование новейших технологий, в частности информационных, ставит процесс производства на более высокий уровень и дает возможность гарантированного и стопроцентного контроля качества выпускаемой продукции при достаточной скорости технологического процесса.



Рисунок 1 – Классификация сообщений автоматизированной системы слежения

Каждый сбой имеет свой код шифра неисправности или останова. Используя БД конкретных причин сбоев и комментариев к ним, а также базу знаний (БЗ) подсказок к ликвидации неисправностей и сбоев для оператора слежения, можно существенно сократить время ответа оператора на сообщение о сбое. Если при этом оператору не вводить сообщения с клавиатуры, а передавать команды речевым сообщением, то время реакции системы и управления еще более сократится.

По мере совершенствования искусственного интеллекта системы повышается автономность принятия решения в работе таких роботов. Перепрограммирование роботов предполагает автоматическую замену программы управления или при помощи оператора. К перепрограммированию относится изменение последовательности действий, значений перемещений по степени подвижности или управляющих функций.

При проектировании автоматизированной управляющей системы производством можно воспользоваться системой распознавания с минимальным набором команд, необходимых для управления. При этом предполагается, что будет использоваться ограниченный словарь и можно воспринимать слова как минимально значимые единицы. Каждое слово будет представлять собой отдельный языковой знак, ему можно присвоить свой приоритет в предложении и составить граф иерархии в предложении (т.е. в команде оператора). Команда управления, как правило, произносятся кратко и четко, и при этом слова изолированы. Поэтому нетрудно установить начало и конец слова. Кроме того, акустические признаки зависят только от одного этого слова. Поэтому задача автоматического распознавания сводится к выдаче результата в виде орфографии. При этом в команде всегда можно выделить главные, так называемые ключевые слова, управляющие всем предложением. Так, например, в команде: «Установить и закрепить суппорт на 1.5 мм», ключевыми словами будут «суппорт» и «закрепить». Из этого можно сделать вывод, что в каждом предложении можно определить ключевые слова, которыми, как правило, являются существительное и (или) глагол.

Благодаря накопленным знаниям о поставленной задаче и экспертным оценкам возможных ситуаций, всегда можно достаточно легко и точно решить проблемы ввода команд в компьютер и их распознавание. Если слова произносятся четко, то можно использовать начальный словарь минимум 100-200 слов. По мере необходимости производится так называемое «доучивание» системы, т.е. накопление знаний.

Изолированно произнесенные слова на естественном языке распознаются по упрощенной схеме, изображенной на рисунке 2.

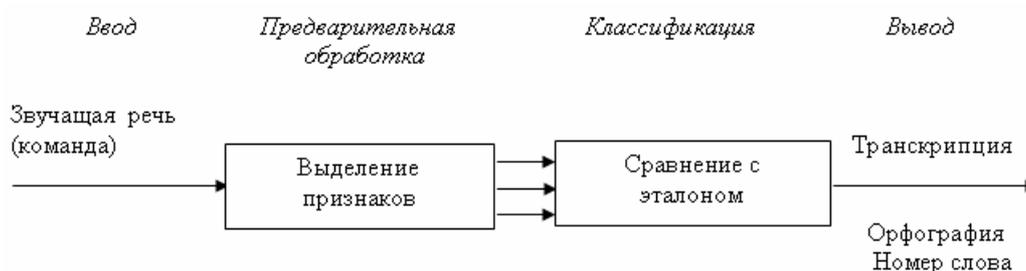


Рисунок 2 – Структурная схема устройства распознавания команды с изолированно произнесенными словами

При решении задачи речевого управления робототехническими многосвязными механическими системами, обладающими свойствами адаптивности, необходимо рассматривать всю проблему в целом. В частности, необходимо выделить следующие подзадачи управления: составление и формулировка приказа – требования; составление списка приказов и высказываний в БД; формирование фонетического словаря; формирование акустического словаря, содержащего слова для распознавания; составление БЗ возможных вариантов запросов и предложений; фиксация и контроль рабочей ситуации; возможные варианты отката в режиме работы робота; контроль рабочей стадии распознавания; составление предложения из слов; управление многоярусной структурой диалога; отсечение шумов и наводок из акустического сигнала; синтез запроса системы; формирование комментариев к операции; размыкание последовательности диалога в сложных ситуациях; определение начала и конца диалога; составление и синтез ответа системы при выполнении той или иной команды; составление выражения отказа от выполнения операции и комментарии к нему; составление и синтез ответа, при выполнении всех манипуляций робототехнической системы.

Сам процесс распознавания речи представляет собой достаточно сложную, иерархическую структуру анализа и синтеза. Он включает в себя следующие последовательные действия: акустико-фонемный анализ запроса; лексический анализ предложения; прагматический анализ команды; логический анализ приказа; синтаксический и семантический анализ предложения - команды; составление орфографическо-фонетической транскрипции слова просодический анализ поступившего предложения и пр.

Предварительная обработка поступившего приказа, заключается в акустико-фонетическом анализе слов и составление самого предложения из отдельных слов. Синтаксический анализ и определение изолированных слов может столкнуться с не распознаванием последних. В дальнейший процесс необходимо включить процесс прогнозирования и предсказания предложения по ключевым словам из словаря данных с иерархической структурой возможных вариантов предложений, составленных в БЗ. На рисунке 3 изображена универсальная структурная схема управления роботом.

Большинство существующих систем распознавания речи (СРР) зависимы от диктора. Он должен сначала обучить систему (программу), произнося определенный текст. Но есть системы независимые от диктора. Это так называемые программы - голосовые навигаторы. Программы для речевого ввода текста обычно ориентированы на дискретную речь. В технических системах, предназначенных для слежения за производственным процессом возможно использование именно таких СРР. Разумеется, проще всего реализовать программу, способную распознавать только ограниченный набор односложных управляющих команд.

Для разработчиков программ выпускаются специальные инструментальные пакеты программ. Такие фирмы как IBM, ITI, Logical, Microsoft, Dragon Systems, A&G Graphics Interface, Speech Systems разрабатывают собственные инструментальные пакеты программ для создания программ речевого ввода и обработки информации. В настоящее время созданы отечественные СРР, такие как: «Комбат» для ввода русских

текстов, «Горыныч» (Dragon Dictate) для распознавания речи и компьютерной обработки записей, «Труффальдино» предназначенный для речевого управления бытовой электроникой. Созданы интерактивные системы с голосовым ответом для продажи авиабилетов на пассажирские лайнеры с предложением автоматического расписания рейсов и вызова такси. В этих СРР возможно самообучение системы во время общения и настройка на голос, а также речевые особенности пользователя (акцент, дефект речи, скороговорка или неправильное произношение). Решение этой задачи под силу созданным интеллектуальным системам отечественных разработчиков. На выставке «Комтек - 2000» демонстрировалась система со словарным запасом 500 и выше слов, распознающая речь независимо от произношения диктора, устойчивая к внешнему шуму.

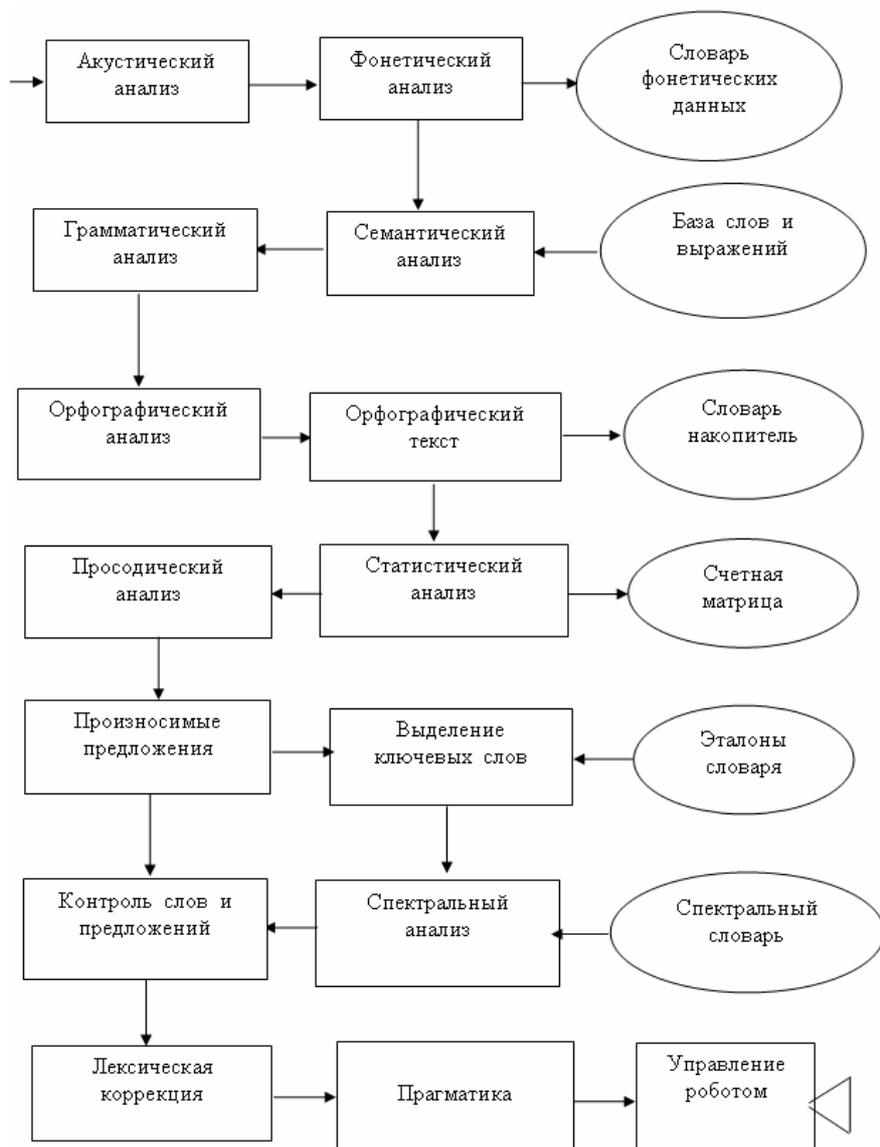


Рисунок 3 – Структурная схема автоматической системы управления роботом с речевым интерфейсом

Литература

1. Жожикашвили В.А., Жожикашвили А.В., Петухова Н.В., Фархадов М.П. Новый человеко-машинный интерфейс для автоматизированных систем массового обслуживания // М. Труды института проблем управления РАН, том IX, 2000
2. Харитонов В.И., Ревонченкова И.Ф. Проектирование информационно-управляющих систем нового поколения в производственном процессе сборки автомобиля // М. МГТУ «МАМИ» Международная научная конференция, 1999

3. Ревонченкова И.Ф., Фархадов М.П. Принцип работы баз данных и баз знаний в локальной сети автоматической линии сборки // г. Минск, Международная научная конференция 1999
4. Ревонченков А.М., Ревонченкова И.Ф., Фархадов М.П. Особенности использования системы обработки БД в диагностике состояния автоматической линии сборки двигателя в машиностроении для согласования технологических процессов // г. Минск, Международная научная конференция 1998
5. Потапова Р.К. Речевое управление роботом // М. URSS 2005
6. Бабичев А.В. Распознавание и спецификация структур данных // М. URSS 2008
7. Каюмов О.Р. Глобально управляемые механические системы // М ФИЗМАТЛИТ 2007
8. Модели и методы распознавания речи. М. Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН 2007

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДИСПЕТЧЕРСКАЯ ОАО ММК»¹

В.Ю. Рыболовлев

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск

Открытое акционерное общество «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») является крупнейшим предприятием чёрной металлургии России, его доля в объёме металлопродукции, реализуемой на внутреннем рынке страны, составляет около 20%. Предприятие представляет собой крупный металлургический комплекс с полным производственным циклом, начиная с подготовки железорудного сырья и заканчивая глубокой переработкой черных металлов. В связи с интеграцией металлургии России в мировое разделение труда стратегия развития комбината и инвестиционная программа предусматривает в качестве приоритетной задачи модернизацию производства, внедрение самых передовых металлургических технологий и агрегатов. Эта стратегия и долгосрочная инвестиционная программа успешно выполняются, что сегодня обеспечивает необходимую конкурентоспособность металлопродукции не только в России, но и за рубежом. ОАО «ММК» занимает лидирующие позиции на рынке металлопродукции, является самым активным участником инвестиционного процесса среди предприятий черной металлургии России, около 40% продукции экспортируется в различные страны мира, в том числе и самые высокоразвитые.

Одной из основных целей создания информационных систем на предприятиях является предоставление возможности получения сотрудниками различного ранга оперативной и достоверной информации, необходимой для принятия адекватных управленческих решений. Практически любые данные о производственных процессах, вплоть до первичных, в равной степени должны быть доступны широкому кругу специалистов.

Современное металлургическое производство требует высоких скоростей обработки информации, удобных форм ее хранения, передачи и представления. Управление крупными предприятиями, к которым относятся, в первую очередь, металлургические заводы, невозможно без создания единого информационного пространства предприятия, основанного на принципах открытости, с точки зрения технологий доступа к информации, масштабируемости и надежности функционирования.

На ОАО «ММК» всегда немаловажное значение уделялось вопросам автоматизации, созданию и развитию единого информационного пространства предприятия, интеграции в него существующих и вновь строящихся объектов.

¹Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0152

Объединение локальных автоматизированных систем в единое информационное пространство предприятия позволило приступить к реализации на ОАО «ММК» комплекса систем оперативного управления корпоративного уровня. Одной из таких систем является автоматизированная информационная система центральной диспетчерской комбината (АИС ЦДК) (рисунок).

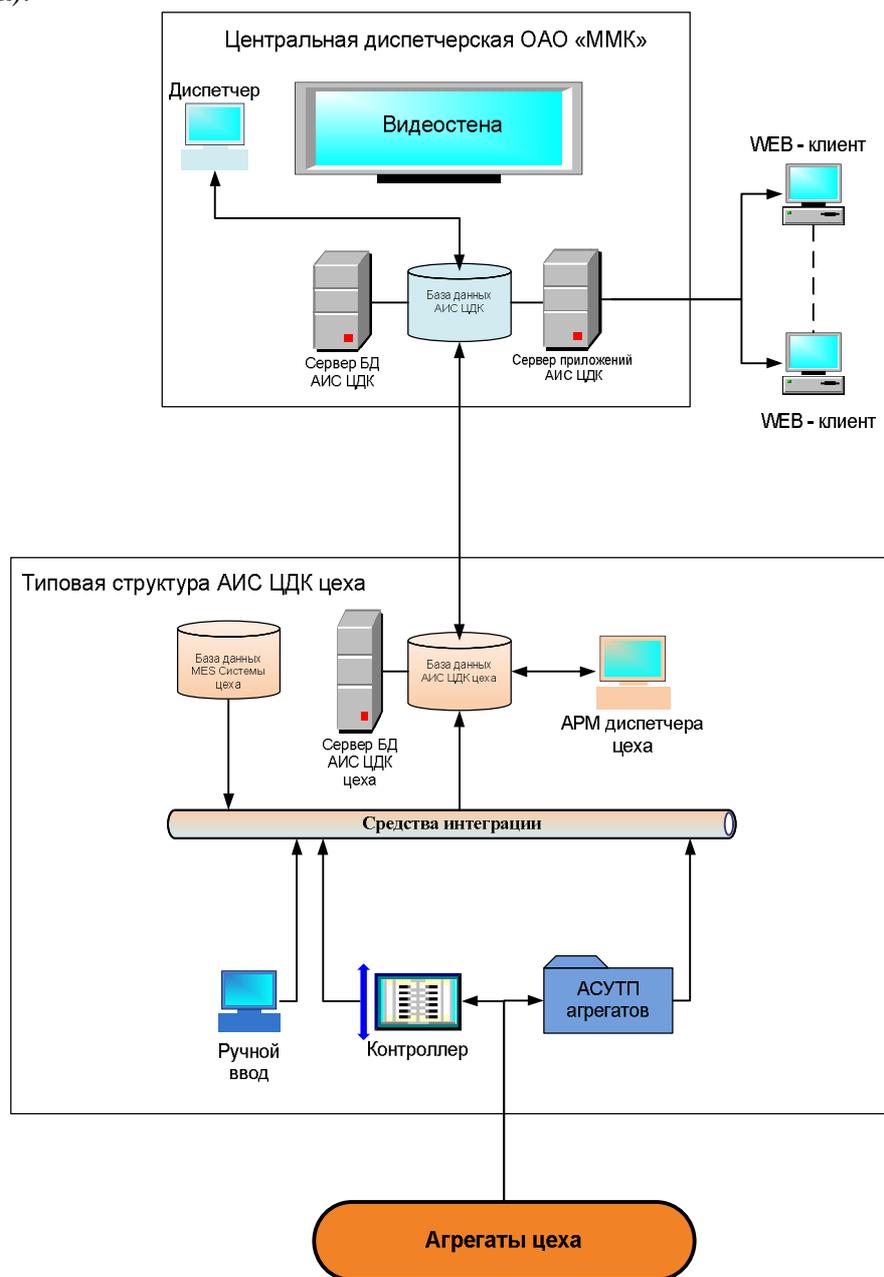


Рисунок – Схема автоматизированной информационной системы центральной диспетчерской ОАО «ММК»

Основные цели, которые преследовались при создании данной системы, сводятся к следующему: повышение качественных и количественных характеристик информационного обеспечения диспетчерской службы комбината о работе технологического оборудования в цехах и производствах комбината; снижение вероятности возможных нарушений технологических регламентов и возникновения аварийных ситуаций за счет повышения точности, оперативности и достоверности получаемой информации; сокращение времени на определение причин неисправности технологического оборудования и принятие своевременных мер для устранения возникших неисправностей; повышение эффективности оперативного управления производственным процессом и обеспечение управленческого персонала заводского уровня полной, актуальной и достоверной информацией о текущем состоянии основного технологического оборудования; повышение ответственности

управленческого персонала на местах (в цехах и производствах) с целью обеспечения непрерывности технологического процесса и повышения производительности труда; формирование и выдача на АРМ диспетчеров цеха информации, необходимой для определения оптимальной стратегии ведения технологического процесса (реконфигурации выдачи продукции в случае возникновения аварийной ситуации на агрегатах, подготовки производства и снабжения энергоресурсами); формирование статистических данных о ходе технологических процессов производства продукции и состоянии технологического оборудования в цехах и производствах ОАО «ММК».

Работа центральной части АИС ЦДК основана на тесном взаимодействии с цеховыми подсистемами, установленными во всех основных цехах комбината. Основной задачей данных подсистем является первичная обработка и передача информации, характеризующей работу агрегатов в цехе и цеха в целом в центральный модуль.

Основным активным пользователем цеховой подсистемы является диспетчер цеха, который контролирует качество предоставляемых данных, вносит информацию о причинах простоев в соответствии с классификаторами, принятыми на ОАО «ММК», обеспечивает взаимодействие с центральной диспетчерской комбината для минимизации последствий аварийных остановок агрегатов.

На сегодняшний день к системе подключены все основные цеха (порядка 17 цехов) и агрегаты комбината (более 120 агрегатов).

Информация с цеховых подсистем диспетчерской системы консолидируется в едином сервере базы данных и посредством Web-интерфеса предоставляется как оперативному персоналу центральной диспетчерской комбината, так и руководящему персоналу предприятия любого ранга. Хотелось бы отметить, что уровень доступа к информации в системе регулируется действующими на предприятии нормами и правилами.

Выходную информацию АИС ЦДК условно можно поделить на три части. Первая включает в себя комплекс мнемосхем, характеризующих оперативную ситуацию в цехе и на агрегате. Основной мнемосхемой является центральная мнемосхема, на которой в режиме реального времени отображается состояние всех агрегатов в режиме «работает (зеленый) / стоит (красный)» с указанием времени возникновения последнего события, а также причины остановки в случае, когда агрегат остановлен.

Более детальную информацию о состоянии дел в цехе или отдельно взятом агрегате можно получить путем вызова соответствующей мнемосхемы. Данная мнемосхема позволяет просмотреть информацию о текущих режимах и параметрах производственного процесса на контролируемом объекте, получить дополнительную информацию о работе цеха или агрегата непосредственно с системы АСУТП и MES-системы цеха.

Данные мнемосхемы можно вызвать как непосредственно с центральной мнемосхемы комбината, так и по отдельной ссылке. На сегодняшний день в системе имеется более двух десятков мнемосхем, характеризующих работу цехов и агрегатов комбината.

Вторая часть АИС ЦДК представляет из себя электронный рапорт центрального диспетчера, включающий в себя более пятидесяти страниц оперативной статистической информации, характеризующей работу цехов и агрегатов. В основном это информация о количестве и качестве поступающего железорудного сырья, параметры работы цехов горно-обогатительного производства, количественные и качественные характеристики работы доменного цеха, кислородно-конвертерного и электросталеплавильного цеха, плановые и фактические цифры работы цехов прокатного передела, информация по обеспечению цехов комбината вагонами парка МПС, информация по отгрузке готовой продукции и др.

За основу при разработке электронного рапорта положен бумажный рапорт, который ведет технологический персонал центральной диспетчерской. Основным источником информации для данного рапорта являются MES-системы, функционирующие в цехах комбината. Третья часть АИС ЦДК – это электронный журнал простоев агрегатов. Данный журнал позволяет в интерактивном режиме предоставлять информацию о простое любого агрегата в любом цехе, подключенного к системе, за любой интервал времени.

Учитывая, что информация в систему вносится на основе централизованных справочников, ее можно группировать как по причинам, так и по службам, по чьей вине был допущен простой. Информация о работе агрегатов в центральной диспетчерской комбината выводится на видеостене в 16 кубов общей площадью 8х3 метра и нескольких персональных компьютерах – рабочих местах технологического персонала центральной диспетчерской ОАО «ММК». Внедрение системы в эксплуатацию привело к повышению оперативности выявления фактов и причин остановки основного технологического оборудования в цехах комбината, снижению времени на устранение неисправностей, исключению субъективных параметров оценки работы технологического оборудования, созданию единого слаженного процесса с регламентированными режимами работы агрегатов и оборудования.

В заключение отметим, что прибавочная стоимость продукции создается в производственных зонах (цехах, участках), поэтому инвестиции в повышение эффективности производственных процессов, повышение достоверности и своевременности предоставления информации, необходимой для принятия правильных управленческих решений, дают реальную отдачу и способны реально изменить финансовые показатели предприятия. При обнаружении критических и нештатных ситуаций в производственных зонах именно системы, подобные автоматизированной информационной системе центральной диспетчерской ОАО «ММК», позволяют быстро анализировать информацию и оперативно предлагать корректирующие решения, сводя к минимуму потери производства.

ГРАДИЕНТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОМЕНТОМ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

И.Ю. Семькина, В.М. Завьялов

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Особенностью современных систем автоматизированного электропривода является их высокая унификация, вследствие чего для большинства промышленных установок с целью управления движением их рабочих органов достаточно использовать типовые решения. Среди таких решений одним из наиболее распространенных и доступных является асинхронный электропривод с частотным управлением по закону $U/f=const$, применяющийся для регулирования скорости. Однако в промышленности существует ряд технологических установок, к числу которых можно отнести, например, бумагопроизводящие и ткацкие машины, моталки прокатных станов, при работе которых необходимо регулировать усилие на исполнительном органе, а не скорость его движения. Возможность реализовать такой режим работы предусмотрена только в асинхронных приводах отдельных серий ряда производителей, таких как АВВ и Siemens, обладающих, как правило, высокой стоимостью. В то же время, промышленные асинхронные электроприводы с частотным управлением по закону $U/f=const$ возможно использовать и для регулирования электромагнитного момента.

Реализовать такое управление можно на основе метода скоростного градиента [1], принимая справедливость равенства $U/f=const$ на всем диапазоне изменения частоты. Для этого приведем модель асинхронного двигателя (АД) [2], к системе координат, неподвижной относительно вектора напряжения статора \bar{U}_1 , как это показано на рисунке 1.

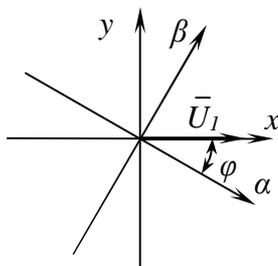


Рисунок 1 – Система координат, неподвижная относительно вектора напряжения статора

Таким образом, в форме Коши АД будет представлен линейной по входам системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dy_{1x}}{dt} = (k_w + y_{1y})\omega_0 - R_1 S(L_2 y_{1x} - L_m y_{2x}); \\ \frac{dy_{1y}}{dt} = -y_{1x}\omega_0 - R_1 S(L_2 y_{1y} - L_m y_{2y}); \\ \frac{dy_{2x}}{dt} = y_{2y}\omega_0 - R_2 S(L_1 y_{2x} - L_m y_{1x}) - p\omega y_{2y}; \\ \frac{dy_{2y}}{dt} = -y_{2x}\omega_0 - R_2 S(L_1 y_{2y} - L_m y_{1y}) + p\omega y_{2x}; \end{cases} \quad (1)$$

где $\psi_{1x}, \psi_{1y}, \psi_{2x}, \psi_{2y}$ – составляющие векторов потокосцепления статора и ротора; R_1, R_2 – активные сопротивления обмоток статора и ротора; ω_0 – угловая скорость вектора напряжения статора; ω – угловая скорость ротора машины; p – количество пар полюсов; L_m – взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора; $\sigma = 1/(L_1 L_2 - L_m^2)$ – коэффициент рассеяния; L_1, L_2 – собственные индуктивности обмоток статора и ротора; $k_\omega = U_{1ном}/\omega_{0ном}$, которая в матричном виде запишется как:

$$\dot{x} = A(x,t)x + B(x,t)u \quad (2)$$

где $x = [\psi_{1x} \ \psi_{1y} \ \psi_{2x} \ \psi_{2y}]^T$ – вектор состояния АД; $B(x,t) = [(k_\omega + \psi_{1y}) \ -\psi_{1x} \ \psi_{2y} \ -\psi_{2x}]^T$ – переходная матрица управления; $u = \omega_0$ – управляющее воздействие; $A(x,t)$ – переходная матрица состояния:

$$A(x,t) = \begin{pmatrix} R_1 S L_2 & 0 & R_1 S L_m & 0 \\ -R_1 S L_2 & 0 & R_1 S L_m & 0 \\ R_2 S L_m & 0 & -R_2 S L_1 & 0 \\ 0 & R_2 S L_m & p\omega & -R_2 S L_1 \end{pmatrix}$$

Уравнение электромагнитного момента АД в рассматриваемой системе координат определяется выражением:

$$M(t) = k_M (y_{1x} y_{2x} - y_{1y} y_{2y}),$$

где $k_M = p L_m \sigma$.

Задачу синтеза системы управления электромагнитным моментом АД можно привести к частному случаю алгоритма скоростного градиента для линейной по входам системы (2) и квадратичного локального целевого функционала [1]:

$$Q(x,t) = 0,5 [y(t) - y^*(t)]^T h [y(t) - y^*(t)],$$

где h – весовой коэффициент; $y^*(t), y(t)$ – заданное и текущее значение регулируемой величины.

При этом алгоритм скоростного градиента будет иметь вид:

$$\frac{du}{dt} = -\gamma B(x,t)^T C^T h [y(t) - y^*(t)] \quad (3)$$

где γ – коэффициент усиления; $C = dy/dx$.

Учитывая, что регулируемой величиной является электромагнитный момент, примем $y^*(t) = M^*$; $y(t) = M$, где M^* – заданное значение электромагнитного момента, тогда:

$$\begin{aligned} y(t) - y^*(t) &= k_M (y_{1x} y_{2x} - y_{1y} y_{2y}) - M^*(t) = \Delta M(t); \\ C &= \begin{pmatrix} k_M y_{2y} & k_M y_{2x} & k_M y_{1y} & -k_M y_{1x} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

Подставив (2) и (4) в (3), получим зависимость, из которой определим закон формирования управляющего воздействия, необходимого для регулирования электромагнитного момента АД:

$$u = \omega_0 = \int k_M k_\omega h \gamma y_{2y} \Delta M(t) dt = k \int y_{2y} \Delta M(t) dt, \quad (5)$$

где $k = k_M k_\omega h \gamma$.

Для практической реализации полученного алгоритма управления необходимо дополнить общепромышленный преобразователь частоты, обеспечивающий управление по закону $U/f = const$, регулятором электромагнитного момента, реализующим зависимость (5), а

также измерительной системой и устройством для оценки потокосцеплений двигателя и его электромагнитного момента.

В измерительной системе должна вычисляться амплитуда вектора напряжения $U_1 = \omega_0 k_{\omega}$ и угловое положение вектора напряжения относительно неподвижной системы координат $\alpha-\beta$, для чего необходимы датчики напряжения. Также измерительная система должна включать в себя датчики тока статора АД, значения составляющих которого используются для вычисления текущего значения момента и вектора потокосцепления ротора двигателя:

$$y_{2a} = \frac{T_1 L_2}{L_{12}} (u_{1a} - i_{1a} R_1 - \frac{L_1 L_2 - L_{12}^2}{L_2} \frac{di_{1a}}{dt}) - T_1 \frac{dy_{1a}}{dt};$$

$$y_{2b} = \frac{T_1 L_2}{L_{12}} (u_{1b} - i_{1b} R_1 - \frac{L_1 L_2 - L_{12}^2}{L_2} \frac{di_{1b}}{dt}) - T_1 \frac{dy_{1b}}{dt};$$

$$M = p \frac{L_{12}}{L_2} (i_{1b} \psi_{2a} - i_{1a} \psi_{2b});$$

$$y_{2y} = y_{2b} \cos j - y_{2a} \sin j .$$

Для практического подтверждения работоспособности предложенного алгоритма управления был создан экспериментальный образец системы, структура которого приведена на рисунке 2, где обозначено УВ – управляемый выпрямитель, АИН – автономный инвертор напряжения, ШИМ – широтно-импульсная модуляция, КП – координатные преобразования; Ф – модули фильтров. В качестве экспериментального образца, использовался двигатель 4AM80A4CV1, преобразователь частоты FR – E520 – 0,4 К – 2,2 К (– EC), плата DSP56F803 16-bit Digital Signal Processor и датчик тока LA 25- P/SP25.

Особенностью представленной структуры является то, что в выбранном преобразователе частоты нет цифрового канала ввода задания, и для управления был использован аналоговый вход. Напряжения на выходе микроконтроллера формируется в виде ШИМ, а, следовательно, необходимо использовать фильтр на входе преобразователя частоты. Внутренняя структура данного ПЧ уже включает в себя аналоговый входной фильтр. Так же в системе имеется датчик напряжения. Так как напряжение на выходе преобразователя частоты сформировано в виде импульсов, для его измерения на входе датчика напряжения требуется фильтр. Каждый из выше перечисленных фильтров дает задержку сигналов, так же задержка присутствует в самом микроконтроллере, такая задержка обусловлена временем обработки сигналов и собственно самим расчетом управляющего воздействия. Такие задержки влияют на устойчивость алгоритма. Еще одной особенностью данной структуры, является то что, двигатель питается от ПЧ напрямую, т.е. в питающем напряжении присутствуют высшие гармоники.

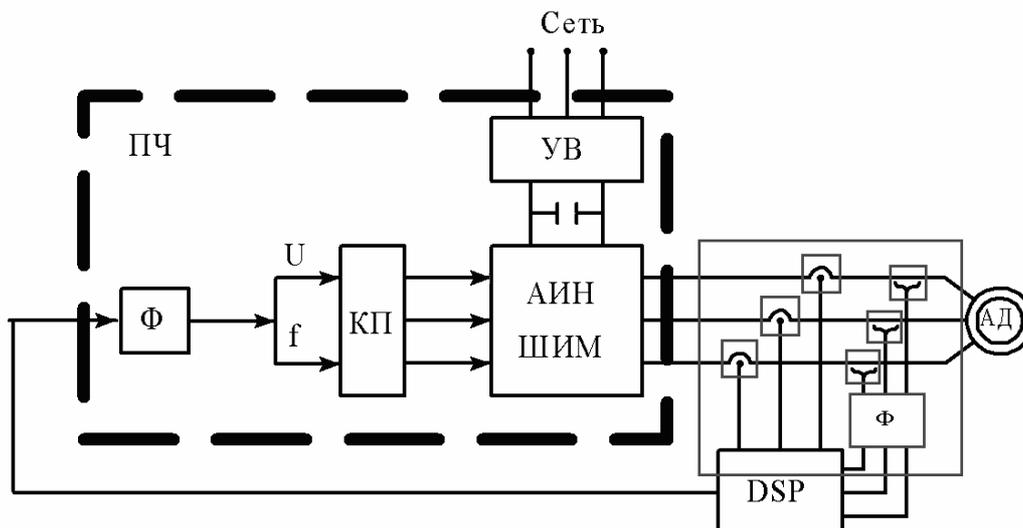


Рисунок 2 – Структура экспериментального образца

Для изучения влияния перечисленных выше особенностей системы электропривода использовалась компьютерная модель, структура которой показана на рисунке 3, где обозначено РМ – модуль регулятора момента; БЗ – блок задержки; ПЧ – преобразователь частоты; ПО – модуль блока оценки потокосцепления. В качестве исходных данных при моделировании были приняты параметры асинхронного двигателя 4АМ80А4СУ1, а настроечный параметр k был выбран 1,795. В ходе исследования в модели варьировались числовые значения перечисленных задержек и параметров фильтров, и было установлено, что закон управления (5) обеспечивает устойчивую работу системы электропривода при условии, что максимальные значения задержек составляют:

- задержка, обусловленная расчетом и обработкой информации DSP не более 0,005 с;
- задержка в преобразователе частоты, обусловленная наличием внутреннего аналогового фильтра не более 0,0008 с;
- задержка измерения напряжения, обусловленная необходимостью фильтрации напряжения для обработки микроконтроллером, не более 0,004 с.

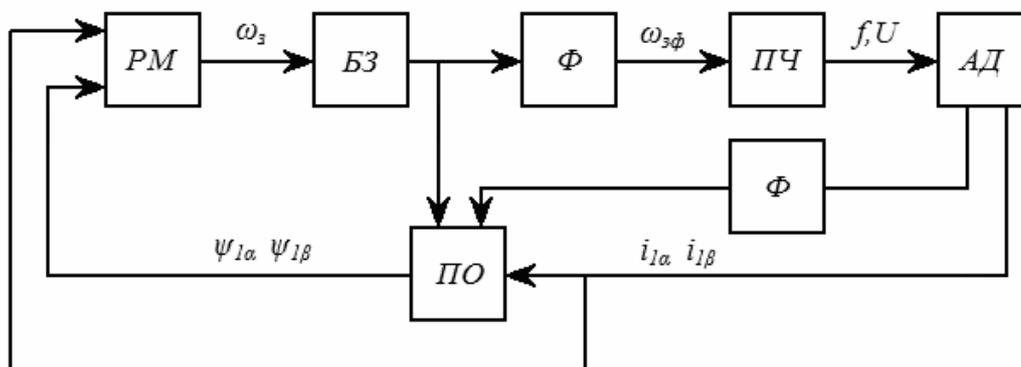


Рисунок 3 – Структура компьютерной модели разработанной системы

Результаты моделирования для указанных выше условий при задании $M_1^* = 80 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и $M_2^* = 60 \text{ Н}\cdot\text{м}$ представлены на рисунке 4. Они позволяют сделать вывод, что система с описанным алгоритмом управления обладает высокой точностью регулирования момента. Переходный процесс пуска при изначально ненамагниченном двигателе имеет колебательный характер со временем переходного процесса $t_{n.n.} = 0,9 \text{ с}$ и перерегулированием $\sigma = 4,1\%$. При дальнейшем регулировании усилия на исполнительном органе переходный процесс протекает более быстро, к примеру при изменении M^* с 80 Н·м до 60 Н·м $t_{n.n.} = 0,4 \text{ с}$. Изменяя значения настроечных коэффициентов, можно добиться аperiodического характера переходного процесса, но при этом увеличится его длительность.

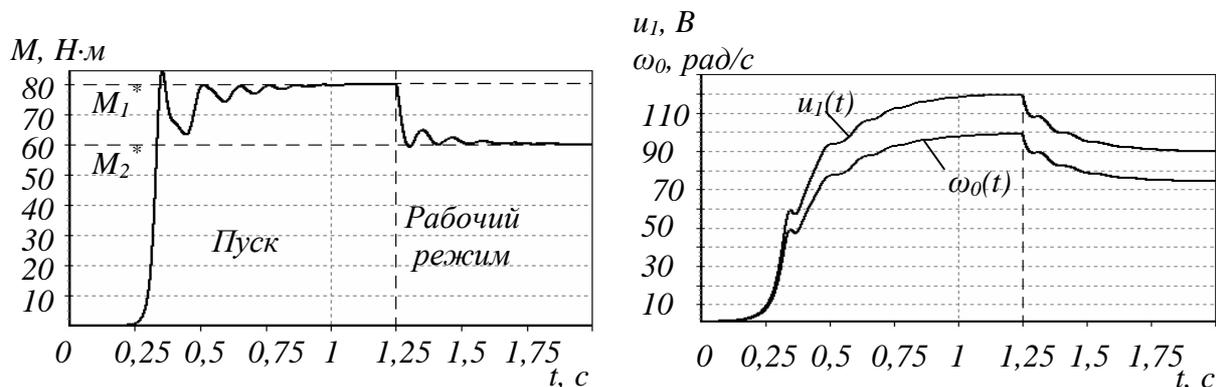


Рисунок 4 – Результаты моделирования

Таким образом, результаты моделирования подтвердили, что общепромышленные преобразователи частоты, обеспечивающие управление по закону $U/f = const$, совместно с разработанным алгоритмом управления асинхронным электродвигателем можно использовать в установках, требующих регулирования усилия на исполнительном органе.

Для обеспечения соблюдения вышеперечисленных условий по значениям задержек, при практической реализации разработанной системы в виде экспериментального образца

необходимо провести правильную настройку и программирование входящего в его состав оборудования. Рассмотрим эту процедуру более подробно.

Преобразователь частоты FR – E520 – 0,4 К – 2,2 К (– ЕС)

С учетом наличия внутреннего аналогового фильтра и других особенностей системы для настройки были проанализированы следующие параметры: время разгона, время торможения, масштаб измерения частоты, частота ШИМ, диапазон задания 0-5/0-10 В, постоянная времени входного фильтра, выбор мягкой ШИМ. Проанализировав различные настройки, конечными были выбраны: время разгона – 0 с; время торможения – 0 с; частота ШИМ – 10 кГц; диапазон задания 0-5 В; постоянная времени входного фильтра – 0 с. При данных настройках преобразователя частоты задержка между входным и выходным сигналом ПЧ минимальна, что видно на осциллограмме представленной, на рисунке 5.

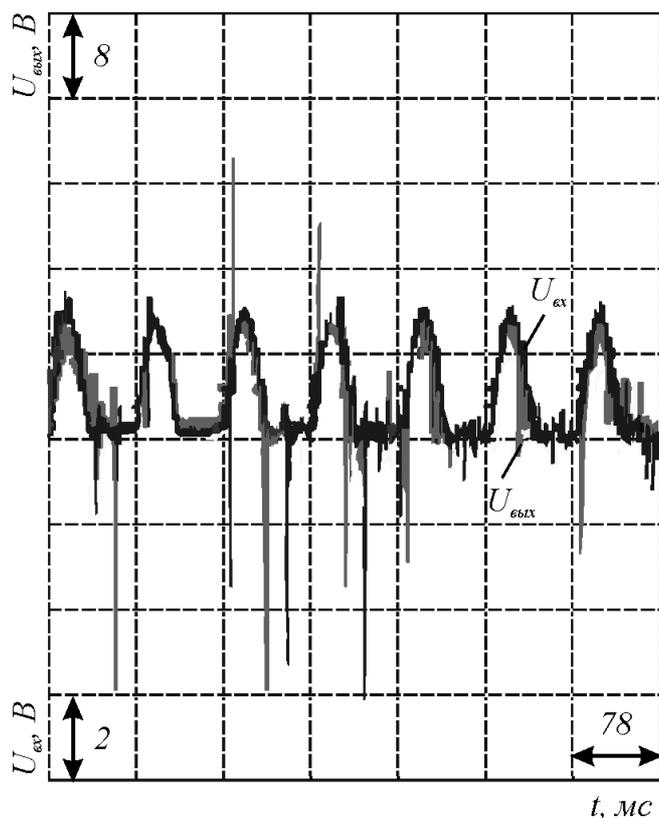


Рисунок 5 – Осциллограмма входных сигналов

DSP56F803 16-bit Digital Signal Processor.

Семейство микроконтроллеров DSP56F801/3/5/7 применяются в системах управления двигателями и имеют в своем составе flash-память программ (электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ), от шести каналов ШИМ с расширенными возможностями, многоканальный 12-ти разрядный АЦП и подсистемы CAN, SCI и SPI интерфейсов.

При настройке микроконтроллера использовались следующие параметры: настройка входов – масштабирование входных сигналов, использование двухполярного сигнала, смещение входных сигналов и активация необходимых входов; настройка выходов – частота выходного сигнала, масштабирование, смещение, активация необходимых сигналов; настройка порта для обмена с компьютером: ожидание стартового сигнала с компьютера, отправление необходимых переменных на компьютер для их отображения.

При написании программного кода была учтена максимально возможная задержка, определенная с помощью компьютерной модели. Дополнительной проблемой, возникшей при является определение углового положения вектора напряжения статора относительно неподвижной системы координат φ . Проблема заключалась в том, что вектор напряжения в момент пуска может иметь ненулевые начальные значения, т.е. $\varphi_0 \neq 0$. Следовательно, при допущении нулевых начальных условий дальнейшие расчеты будут не верны. Для устранения данной ошибки необходимо знать мгновенные значения составляющих вектора

напряжения. С учетом необходимости фильтрации импульсов напряжения и вызванной этим задержкой, для минимизации ее значения было принято использовать в качестве датчика напряжения резистивный делитель с оптической развязкой.

Исходя из описанной процедуры создания экспериментального образца системы электропривода с законом управления (5) можно сформировать следующие рекомендации относительно разработки аналогичных систем: провести анализ методом компьютерного моделирования с учетом того, что модель должна наиболее близко описывать реальные условия, т.е. отражать все задержки, искажения сигналов и изменение параметров в процессе работы; выбрать набор технических средств, обеспечивающих требуемые параметры, определенные в ходе моделирования; поэтапно провести настройку оборудования, сопровождающуюся обязательными тестовыми сигналами и реализовать алгоритм управления; выполнить пробный пуск всей системы и проанализировать качество результатов.

Выполнение перечисленных рекомендаций позволило создать работающий образец, избежав многих ошибок и затрат времени. Таким образом, в результате проделанной работы была подтверждена возможность реализации системы асинхронного электропривода с частотным управлением моментом на базе общепромышленного преобразователя частоты с законом $U/f=const$.

Литература

1. Мирошник И. В. Нелинейное адаптивное управление сложными динамическими системами / И. В. Мирошник, В. О. Никифоров, А. Л. Фрадков – Спб.: Наука, 2000. – 549 с.
2. Ключев В. И. Теория электропривода: учеб. для вузов. – 2-е издание, М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

УПРАВЛЕНИЕ НЕСКОЛЬКИМИ АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ОТ ОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

И.Ю. Семькина, В.М. Завьялов, М.А. Глазко

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

В современных условиях производства необходимы асинхронные электроприводы большой мощности. С целью снижения габаритов такие электроприводы делают многодвигательными, в частности для электроприводов горных машин, установленная мощность которых варьируется в передачах от десятков до тысяч киловатт, распространено применение двухдвигательной схемы [1].

С учетом фактора многодвигательности, задача построения высокоомощного регулируемого асинхронного электропривода приобретает особые аспекты, связанные с необходимостью обеспечивать согласование значений электромагнитного момента, развиваемого каждым из двигателей. Основной причиной данного обстоятельства является то, что электродвигатели даже одной и той же марки имеют различные параметры и условия работы (например, условия охлаждения, дополнительно оказывающие влияние на параметры отдельных двигателей многодвигательного привода). Все эти факторы оказывают свое воздействие на режим работы привода в целом [2]. Так, изменение момента одного из двигателей многодвигательного электропривода относительно требуемого значения приводит к изменению суммарного момента электропривода, определяющего движение исполнительного органа, ухудшая тем самым качество регулирования его работы, как в статических, так и в динамических режимах. Исходя из этого, основная задача построения регулируемого многодвигательного асинхронного электропривода заключается в организации такого способа управления электродвигателями, при котором на требуемом уровне поддерживается суммарный момент электропривода.

Созданию систем управления многодвигательным электроприводом уделяется достаточно много внимания. Так как управляемый электропривод по системе преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель (ПЧ–АД) широко распространен, то возникает необходимость использования возможностей этой системы для управления в

варианте многодвигательного электропривода, при котором управление двигателями осуществляется от одного управляющего устройства (ПЧ) путем изменения частоты и амплитуды питающего напряжения, которые являются общими управляющими воздействиями для всех электродвигателей (рисунок 1). При этом ПЧ может располагаться на значительном удалении от самих электродвигателей.

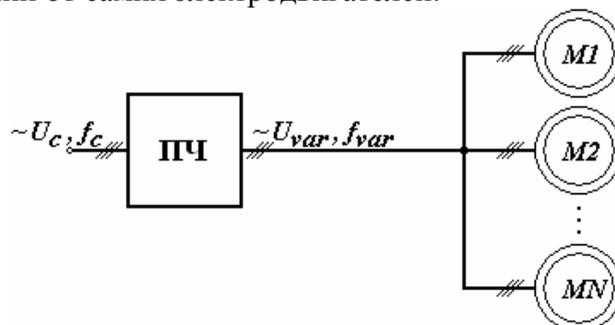


Рисунок 1 – Схема многодвигательного электропривода

При наличии индивидуального ПЧ, двигатели многодвигательного электропривода можно рассматривать как электрически не связанные объекты, для управления электромагнитными моментами которых можно использовать любой из известных способов регулирования момента АД. В этом случае электромагнитные моменты окажутся согласованными даже в случае несовпадения параметров двигателей. Однако при групповом подключении двигателей к одному преобразователю частоты, асинхронные двигатели оказываются связанными не только механически, но и электрически, вследствие чего несовпадение параметров АД может существенно повлиять на качество управления.

В качестве способа регулирования электромагнитного момента рассмотрим градиентное управление [3], согласно которому напряжение статора необходимо изменять по закону:

$$\begin{aligned} u_{1a} &= -g \int \left(-\frac{M-M^*}{M_H} \psi_{1b} + \frac{\psi_1^2 - \psi_1^{*2}}{\psi_{1H}^2} \psi_{1a} \right) dt; \\ u_{1b} &= -g \int \left(\frac{M-M^*}{M_H} \psi_{1a} + \frac{\psi_1^2 - \psi_1^{*2}}{\psi_{1H}^2} \psi_{1b} \right) dt, \end{aligned} \quad (1)$$

где: u_{1a}, u_{1b} – составляющие вектора напряжения, подводимого к статору АД, в неподвижной системе координат $\alpha\text{-}\beta$; ψ_{1a}, ψ_{1b} – составляющие вектора потокосцепления статора; ψ_1, ψ_1^* – соответственно текущее и заданное значения модуля вектора потокосцепления статора; M, M^* – соответственно текущий и заданный электромагнитный момент двигателя; M_H – номинальный момент двигателя; ψ_{1H} – номинальное значение модуля вектора потокосцепления статора; g – постоянный коэффициент.

Исследование влияния неравномерности параметров двигателей на качество регулирования их электромагнитных моментов по закону (1) проведем методом компьютерного моделирования. В данном вычислительном эксперименте в качестве приводных двигателей будем использовать взрывозащищенные асинхронные электродвигатели марки ДКВ355L4, работающие на один вал и управляемые при помощи одного преобразователя частоты. При этом в качестве обратных связей в (1) будем использовать переменные одного двигателя, принятого эталонным, а параметры второго, принятого испытуемым, будем варьировать в пределах погрешности $\pm 20\%$.

Полученные результаты позволяют судить о том, что изменение параметров одного из двигателей многодвигательного электропривода не приводит к искажениям переходных процессов в эталонном двигателе, но вызывает статические и динамические ошибки электромагнитного момента испытуемого двигателя и, как следствие, суммарного момента электропривода M_Σ . Например, при увеличении активного сопротивления ротора двигателя R_2 на 10% статическая ошибка по M_Σ составила $4,36\%$, а максимальная динамическая ошибка $7,23\%$, что проиллюстрировано на рисунке 2.

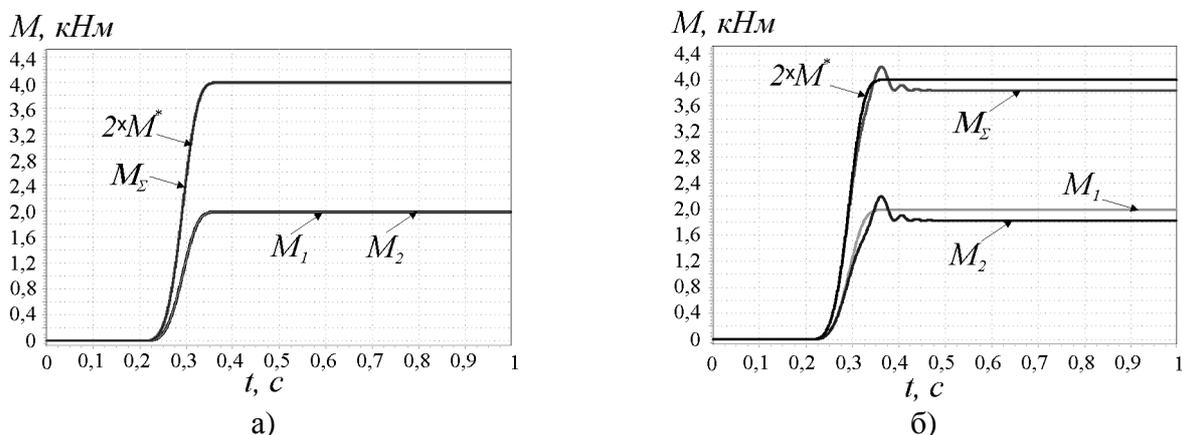


Рисунок 2 – Моменты многодвигательного электропривода:
 а) при равных параметрах эталонного и испытуемого двигателей;
 б) при увеличении R_2 испытуемого двигателя на 10 %

Полное представление о влиянии каждого параметра на показатели регулирования отражается в сводных таблицах. Так, в таблице 1 показано индивидуальное влияние каждого из параметров испытуемого электродвигателя.

Аналогичные данные получены для всех сочетаний вариаций параметров в пределах заданной погрешности и позволяют судить, о том, что наибольшее статическое и динамическое отклонение суммарного момента электропривода M_Σ возникает вследствие совокупного уменьшения сопротивлений статора R_1 и ротора R_2 испытуемого двигателя. Следует отметить, что при практической эксплуатации электроприводов такая ситуация является весьма вероятной, поскольку изменение условий охлаждения АД влияет как на его статор, так и на ротор.

Таблица 1 – Влияние отклонения параметров на показатели регулирования момента многодвигательного электропривода, управляемого по закону (1)

Изменяющийся параметр		Показатель регулирования					
		$\delta_1, \%$	$\sigma_1, \%$	$\delta_2, \%$	$\sigma_1, \%$	$\delta_\Sigma, \%$	$\sigma_\Sigma, \%$
R_1	$\pm 5 \%$	0,02	0,65	0,11	11,21	0,07	5,66
		0,02	0,65	-0,06	-12,39	-0,02	-6,20
R_2	$\pm 20 \%$	0,02	0,65	0,36	38,18	0,19	19,13
		0,02	0,65	-0,31	-58,46	-0,14	-29,23
R_2	$\pm 5 \%$	0,02	0,65	4,56	7,42	2,29	3,79
		0,02	0,65	-4,96	-7,72	-2,47	-3,89
R_2	$\pm 20 \%$	0,02	0,65	15,99	26,92	8,01	13,54
		0,02	0,65	-23,37	-32,47	-11,67	-16,27
L_{s1}	$\pm 5 \%$	0,02	0,65	0,28	2,69	0,15	1,67
		0,02	0,65	-0,23	-2,53	-0,10	-1,45
L_{s1}	$\pm 20 \%$	0,02	0,65	1,06	8,36	0,54	4,50
		0,02	0,65	-0,98	-9,53	-0,48	-4,96
L_{s2}	$\pm 5 \%$	0,02	0,65	0,10	2,28	0,06	1,47
		0,02	0,65	-0,05	-2,07	-0,01	-1,23
L_{s2}	$\pm 20 \%$	0,02	0,65	0,34	6,87	0,18	3,76
		0,02	0,65	-0,26	-7,52	-0,11	-3,95
L_{12}	$\pm 5 \%$	0,02	0,65	-0,13	-2,63	-0,05	-1,33
		0,02	0,65	0,19	2,95	0,11	1,53
L_{12}	$\pm 20 \%$	0,02	0,65	-0,52	-9,22	-0,25	-4,62
		0,02	0,65	0,84	13,40	0,43	6,75

R_1, R_2 – активные сопротивления статора и ротора соответственно; L_{s1}, L_{s2} – индуктивности рассеяния статора и ротора соответственно; L_{12} – взаимная индуктивность

двигателя; $\delta_1, \delta_2, \delta_\Sigma$ – статическая ошибка регулирования электромагнитного момента эталонного двигателя, испытываемого двигателя и суммарного момента электропривода; $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_\Sigma$ – максимальная динамическая ошибка регулирования.

Полученные результаты показывают, что для эффективного применения многодвигательного электропривода закон (1) требует модернизации с учетом работы каждого из двигателей. Чтобы получить закон управления суммарным моментом нескольких АД, питающихся от одного автономного инвертора напряжения, на базе градиентного управления моментом необходимо представить математическую модель нескольких асинхронных электродвигателей работающих на один вал в матричном виде:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}(\mathbf{x}, \mathbf{t}) + \mathbf{B}(\mathbf{x}, \mathbf{t})\mathbf{u},$$

где: i – индекс, показывающий отношение переменной или параметра к i -му двигателю; $\mathbf{x} = [\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_i \dots \mathbf{x}_n]^T$ – вектор состояния; $\mathbf{x}_i = [\psi_{1ai}, \psi_{1\beta i}, \psi_{2ai}, \psi_{2\beta i}, \omega]^T$ – вектор состояния i -го двигателя; $\mathbf{u}_i = [u_{1\alpha}, u_{1\beta}]$ – вектор управляющих воздействий; $\mathbf{A}(\mathbf{x}, \mathbf{t}) = [\mathbf{A}_1 \dots \mathbf{A}_i \dots \mathbf{A}_n]^T$ – переходная матрица состояния; $\mathbf{B}(\mathbf{x}, \mathbf{t}) = [\mathbf{B}_1 \dots \mathbf{B}_i \dots \mathbf{B}_n]^T$ – переходная матрица управления.

При этом:

$$\mathbf{A}_i = \begin{bmatrix} -\sigma_i L_{2i} R_{1i} \psi_{1ai} + \sigma_i L_{12i} R_{1i} \psi_{2ai} \\ -\sigma_i L_{2i} R_{1i} \psi_{1\beta i} + \sigma_i L_{12i} R_{1i} \psi_{2\beta i} \\ \sigma_i L_{12i} R_{2i} \psi_{1ai} - \sigma_i L_{1i} R_{2i} \psi_{2ai} - p_i \omega \psi_{2\beta i} \\ \sigma_i L_{12i} R_{2i} \psi_{1\beta i} - \sigma_i L_{1i} R_{2i} \psi_{2\beta i} + p_i \omega \psi_{2ai} \\ \frac{1}{J} \left(\sum_{i=1}^n p_i \sigma_i L_{12i} (\psi_{1\beta i} \psi_{2ai} - \psi_{1ai} \psi_{2\beta i}) - M_c \right) \end{bmatrix}; \mathbf{B}_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T;$$

$L_1 = L_{12} + L_{s1}$, $L_2 = L_{12} + L_2$ – полные индуктивности статора и ротора соответственно; $\sigma = 1 / (L_1 L_2 - L_{12}^2)$ – коэффициент рассеяния двигателя; p – число пар полюсов; J – суммарный момент инерции многодвигательного электропривода; M_c – нагрузка, преодолеваемая электроприводом;

Учитывая, что целью управления является регулирование суммарного момента электропривода M_Σ и поддержание потокосцеплений каждого из n двигателей на заданном уровне, ее необходимо представить в виде локального целевого функционала:

$$Q(x, t) = 0,5 [\mathbf{y}(t) - \mathbf{y}^*(t)]^T \mathbf{H} [\mathbf{y}(t) - \mathbf{y}^*(t)],$$

где вектор регулируемых величин записывается в виде:

$$\mathbf{y}(t) - \mathbf{y}^*(t) = [(\mathbf{y}_1(t) - \mathbf{y}_1^*(t)) \dots (\mathbf{y}_i(t) - \mathbf{y}_i^*(t)) \dots (\mathbf{y}_n(t) - \mathbf{y}_n^*(t))]^T,$$

для которого отдельные составляющие выражаются через переменные состояния как:

$$[\mathbf{y}_i(t) - \mathbf{y}_i^*(t)] = \begin{bmatrix} [p_i \sigma_i L_{12i} (\psi_{1\beta i} \psi_{2ai} - \psi_{1ai} \psi_{2\beta i}) - M_i^*(t)] \\ [\psi_{1ai}^2 + \psi_{1\beta i}^2 - \psi_{1i}^{*2}(t)] \end{bmatrix}.$$

В результате применения алгоритма скоростного градиента [4] для указанного локального целевого функционала и приведенной выше модели многодвигательного асинхронного электропривода получим зависимость, определяющую значения составляющих вектора напряжения на выходе ПЧ, необходимые для достижения поставленной цели управления:

$$u_{1\alpha} = -\gamma \int \sum_{i=1}^n h_i \left(-\frac{p_i \sigma_i L_{12i} (p_i \sigma_i L_{12i} (\psi_{1\beta i} \psi_{2ai} - \psi_{1ai} \psi_{2\beta i}) - M_i^*(t))}{M_{Hi}} \psi_{2\beta i} + \frac{\psi_{1ai}^2 + \psi_{1\beta i}^2 - \psi_{1i}^{*2}}{\psi_{1Hi}^2} \psi_{1ai} \right) dt;$$

$$u_{1\beta} = -\gamma \int \sum_{i=1}^n h_i \left(\frac{p_i \sigma_i L_{12i} (p_i \sigma_i L_{12i} (\psi_{1\beta i} \psi_{2ai} - \psi_{1ai} \psi_{2\beta i}) - M_i^*(t))}{M_{Hi}} \psi_{2ai} + \frac{\psi_{1ai}^2 + \psi_{1\beta i}^2 - \psi_{1i}^{*2}}{\psi_{1Hi}^2} \psi_{1\beta i} \right) dt,$$

где: h_i – весовые коэффициенты, определяющие важность регулирования электромагнитного момента i -го электродвигателя; γ – коэффициент усиления.

В силу громоздкости данного уравнения, а также, учитывая необходимость знать составляющие векторов потокосцепления ротора каждого АД в режиме реального времени, применять его на практике в приведенном виде затруднительно. Чтобы избежать указанных недостатков примем ряд допущений, подробно изложенных в [3], с учетом которых закон градиентного управления моментом многодвигательного асинхронного электропривода примет вид:

$$\begin{aligned} u_{1\alpha} &= -\gamma \int \left(\sum_{i=1}^n \left(h_i \left(-\frac{M_i - M_i^*}{M_{Hi}} \psi_{1\beta i} + \frac{|\psi_{1i}|^2 - \psi_{1i}^{*2}}{\psi_{1Hi}^2} \psi_{1\alpha i} \right) \right) \right) dt; \\ u_{1\beta} &= -\gamma \int \left(\sum_{i=1}^n \left(h_i \left(\frac{M_i - M_i^*}{M_{Hi}} \psi_{1\alpha i} + \frac{|\psi_{1i}|^2 - \psi_{1i}^{*2}}{\psi_{1Hi}^2} \psi_{1\beta i} \right) \right) \right) dt. \end{aligned} \quad (2)$$

Для проверки работоспособности полученного закона управления методом компьютерного моделирования проведем исследования, аналогичные описанным выше для закона управления (1). При моделировании так же будем использовать взрывозащищенные асинхронные электродвигатели марки ДКВ355L4, работающие на один вал и управляемые при помощи одного преобразователя частоты.

Сводные результаты влияния индивидуальных отклонений параметров в пределах погрешности $\pm 20\%$ на качество регулирования суммарного момента электропривода M_Σ приведены в таблице 2. Они, так же, как и проведенные исследования влияния группового изменения параметров, позволяют заключить, что, несмотря на наличие статических и динамических ошибок регулирования электромагнитного момента каждого из двигателей, ошибки регулирования суммарного момента электропривода не выходят за пределы 3% . На рисунке 3 представлены результаты моделирования работы двухдвигательного электропривода, управляемого по закону (2) при совокупном увеличении сопротивлений статора R_1 и ротора R_2 испытываемого двигателя на 10% . Как можно видеть динамическая ошибка регулирования моментов каждого двигателя лежит в пределах $\pm 6,5\%$, статическая ошибка – в пределах $\pm 5\%$, в то время как ошибки регулирования суммарного момента электропривода M_Σ визуально практически не различимы.

Следует также упомянуть, что предложенный закон управления (2) помимо описанных вычислительных экспериментов, в которых объектом выступал взрывозащищенный асинхронный электродвигатель, используемый в шахтовых электроприводах, подвергался также аналогичным исследованиям, объектом которых выступал двигатель общепромышленного исполнения. Их результаты свидетельствуют, что показатели регулирования суммарного момента многодвигательного электропривода в условиях изменяющихся параметров при выборе разных типов входящих в его состав электродвигателей качественно остаются одинаковыми.

Следует отметить, что описанное качество регулирования суммарного момента многодвигательного электропривода сохраняется и при проведении вычислительных экспериментов с учетом особенностей работы преобразователя частоты, таких как вычислительная задержка формирования управляющего воздействия и широтно-импульсная модуляция напряжения, подводимого к статору электродвигателей. При учете данных факторов, несмотря на наличие высокочастотной составляющей электромагнитных моментов обоих двигателей, огибающая графика переходного процесса суммарного момента M_Σ отличается от задания незначительно, что подтверждается также количественными данными, полученными при помощи цифровой фильтрации.

Таблица 2 – Влияние отклонения параметров на показатели регулирования момента многодвигательного электропривода, управляемого по закону (2)

Изменяющийся параметр		Показатель регулирования					
		$\delta_1, \%$	$\sigma_1, \%$	$\delta_2, \%$	$\sigma_1, \%$	$\delta_\Sigma, \%$	$\sigma_\Sigma, \%$
R_1	$\pm 5 \%$	-0,03	-5,72	0,06	5,77	0,01	0,58
		0,06	6,12	-0,03	-6,06	0,01	0,69
R_2	$\pm 20 \%$	-0,16	-20,89	0,18	20,98	0,02	-0,87
		0,18	26,24	-0,16	-26,17	0,02	-1,29
R_2	$\pm 5 \%$	-2,30	-3,72	2,32	3,67	0,01	0,59
		2,44	3,97	-2,42	-4,04	0,01	0,59
R_2	$\pm 20 \%$	-8,59	-13,39	8,64	12,30	0,02	-0,74
		10,55	16,78	-10,51	-18,87	0,02	-1,29
L_{s1}	$\pm 5 \%$	-0,12	-1,53	0,14	1,69	0,01	0,67
		0,14	1,63	-0,11	-1,46	0,01	0,58
L_{s1}	$\pm 20 \%$	-0,52	-4,73	0,55	4,84	0,01	0,81
		0,52	4,82	-0,49	-4,71	0,01	0,45
L_{s2}	$\pm 5 \%$	-0,03	-1,29	0,05	1,47	0,01	0,65
		0,05	1,41	-0,03	-1,25	0,01	0,58
L_{s2}	$\pm 20 \%$	-0,15	-3,85	0,18	3,93	0,01	0,75
		0,16	3,93	-0,14	-3,79	0,01	0,49
L_{12}	$\pm 5 \%$	0,09	1,38	-0,07	-1,33	0,01	0,59
		-0,07	-1,46	0,09	-1,51	0,01	0,61
L_{12}	$\pm 20 \%$	0,28	4,66	-0,26	-4,61	0,01	0,59
		-0,39	-6,73	0,42	6,79	0,01	0,61

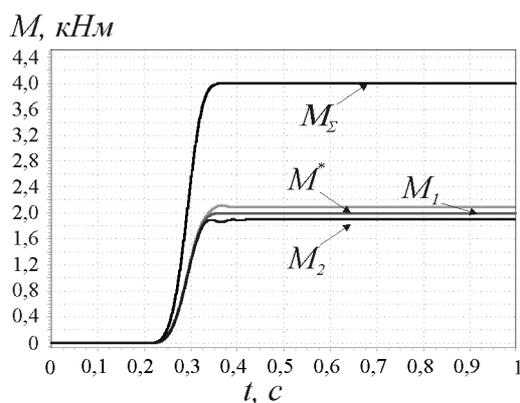


Рисунок 3 – Моменты многодвигательного электропривода при увеличении R_1 и R_2 испытуемого двигателя на 10 %

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать основные рекомендации по выбору способа градиентного управления многодвигательным асинхронным электроприводом в зависимости от требований, предъявляемых к качеству его работы:

1. При питании асинхронных двигателей многодвигательного электропривода от индивидуальных ПЧ для управления суммарным моментом привода можно использовать градиентное управление моментом АД по закону (1).

2. При групповом питании асинхронных двигателей от одного ПЧ, градиентное управление моментом АД по закону (1) рекомендуется применять только для многодвигательных электроприводов, в которых в силу экономичности системы управления контролируется состояние только одного двигателя, а разброс параметров АД не превышает 5-10 %.

3. Для многодвигательных асинхронных электроприводов с групповым подключением двигателей к преобразователю частоты высокого качества управления суммарным моментом

привода при разбросе параметров АД в широком диапазоне можно добиться с применением закона (2).

Литература

1. Ещин Е. К. Электромеханические системы многодвигательных электроприводов. Моделирование и управление. – Кемерово: КузГТУ, 2003. – 247 с.
2. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода: учеб. для вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
3. Завьялов В. М. Снижение динамических нагрузок в трансмиссиях горных машин. – Кемерово: КузГТУ, 2008. – 172 с.
4. Фрадков А. Л. Кибернетическая физика: принципы и примеры. – СПб.: Наука, 2003. – 208 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ И ПОСТРОЕНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО СОВЕТЧИКА МАСТЕРА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

А.В. Сучков, В.Г. Лисиенко, В.А. Морозова, А.В. Огаров

*Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*

Доменные печи представляют собой сложные многомерные объекты управления с большим количеством параметров состояния и управляющих воздействий. Доменный процесс представляет собой совокупность явлений газодинамики, движения шихты, теплообмена, восстановления, размягчения и др., которые могут рассматриваться как относительно независимые подсистемы, так как характеризуют различные стороны доменного процесса и описываются различными уравнениями. Однако все эти подсистемы тесно связаны между собой и оказывают друг на друга взаимное влияние.

Совершенствование вычислительной техники и появление персональных компьютеров нового поколения, имеющих богатейшее программное обеспечение, развитие теории моделирования и численных методов решения уравнений способствовали появлению возможности реализации с использованием системного подхода сложных, полных, а потому весьма точных и содержательных математических моделей доменных печей. Однако вопрос об автоматизированном управлении доменной печью остается открытым. Верхний уровень управления АСУ ТП в полной мере еще не реализован в доменных печах. Этапом на пути его реализации является создание системы поддержки принятия решений, которая не осуществляет управление, но выдает рекомендации лицу, принимающему решения. Разработчики экспертных систем часто используют при этом лишь технологические инструменты логических моделей. Практически не реализованным остается использование детерминированных математических моделей в качестве советчика в реальном программном варианте, что существенно позволило бы расширить возможности экспертной системы. В перспективе, если программа сможет формировать оптимальные рекомендации по управлению во всех ситуациях, станет возможным передача функции принятия решений технике, с сохранением контроля со стороны человека.

В качестве системы поддержки принятия решений была разработана программа-советчик мастера доменной печи. Программа с использованием детерминированной модели формирует рекомендации в количественной форме по значениям управляющих воздействий для достижения требуемых выходных параметров и параметров состояния. Для использования советчика необходимо задать требуемые интервалы значений выходных величин – расхода кокса, расхода дутья, температуры колошникового газа, температуры фурменного очага. Затем выбрать управляющие воздействия из набора, в котором на данный момент присутствуют параметры дутья, количество различных вдуваемых в горн углеродсодержащих веществ. Необходимо задать диапазоны изменения этих параметров,

задать количество точек, которое будет просчитываться при моделировании (от этого зависит точность и время вычислений).

Для реализации подобной системы необходима математическая модель доменной печи, на основе которой должны формироваться рекомендации. В процессе создания советчика было принято решение использовать существующую балансовую модель печи, разработанную в Институте металлургии УрО РАН. Программа, реализующая эту модель, была усовершенствована. В основе математической модели лежат следующие предпосылки [1]. Теплообмен в доменной печи завершен, т.е. на определенной части высоты существует малый перепад температур между газом и шихтой. В определенной зоне печи на стадии восстановления магнетита (Fe_3O_4) реакция восстановления вюстита (FeO) стремится к термодинамическому равновесию. Здесь реализуется так называемое зональное восстановление, когда восстановление различных оксидов железа совмещается по времени. Решение системы уравнений для нижней зоны, представленной условием термодинамического равновесия, а именно константой равновесия реакции восстановления FeO оксидом углерода, материальным и тепловым балансами, дополненной уравнением теплового баланса для верхней зоны, позволяет рассчитать основные показатели доменной плавки. Определенные таким образом показатели являются предельно достижимыми (минимальными) при данных параметрах шихты и дутья. Использование фактических степеней использования газа позволяет определить фактические показатели доменной плавки.

Для оценки теплового состояния верхней и нижней зоны доменной печи Б.И. Китаевым и другими представителями уральской школы металлургов (УПИ) были введены безразмерные индексы верха и низа печи. Алгоритмы и программное обеспечение расчета этих индексов было решено состыковать с математической моделью УрО РАН с целью прогнозируемой количественной оценки теплового состояния верха и низа доменной печи.

Согласно теории теплофизики доменного процесса [2], в рамках которой были введены индексы теплового состояния, весь рабочий объем печи делится на верхнюю и нижнюю тепловые зоны. За условную границу между этими зонами выбраны изотермические поверхности с температурами газа t_0 и шихтовых материалов $t_{ш0}$, которые характеризуют начало заметного развития эндотермической реакции восстановления двуокиси углерода. Значения этих опорных величин определяются конкретными условиями работы печи и при выплавке передельного чугуна с использованием комбинированного дутья лежат обычно в пределах 850-950 °С.

Согласно [2], индекс теплового состояния верхней зоны печи:

$$i_B = \frac{t_K - m * t_{ш.к} - \frac{1}{B} * (t_K - t_{ш.к}) [1 - \exp(-B)]}{t_K - m * t_{ш.к} - (t_K - t_{ш.к}) * \exp(-B)}, \quad (1)$$

где $T_{ш.к}$ – средняя температура загружаемых в печь шихтовых материалов, °С; t_K – средняя температура колошничного газа, °С;

$$B = \frac{\alpha_v * S * H_0}{m * W_\Gamma} * (1 - m), \quad (2)$$

где H_B – средняя высота верхней тепловой зоны, м, S – средняя площадь сечения шахты, м^2 ; α_v – средний для верхней зоны печи объемный коэффициент теплообмена между потоками шихты и газа, $\text{Вт}/(\text{м}^3 * \text{К})$; m – среднее для верхней зоны печи отношение теплоемкостей потоков шихты и газа, доли ед.; W_Γ – теплоемкость потока газа, $\text{Вт}/^\circ\text{С}$.

Индекс теплового состояния нижней зоны печи:

$$i_H = Q_p / Q_{опт}, \quad (3)$$

где Q_p – фактические затраты тепла в нижней зоне печи, $\text{кДж}/\text{т}$ чугуна; $Q_{опт}$ – оптимальные затраты тепла, требующиеся для выплавки 1т чугуна, заданного состава при существующих конкретных условиях работы печи, $\text{кДж}/\text{т}$ чугуна.

Как видно на рисунке 1, программа-советчик была дополнена индексами верха и низа печи в качестве выходных параметров. Это позволило задавать рекомендуемые в [2] оптимальные значения индексов, в частности $i_v = 0,65$; $i_n = 1$. При значении индекса верха, близком к указанному, обеспечивается наилучшая производительность печи, при указанном значении индекса низа – оптимальные затраты тепла в нижней зоне (из (3)). Таким образом, можно найти такой набор управляющих параметров, который будет оптимальным с точки зрения затрат тепла и производительности.

В программу, реализующую математическую модель, была добавлена возможность построения графиков зависимостей выходной величины от входной. В частности, после расчета индексов верха и низа, можно построить соответствующие графики (рисунки 2, 3).

Входные величины	Базовое значение	Новое значение
Природный газ, м3/т чугуна	65	Не меняется
Угольная пыль, кг/т чугуна	0	Не меняется
Основность шлака СаО/SiO ₂ , ед	1,25	Не меняется
Температура дутья, С	916	900 - 1100
Кислород в дутье, %	21	Не меняется
Влага в дутье, г/м3	7,7	Не меняется
Железо в шихте, %	59,2	50 - 65
Расход дутья, м3/т чугуна	1700	1400 - 1700

Рисунок 1 – Советчик мастера доменной печи (главное окно)

Отдельные значения индексов верха и низа печи хорошо согласуются с расчетными и практическими данными в [2], т.е. рассчитанные значения индексов близки к оптимальным. Однако полученные зависимости индексов от производительности и содержания кремния очень мало изменяются, они близки к оптимальным значениям.

Это объясняется принципами, положенными в основу балансовой модели, разработанной в Институте металлургии УРО РАН. В ней определяются предельно достижимые показатели доменной плавки при заданных параметрах шихты и дутья, поскольку используются равновесные степени использования газов СО и Н₂. Таким образом, рассчитываемая в ней совокупность показателей является близкой к оптимальной с точки зрения затрат тепла и энергии, что обуславливает также близость индексов низа и верха к оптимальным значениям и их слабое изменение.

Это обстоятельство позволяет управлять процессом плавки с использованием данных об индексах теплового состояния. Используя программу «Советчик мастера доменной печи», можно задать оптимальные значения индексов верха и низа и диапазоны изменения входных параметров, при этом получается результат в виде различных вариантов управляющих параметров, которые позволяют достичь заданных результатов. Затем из полученных наборов можно выделить (ранжировать) самые подходящие исходя из текущей производственной ситуации.

Рассмотрим конкретный пример. Печь объемом 225 м³ (Чусовского металлургического завода), управляющие параметры заданы как на рисунке 1, необходимо найти такие наборы параметров, при которых индексы примут нужные, близкие к оптимальным, значения (с некоторой погрешностью). Если при заданных параметрах решения не найдены, появится окно с вариантами изменения входных и выходных параметров (рисунок 4).

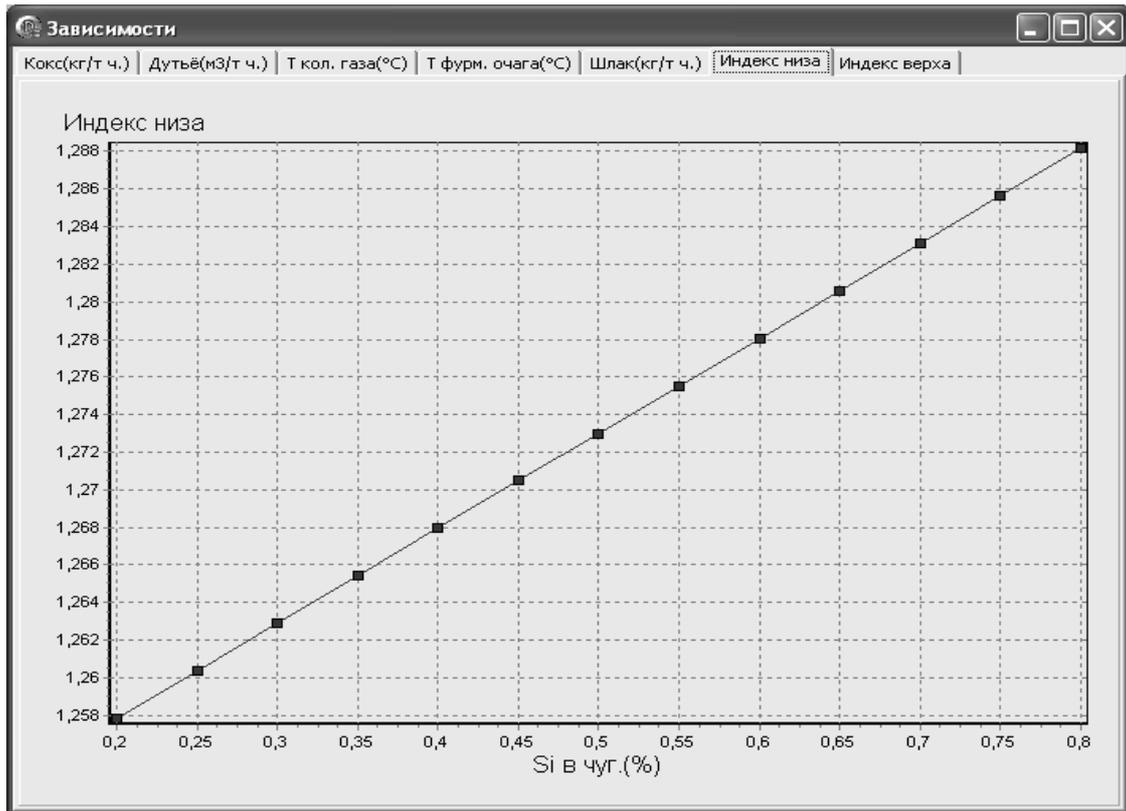


Рисунок 2 – Зависимость индекса низа от содержания кремния в чугуне

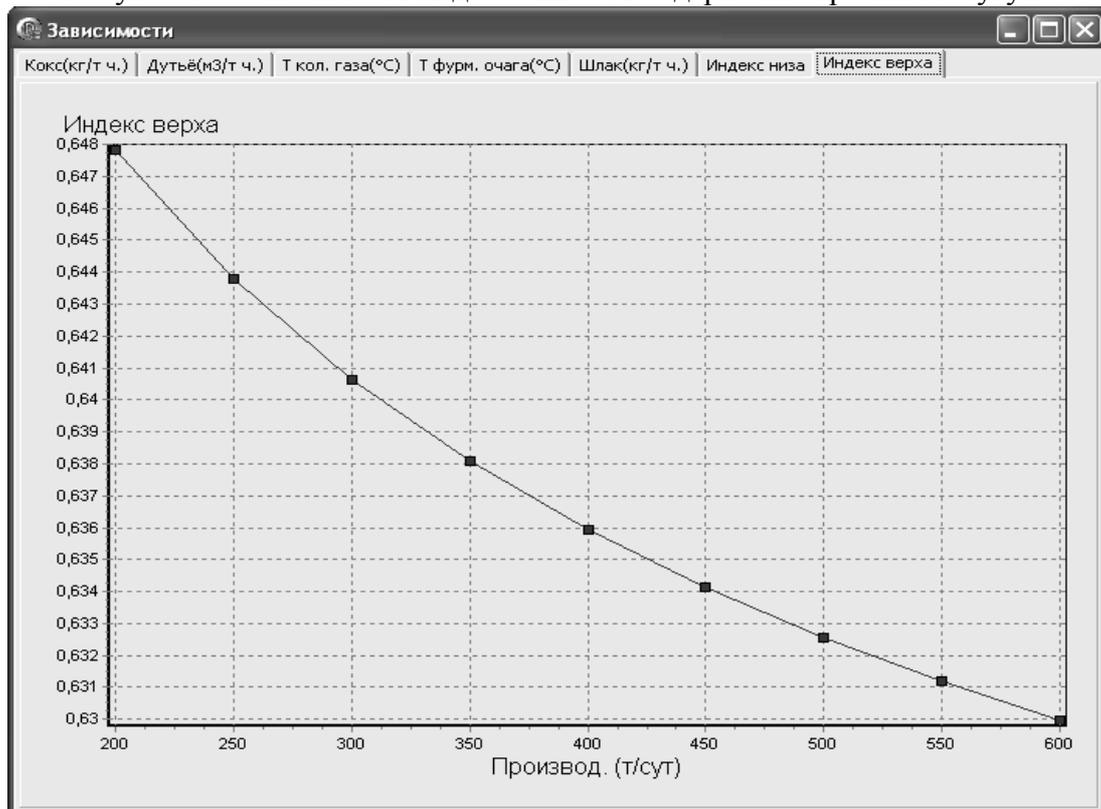


Рисунок 3 – Зависимость индекса верха от производительности печи.

При снижении расхода природного газа до 40 м³/т чугуна и основности шлака до 1, получим большое число возможных вариантов (рисунок 5). Число решений было бы меньше, если бы было точно задано содержание кремния в чугуне. Один из вариантов может быть выбран исходя из текущей производственной ситуации, возможностей оборудования, экономических соображений.

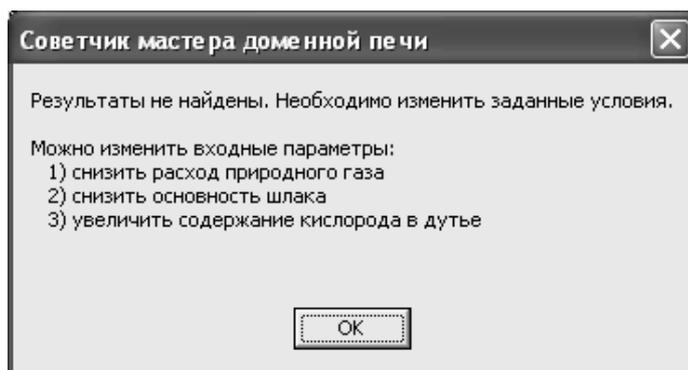


Рисунок 4 – Рекомендации при отсутствии решений.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Т дутья(°C)	Fe в шихт	Дутьё(м3/т ч.)			Кокс(кг/т ч)	Т фурм. о°	Si в чугу. (%)	Производ.	Шлак(кг/т ч)	Т кол. газа(°C)	in	iv	
2	916	59,2	1712			560	2019	0,27	400	318	237	0,9284	0,60236	
3	1020	65,0	1487			548	2089	0,5	600	282	231	0,95166	0,60345	
4	1040	64,5	1477			546	2102	0,55	600	282	229	0,95244	0,60402	
5	1060	62,5	1472			546	2117	0,7	600	283	225	0,95284	0,60477	
6	1060	64,0	1470			546	2116	0,7	600	277	227	0,95637	0,60439	
7	1060	64,5	1484			546	2118	0,35	550	291	225	0,95443	0,60143	
8	1070	64,5	1476			544	2124	0,3	550	293	224	0,95296	0,60184	
9	1080	62,5	1477			546	2132	0,45	550	294	222	0,9532	0,60229	
10	1080	62,5	1465			546	2130	0,85	600	276	224	0,95782	0,60502	
11	1080	64,5	1452			541	2129	0,55	600	281	224	0,95292	0,6052	
12	1090	60,5	1461			545	2137	0,85	600	284	221	0,95299	0,60587	
13	1090	60,5	1467			547	2138	1,0	600	278	222	0,95769	0,60552	
14	1090	61,0	1477			546	2139	0,55	550	296	220	0,95281	0,60277	
15	1090	62,5	1476			546	2139	0,6	550	287	222	0,95799	0,60225	
16	1090	62,5	1454			543	2137	0,7	600	282	222	0,95316	0,60567	
17	1090	64,0	1467			543	2138	0,4	550	290	221	0,9552	0,60233	
18	1090	64,0	1452			542	2136	0,7	600	276	223	0,9567	0,60528	
19	1090	64,5	1472			545	2138	0,55	550	282	223	0,96107	0,60186	
20	1090	64,5	1458			545	2137	0,9	600	266	225	0,96424	0,60471	
21	1100	57,0	1467			548	2145	1,05	600	291	217	0,95005	0,60677	
22	1100	58,5	1463			547	2145	1,0	600	286	219	0,95258	0,60642	
23	1100	59,5	1476			547	2146	0,65	550	298	218	0,95224	0,60328	
24	1100	61,0	1475			547	2146	0,7	550	289	220	0,95755	0,60273	
25	1100	62,5	1475			547	2146	0,75	550	281	221	0,96275	0,60221	
26	1100	62,5	1459			546	2145	1,05	600	267	223	0,96433	0,60517	
27	1100	64,5	1473			547	2146	0,75	550	273	223	0,96743	0,60171	
28	1100	64,5	1459			547	2144	1,1	600	257	225	0,97068	0,60456	
29	1100	64,5	1462			548	2145	1,2	600	253	226	0,97383	0,60434	

Рисунок 5 – Вид таблицы Excel с результатами работы программы советчика мастера доменной печи

Выводы. С использованием балансовой модели доменной печи и программами расчета индексов теплового состояния верха и низа доменной печи разработали новый (детерминированный) вариант советчика мастера доменной печи.

Приведен пример использования советчика мастера доменной печи с выводом возможных вариантов поддержания оптимальных значений индексов теплового состояния.

Литература

1. Математическое моделирование двумерных процессов в доменной печи / Дмитриев А.Н. // Вычислительные методы и программирование. 2004. Т. 5. С 252 – 267.
2. Теплотехника доменного процесса / Б.И. Китаев, Ю.Г. Ярошенко, Е.Л. Суханов и др. М.: Металлургия, 1978. 248 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ТЫРЕТСКОГО СОЛЕРУДНИКА

А.В. Темников, Д.Е. Модзелевский
НИИ АЭМ СибГИУ, г. Новокузнецк

Электроснабжение Тыретского солерудника определяется главной понизительной двухтрансформаторной подстанцией (ГПП) общей установленной мощностью 20 МВА. Силовые трансформаторы ТДН 10000/110 работают отдельно на две секции сборных шин низшего напряжения ГПП 6 кВ и имеют РПН на 19 ступеней напряжения с размахом напряжений от 96577 до 133423 вольт на стороне ВН и первичных токов от 53 до 43,3 ампер. На РУ-6 кВ ГПП выполнено АВР секций сборных шин. Основная технологическая нагрузка солерудника – главный ствол шахты запитывается от распределительного пункта РП-1, имеющего два кабельных ввода от секций 1 и 2 РУ-6 кВ ГПП. Самыми мощными электроприемниками РП-1 являются клетьевая (320 кВт) и скиповая (2250 кВт) подъемные машины, которые подключены соответственно к первой и второй секции РП-1. Клетьевая машина имеет регулируемый электропривод переменного тока, скиповая – регулируемый электропривод постоянного тока по системе «ТП-Д». Характер нагрузок – симметричный, несинусоидальный, о чем свидетельствуют осциллограммы тока и напряжения, снятые на вводе 2 РП-1 (рисунок 1), осциллограммы нечетных гармоник напряжения и тока от 5 до 13 (рисунки 2 и 3). Коэффициент активной мощности на секции 2 РП-1 не превышает 0,52 и не меньше 0,25 в рабочем цикле скипа при полной загрузке при установленной стандартом норме 0,92. Здесь же коэффициент несинусоидальности по напряжению составляет до 19% при норме по ГОСТ 13109-97 в 5%. Это определяет необходимость компенсации реактивной мощности и фильтрации паразитных гармоник на секции 2 РП-1.

Амплитуда напряжения первой гармоники составляет 6,3 кВ, а размах – от 5 до 6,8 кВ. Амплитуда тока первой гармоники – 0,4 кА, а размах – от 20 до 470 А.

Определим возможность использования силового стандартного фильтра пятой, седьмой и одиннадцатой гармоники для улучшения качества напряжения и электропотребления.

Реактивная мощность преобразователя скипа в минимуме $Q_{\text{скип.мин}}$ и в максимуме $Q_{\text{скип.макс}}$ составляет:

$$\begin{aligned} Q_{\text{скип.мин}} &= P_{\text{скип}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{мин}} = 2250 \cdot 1,6 = 3600 \text{ кВАр} \\ Q_{\text{скип.макс}} &= P_{\text{скип}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{макс}} = 2250 \cdot 3,87 = 8714 \text{ кВАр} \end{aligned} \quad (1)$$

При использовании стандартных силовых фильтров Ф5-10-2421Л(П)У3 и Ф7-10-2421Л(П)У3 с компенсирующей реактивной мощностью 2 МВАр каждый производства Усть-Каменогорского конденсаторного завода позволит компенсировать 4 МВАр и достичь значения опережающего $\text{tg}\varphi = 0,17$ в минимальном режиме потребления реактивной мощности и отстающего $\text{tg}\varphi = 1,65$ в максимальном режиме потребления реактивной мощности, что составляет $\cos\varphi = 0,51$. Коэффициент несинусоидальности в максимуме снижается на 12,1% и составляет 6,9%, а в минимуме – на 4% и составляет 2,5%. В настоящий момент времени тот же завод выпускает фильтры мощностью 1200, 2400, 3600, 4800 кВАр при напряжении 6 кВ. Это дает возможность подобрать группу фильтров на необходимую компенсирующую мощность. Выбор фильтров на 2400 кВАр для пятой гармоники и 1200 кВАр для седьмой гармоники компенсирует реактивную мощность скипа в минимальном режиме ее потребления и позволяет достичь $\cos\varphi$ близкого к единице. При подключении фильтра 11-той гармоники в режиме максимального потребления реактивной мощности с мощностью в 4800 кВАр решается задача компенсации реактивной мощности до проектной нормы ($\text{tg}\varphi = 0,13$; $\cos\varphi = 0,99$). Коэффициент несинусоидальности при

включении трех фильтров в максимальном режиме составит 2,7%. Такого же эффекта по несинусоидальности можно достичь при применении реактивной батареи конденсаторов (РКБ), настроенной на 11-ю гармонику, вместо силового фильтра 11-ой гармоники.

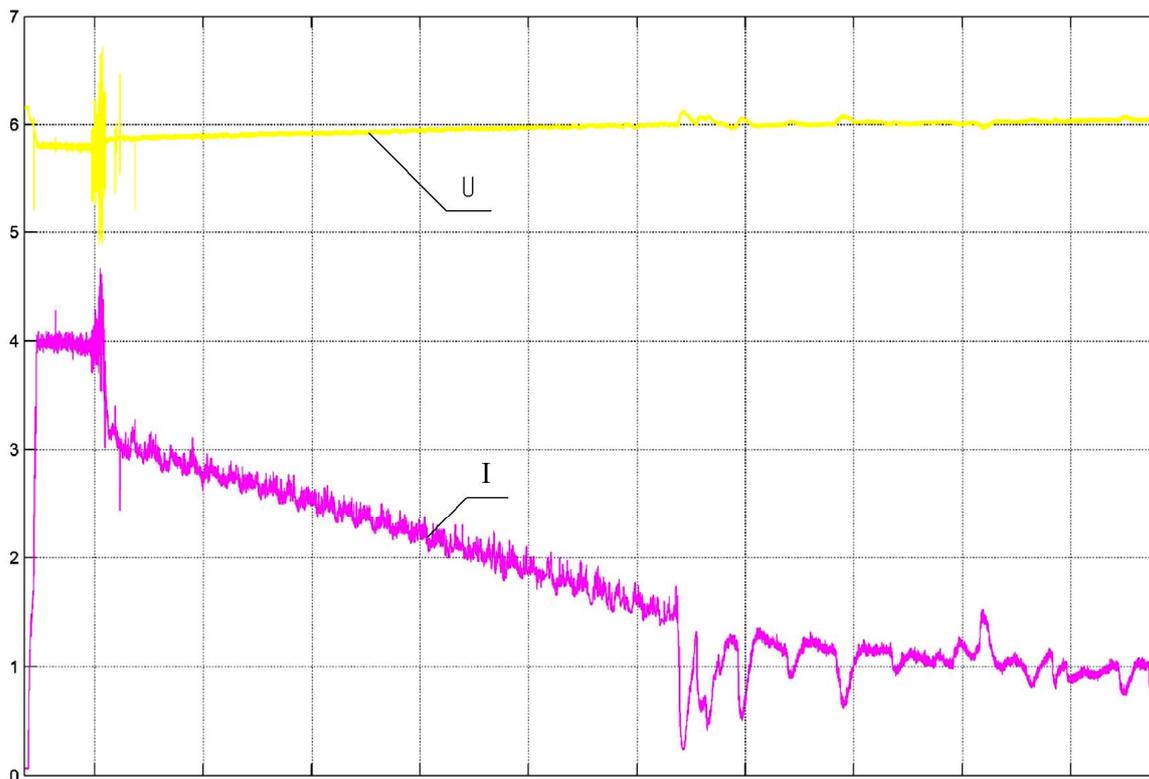


Рисунок 1 – Осциллограммы токов и напряжений первой гармоники

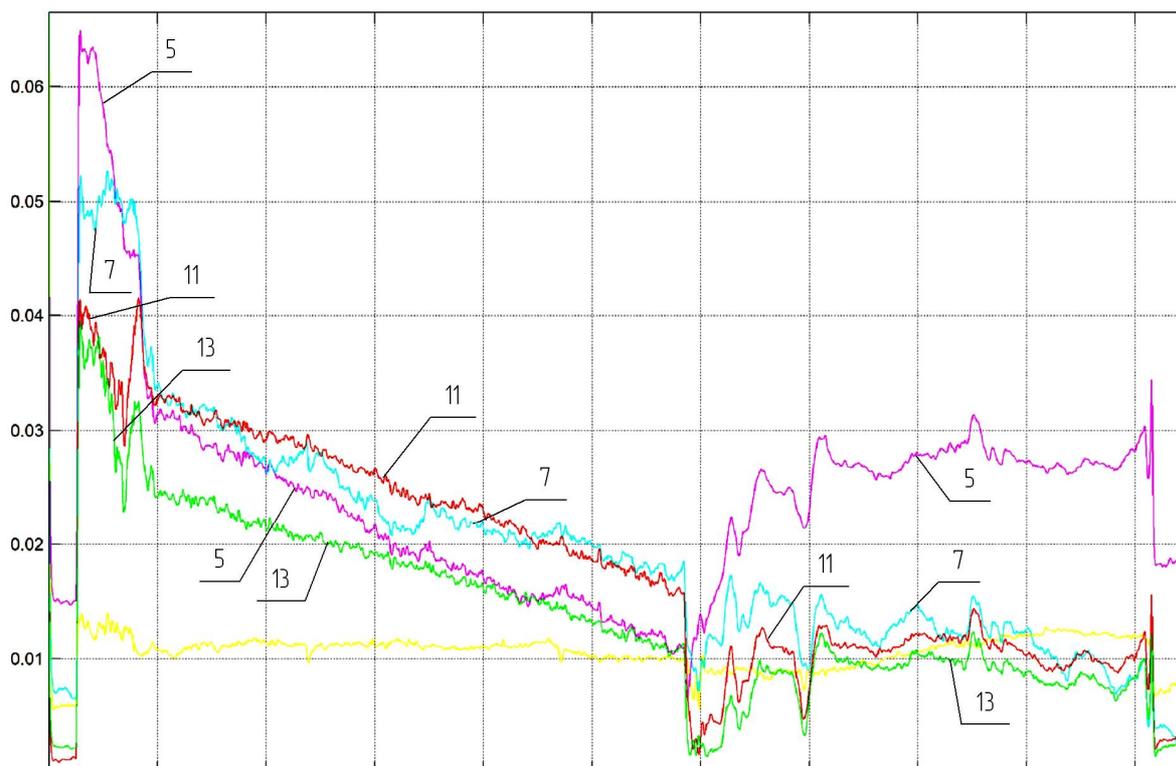


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжений относительно первой гармоники

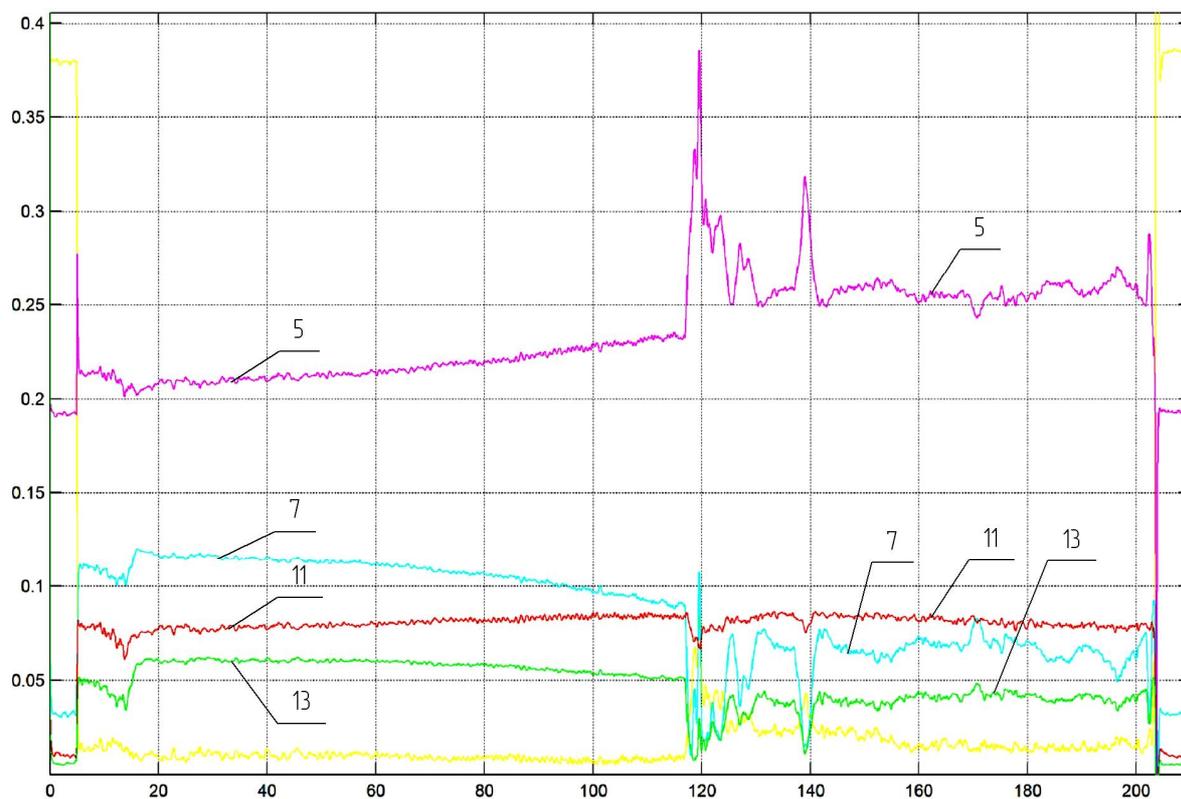


Рисунок 3 – Осциллограммы токов относительно первой гармоники

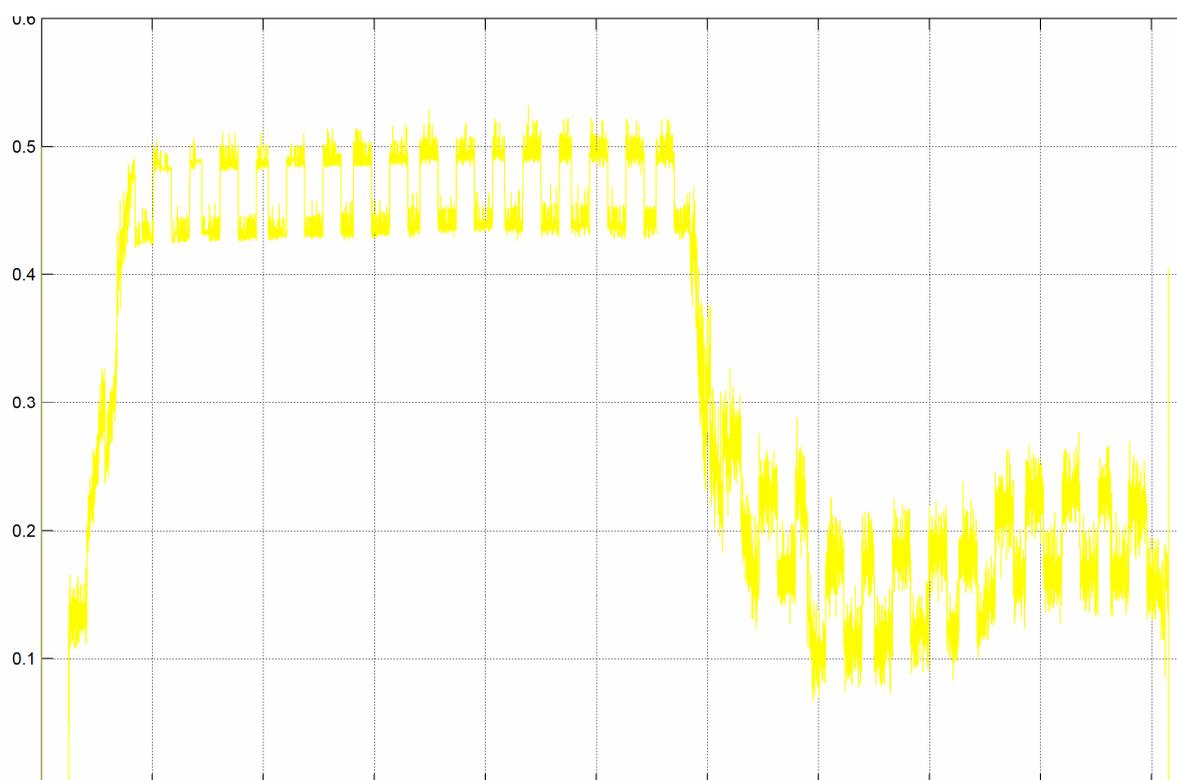


Рисунок 4 – Осциллограмма cosφ за рабочий цикл

РКБ должна включаться в моменты наибольшей несинусоидальности. Проблема такого управления заключается в том, что ни силовые резонансные фильтры, ни РКБ не выпускаются регулируемые, кроме функции «включить-выключить». Здесь следует разработать систему автоматического управления для достижения эффективного управления подобными устройствами.

Рассмотрим вариант расчета необходимой реактивной мощности и фильтров при условии относительно короткого (200 секунд) рабочего цикла скипа, который оказывается несоизмеримым со временем работы скипа за сутки. В этом случае можно использовать среднее значение реактивной мощности, потребляемое при работе скипа за сутки, которое рассчитывается через среднее значение реактивной мощности за рабочий цикл. Обработка осциллограммы (рисунок 4) определила средний за цикл $\cos\varphi = 0,35$. Потребление реактивной мощности в среднем за цикл равно

$$Q_{\text{скип.ср}} = P_{\text{скип}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ср}} = 2250 \cdot 2,67 = 6022 \text{ кВАр}$$

Набор фильтров 5-той, 7-ой, 11-той гармоник на мощности 2400, 1200, 1200 кВАр соответственно позволит достичь $\text{tg}\varphi = 0,54$; $\cos\varphi = 0,87$, а использование фильтра 7-ой гармоники мощностью 2400 кВАр дает $\cos\varphi$ близкий к единице. Учитывая, что реактивная мощность подстанции не ограничивается мощностью одного скипа, можно считать целесообразным применение трех фильтров общей мощностью в 6000 кВАр.

Если скип как основная реактивная нагрузка не работает, то фильтры должны быть отключены от сети.

По данным прайса фирмы Matic Electro (г. Москва) за май 2009 г. стоимость силового фильтра мощностью 1200 кВАр составляет ориентировочно 512500 руб. без защитной и коммутационной аппаратуры. Стоимость одного фильтра на 6,3 кВ в готовом для использования виде может превысить 1,5 млн. руб.

Экономическая эффективность использования фильтров может быть определена путем определения ущерба от недостаточного качества используемой электроэнергии (потери от токов гармоник, которые отличаются от первой), штрафов за нарушение лимитов на реактивную мощность, потерь от реактивного тока сверх нормы. За норму может быть принят реактивный ток при $\cos\varphi = 0,92$.

Полный ток в среднем за рабочий цикл скипа при обработке осциллограммы без компенсации реактивной мощности равен 200 А. В этом случае реактивный средний ток, определенный через средний $\sin\varphi$ за цикл, равен 187,3 А. В пределах данных токов выбираем РКБ на 6,3 кВ. Стандартным по каталогу фирмы Matic Electro для конденсаторов выбираем ток в 200 А. При включении в состав РКБ трех конденсаторных блоков на конденсаторах КЭКФ-7,3-150У1 и воздушного реактора РФТС3-500/6У1 без сердечников для наружной установки рассчитан фильтр 11-ой гармоники сети. Конденсаторы собираются по схеме «звезда», в одной ветви которой подключаются 7 банок в параллель. Всего банок – 21. Принцип фильтрации гармоники – принцип последовательного резонанса. Индуктивность реактора выбрана равной $4,8 \cdot 10^{-4}$ Гн. Компенсируемая мощность составит 728 кВАр. Стоимость РКБ сопоставима со стоимостью силового фильтра 11-той гармоники.

Таким образом, для эффективной работы скипа может быть предложен набор силовых фильтров 5-той и 7-ой гармоник мощностью 2400 кВАр каждый, а также 11-той гармоники мощностью 1200 кВАр производства Усть-Каменогорского конденсаторного завода. Более гибким, но дорогим вариантом, считаем использование ФКУ (фильтрокомпенсирующие устройства) с косвенной компенсацией. Эта цель достигается добавлением к данным силовым фильтрам индуктивного регулируемого накопителя с тиристорным управлением. В настоящее время для рационального управления ФКУ и регулирования реактивной мощности, близкого к оптимальному по критерию $\text{tg}\varphi$ с коррекцией по напряжению на второй секции РП-1 Тыретского солерудника, в НИИ АЭМ разрабатывается алгоритм.

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ КОВШЕЙ В МАРТЕНОВСКОМ ЦЕХЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА¹

Н.И. Ткаченко*, Н.А. Спирин**

*ОАО «НПК Уралвагонзавод», г. Нижний Тагил

**Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург

Система идентификации ковшей в мартеновском цехе машиностроительного завода предназначена для контроля работы ковшей и разливки металла в литейных цехах. Обычно мартеновский цех на машиностроительном предприятии находится в непосредственном соприкосновении с литейным цехом, зачастую мартеновский и литейные цехи представляют собой единый плавно-литейный корпус. Такой плавно-литейный комплекс имеет обычно один мартеновский цех на два-три литейных цеха.

Основные задачи системы идентификации ковшей в цехе сводятся к следующим:

- обеспечить контроль состояния ковшей с целью своевременной замены футеровки и ремонта ковшей;
- обеспечить контроль разливаемого металла, т.е. идентифицировать место, время разливки, номер ковша, массу расплава, маршрут движения ковша и время его возвращения в литейный цех.

Данные задачи решаются при помощи системы видеонаблюдения и использования специализированного программного обеспечения распознавания образов. В качестве образа для распознавания используются цифры, нанесенные белой краской с двух сторон ковша. Структура системы передвижения жидкого металла в литейные цехи приведена на рисунке 1, на котором пунктирной линией показан маршрут движения ковша между цехами.

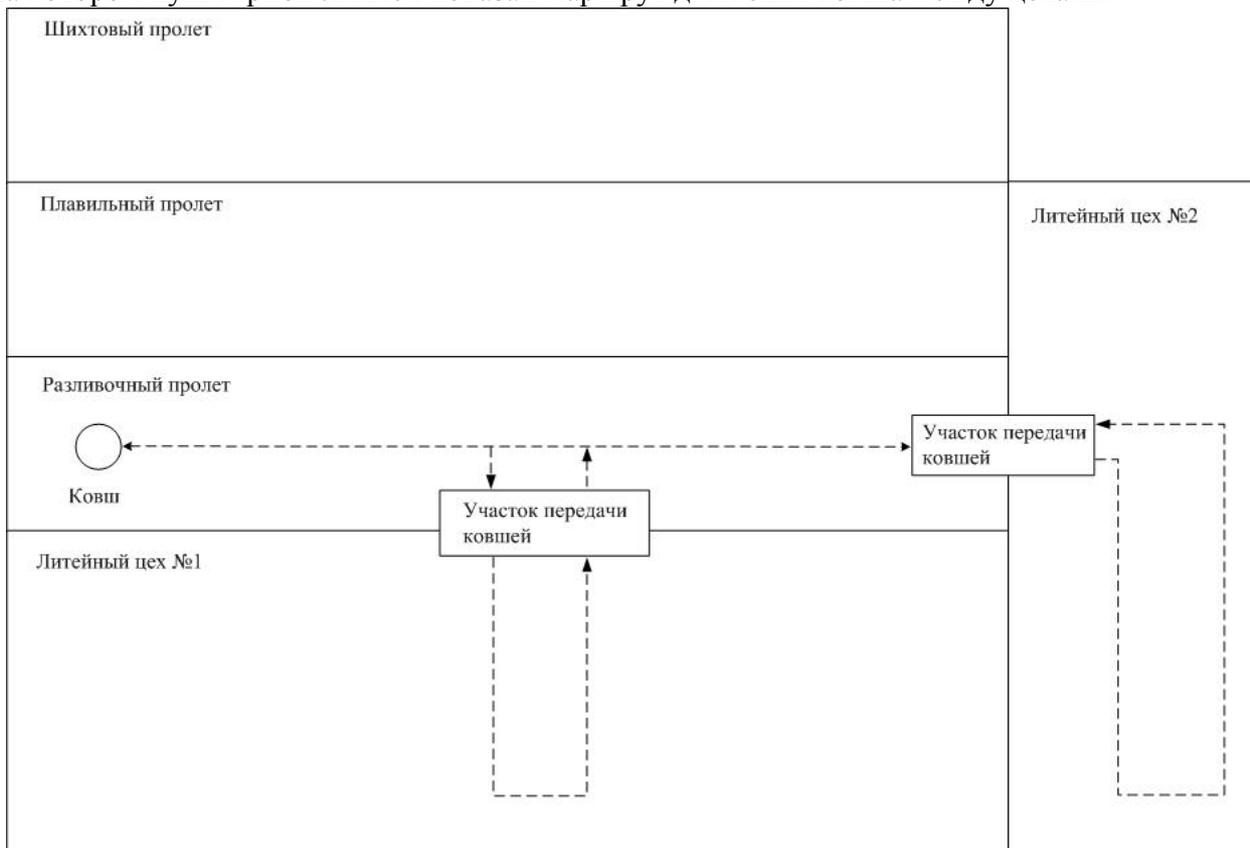


Рисунок 1 – Планировка плавно-литейного корпуса и схема перемещение ковшей

¹Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0152

Как видно из планировки плавилильно-литейного корпуса, ковш с металлом может отправиться по двум возможным путям движения: либо в литейный цех №1, либо в литейный цех №2. После заливки литейных форм пустой ковш или ковш с остатками жидкого металла возвращается в мартеновский цех. На этапах передачи ковша в литейный цех и обратно осуществляется диагностика его состояния с последующей выдачей автоматизированной системой инструкций мастеру, куда необходимо направить данный ковш: либо на участок ремонта, либо снова в эксплуатацию. Автоматизированная система обеспечивает составление графика использования ковшей, вычисляет оставшийся ресурс возможной эксплуатации каждого ковша, а также осуществляет планирование их ремонта.

Функциональная схема системы идентификации ковшей представлена на рисунке 2, а структурная схема аппаратно-программной части автоматизированной системы представлена на рисунке 3.

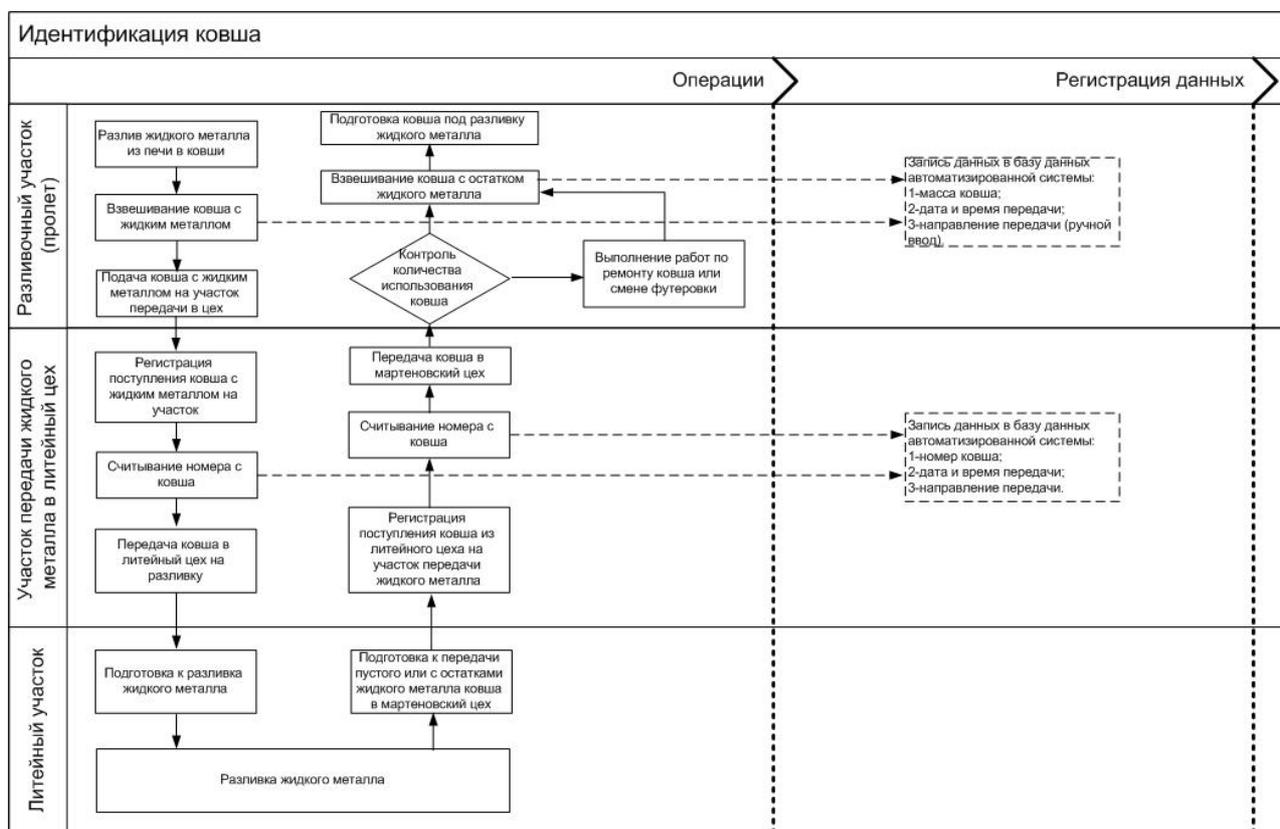


Рисунок 2 – Функциональная схема

Из функциональной схемы видно, какие операции происходят на каждом участке при передаче ковша. Запись данных происходит при осуществлении двух операций: взвешивании ковша, его идентификации. Технологический процесс реализован таким образом, что сразу за взвешиванием ковша, ковш передается на участок передачи металла в цех. В технологической схеме используются только одни весы для взвешивания ковшей. В связи с этим ошибки, обусловленные использованием различных взвешивающих устройств, в системе исключены. Запись данных в базу данных автоматизированной системы происходит автоматически. Таким образом, автоматизированная система идентификации ковшей тесно интегрирована с автоматизированной системы взвешивания ковшей.

Для построения автоматизированной системы идентификации ковшей использованы следующие технические и программные средства:

- сервер СУБД с установленной операционной системой Windows Server 2003 SP1, СУБД MS SQL Server 2005, специально разработанное программное обеспечение (программное обеспечение разработано на языке высокого уровня Delphi 7);
- сервер обработки видео изображений с установленной операционной системой Windows Server 2003 SP1, программное обеспечение для распознавания образов LabVIEW 8.50 производства компании National Instruments Corp.(США);
- система IP-видеокамер, которые синхронизированы с промышленными инфракрасными датчиками;
- система промышленных инфракрасных датчиков с широкотемпературным диапазоном, которые подключены к блоку анализа направления движения ковша и управления включения видеокамеры;
- автоматизированное рабочее место мастера «Мастера на участке передачи», на каждом участке по одному рабочему месту (два рабочих места);
- автоматизированное рабочее место мастера «Мастера на участке ремонта ковшей» (одно рабочее место).

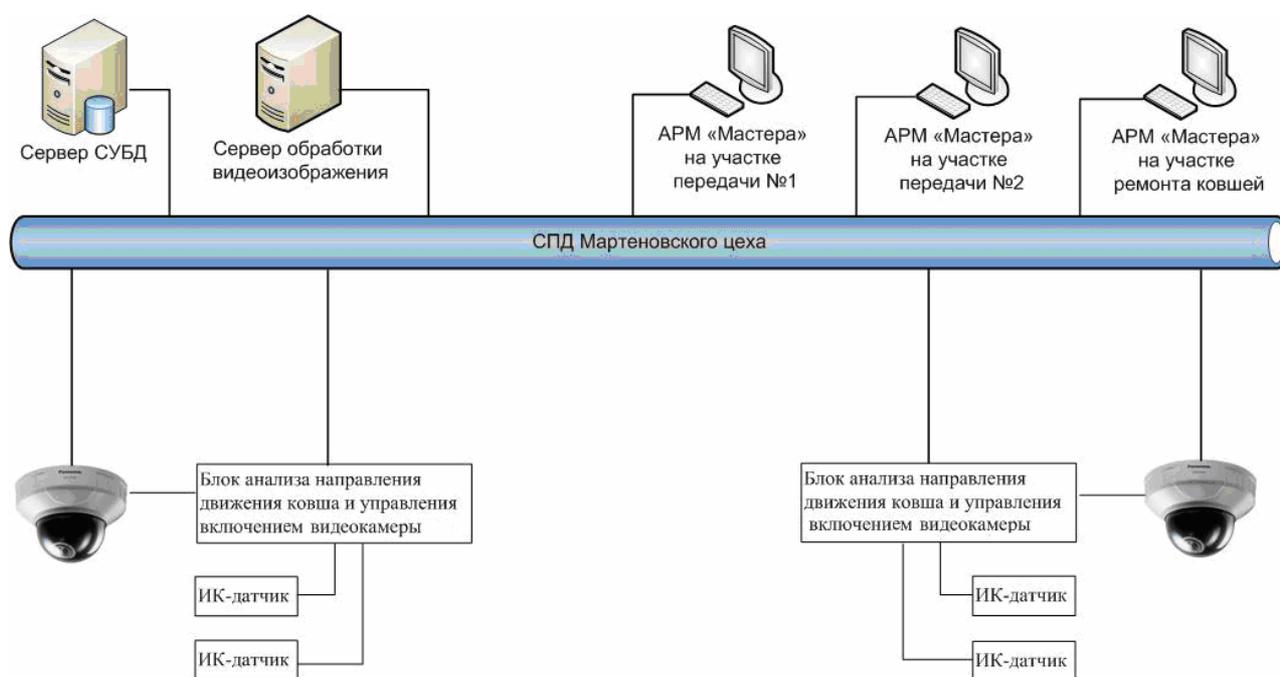


Рисунок 3 – Структурная схема автоматизированной системы

Алгоритм работы системы идентификации ковшей приведен на рисунке 4. Процесс обработки информации состоит из следующих этапов:

- *этап синхронизации.* На этом этапе по сигналу от инфракрасных датчиков, блок анализа направления движения ковша и управления включением видеокамеры отправляет сигнал видеокамере для осуществления регистрации ковша. При этом блок анализа направления движения ковша и управления включением видеокамеры, при пересечении ковшом двух линии инфракрасного излучения, формирует сигнал, который указывает направление движения ковша;
- *этап распознавания номера ковша.* Автоматизированная система производит анализ контрастных областей ковша и сравнивает геометрические характеристики знаков с границами контрастных областей, производит распознавание цифры;
- *этап формирования данных.* Автоматизированная система формирует запись в базе данных, куда заносит распознанный номер ковша, направление его движения, дату и время передачи ковша в литейных цех и обратно.

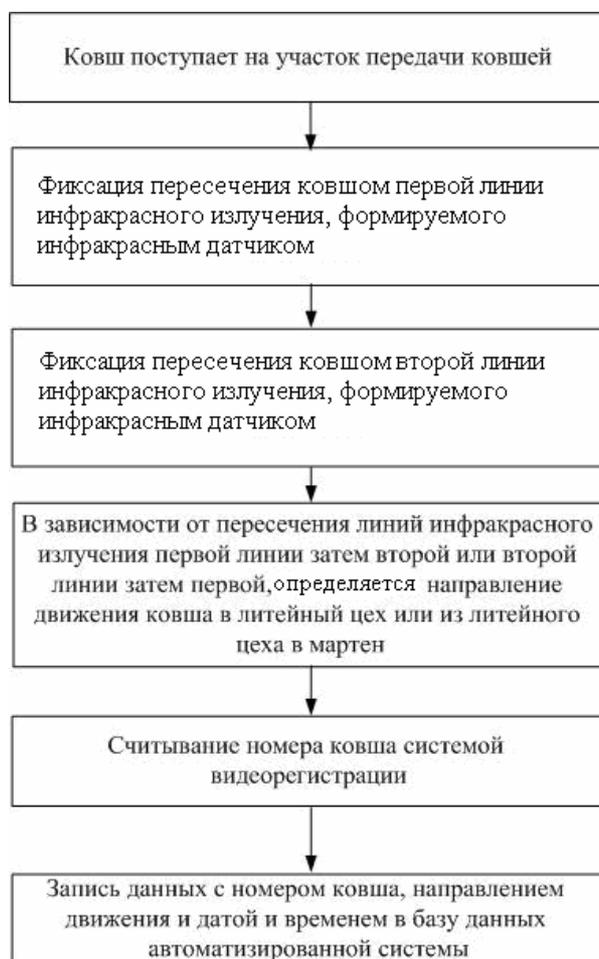


Рисунок 4 – Процедура идентификации ковшей

Внедрение автоматизированной информационной системы идентификации ковшей в мартеновском цехе обеспечило оперативность диагностики состояния ковшей, соблюдения графика их движения, повышение качества и оперативности принятия управленческих решений.

К ВОПРОСУ НОРМАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТОЯМИ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ

Л.Д. Фомина, А.И. Мусатова

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Методика и практика планирования и оперативного управления в прокатных цехах современных металлургических предприятий неэффективны и находятся на низком качественном уровне. Создаваемые ранее системы оперативного управления прокатными цехами и участками были настроены на работу в условиях «закрытой» производственной системы и поэтому слабо приспособлены к рыночным условиям и работе по принципу открытых производственно-экономических систем. Наблюдается напряженность в работе служб оперативного управления прокатным производством, связанная с трудностью формирования, к началу каждого месяца, портфеля заказов, срывами в графиках выпуска плавки чугуна, стали и поступления заготовок, освоением новых профилеразмеров и настройки оборудования.

Объектом изучения и оптимизации в данной работе является процесс управления производственными потоками в крупносортовых, среднесортовых и мелкосортовых прокатных цехах металлургических предприятий. Система оперативного управления производством оснащена селекторной связью, подсистемой автоматизированного слежения за металлом, которые в совокупности осуществляют информационную поддержку технологического

персонала, операторов постов управления, служб фабрикации и ОТК. Между операторами постов управления прокатным цехом действуют каналы прямой и обратной связи, по которым передаются данные об отказах в работе оборудования, о задержках металла в промежуточных ёмкостях и в механизмах, о возникновении аварийных ситуаций (образование “петли” или выбросы горячего металла с технологической линии).

Работа операторов центрального поста управления отличается большой интенсивностью и напряжением. Основная сложность процесса управления, который идет параллельно технолого-производственному процессу, состоит в отсутствии чёткой информации о причинах кратковременных задержек металла и отказов в работе оборудования. Для автоматизации управления процессами нагрева, прокатки, охлаждения, правки и т.д., важен вопрос обнаружения “узкого” звена, которое при прокатке и обработке разных профилирумеров проката часто является “плавающим” для одной и той же производственной системы. Операторы постов управления могут об этом узнать эмпирическим путем на основе многолетнего опыта работы.

Экспериментальные, графические и модельные исследования механизма формирования пауз и перерывов в изолированной и системной работе оборудования прокатных цехов являются основой для выявления нормируемых и ненормируемых значений простоев по профилирумерам проката. Применяемая на ряде прокатных станов автоматическая регистрация пауз с помощью электронно-вычислительной аппаратуры в процессе их работы значительно улучшает практику нормирования производственных процессов, повышает степень автоматизации, управления и контроля. Однако полученные таким путем нормативы простоев отражают их средние фактические значения и не вскрывают состав и структуру нормируемых (неизбежных) причин, без чего трудно создать систему оптимального оперативного управления. В этой связи в течение нескольких лет нами проводились исследования простоев, возникающих в производственных процессах с целью их декомпозиции, структурирования по причинам и выявления закономерных взаимосвязей между текущими и скрытыми простоями.

Суммарное значение текущих и скрытых простоев на ряде разнотипных сортовых станов Российских предприятий колеблется в пределах 15 – 45% от номинального времени их работы. Коэффициенты вариации скрытых простоев по профилирумерам проката находятся в диапазоне от 5 до 48 %. Немаловажное значение имеет факт превышения (в 0,6 – 1,2 раза) суммарного значения скрытых простоев над текущими. Однако по проценту простоев создается лишь априорное представление о качестве работы цеха, для суждения о котором необходима классификация, выделяющая нормируемые элементы простоев.

Исследования выполнялись комплексными методами (технического нормирования, математической статистики, имитационного моделирования) в два этапа. На первом этапе осуществлялись хронометражные наблюдения в течение 250 рабочих смен, использовались результаты автоматического слежения и анализировалась информация первичного управленческого учета. На втором этапе исследования решалась задача создания классификации простоев, возникающих в работе системы оборудования прокатных цехов, их нормирование с помощью эвристических имитационных моделей.

Рассмотрим некоторые методические особенности исследования скрытых простоев. Процент неучитываемых в цехе простоев каждого i -го профилирумера проката $q_{ск.i}$ за период t может определяться отношением расчетного (технически возможного) такта работы системы T_c^{TB} к действительному (фактическому) такту T_c^Φ :

$$q_{ск.i} = \left(1 - \frac{T_{c.i}^{TB}}{T_{c.i}^\Phi} \right) \cdot 100\% ; \quad T_{c.i}^\Phi = \frac{3600 \cdot G}{P_{c.i}^\Phi \cdot K_p}$$

Значение $T_{c.i}^\Phi$ определялось на основе данных о среднечасовой производительности

цеха $P_{c,i}^{\Phi}$ при производстве i -го профиля за период t , среднего значения расходного коэффициента металла K_p и среднего веса заготовки G .

В связи с тем, что уровень точности полученных значений $P_{c,i}^{\Phi}$ и $q_{cк,i}$ подвержен влиянию ошибок оперативного учета текущих простоев в цехе, значения $T_{c,i}^{\Phi}$ уточнялись по результатам хронометражных наблюдений и мониторинговых слежений. Этим же методом авторы анализировали состав и структуру неучитываемых в цехе скрытых простоев по причинам j ($q_{cк,i}^j$). Наблюдения проводили поплавочно за потоками металла, поступающего к главной клетке стана. В картах наблюдений фиксировали текущее время исследований, в котором замеряли только паузы перед клетью – интервалы времени между моментом входа конца предыдущей заготовки в валки до момента входа в них переднего конца следующей заготовки. В случае возникновения отклонений от заданного такта процесса фиксировали их причины. Одновременно контрольные наблюдения проводили с центрального поста управления станом. С помощью селекторной связи и мониторов оперативно уточняли причины всех пауз и задержек, включая перерывы в работе стана более трех (пяти) минут. Кратковременные задержки (менее 10 с) объяснялись вероятностным характером производства.

Среднее значение такта процесса (системы) $\bar{T}_{c,i}^{ис}$ определялось по результатам исследований для i -го профиля по формуле:

$$\bar{T}_{c,i}^{ис} = \frac{60 \left(\Delta t_{ис} - \sum_1^1 ТП \right)}{n_3 - 1},$$

где $\Delta t_{ис}$ - период исследования по календарному времени, равный разности текущего времени конца и начала проведения наблюдений ($\Delta t_{ис} = t_{ис}^к - t_{ис}^н$), мин; $\sum_1^1 ТП$ - сумма текущих простоев, мин; n_3 - количество заготовок в партии исследования, штук.

Отсюда процент скрытых простоев по результатам моделирования для i -го профилеразмера и каждой i -ой причины возникновения определяется по формулам

$$q_{cк}^i = \left(1 - \frac{T_{c,i}^{TB}}{T_{c,i}^{ис}} \right) \cdot 100; \quad q_{cк,j}^i = \frac{100 \cdot \tau_{cк,j}^i}{\sum_{j=1}^T \tau_{cк,j}^i}.$$

Суммарное значение скрытых простоев i -го профиля определяется из выражения

$$\sum_{j=1}^T i_{cк,j}^i = 60 \left(\Delta t_{ис} - \sum_1^1 ТП \right) - T_{c,i}^{TB} (n_3 - 1) = \Delta t_{ис}' - T_{c,i}^{TB} (n_3 - 1)$$

где $\Delta t_{ис}'$ - период исследования по фактическому (действительному) времени, с.

Значения $\tau_{cк,j}^i$ определяли как сумму разностей пауз, которые вызваны причиной j при производстве i -го профиля ($\tau_{п,j}^i$), взятых из хронометражного ряда и пауз, заложенных в расчет технически возможного такта системы исследуемого i -го профилеразмера проката $t_{п}^i$

$$\tau_{cк,j}^i = \sum_1^k (\tau_{п,j}^i - t_{п}^i),$$

где k – количество пауз по причине j .

Анализ результатов обработки отчетных данных и хронометражных наблюдений по ряду сортовых прокатных станом, приведенных в таблице, показал, что состав причин

текущих и скрытых простоев, за немногим исключением (например, раздел плавок, приемка смены, перевалка валков и вероятностный характер производства, независящие от цеха причины), одинаков.

Выявленная в результате анализа значительная схожесть состава причин текущих и скрытых простоев и близкие структурные соотношения их значений позволили сделать вывод, что текущие простои являются продолжением скрытых и наоборот, а также прийти к решению вопроса стандартизации классификационных групп причин всех простоев и выявлению их нормируемой части.

В основу разработки алгоритма, моделирующего производственные процессы положены принципы организации производства: пропорциональность, ритмичность, параллельность и непрерывность. Основными моделируемыми элементами имитационных моделей являлись интервалы времени – частичные такты протекания производственного процесса, которые в случае возникновения диспропорций в работе фаз (участков) аккумулялировали дополнительные к расчетному такту работы стана паузы.

Способ выявления скрытых простоев через изменение частичных (по фазам) тактов производственного процесса, а не через изменение производительности отдельных фаз является наиболее удобным для моделирования и реализации на ЭВМ, так как единым мерилom частичных тактов и скрытых простоев является время. Представим часовую производительность прокатного цеха как функцию от массы заготовки G , коэффициента использования системы оборудования $K_{и}$, такта системы T_c и расходного коэффициента металла K_p :

$$P = f(G, K_{и}, T_c, K_p).$$

Влияние факторов $K_{и}$ и T_c можно объединить, выразив $K_{и}$ через прирост такта процесса, то есть при $G = \text{const}$, $K_p = \text{const}$ и $K_{и} = 1$ функция примет вид:

$$P = f(T_c + \Delta T_c).$$

Учитывая, что внешние и внутренние условия протекания производственных процессов имеют стохастический характер, то влияние колеблемости всей совокупности факторов на значение P выразится через дополнительное приращение $\Delta T_c'$, тогда:

$$P = f(T_c + \Delta T_c + \Delta T_c').$$

Моделирующий алгоритм эвристической имитационной модели разрабатывали на основе тактового и декомпозиционного подходов путем последовательного выявления технических, технологических и организационных диспропорций в работе участков системы. Структуру системного такта моделировали на основе различных пакетов исходной информации. Чередовали модельные расчеты системного такта при использовании калибровочных тактов прокатки на стане, тактов работы оборудования остальных участков цеха по данным нормативно-технического паспорта (разработанных авторами ранее), фактических тактов работы участков цеха, полученных в результате обработке наблюдений.

Информация менялась в зависимости от этапа решения задачи исследования состава и структуры скрытых простоев. Кривая распределения значений тактов работы системы с удовлетворительной точностью описывается нормальным законом распределения, однако имеет левостороннюю асимметрию, что обусловлено техническими и технологическими ограничениями, а также случайным характером организационных факторов. Коэффициент вариации такта прокатки высокоавтоматизированного непрерывного среднесортного стана составил 2%, мелкосортного 2,5-3%.

Многовариантная имитация производственного процесса в условиях отсутствия и наличия жесткой связи между единицами оборудования позволила выявить совокупность факторов, влияющих на такт работы производственной системы, и разработать классификацию простоев, приведенную на рисунке.

Все неучитываемые (скрытые) простои, зависящие от работы цеха, ранжировались по признаку значимости и возможности устранения на две составляющие: нормируемые и ненормируемые.

К нормируемым, по отношению к каждому профилиразмеру проката, предлагается относить часть скрытых простоев, возникающих из-за увеличения такта работы системы оборудования вследствие: технических и технологических диспропорций в пропускных способностях участков цеха $q_{СК}^T$ (блоки 1.2сп; 2.4сп, рисунок); участия человека (персонала) в производственном процессе $q_{СК}^O$ (блок 3.1сп); вероятностного характера производства q^B (пункты 1.3сп; 2.5сп; 3.3сп). К нормируемым, по отношению к планируемому сортаменту за период t , относятся, кроме указанных, скрытые простои, возникающие по причинам разделения плавок стали и взятия проб, q^L (блок 2.2сп, рисунок).

Скрытые простои, связанные с разделением плавок и взятием проб, определяются как обработкой статистических данных, так и расчетным путем по формуле:

$$q_{СК}^L = \frac{\bar{\tau}_{СК}^L + \bar{\tau}_{СК}^{пр}}{\bar{K}_3 \cdot T_c^{\Phi}}$$

где $\bar{\tau}_{СК}^L$ и $\bar{\tau}_{СК}^{пр}$ - среднее значение времени разделения плавок и времени взятия проб, с; \bar{K}_3 - среднее количество заготовок в плавке, шт.

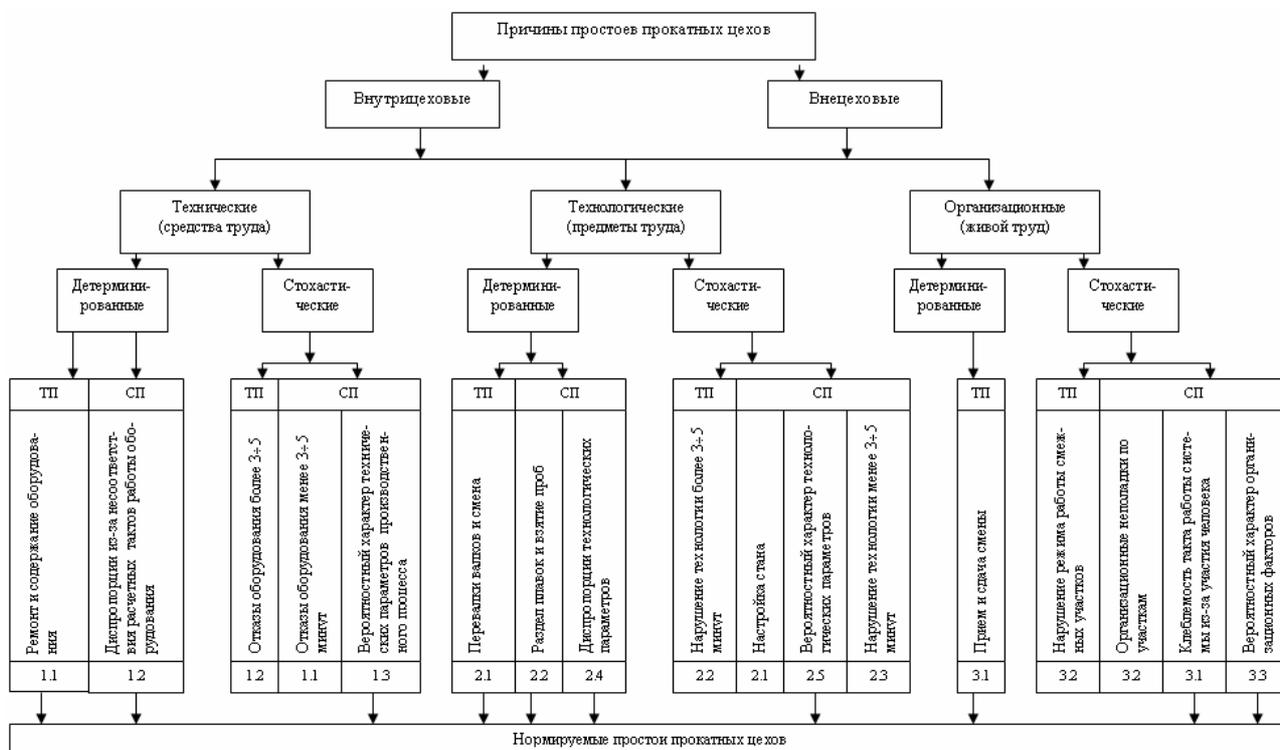


Рисунок – Классификации текущих (ТП) и скрытых (СП) простоев в работе оборудования прокатных цехов

К ненормируемым относится часть скрытых простоев q^P , возникающих из-за внешних по отношению к цеху причин. К ним относятся скрытые простои блоков 1.1сп; 2.1сп; 2.3сп; 3.2сп (рисунок).

Для выявления значений $q_{СК}^O$ и $q_{СК}^B$ были построены гистограммы распределения случайных величин всех пауз в такте прокатки. Вид кривой распределения (сдвинутой вправо от оси ординат) показал наличие постоянной части скрытых простоев, причины которых вызваны вероятностным характером производственного процесса и рассредоточены по блокам 1.3, 2.5 и 3.3 классификационной схемы (рисунок). Кроме того, исследованиями установлено, что пауза в такте работы системы, связанная со скоростью реагирования операторов в ходе управления процессом, составляет для непрерывных станов 2-3%. Из-за

незначительности величины $q_{ск}^0$ ее можно при моделировании объединить с $q_{ск}^B$ и их сумму обозначить через $q_{ск}^{OB}$.

Значения $q_{ск}^{TB}$, $q_{ск}^{OB}$ определялись для каждого профилеразмера проката в процессе реализации эвристической модели, которая в зависимости от закладываемой в нее исходной информации работает в двух режимах. Величина $q_{ск}^T$ определялась при работе модели в режиме детерминированной имитации, тогда как $q_{ск}^{OB}$ - при стохастической имитации. Для полного анализа структуры скрытых простоев определяются фактическая их величина $q_{ск}^{\Phi}$, коэффициент фактического использования системы оборудования $K_{И}^{\Phi}$.

Четкая классификация скрытых простоев позволяет выработать единую методику определения норматива скрытых простоев $q_{ск.i}^H = q_{ск.i}^T + q_{ск.i}^{OB}$ для каждого профилеразмера проката и $\bar{q}_{ск}^H = \sum_1^{\Pi} q_{ск.i}^H + q_{ск.i}^L$ для планируемого в цехе сортамента на период t . Для одного

из прокатных станов получены следующие значения элементов скрытых простоев: $q_{ск}^T = 6\%$; $q_{ск}^{OB} = 5.4\%$ (в том числе $q_{ск}^0 = 4\%$); $q_{ск}^{\Phi} = 27\%$; $q_{ск}^L = 2.7\%$. Отсюда коэффициенты использования оборудования (технически возможный, нормативный и фактический) для производства угловых профилей составляют: $\bar{K}_{И}^T = 1 - 0,6 = 0,94$; $K_{И}^H = 1 - (0,6 + 0,054 + 0,027) = 0,859$; $K_{И}^{\Phi} = 1 - 0,27 = 0,73$.

На основе имитационного моделирования производственных процессов в прокатных цехах составлена единая классификация текущих и скрытых простоев в работе оборудования, позволяющая создать нормативную базу многовариантных нормативов тактов работы системы, которые могут выполнять роль ключевых нормативов для построения механизма оптимального управления производственными процессами.

Таблица – Структура текущих и скрытых простоев сортовых прокатных цехов по причинам возникновения

Причины простоев по группам	Значения текущих (ТП) и скрытых (СП) простоев по цехам (в процентах)							
	Среднесортный цех				Мелкосортный цех		Проволочный цех	
	непрерывный		полунепрерывный		непрерывный		непрерывный	
	ТП	СП	ТП	СП	ТП	СП	ТП	СП
1. Технические причины:	10,0	19,6	4,8	9,3	5,2	11,8	6,4	15,3
- ремонт и содержание оборудования	9,5	-	4,8	-	5,2	-	5,5	-
- кратковременные отказы и мелкие поломки оборудования	-	16,8	-	9,3	-	11,8	-	10,6
- освоение оборудования	0,5	2,8	-	-	-	-	0,9	4,7
2. Технологические причины:	38,0	47,5	61,6	68,7	39,7	38,9	35,6	31,7
- технологически необходимые:	29,4	27,5	59,6	57,2	37,8	26,3	28,6	15,2
перевалки валков и смена сорта, перестановка пил и упоров	19,4	-	50,9	-	29,3	-	21,7	-
настройка стана	10,0	15,3	8,7	22,4	8,5	17,4	6,9	10,0
раздел плавок, головных, рядовых заготовок; взятие пробы	-	12,2	-	34,8	-	8,9	-	5,2

Продолжение таблицы

- нарушение технологических режимов	6,2	19,1	2,0	11,5	1,9	12,6	6,3	14,7
- освоение новых профилей	2,4	0,9	-	-	-	-	0,7	1,8
3. Организационные причины:	41,7	32,9	25,9	22,0	42,1	49,3	46,2	53,0
- прием и сдача смены	31,6	-	19,7	-	34,0	-	33,5	-
- нарушение ритмичности (тактов) работы участков цеха	10,1	32,9	6,2	22,0	8,1	49,3	12,7	53,0
4. Независящие причины от работы цеха	10,3	-	7,7	-	13,0	-	11,8	-
Итого простоев	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ШТАБЕЛЬ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ¹

В.А. Халимов, С.Ф. Киселев, А.А. Линков

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк*

Проблемы формирования штабелей с известными характеристиками материала решаются достаточно давно. [1-2]. В настоящее время, когда наибольшее распространение в промышленности получают напольные склады, широко внедряются современные средства автоматизации (автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления, программируемые логические контроллеры и тому подобное), а требования к продукции быстро возрастают, необходимо управлять качеством готовой продукции. Упрощенная структурная схема напольного склада показана на рисунке 1, более подробно про склады данного типа можно прочитать в [3].

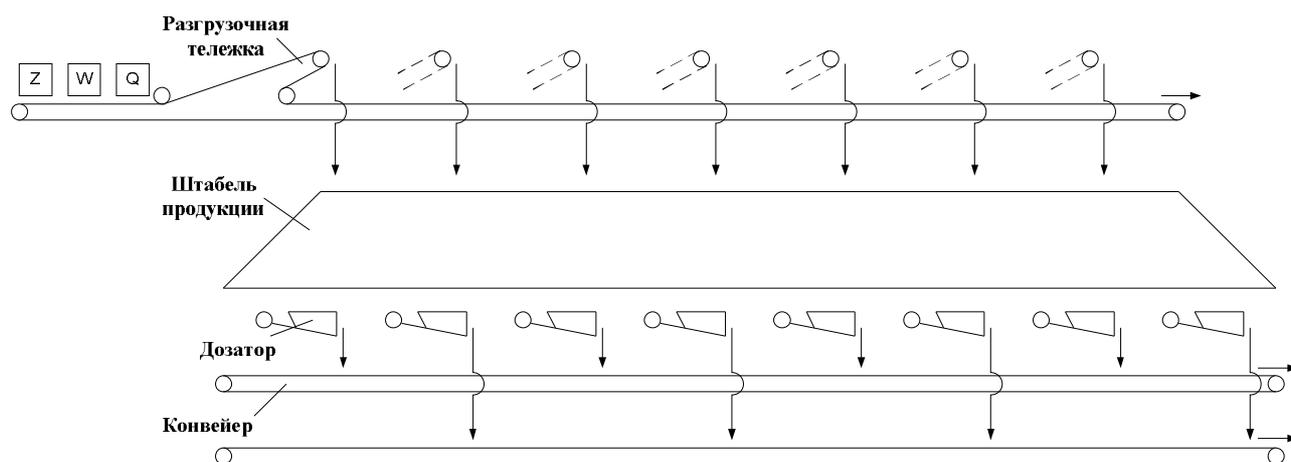


Рисунок 1 – Структурная схема напольного склада

Управлять качеством продукции – значит отгрузать товар, с заданными заказчиком параметрами. Для получения на выходе склада продукции с заданными свойствами необходимо управлять загрузкой и разгрузкой склада. [4]. Загрузка склада – это процесс формирования штабеля сыпучего материала.

¹Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проектам №08-07-00226-а, №08-07-12016-офи.

Для получения штабеля с известными параметрами материала в нем, формирование штабеля может происходить несколькими способами:

1. Послойная загрузка – штабель формируется из слоев материала с различными характеристиками.
2. Позонная загрузка – материал с различными параметрами сыпается в разные зоны штабеля.
3. Как разновидность позонной загрузки - формирование нескольких отдельных штабелей, из материалов с различными параметрами.

Разгрузка склада – это процесс отгрузки материала из штабеля. Для получения отгружаемой продукции с заданными параметрами, разгрузка штабеля должна производиться определенным образом. Постоянно измеряя средневзвешенные параметры материала, отгружаемого одним или несколькими качающимися питателями, происходит управление их производительностью и топологией разгрузки штабеля (включение или выключение питателей по зонам разгрузки). [5].

В предыдущих работах проводилось имитационное математическое моделирование как послойного способа формирования штабеля [3, 6], так и позонного [7]. Имитационное математическое моделирование позонного способа формирования штабеля проводилось с учетом изменения параметров материала, формирующего штабель. То есть, при позонной укладке материал имеет некоторый разброс параметров, в результате чего штабель материала получается уложенным послойно. Данное предположение о незначительном разбросе параметров обогащаемого материала, подтверждается практикой обогащения.

На рисунке 2 представлен поперечный разрез послойно сформированного штабеля, над входными отверстиями приемных бункеров двух качающихся питателей.

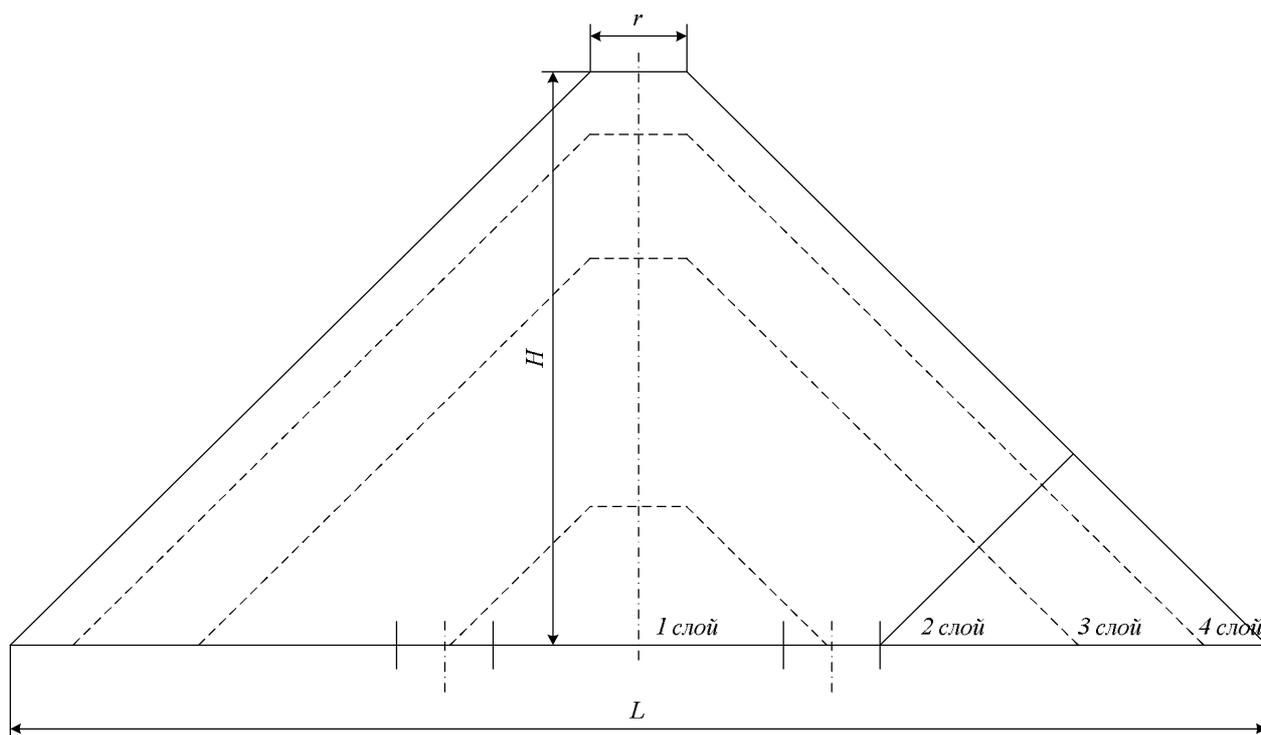


Рисунок 2 – Поперечный разрез штабеля

В результате проведенных исследований были получены структуры математических моделей. На рисунке 3 представлена структура модели послойной укладки штабеля.

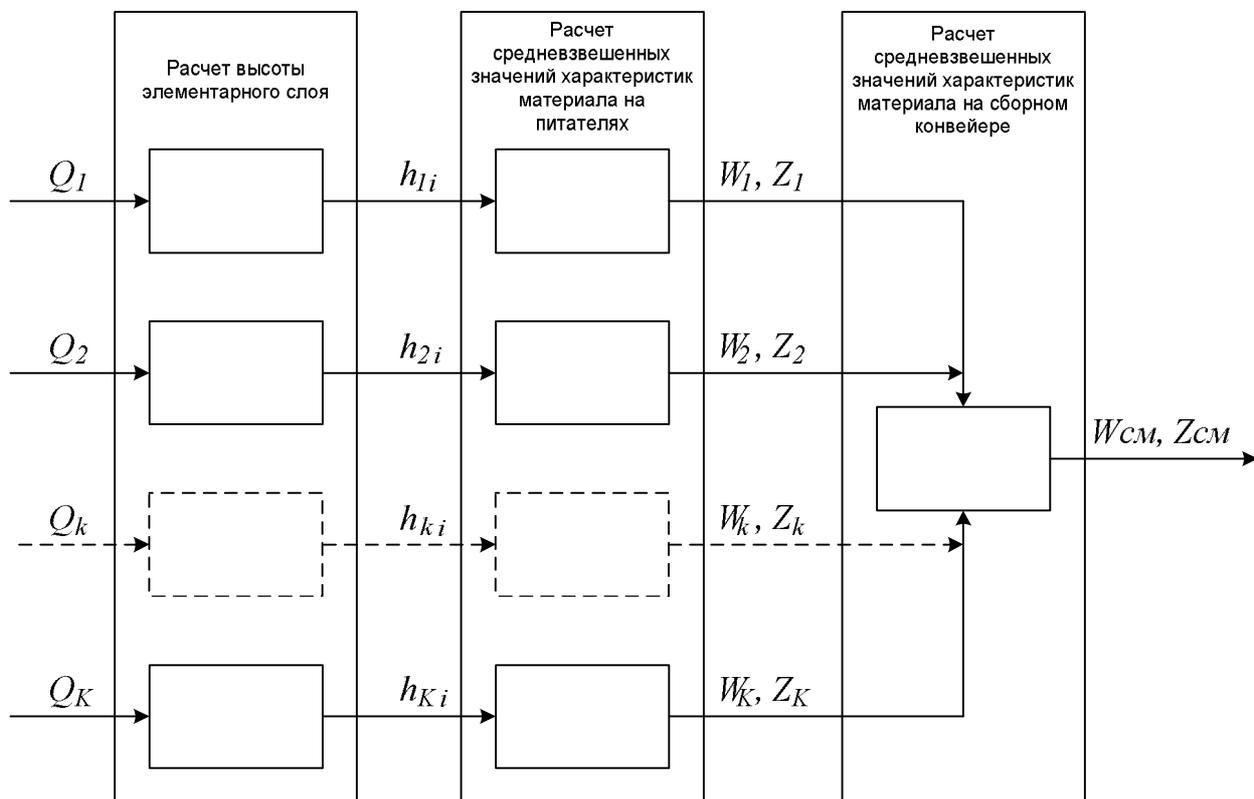


Рисунок 3 – Структура математической модели, при послойной укладке штабеля

На рисунке 4 представлена структура математической модели при позонной укладке материала в штабеле.

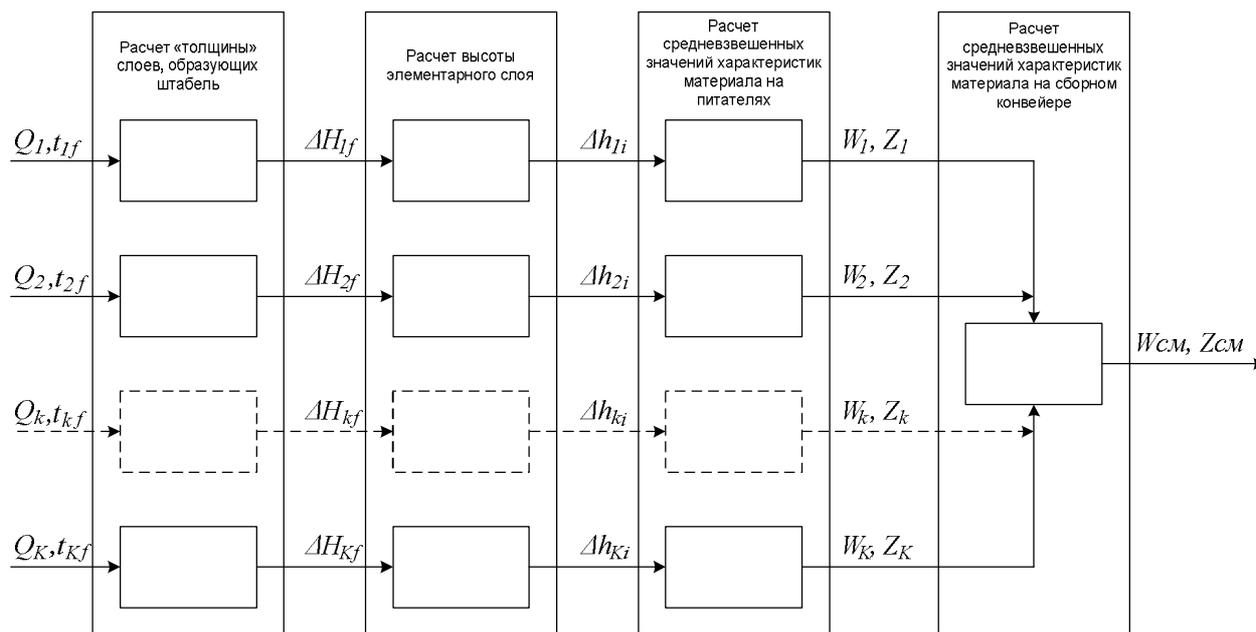


Рисунок 4 – Структура математической модели, при позонной укладке штабеля

Более подробно про математическое имитационное моделирование, разработку структур математических моделей и полученные результаты можно прочитать в предыдущих публикациях [3, 6, 7].

Таким образом, потребитель будет получать продукцию с заданными свойствами, что позволит снизить выход отходов до минимума, за счет разбавления продукции с хорошими характеристиками, продукцией с плохими свойствами. Применение новых алгоритмов

управления складом, разработанных на основе данных математических моделей, позволит существенно увеличить экономический эффект, как за счет увеличения выхода годной продукции, уменьшения отходов, эффективного управления оборудованием склада, так и позволив быть менее требовательным к процессу обогащения, не вмешиваясь в него при допустимых разбросах параметров обогащенного продукта.

Литература

1. Зарайский В.Н. Усреднение руд / В.Н. Зарайский, К.П. Николаев, К.В. Казанский.– М.: Недра, 1975. – 296 с.
2. Грачев Ф.Г. Теория и практика усреднения качества минерального сырья / Ф.Г. Грачев.– М.: Недра, 1983. – 157 с.
3. Прокофьев С.В. Моделирование динамики характеристик качества концентрата при разгрузке напольного склада / С.В. Прокофьев, С.Ф. Киселев, А.А. Линков, В.А. Халимов // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Тр. Всерос. науч.-практ. конф.-и. – Новокузнецк, СибГИУ, 2007. – С. 440 – 443.
4. Халимов В.А. К задачам управления процессом получения продукции с однородными свойствами / В.А. Халимов, С.Ф. Киселев, А.А. Линков // Металлургия: новые технологии, управление, инновации и качество: Тр. Всерос. науч.-практ. конф.-и. – Новокузнецк, СибГИУ, 2006. – С. 258 – 259.
5. Автоматизация управления углеобогащательными фабриками / Л.П. Мышляев, С.Ф. Киселев, А.А. Ивушкин и др. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 304 с.
6. Волкова Л.И. Математическая модель динамики штабеля сыпучих материалов во время разгрузки (на примере напольного склада) / Л.И. Волкова, В.А. Халимов, С.Ф. Киселев, С.В. Прокофьев // Вестник РАЕН (ЗСО). 2008.
7. Халимов В.А. Моделирование динамики характеристик качества концентрата, отгружаемого со склада / В.А. Халимов, С.Ф. Киселев, А.А. Линков, С.В. Прокофьев // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: материалы Международной научно-практической конференции: сборник научных статей. – Новокузнецк, СибГИУ, 2008. – С. 250 – 255.

СЕКЦИЯ 3

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

СЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНЫХ АВТОМАТОВ

В.В. Аристов, В.Н. Гудинов

Омский государственный технический университет, г. Омск

Появление в середине XX века понятия конечного автомата позволило расширить область применения математической логики на решение прикладных задач проектирования. Основной задачей логического проектирования дискретного автоматического устройства является разработка структурных и принципиальных схем «жесткой» логики или разработка программ для «гибких» устройств логико-программного управления на базе программируемых контроллеров.

Логическое проектирование на всех своих этапах имеет дело с различными моделями, однако базовой для всех остальных является модель конечного автомата, предложенная С.К. Клини. Дискретное устройство, описываемое моделью конечного автомата, имеет конечное число входов и выходов, при этом с каждым из которых сопоставляются соответственно двоичные входные и выходные переменные, способные принимать два значения (0 и 1). Выходные переменные далее будем называть функциями или просто выходами. Рисунок 1 иллюстрирует представление автомата для n входов и m выходов.

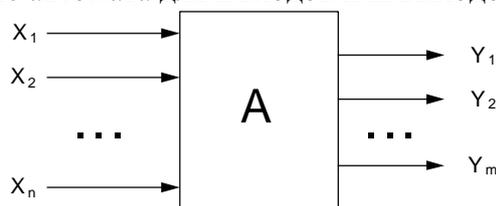


Рисунок 1- Модель конечного автомата

Выходные функции определяются состоянием и совокупностью входов, поэтому основной задачей синтеза будем считать определение всех выходных функций в зависимости от входных переменных $Y_i = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ в виде уравнений алгебры Буля.

Существует достаточное количество методик проектирования дискретных автоматов с использованием различных методов минимизации выходных функций [2,3,4], имеющих как достоинства, так и недостатки, анализировать которые здесь не имеет смысла. Тем не менее, на наш взгляд наиболее простым и удобным является блочный метод синтеза с использованием матриц Карно для минимизации выходных функций.

Блочный метод синтеза заключается в том, что автомат разбивается на блоки. Каждый блок соответствует лишь одному из m выходов автомата, т.е. реализует лишь одну логическую функцию. В целом же, все блоки в совокупности образуют исходный блок.

В общем случае каждая из функций $Y_i = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ есть функция всех n переменных. Однако все переменные по отношению к каждой логической функции выхода можно подразделить на три группы: существенные; несущественные; квазисущественные.

Блочный метод синтеза по графу функционирования с использованием матриц Карно был предложен на кафедре автоматизации ОмПИ А.А. Амбарцумяном в 1968 году [1] и с тех пор взят нами за основу при проведении практических и организации самостоятельных работ студентов специальности 220310 по синтезу дискретных систем управления автоматами.

Обычно на практических работах студентам предлагается произвести синтез и спроектировать дискретный автомат, управляющий технологической установкой, состоящей из нескольких рабочих силовых механизмов. На рисунке 2 представлена условная

функциональная схема такой технологической установки состоящей из трех рабочих силовых механизмов А, В и С.

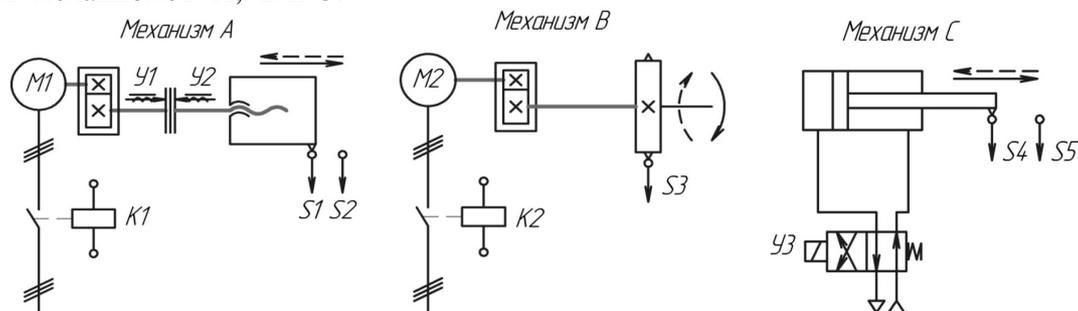


Рисунок 2 – Функциональная схема

Дадим коротко анализ работы механизмов. Механизм А возвратно-поступательного действия с путевым контролем концевыми выключателями S1 и S2 приводится в движение электродвигателем М1 через редуктор и передачу винт-гайка. Управление производится с помощью реверсивной электромагнитной муфты с электромагнитами Y1 и Y2. Условимся, что двигатель М1 включен в течение всего цикла, т.е. K1 = 1.

Механизм В вращательного действия (например, поворотный стол) приводится в движение электродвигателем М2. Его положение контролируется концевым выключателем S3, на который поочередно воздействует один из двух кулачков. Условимся «прямым» ходом «В» считать первую половину оборота механизма, а обратным «В̄» – вторую половину оборота. Управляет механизмом контактор К2.

Механизм С – силовой пневмоцилиндр возвратно-поступательного действия. Контроль перемещения здесь осуществляется концевыми выключателями S4 и S5, а управление – двухпозиционным пневмораспределителем одностороннего действия с электромагнитом Y3.

Таким образом, основными исполнительными элементами автомата (выходными функциями) будут являться Y1, Y2, Y3 и K2, а входными переменными – S1, S2, S3, S4 и S5.

Пусть последовательность работы механизмов определится алгоритмом

$$A - B - \bar{A} - C - \bar{C} - \bar{B},$$

тогда в результате синтеза по методике [5] получим шесть булевых функций, определяющих выходы автомата и его память:

$$K2 = \bar{S3} + S2 \cdot \bar{P1} + S4 \cdot P1 \cdot P2;$$

$$Y1 = \bar{S2} \cdot \bar{P1} \cdot \bar{P2};$$

$$Y2 = \bar{S1} \cdot S3 \cdot P1;$$

$$Y3 = S1 \cdot P1 \cdot \bar{P2};$$

$$P1 = S3 \cdot P1 + \bar{S3} \cdot \bar{P2};$$

$$P2 = S5 + \bar{S3} \cdot P2 + P1 \cdot P2 = S5 + P2 \cdot (\bar{S3} + P1).$$

Здесь P1 и P2 элементы памяти, которые представляются одновременно и как функции, и как входные переменные.

Следующим этапом является их схемотехническая реализация на той или иной элементной базе [5] или составление программы для заданного программируемого контроллера [6].

Для контроля результатов синтеза используется программный продукт «Синтез ДСУ», который позволяет в анимационном режиме осуществлять наблюдение за рабочим циклом, обеспечиваемым проектируемой системой управления, производить диагностику СУ и корректировать результаты синтеза [7].

Работа с программой «Синтез» При запуске программы открывается главное окно, которое содержит файловое меню, панель управления и всю основную информацию (рисунок 3). Его основной частью являются четыре окна отображения механизмов. Таким образом, программа предусматривает синтез СУ технологической установки, имеющей до четырех рабочих органов, наименование которых определено прописными буквами

латинского алфавита А, В, С и D. Выбор типа механизма можно произвести с помощью выпадающего меню, которое находится под каждым окном отображения механизма. Всего запрограммировано 12 типов механизмов. Соответственно в варианте задания и алгоритме работы должны быть использованы только запрограммированные наименования и типы механизмов. При выборе механизмов автоматически производится сквозная нумерация всех входных и выходных элементов системы управления. После выбора механизмов клавишами **A**, **B**, **C** и **D** устанавливается их исходное положение.

Следующим шагом является установка количества элементов памяти, при этом над окном ввода уравнений появляются ячейки, соответствующие каждому элементу памяти (рисунок 5). В процессе анимации цикла работы активные элементы памяти высвечиваются красным цветом, что необходимо для контроля и диагностики изменений внутренних состояний автомата.

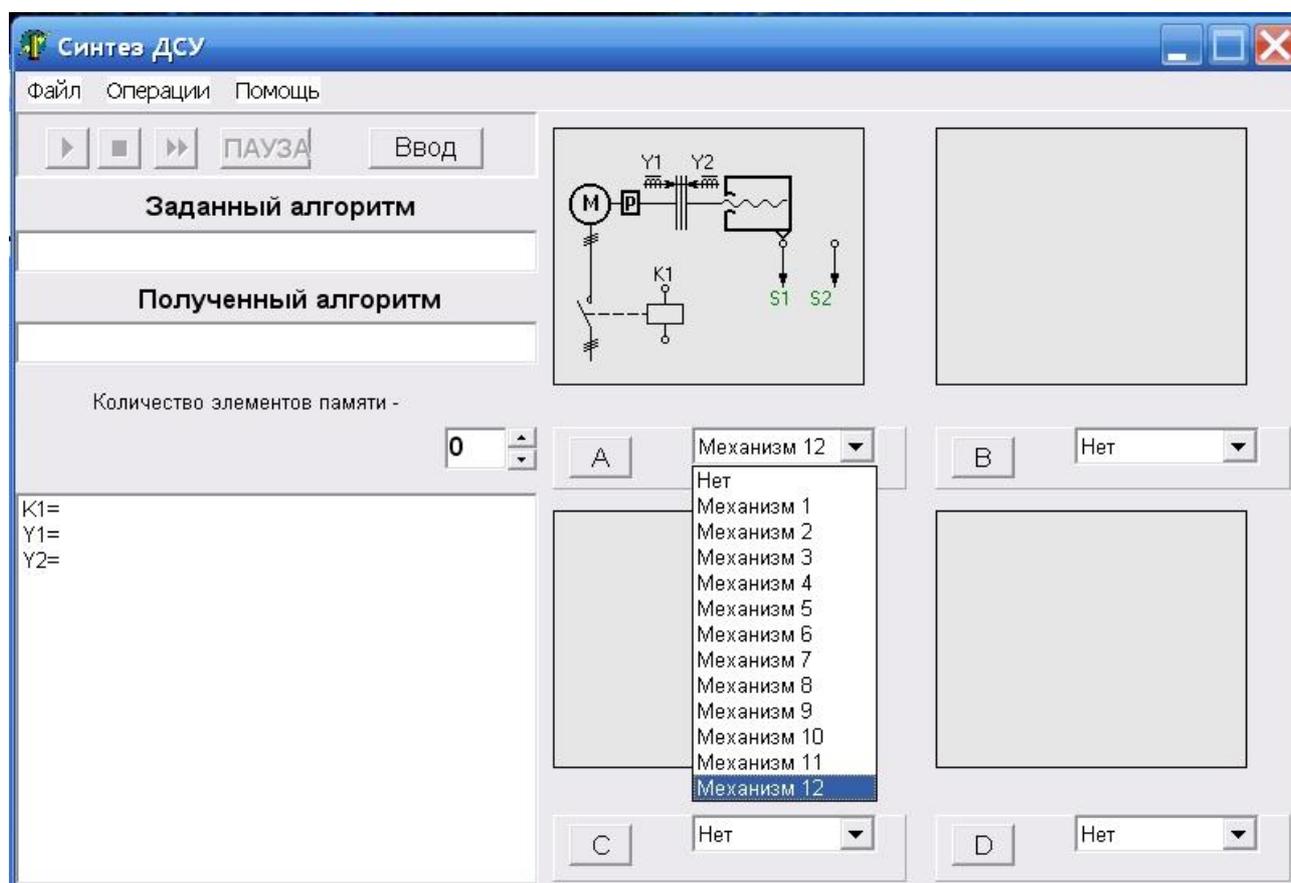


Рисунок 3 – Главное окно:

После того, как произведен выбор механизмов и установлено количество элементов памяти следует произвести ввод алгоритма работы всех механизмов и уравнений булевой алгебры, описывающих выходные функции и элементы памяти. Окно ввода алгоритма появляется вследствие нажатия кнопки **Ввод**, и содержит строку ввода алгоритма, кнопки задания прямого и инверсного операнда наименований каждого механизма и кнопку «тире» – необходимого разделителя. В случае ошибки ввода следует использовать кнопку возврата «←», а после окончания набора нажать кнопку «ОК».

Последним и наиболее сложным этапом является ввод логических уравнений определяющих выходные функции автомата состояния элементов памяти. В окне ввода логических функций левая часть уравнений автоматически появляется после ввода механизмов и количества элементов памяти, поэтому для задания правой части уравнения следует произвести двойной клик по соответствующей строке, благодаря чему открывается

окно ввода уравнений (рисунок 4). Порядок ввода правых частей логических уравнений может быть произвольным.

Операция ввода уравнений значительно упрощена тем, что в таблице окна ввода высвечиваются только доступные переменные, путем выбора которых и задается функция. Для задания логических операций конъюнкции или дизъюнкции между выбираемыми переменными используются соответствующие операционные кнопки, а для редактирования неправильного ввода – кнопка «←». Кроме того, предусмотрен ввод констант (0 и 1), а также возможность использования скобок для введения сложных функций. Вводимое уравнение отображается в строке «Вводимая функция». После ввода уравнения следует нажать клавишу «Enter».



Рисунок 4 – Окно ввода логических уравнений

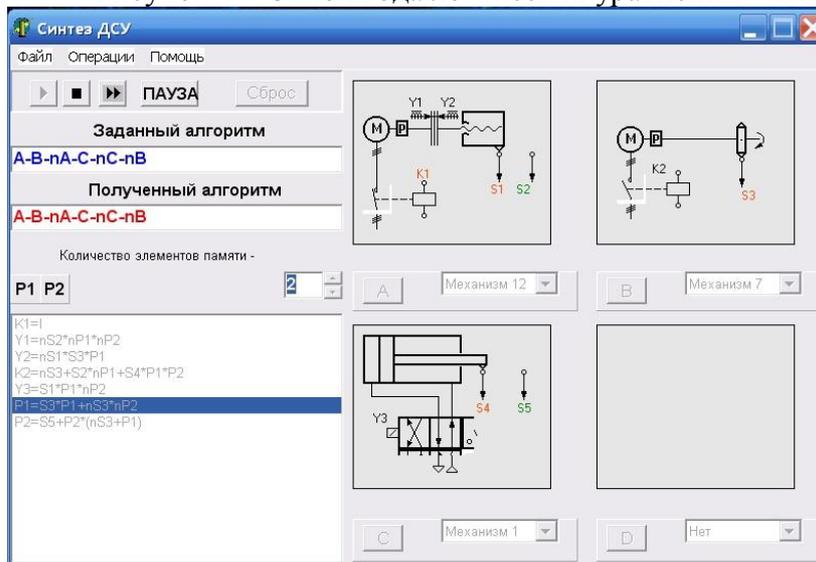
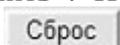


Рисунок 5 – Главное окно в режиме анимации

Работа в режиме анимации. После ввода всех исходных данных производится контроль результатов синтеза в анимационном режиме. При этом возможны два варианта работы программы: тактовый и циклический. Для установки тактового режима следует нажимать кнопку  для отработки каждого очередного такта автоматического цикла работы механизмов. Такой режим удобен для отладки и диагностики системы управления. Циклический режим включается кнопкой , и тогда обрабатывается весь цикл. При отработке цикла на главном окне программы все активные элементы (выходные функции – исполнительные механизмы, элементы памяти, входные переменные – датчики) высвечиваются красным цветом, а в строке «Полученный алгоритм» последовательно отображаются в красном цвете идентификаторы состояний механизмов. Кнопкой **ПАУЗА**

можно произвести временный останов цикла, а кнопкой  полный останов и возврат в исходное положение.

Если синтез осуществлен без ошибок и все логические функции введены правильно, а отображение работы всех механизмов произведено в соответствии с заданным алгоритмом, то после останова появляется информационное окно «Заданный алгоритм успешно реализован». Полученный результат можно сохранить, выбрав опцию в меню «Файл» – «Сохранить». По завершению работы следует удалить все исходные данные, нажав на кнопку . При случайном сбросе результат можно восстановить, выбрав в меню «Файл» опцию «Восстановить».

Литература

1. Амбарцумян А.А. Блочный метод синтеза систем управления машин–автоматов // Метрология, автоматизация и проектирование в машиностроении. – Омск: ОмПИ, Западносибирское книжн. изд-во, 1972. С. 24-29.
2. Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
3. Горбатов В.А. Семантическая теория проектирования автоматов. – М.: Энергия, 1979. – 264 с.
4. Гаврилов М.А., Девятков В.В., Пупырев Е.И. Логическое проектирование дискретных автоматов. – М.: Наука, 1977. – 352 с.
5. Аристов В.В. Использование моделей и методов конечных автоматов при проектировании дискретных систем управления: Метод. указания для практ. занятий и самостоятельной работы – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. – 36 с.
6. Гудинов В.Н., Аристов В.В., Корнейчук А.П. Программная реализация логических функций управления цикловым технологическим оборудованием: Метод. указания к лаб. работам. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002. – 20 с.
7. Аристов В.В. Синтез дискретных автоматов: Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Основы теории конечных автоматов» – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – 12 с.

ОЦЕНИВАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ, ТРЕБУЮЩИХ ОТВЕТ ОТ ИСПЫТУЕМОГО НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

С.А. Базарон

Восточно-сибирский государственный технологический университет, г. Улан-Удэ

В настоящее время активно развивается информатизация образовательного процесса, к одному из направлений которой относятся автоматизированное тестирование.

В соответствии с классификацией вопросов (по форме), тестовые задания бывают закрытого и открытого типа. Задание открытого типа относятся к репродуктивной деятельности по памяти, то есть все необходимые правила, действия воспроизводятся испытуемым самостоятельно, на основе надежного закрепления в его долговременной памяти. К открытым вопросам относятся задания типа: «Подстановка», «Воспроизведение», «Типовая задача». Перечисленные задания по классификации Беспалько В.П. принадлежат ко II уровню усвоения.

В системах автоматизированного тестирования из тестовых заданий с открытыми по форме вопросами в основном используются задания типа «Подстановка». Применение тестовых заданий типа «Воспроизведение» в системах компьютерного тестирования осложнено тем, что испытуемый должен самостоятельно сформулировать ответ, при этом ответ тестируемого может быть сформулирован иначе чем эталонный ответ, но по сути являться верным. Трудность в применении заданий данного типа заключается в их неоднозначности, что является серьезной проблемой в случае проведения компьютерного тестирования, поскольку при создании эталона к такому заданию необходимо предусмотреть

все возможные варианты ответа. Для решения этой проблемы предложен способ оценивания тестовых заданий типа «Воспроизведение».

Оценивание тестовых заданий типа «Воспроизведение». Задания данного типа можно разделить на два класса:

- задания, предполагающие перечисления каких-либо характеристик того или иного объекта (явления) предметной области дисциплины;
- задания, предполагающие воспроизведения на память определения понятий предметной области дисциплины.

В заданиях, предполагающих перечисления каких-либо характеристик того или иного объекта (явления) предметной области дисциплины оценивание правильности выполнения тестового задания аналогично оцениванию тестовых заданий типа «Подстановка» [1].

Рассмотрим способ оценивания заданий, предполагающих воспроизведение на память определения понятий предметной области дисциплины.

Имеем эталонный ответ и ответ тестируемого, имеющие вид предложений на естественном языке. В этом случае эталонный ответ и ответ испытуемого будем представлять в виде графов зависимости.

Введем следующие обозначения: R_e – эталонный ответ, представленный предложением на естественном языке; Q – граф зависимости эталонного ответа R_e ; R_v – ответ тестируемого, представленный предложением на естественном языке; D – граф зависимости ответа тестируемого R_v ; S_b – переменная, определяющая степень близости графов Q и D ;

Необходимо: 1) Построить графы зависимостей $Q=(L_Q, C_Q)$, $D=(L_D, C_D)$; 2) Определить степень близости S_b данных графов; 3) Определить степень правильности δ выполнения тестового задания.

Рассмотрим последовательно решение поставленных задач

Построение графов зависимости. Так как, эталонный ответ и ответ тестируемого имеют вид предложений на естественном языке, то будем представлять их в виде графов зависимости. Граф зависимости является результатом синтаксического анализа, поэтому построим графы $Q=(L_Q, C_Q)$ и $D=(L_D, C_D)$, где L_Q и L_D – множества терминов, а C_Q и C_D – множества дуг, используя синтаксический анализатор, разработанный в работе [2]. Под термином подразумевается устойчивые словосочетания, которые не относятся к служебным частям речи, т.к. эти слова также в большинстве случаев не несут особого смыслового значения. Если к числу значимых слов будут отнесены слишком многие, важные термины будут забиты «шумом» случайных слов. Исключение служебных частей речи ведет к существенному повышению эффективности работы.

Определение степени близости двух графов. Для определения меры близости двух графов необходимо исследовать на полноту и точность соответствия коэффициенты [3]:

– коэффициент простого соответствия: $k_1 = |L_Q \cap L_D|$;

– коэффициент Дайса: $k_2 = 2 \cdot \frac{|L_Q \cap L_D|}{|L_Q| + |L_D|}$;

– модифицированный коэффициент Дайса: $k_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i^f \cdot |L_Q \cap L_D|}{\sum_{i=1}^n k_i^f (|L_Q| + |L_D|)}$;

– коэффициент Жаккарда: $k_4 = \frac{|L_Q \cap L_D|}{|L_Q \cup L_D|}$;

– косинусный коэффициент: $k_5 = \frac{|L_Q \cap L_D|}{\sqrt{|L_Q|} \cdot \sqrt{|L_D|}}$;

$$- \text{коэффициент перекрытия: } k_6 = \frac{|L_Q \cap L_D|}{\min(|L_Q|, |L_D|)}$$

Затем выбрать наиболее подходящие коэффициенты, с помощью которых будем определять степень близости S_b .

Самая простая из моделей для определения степени соответствия - это так называемый простой коэффициент соответствия, показывающий количество общих индексных терминов в предложении ответа. Остальные коэффициенты, по сути, представляют собой нормализованные варианты простого коэффициента соответствия.

Для исследования поведения коэффициентов было проведено тестирование студентов по дисциплине «Дискретная математика», теме «Теория множеств». В тест вошли 11 тестовых заданий типа «Воспроизведение». Результаты тестирования и анализ поведения коэффициентов показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования и анализ коэффициентов.

№ воп	оценка эксперта	k_1	Δ_1	k_2	Δ_2	k_3	Δ_3	k_4	Δ_4	k_5	Δ_5	k_6	Δ_6
1	1,00	6,00	5,00	0,86	0,14	0,75	0,25	0,75	0,25	0,87	0,13	1,00	0,00
2	1,00	5,00	4,00	0,77	0,23	0,71	0,29	0,56	0,44	0,77	0,23	0,83	0,17
3	0,80	6,00	5,20	0,86	0,06	0,75	0,05	0,75	0,05	0,87	0,07	1,00	0,20
4	0,80	12,00	11,20	0,86	0,06	0,86	0,06	0,75	0,05	0,86	0,06	0,86	0,06
5	1,00	8,00	7,00	0,76	0,24	0,62	0,38	0,62	0,38	0,78	0,22	1,00	0,00
6	0,50	5,00	4,50	0,67	0,17	0,56	0,06	0,56	0,06	0,68	0,18	1,00	0,50
7	0,80	8,00	7,20	0,76	0,04	0,73	0,07	0,62	0,18	0,76	0,04	0,80	0,00
8	0,90	9,00	8,10	0,90	0,00	0,90	0,00	0,82	0,08	0,90	0,00	0,90	0,00
9	0,80	8,00	7,20	0,76	0,04	0,73	0,07	0,62	0,18	0,76	0,04	0,80	0,00
10	1,00	11,00	10,00	0,88	0,12	0,92	0,08	0,79	0,21	0,88	0,12	0,92	0,08
11	1,00	11,00	10,00	0,85	0,15	0,92	0,08	0,73	0,27	0,85	0,15	0,92	0,08
		мах Δ	11,20	мах Δ	0,24	мах Δ	0,38	мах Δ	0,44	мах Δ	0,23	мах Δ	0,50
		мин Δ	4,00	мин Δ	0,00	мин Δ	0,00	мин Δ	0,05	мин Δ	0,00	мин Δ	0,00

Как видно из таблицы 1 косинусный коэффициент k_5 имеет лучшие значения $\text{Мах}\Delta_5=0,23$ и $\text{Мин}\Delta_5=0$. Однако на рисунке 1, показывающего поведение каждого из коэффициентов относительно оценки эксперта, видно, что коэффициент перекрытия k_6 в основном показывает наилучшие результаты, кроме случаев когда $|L_Q \cap L_D| = \min(|L_Q|, |L_D|)$, при таком равенстве данный коэффициент дает 1, что в большинстве случаев неверно. Удалив значения, при которых коэффициент перекрытия k_6 показывает неверные значения получили графики, представленные на рисунке 2.

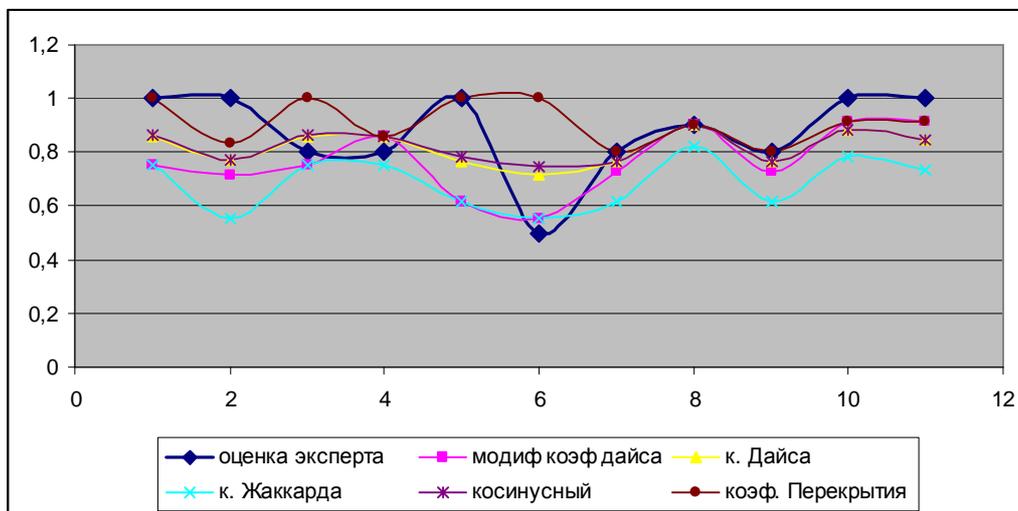


Рисунок 1 – Графики поведения коэффициентов относительно оценки эксперта

Поэтому было принято решение для определения степени близости графов зависимости S_b использовать косинусный коэффициент k_5 когда $|L_Q \cap L_D| = \min(|L_Q|, |L_D|)$, а коэффициент перекрытия k_6 во всех остальных случаях.

Исследование коэффициентов соответствия позволило также определить критерии при формировании эталонного ответа:

1. Если для одного и того же понятия существуют альтернативные определения, то в эталонном ответе указываются все альтернативы. Это связано с тем, что испытуемый может воспользоваться альтернативным определением, не указанным в эталоне. В этом случае граф зависимости строится для каждой альтернативы, и степень близости графов S_b определяется для каждой из них. Выбирается степень с наибольшим значение близости.

2. эталонный ответ должен быть сформулирован так, чтобы в него вошла только та часть определения, которая намерена опущена. Это связано с тем, что при написании ответа испытуемый может дописать намерено опущенную часть определения, а может дать полное определение. И тот и другой ответ должны считаться одинаково верными, что было достигнуто, когда эталонный ответ был сформулирован наиболее кратко.

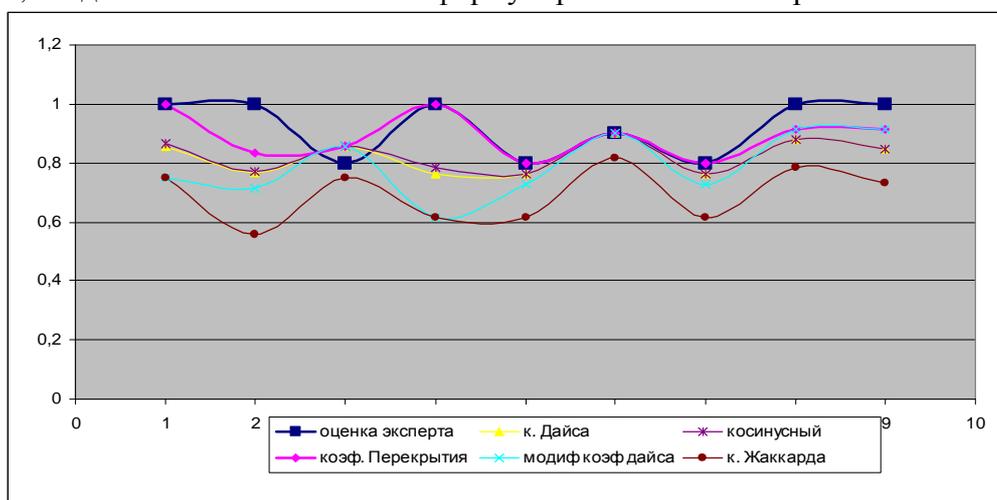


Рисунок 2 – Графики поведения коэффициентов относительно оценки эксперта, с удаленными значениями, при которых k_6 показывал неверные значения

Определение степени правильности δ выполнения тестового задания. Так как, было принято решения использовать два коэффициента соответствия, то условие применимости коэффициента будет выглядеть следующим образом: Если $|L_Q \cap L_D| = \min(|L_Q|, |L_D|)$, то $S_b = k_5$ иначе $S_b = k_6$.

Переменной S_b поставим в соответствие лингвистическую переменную Степень близости графов, которая определена на лингвистической шкале L (таблица 2).

Значение лингвистической переменной Степень близости графов и будет определять степень правильности δ выполнения тестового задания.

Таблица 2 – Шкала выходной лингвистической переменной

Балльная оценка	Ядро нечеткого множества	Значение лингвистической переменной
-3	{0,000}	очень плохо
-2	{0,166}	плохо
-1	{0,333}	почти плохо
0	{0,500}	удовлетворительно
1	{0,666}	почти хорошо
2	{0,833}	хорошо
3	{1,000}	очень хорошо

Таким образом, оценивание тестовых заданий данного типа в зависимости от типа задания осуществляется двумя способами. Первый используется, если задание, предполагает перечисление каких-либо характеристик того или иного объекта (явления) предметной области дисциплины. В этом случае оценивание осуществляется аналогично оцениванию тестовых заданий типа «Подстановка». Если задания, предполагают воспроизведение на память определений понятий предметной области дисциплины, то оценивание осуществляется на основе определения степени близости графов зависимостей эталонного ответа и ответа тестируемого.

Заключение. Предложенный способ оценивания тестовых заданий данного типа позволит повысить объективность оценки. Что увеличит качество систем автоматизированного тестирования и доверия к ним преподавателей и студентов. Это позволит чаще использовать задания данного типа в системах автоматизированного тестирования.

Литература

1. Данилова С.Д., Базарон С.А., Доржиева Е.В. Нечеткое оценивание открытых по форме тестовых заданий типа «Подстановка» // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2008. – С. 99-107

2. Найханова Л.В., Евдокимова И.С. Методы и алгоритмы трансляции естественно-языковых запросов к базе данных в SQL-запросы: Монография.- Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 148 с.

3. Математические модели документального поиска – <http://download.yandex.ru/class/sychev/present5.ppt>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, ПРОГРАММНОЕ И ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА КАФЕДРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

И.К. Бауэр, Т.М. Гулевич, С.М. Кулаков, А.А. Федотов

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Настоящее сообщение посвящено теории и практике автоматизированных обучающих комплексов (АОК), которые опираются на широкое применение новых информационных технологий (НИТ), дистанционных образовательных технологий (ДОТ), и, в частности, интернет-технологии (ИТ). Эти технологии приобретают важнейшее значение в условиях занятости преподавателей в территориально распределенной филиальной сети вуза, совмещения обучения (в т.ч. дневного) с работой и обучения по индивидуальному графику.

Особое внимание в докладе уделено решению задач автоматизации процессов обучения, включая построение моделей, алгоритмов управления в условиях существующего многообразия форм обучения, методов, а также используемых педагогических подходов на уровне кафедр и лабораторий.

Организационная структура разработанного обучающего комплекса как системы управления процессом обучения, объединяющая обучающихся и обучаемых представлена на рисунке 1.

Многие обучающие системы используют интернет-порталы как основной канал нанесения управляющих воздействий, но на практике используется лишь отдельные возможности этого канала, в то время, как имеется большой потенциал для повышения эффективности обучения путем создания новых каналов нанесения управляющих воздействий (Л.А. Растрин). Например, в двухуровневой организационной системе обучения, построенной на работах Д.А. Новикова, АОК обеспечивает поддержку автоматизированных рабочих мест преподавателя и обучаемого [1].

Исходя из этого положения и современных информационных технологий, а также вариантов учебно-научно-производственных комплексов, рассмотренных в ранних работах

сотрудников кафедры систем автоматизации [2], построена функциональная схема системы управления обучением, представленная на рисунке 2, как многоагентной системы, объединяющей автоматизированные лабораторные установки (АЛУ), принатурные тренажеры и испытательные установки, нормативные модели деятельности обучающихся и обучаемых и механизм согласованного стимулирования последних за достижение общесистемных целей.

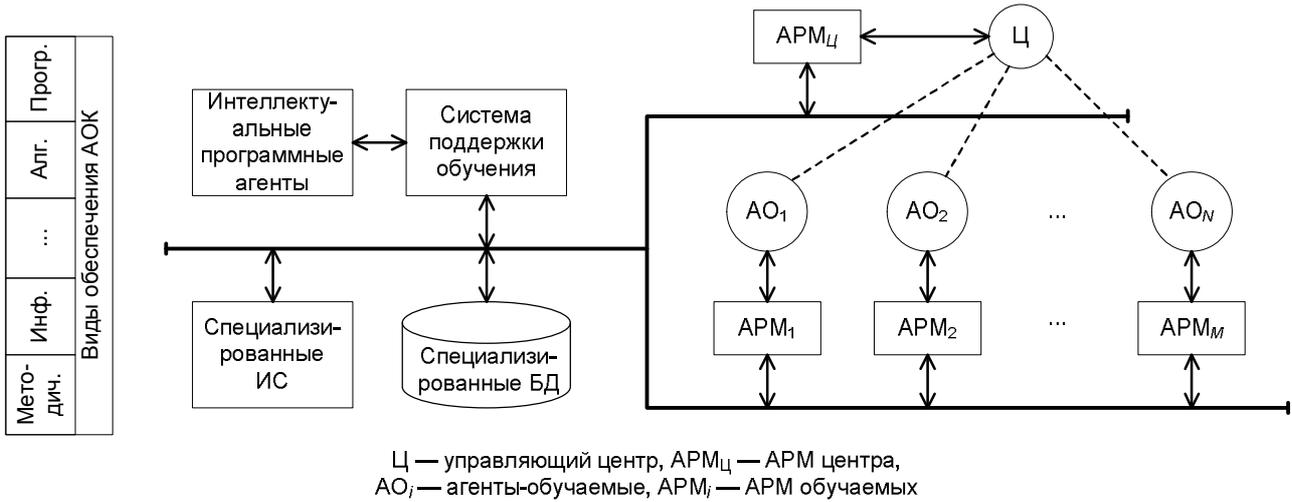


Рисунок 1 – Двухуровневая организационная система обучения

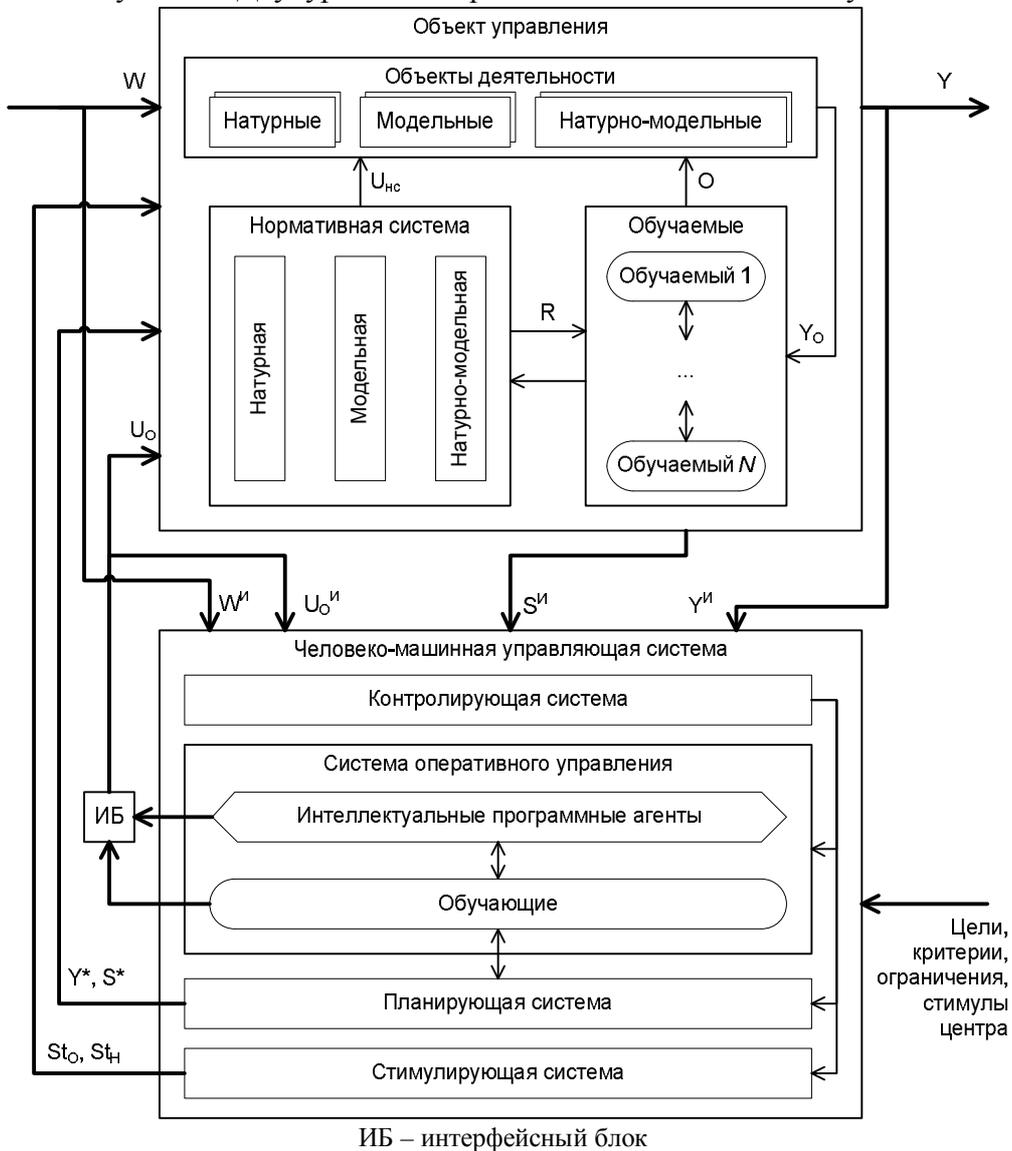


Рисунок 2 – Схема АОК как системы управления

Применение в АОК интеллектуальных программных агентов повышает эффективность обучения за счет введения дополнительного контура оперативного управления, т. к. интеллектуальный агент по сравнению с человеком-преподавателем имеет возможность более оперативного оценивания выходных параметров объектов деятельности обучаемых и формирования соответствующих управляющих воздействий. Применение интеллектуальных программных агентов хорошо согласуется с концепцией невозмущенного-возмущенного движения (А. М. Летов, В. П. Авдеев [3]), при использовании которой нормативные траектории обучения трактуются как невозмущенные, а возмущенные трактуются как поддержание индивидуальных траекторий обучения. Нормативные траектории обучения легче поддаются автоматизации, но не обладают в условиях влияния возмущений достаточной адаптивностью в силу своей унифицированности. Наоборот, успешное усвоение знаний каждым конкретным обучаемым возможно на основе управления возмущенным движением, ориентированным на устранение отклонений от желаемого состояния. Однако автоматизация индивидуальных траекторий обучения требует создания ряда дополнительных инструментов. Важно отметить, что в АОК при накоплении статистики его использования возникает возможность перехода некоторых возмущенных траекторий в нормативные: так, некоторые разъяснения студентам приходится делать из года в год, на основании чего может быть принято решение либо о внесении соответствующих исправлений в учебно-методические материалы, либо о добавлении вопроса и ответа на него в списки часто задаваемых вопросов. Источниками возмущающих воздействий являются такие факторы, как степень подготовленности обучаемых к занятию, изменчивость их внутренних мотиваций, организационные факторы (изменения в расписании, выборочный инспекционный контроль), сбои технического обеспечения и много других факторов.

Для автоматизации управления обучением сформированы представления о процессах обучения и объектах, участвующих в них, разработаны модели обучения, которые опираются на современные стандарты моделирования для обеспечения соответствия создаваемых систем стандартам качества, поддержки их жизненного цикла едиными технологическими средствами. На основе методологий функционального моделирования (IDEF, UML) и процессного подхода [4] выделены процессы, подлежащие автоматизации, установлены механизмы оценки эффективности их функционирования, определены лица, ответственные за результаты каждого из процессов. Функциональная модель учебного процесса представлена на рисунке 3 и в результате дальнейшей ее детализации построены модели типовых процессов обучения лекционных занятий, практических и лабораторных занятий, курсового проектирования, научно-исследовательской работы, дипломного проектирования.

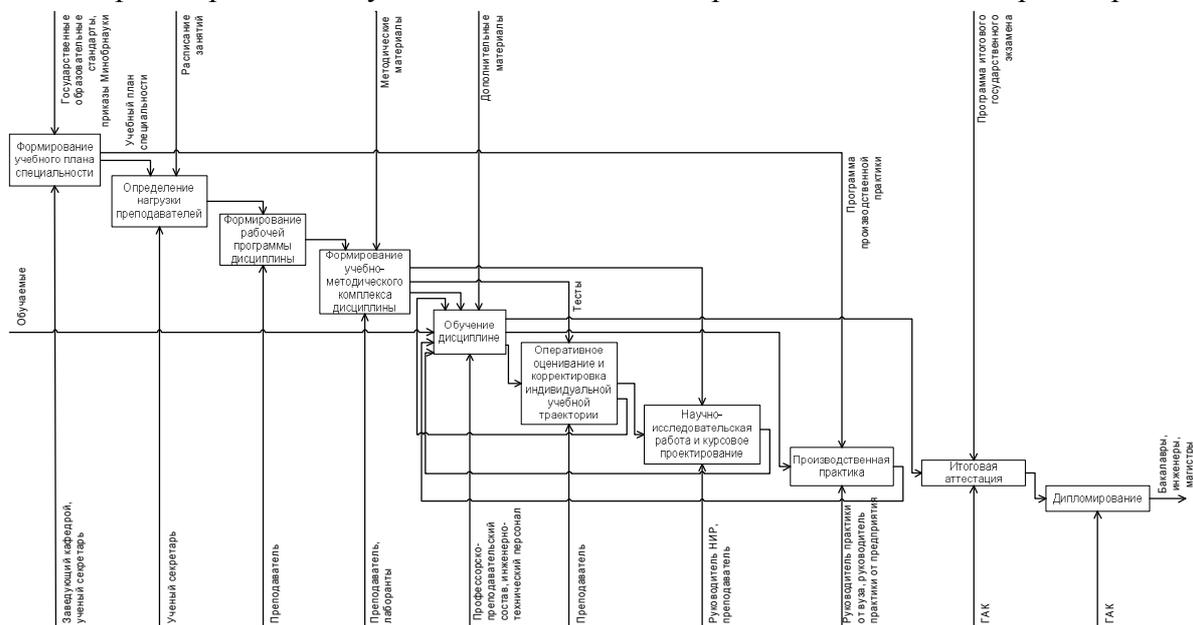


Рисунок 3 – Функциональная модель учебного процесса в нотации IDEF0

Разработаны новые нормативные модели деятельности обучаемых и преподавателей, одной из иллюстраций которых является нормативная модель выполнения лабораторной работы обучаемым, приведенная на рисунке 4.

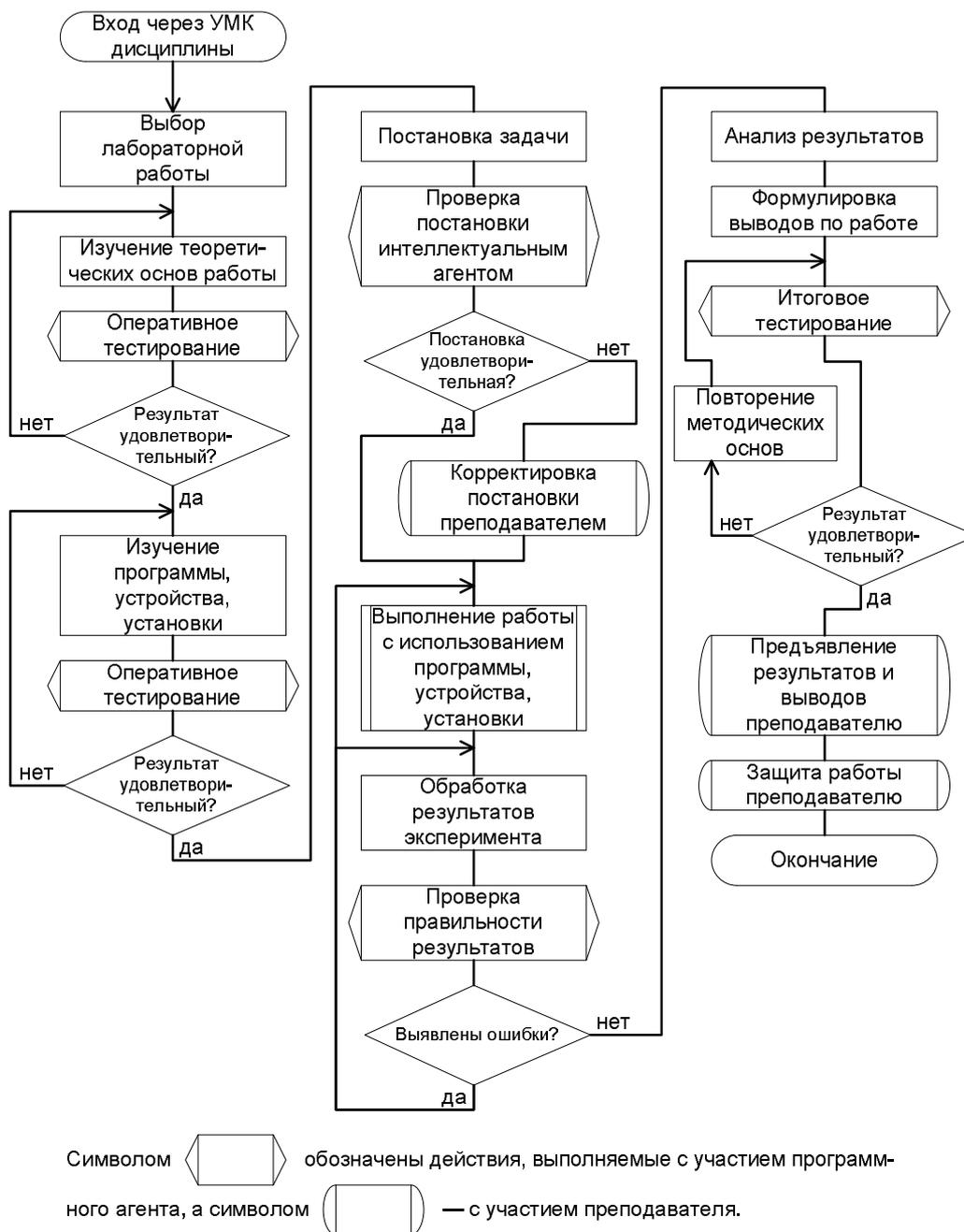


Рисунок 4 – Нормативная модель выполнения лабораторной работы в АОК

Информационная модель (IDEF1X) (рисунок 5) позволила выделить сущности предметной области и связи между ними, заложенные в основу информационного обеспечения АОК, а также на основе специальных средств разработки получить программный код для использования в системе объектно-ориентированного программирования.

В рамках программно-алгоритмического обеспечения предложена структура программных агентов, построены алгоритмы их функционирования. Программным агентом в соответствии с работами В. Вулдриджа, Дж. Ф. Люгера, С. Рассела и П. Норвига называется автономная программа, которая выполняет отдельные функции хозяина, по поручению которого она действует. На рисунке 6 представлена структура программных агентов, действующих в АОК.

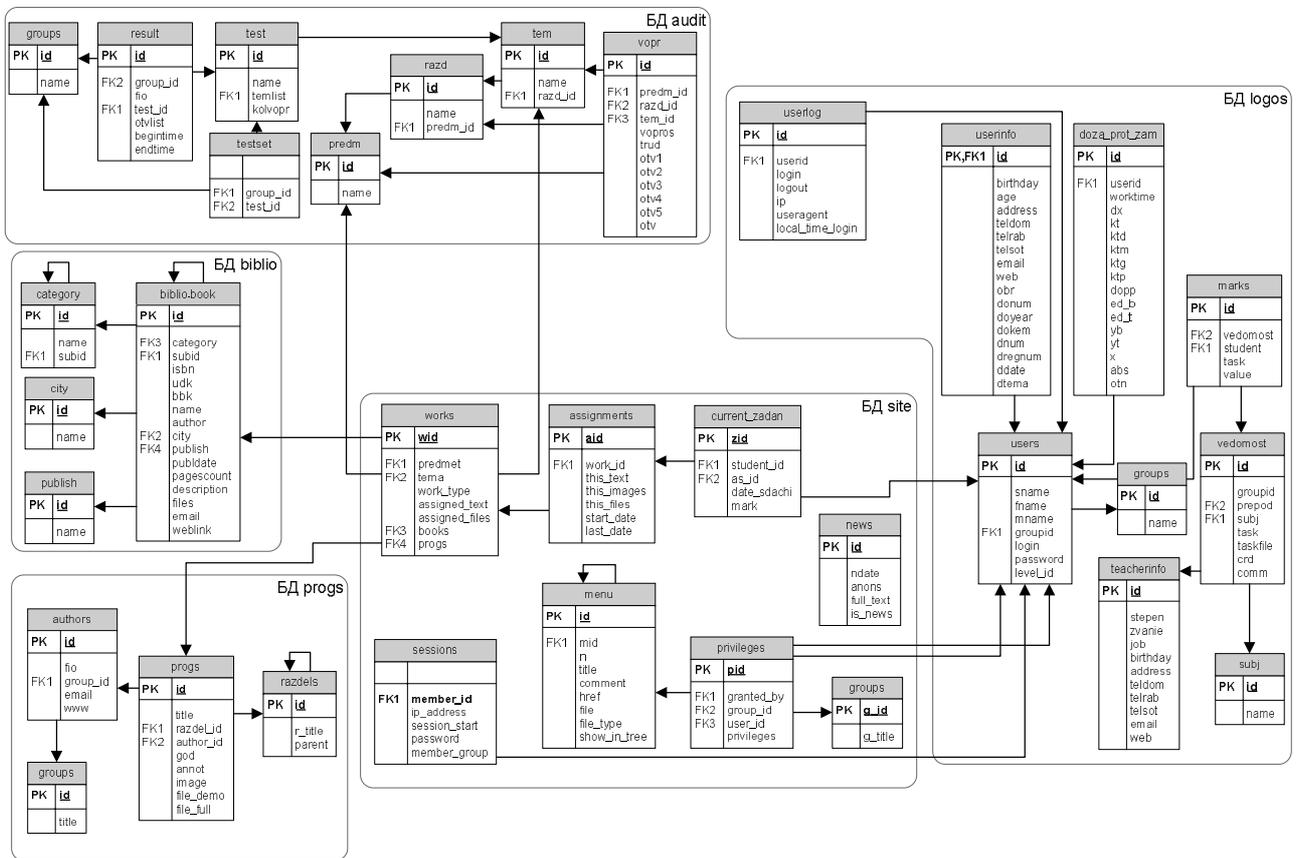


Рисунок 5 – ER-диаграмма учебного процесса

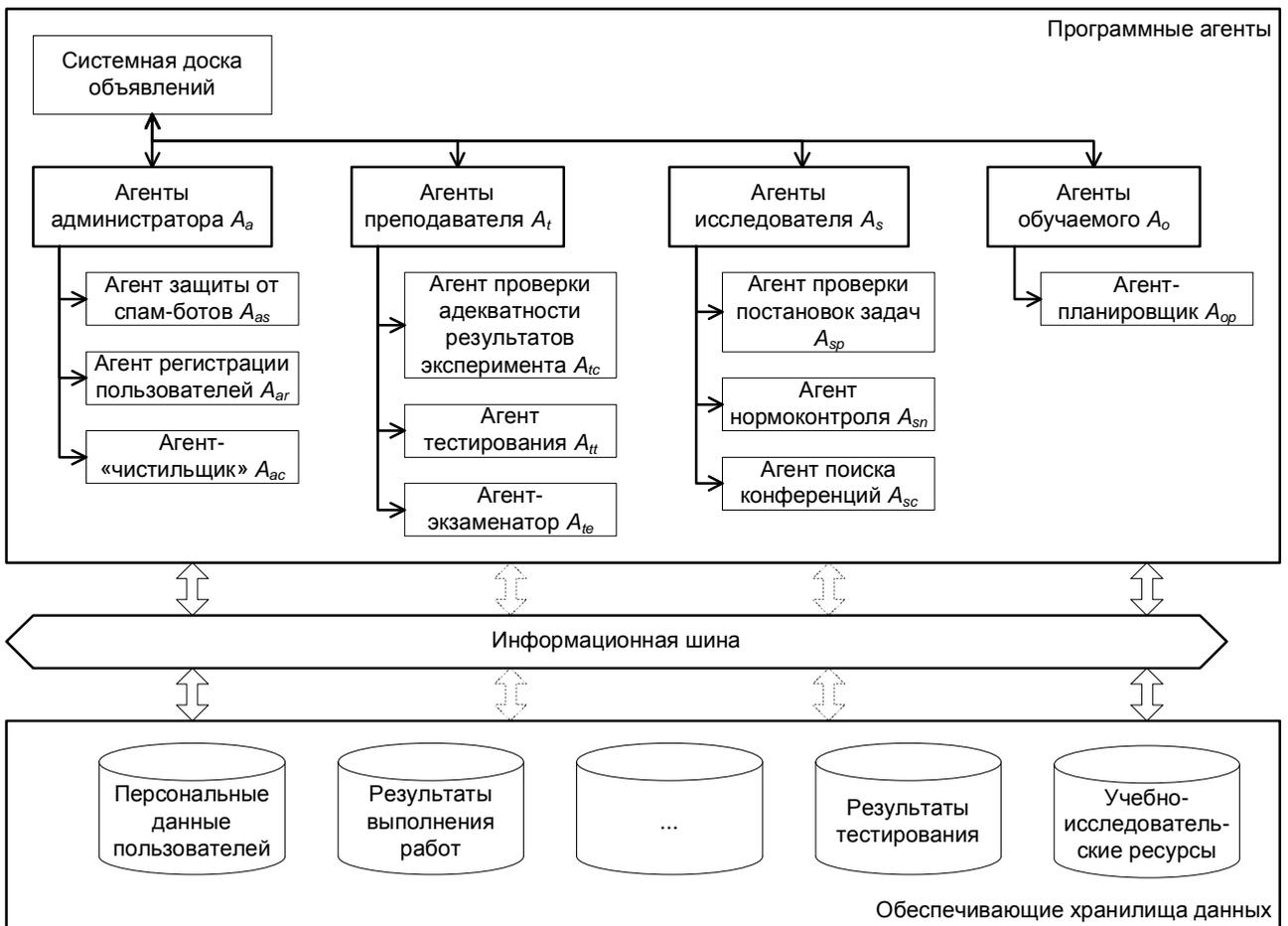


Рисунок 6 – Структура программных агентов АОК

Одним из примеров агента является алгоритм проверки адекватности результатов эксперимента, приведенный на рисунке 7.

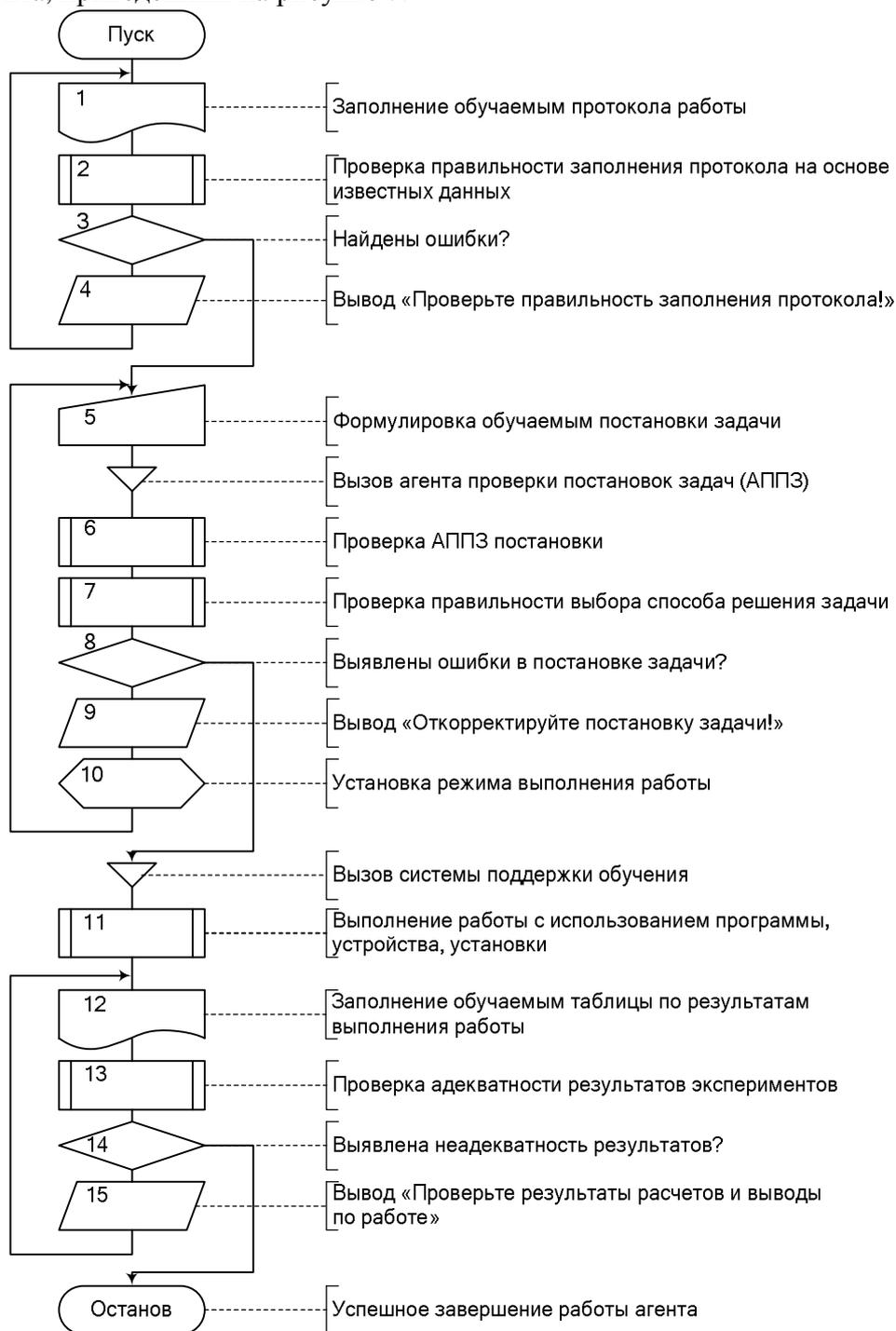


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма работы агента проверки адекватности результатов эксперимента

При реализации АОК, основное внимание уделено созданию специализированных баз знаний, подсистемы общения между пользователями АОК, интегрированию создаваемого и ранее разработанного ПО средствами единой системы управления контентом (CMS), специальному ПО, так как стандартное веб-ориентированное ПО – системы управления контентом, форумы, чаты, галереи – имеет высокую степень проработки и, как правило, без дополнительного программирования способно решать типовые задачи.

Предлагаемая методика построения программной среды АОК на базе новых информационных технологий опирается на функциональную структуру АОК, приведенную на рисунке 2, и характеризуется следующим:

1. Ресурсы учебной дисциплины разделяются преподавателем на интерактивные и неинтерактивные.

2. Неинтерактивные ресурсы (методические пособия, иллюстрации, видео- и аудиофайлы) размещены в системе поддержки обучения средствами ее движка.

3. Интерактивные ресурсы, не требующие для своей разработки специальных инструментальных средств, автоматизированы на основе технологии Flash и размещаются на специально создаваемых веб-страницах.

4. Интерактивные ресурсы, требующие специальных инструментальных средств (интерфейсы к автоматизированным лабораторным установкам), выполнены в соответствующей среде (например, LabVIEW, MatLab и др.) и затем средствами этой среды экспортированы в апплеты Java и размещены на специально созданных веб-страницах.

5. Интерактивные ресурсы учебной дисциплины размещены в системе поддержки обучения в виде гиперссылок на созданные ранее веб-страницы.

6. Особый тип интерактивного ресурса — программы, выполненные в несетевой среде (например, в среде Delphi или Visual C без поддержки сетевого режима работы), размещены на терминальном сервере кафедры. В системе поддержки обучения ссылка на нее дается через терминальный сервер.

7. Система поддержки обучения интегрируется с типовыми движками, составляющими кафедра́льный портал (системой управления контентом, веб-галереей, форумом, чатом и др.) на основе единого механизма авторизации.

Рассмотренные положения конкретизированы применительно к учебно-исследовательскому комплексу «ЛОГОС» кафедры автоматизации и информационных систем СибГИУ, разработанному на базе интернет-технологий для проведения занятий по информационно-измерительным системам, их метрологическому обеспечению, методам и средствам измерений, обработке измерительной информации, динамической поверке и настройке первичных и вторичных преобразователей, освоению приемов постановки и решению типовых задач промышленной метрологии и прикладного программно-алгоритмического обеспечения. Функционирование комплекса осуществляется с использованием концепции тонкого клиента, что обеспечивает реализацию так называемых гибких обучающих технологий, являющихся особенно актуальными в современную эпоху качественного обновления познавательной и практической деятельности. При этом наиболее эффективно обеспечивается совмещение внутренней гибкости учебного процесса в плане динамической всесторонней интеграции с наукой и производством.

Автоматизированный комплекс реализован на базе локальной вычислительной сети 100Base-TX с использованием протокола TCP/IP под управлением ОС FreeBSD (сервер) и Windows 2000/XP (клиентская часть), включающей IP-шлюз и файловый сервер, Internet-сервер, АРМ инженера-исследователя, программиста, преподавателя, АРМ программиста-консультанта, АРМы для пользователей. Кроме того, в УИК входят автоматизированные учебно-исследовательские и испытательные лабораторные установки (АЛУ): «Доза», «Расход», «Температура», «Одими́ма», «Коррекция», «Фильтрация», «АЦ, ЦА-преобразование» и другие встроенные и подключаемые измерительные подсистемы с соответствующими типовыми задачами информационно-измерительной технологии. Схема сетевого автоматизированного учебного комплекса представлена на рисунке 8.

В рамках УИК функционируют: пользовательский интерфейс; интерфейс администратора, включающий собственную систему управления содержанием (CMS); АЛУ, предусматривающие возможность дистанционного выполнения лабораторных работ; базы данных натуральных и модельных сигналов, базы данных программных и технических средств автоматизации, научно-методической литературы. Доступ к УИК возможен как из внутренней сети университета, так и из глобальной сети интернет.

В работе рассмотрены вопросы оценки эффективности подобного рода человеко-технических систем, которым посвящено довольно много работ. Эффективность функционирования УИК «ЛОГОС» может быть оценена напрямую как результативность обучения, либо косвенно по данным функционирования этого комплекса.



Рисунок 8 – Структурная схема УИК «ЛОГОС»

Наряду с традиционными методами оценивания качества обучения по результатам зачетов и экзаменов предлагается рейтинговая система оценки на основании: результатов текущего и итогового тестирования, результатов научно-исследовательской работы студентов (участие в конференциях, выставках, ярмарках; публикации, гранты), овладения компетенциями, наличия персональных сертификатов международного образца и др.

Предлагаемый вариант организационного механизма УИК «ЛОГОС» представлен блок схемой (рисунок 9), где одним из важных средств достижения эффективности функционирования УИК является стимулирование обучаемых, отвечающее идеям рейтингового подхода с применением ряда стимулов $M = \langle M_G, M_K, M_W \rangle$, где M_G – дополнительные рейтинговые баллы, «автоматический» зачет или экзамен, дополнительные сертификаты (государственного или международного образца), M_K – допуск к дополнительным материалам, привлечение студента к совместной работе с ППС над решением практических задач, направление на практику на престижное предприятие, место в технопарке или студенческом предприятии, M_W – повышенная стипендия, участие в грантах и НИР, должность на кафедре, рекомендации преподавателей работодателям.

Кроме того, в процессе обучения осуществляется динамический расчет эффективности выполнения работ в виде:

$$Q = \sum_i^N a_i Q_i, \text{ где } \begin{cases} Q_i = \sum_j^{K_i} \frac{\beta_j q_j}{c_j^{n-n_j}}, \text{ при } n > n_j \\ Q_i = \sum_j^{K_i} \beta_j q_j, \text{ при } n \leq n_j \end{cases}$$

$$a_i \in (0;1), \sum_i a_i = 1; \beta_j \in (0;1), \sum_j \beta_j = 1, q_j = \frac{q_{oj}}{q_{nj}},$$

где N – число работ всех видов в рамках дисциплины, a_i – показатель трудности i -ой работы; Q_i – оценка нормированного значения критерия эффективности при выполнении i -ой работы; K_i – число этапов контроля в рамках i -ой работы; β_j – показатель трудности j -го этапа, q_j – достигнутое значение нормированного критерия эффективности на j -ом этапе

контроля; n_j – число допустимых попыток выполнения j -го этапа контроля; n – фактическое число попыток; $c_j > 1$ – понижающий коэффициент за ненормативное число попыток выполнения j -ой работы.

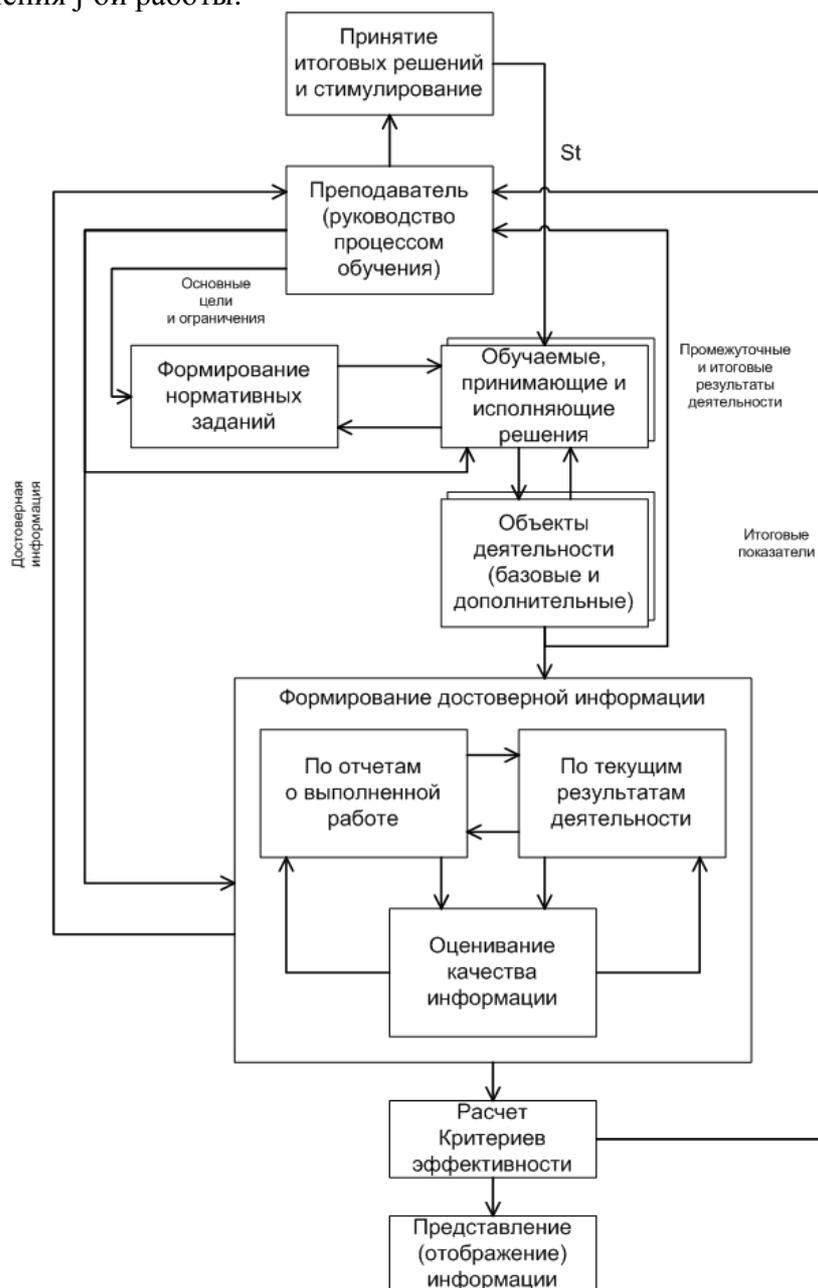


Рисунок 9 – Организационный механизм АОК

Вся первичная информация о функционировании комплекса хранится в соответствующих БД за 9 лет его эксплуатации и может быть представлена в виде обобщенных статистик тестирования студентов и итоговых результатов.

Литература

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
2. Авдеев В.П. Системная интеграция образования, производства, науки. / В.П. Авдеев, Н.М. Кулагин, С.М. Кулаков // Изв. вузов. Черная металлургия. 1989. – №4, с.131–135.
3. Авдеев В.П. О структуре алгоритмов управления / В.П. Авдеев, В.А. Столяр // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1973. – №2, с. 155-158.
4. Шельмин Е.В. Эффективная система на основе процессного управления. Проблемы. Анализ. Решение. / М.: Вершина, 2007. 224 с.

О МЕХАНИЗМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ГОУ СПО

Н.Ф. Бондарь^{*}, Е.В. Миронова^{}**

^{} СибГИУ, г. Новокузнецк, ^{**} ПЭМСТ, г. Прокопьевск*

В условиях глобального экономического кризиса особую важность приобретают вопросы эффективного управления. При этом, качественное управление каким либо видом деятельности невозможно без детально проработанного механизма стимулирования субъектов этой деятельности.

На примере Прокопьевского электромашиностроительного техникума (ПЭМСТ) разрабатывается типовая система управления деятельностью преподавателей, отличительной особенностью которой является единая методика учета работ каждого преподавателя и определения лидеров, получающих наибольшие стимулирующие надбавки (СН).

Функциональная схема системы управления, разработанная с учетом опыта ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» [1] показана на рисунке, где приняты следующие обозначения: $Y_{\text{вх}}(t)$ - входной поток обучаемых; $Y_{\text{вых}}(t)$ - выходной поток обучаемых; $W(t)$ - неконтролируемые внешние воздействия на объект управления; St – стимулирующие воздействия.

Объектом управления для преподавателей являются студенты, обучающиеся в техникуме. Объектом плановых и стимулирующих воздействий являются сами преподаватели, которые согласно [2] являются агентами. Роль управляющей системы выполняет администрация техникума.

Рассмотрим работу основных подсистем и модулей механизма управления. В подсистеме формирования первичных данных 1 осуществляется сбор информации по всем видам (категориям) деятельности преподавателей.

В учреждениях СПО целесообразно выделить четыре вида (категории) деятельности преподавателей:

1) Научно- исследовательская работа. Данная категория включает выполнение НИР и ОКР на основе контрактов, заключенных по результатам участия в конкурсе, договоров с предприятиями (организациями), проведение научных экспериментов и исследований, касающихся учебного процесса, публикации статей, монографий, препринтов по тематике проводимых исследований, участие в научных конференциях, семинарах, симпозиумах городского, областного, регионального, всероссийского и международного уровня и т.п.

2) Учебная деятельность включает выполнение учебной нагрузки за календарный год, проведение открытых уроков, разработку учебной документации, освоение новых учебных дисциплин в рамках государственных образовательных стандартов, разработку факультативных курсов, освоение и внедрение в учебный процесс новых педагогических технологий.

3) Методическая работа включает создание рабочих программ по дисциплинам, разработку методических пособий, учебно-методических указаний, учебников, практикумов, рабочих тетрадей, конспектов лекций, электронных учебников и т.д. по преподаваемым дисциплинам, разработку новых образовательных технологий и методик, разработку методических рекомендаций для преподавателей, обобщение опыта работы и результатов практической деятельности.

4) Внеаудиторная работа включает организацию кружков по интересам, участие в организации конференций, олимпиад, семинаров на уровне учреждения, города, области, России, а так же подготовку и участие студентов в данных мероприятиях, проводимых на базе других образовательных учреждений, организацию экскурсий и посещение выставок со студентами, изготовление новых и модернизацию имеющихся наглядных пособий, технических средств обучения и т.д.

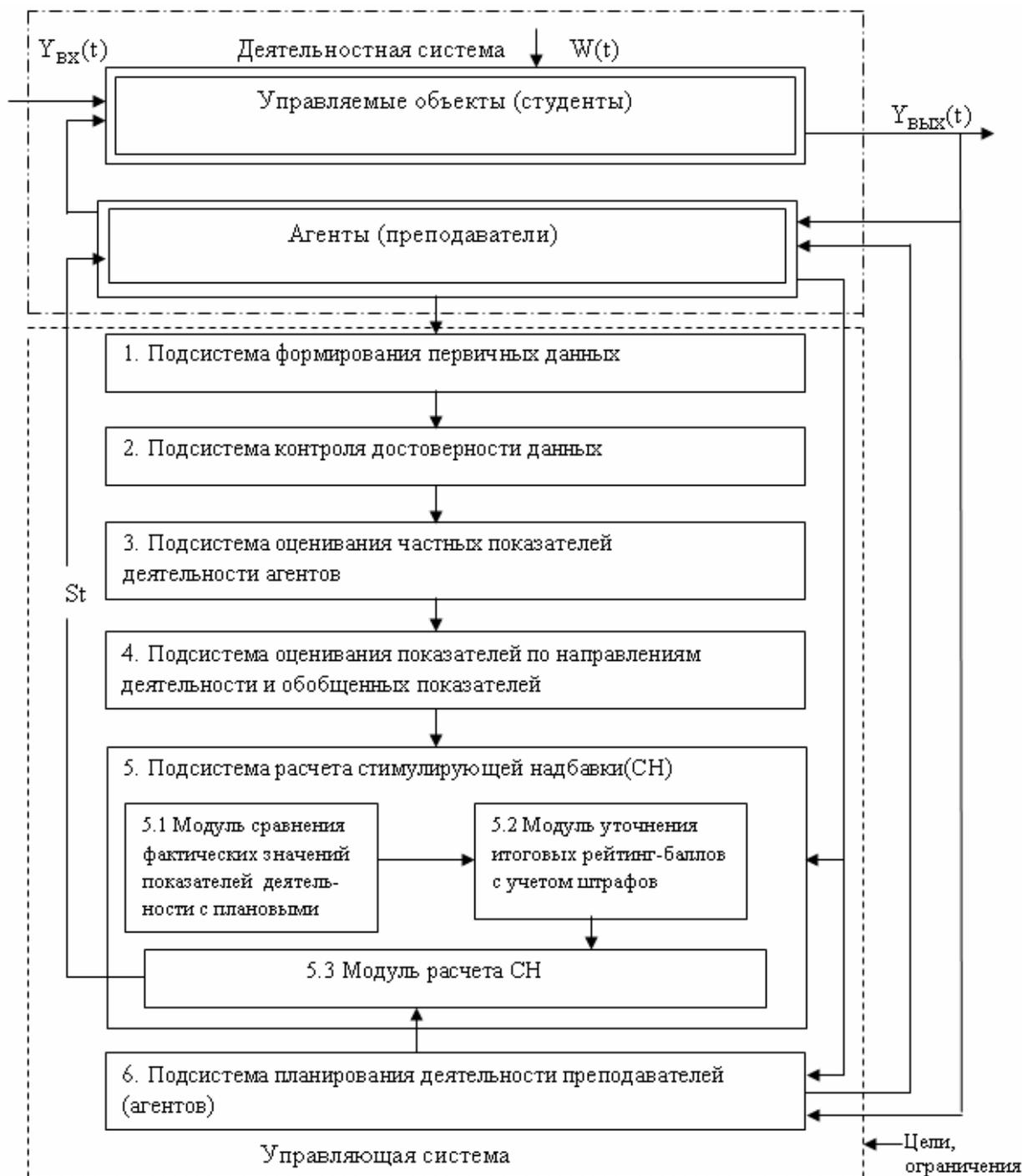


Рисунок – Структура механизма управления деятельностью преподавателей СПО

В подсистеме 2 контроля достоверности данных осуществляется сравнение сведений, получаемых от агентов, и от других источников (например, от руководителей по направлениям деятельности). В процедуре участвует как преподаватель, так и эксперт (группа экспертов), назначенный руководящим центром. При этом выявляются и устраняются ошибки или искажения данных.

В подсистеме 3 оценивания частных показателей каждому преподавателю начисляется определенное количество баллов по конкретному показателю деятельности за фактически проделанную работу с учетом ее сложности, значимости для достижения цели учреждения и трудоемкости. Перечисленные факторы определяют размер стимулирующей надбавки, но не всегда поддаются непосредственному измерению. В связи с этим можно использовать способ ранжирования работ, выполняемых преподавателями.

Сравнительный анализ работ, фактически выполняемых преподавателями, показал, что разнообразие работ с точки зрения их сложности выше, чем по трудоемкости и важности. Поэтому целесообразно выделить по фактору сложности большее количество рангов. Количество рангов устанавливается группой экспертов.

Общее количество баллов q за каждую выполненную работу определяется суммой баллов по всем рассматриваемым частным показателям деятельности.

$$q_l^{rk} = \sum_{j=1}^m q_{lj}^{rk} \quad (1)$$

где m – количество учитываемых показателей деятельности; q_{lj}^{rk} – количество баллов по набранным l – тым преподавателем по k – той категории деятельности j – тому показателю за выполнение l – той работы.

В подсистеме 4 оценивания показателей по видам (категориям) деятельности осуществляется подсчет суммы баллов, набранных отдельным преподавателем по каждой категории деятельности согласно соотношению:

$$Q^{rk} = \sum_{l=1}^{L_r} q_l^{rk} \quad (2)$$

где Q^{rk} – количество баллов по набранным l – тым преподавателем k – той категории деятельности. Расчет общего количества рейтинг-баллов, набранных l -тым преподавателем осуществляется по формуле.

$$Q^r = \sum_{k=1}^K Q^{rk} \quad (3)$$

Подсистема 5 расчета стимулирующей надбавки включает 3 модуля: модуль 5.1 сравнения фактических значений показателей с плановыми значениями, модуль 5.2 расчета штрафа и модуль 5.3 расчета стимулирующей надбавки.

В модуле 5.1 показателей деятельности сравниваются с запланированными фактические значения показателей деятельности и выявляется отклонение от плана по каждому показателю деятельности. Результат сравнения (в баллах) передается в модуль 5.2. Фрагментарный пример работы модуля 5.1 представлен в таблице, которая заполняется по следующему алгоритму: 1) Из индивидуального плана работы в колонку «Виды работ» заносятся все запланированные работы по каждой категории, а запланированные баллы за их выполнение проставляются в колонку «Баллы (план)»; 2) В случае если работа выполнена, баллы за нее проставляются в колонку «Баллы (факт)», если же работа не выполнена, за нее проставляется 0 баллов; 3) При наличии у преподавателя работ, не указанных в индивидуальном плане, они считаются сверхплановыми, если в графе «Баллы (план)» нет нулевых оценок, и внеплановыми, если имеется хотя бы одна нулевая оценка. Баллы за эти работы заносятся соответственно в колонки «Сверх плана» и «Вне плана». 4) Указанная процедура проводится по каждой категории деятельности, причем наличие нулевых баллов в какой-либо категории не влияет на результаты, полученные в других категориях.

Модуль 5.2 предполагает корректировку рейтинга преподавателя с учетом выявленных отклонений от плана и с учетом штрафных баллов за допущенные нарушения в работе. Анализ выявленных нарушений преподавателей ГОУ СПО «ПЭМСТ» позволил распределить их на три группы: - грубые нарушения, серьезно влияющие на ход учебного процесса и качество подготовки специалистов; - нарушения средней степени, которые влияют на ход учебного процесса, но могут быть достаточно быстро устранены преподавателем; - мелкие нарушения, существенно не влияющие на ход учебного процесса.

Расчет скорректированных рейтинг - баллов преподавателя по степени выполнения индивидуального плана и нарушениям в работе производится согласно соотношению.

$$R_{ckj} = (Q_{фj} + K_1 Q_{спj} + K_2 Q_{впj}) - Ш_{нj} \quad (4)$$

где $Q_{фj}$ - баллы за работы, выполненные в соответствии с индивидуальным планом работы; $Q_{спj}$ - баллы за сверхплановую работу; $Q_{впj}$ - баллы за внеплановую работу, выполненную взамен одной или нескольких плановых работ; $Ш_{шj}$ - штрафные баллы за отступления от нормативно – правовых актов; K_1 - коэффициент стимулирования за перевыполнение плана; K_2 - коэффициент снижения баллов за замену плановых работ на внеплановые.

Таблица – Результаты сравнения фактических значений показателей деятельности преподавателя с запланированными.

Код преподавателя.	Категория деятельности	Виды работ	Баллы			
			план	факт	вне плана	сверх плана
001	I	Публикация статьи в отраслевом журнале	15	15	---	---
		Публикация статьи в сборнике трудов конференции	15	17	---	---
		Руководство дипломным проектированием	7	7	---	---
	II	Проведение открытого урока	6	6	---	---
		Проведение мастер – класса	0	---	---	6
		Внедрение новых педагогических технологий	10	10	---	---
	III	Подготовка методических указаний	5	6	---	---
	IV	Выступление на конференции	17	17	---	---
		Организация экскурсии	3	0	---	---
		Проведение семинара	7	---	10	---
002	I	---	---	---	---	

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются группой экспертов. Перед экспертами ставится задача с одной стороны, наказать преподавателя за невыполнение плана, а с другой - поощрить за интенсивный добросовестный труд. На основании проведенных исследований для преподавателей ГОУ СПО «Прокопьевский электромашиностроительный техникум» оптимальными являются $K_1 = 1,35$ и $K_2 = 0,7$. Результаты расчета скорректированного рейтинга преподавателей передаются в модуль 5.3.

В модуле 5.3 осуществляется расчет денежного вознаграждения с учетом набранных баллов и размера распределяемого премиального фонда согласно соотношению.

$$SH_j = \begin{cases} \frac{R_{скj}\Phi}{Q_{общ}}, & \text{если } R_{скj} > 0 \\ 0, & \text{если } R_{скj} \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

где Φ – размер распределяемого надтарифного фонда; $Q_{общ}$ - количество баллов, набранное всеми преподавателями.

При выделении остаточной части премиального фонда она распределяется равномерно между всеми преподавателями, не имеющими штрафных баллов, как доплата за добросовестный труд.

В подсистеме 6 планирования деятельности преподавателей осуществляется составление учебных планов, программ, а так же формирование планов по прочим

направлениям деятельности учебного заведения. Планирование включает три уровня. На первом уровне составляются индивидуальные планы работы преподавателей. На втором уровне планирования осуществляется планирование деятельности предметно-цикловых комиссий (ПЦК) с учетом индивидуальных планов преподавателей. На третьем уровне осуществляется планирование деятельности учебного заведения с учетом планов ПЦК. Плановые задания должны формироваться исходя из совокупности годового ресурса рабочего времени, стратегических долгосрочных планов учебного заведения и действующих нормативных документов.

Литература

1 Кулаков, С.М. Функциональная структура системы рейтингового управления деятельностью кафедр университета [Текст] /С.М. Кулаков, Н.Ф. Бондарь // Сборник трудов VI Всероссийской научно – практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке, производстве». - Новокузнецк: издательство СибГИУ, 2007.-с. 329-337.

2 Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами [Текст] / Д.А. Новиков.- Москва: Издательство Московского психолого-социального института, 2005.-583с.

УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ С ПРЕЦЕДЕНТНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ

В.И. Веревкин, О.М. Исмаилова, Т.А. Атавин

Кузбасская государственная педагогическая академия, г. Новокузнецк

Практически во всех учебных заведениях, как и в Кузбасской государственной педагогической академии (КузГПА) для составления расписания занятий широко используют прецедентный способ, опирающийся на расписания-аналоги – варианты ранее успешно реализованных планов проведения занятий. Прецедентный способ дает ощутимое снижение трудоемкости планирования учебных занятий, если условия составления нового расписания и его аналога в прошлом мало отличаются друг от друга. В таком случае вносить коррективы в уже опробованное и хорошо зарекомендовавшее себя расписание оказывается проще, чем начинать планирование занятий с «нуля». Этот метод является наиболее эффективным, потому что проверен на протяжении долгого времени и основан на принятии решений опытными диспетчерами. Он удобен еще и тем, что перечень планируемых дисциплин и их часовой объем из года в год сохраняется. Изменения, в основном, касаются правок, периодически вносимых в учебный план Федеральным агентством по образованию РФ.

В отличие от составления расписания учебных занятий целиком на семестр, его поцикловое составление предоставляет органу управления дополнительные преимущества: появляется дополнительная возможность воздействия с изменением расписания на каждый цикл. В частности, при формировании расписания занятий на очередной цикл можно менять состав дисциплин очередного периода за счет перестановки дисциплин между циклами. Кроме того, можно изменять и последовательность реализации дисциплин в расписании занятий.

При управлении процессом обучения с использованием системы его координации и синхронизации на основе расписания учебных занятий возникает задача настройки алгоритма формирования расписания. Эту задачу можно решать двумя путями: по информации о уже реализованном расписании занятий (off line) и в темпе с процессом обучения (on line). Во втором случае информация о фактическом состоянии процесса обучения в систему управления поступает периодически. В промежутках между циклами обновление информации о состоянии процесса обучения может воспроизводиться с привлечением имитационного моделирования. Приращение конечного педагогического результата, в том числе – знаний, умений, навыков (ЗУНов) моделируется оперативно с учетом ранее поступившей информации.

Поскольку в нашем случае результатом учебного процесса, в частности, является возрастание ЗУНов, то возникает вопрос: «Относительно какого уровня следует производить расчет отклонения конечного результата»? Для оценки исходного, базового конечного результата необходимо располагать моделью объекта (процесса обучения) в полных уровнях. Ее примером может явиться модель ретроспективной оценки базового конечного результата подобного контингента студентов для усредненных условий в прошлом (рисунок 1).

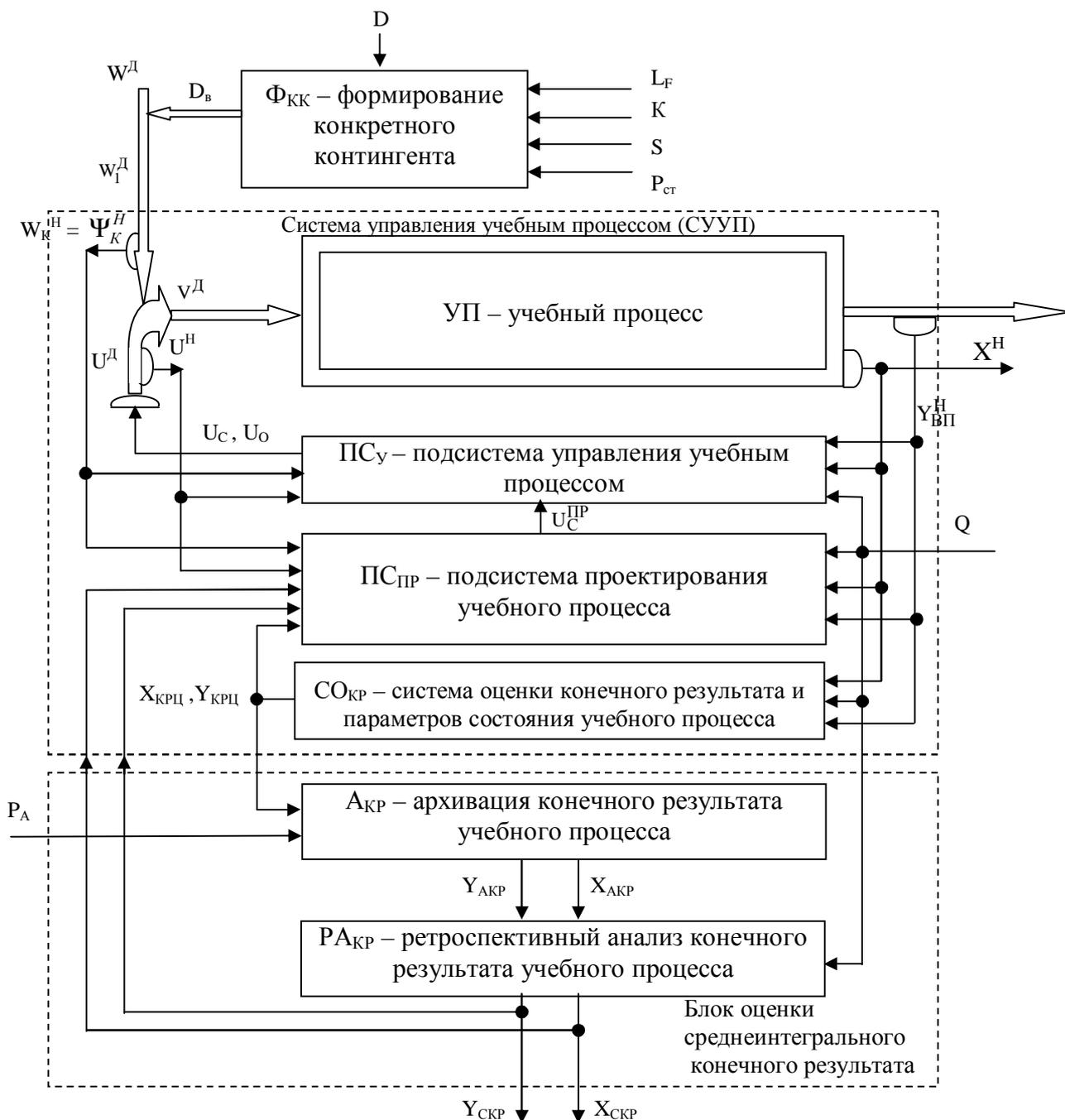


Рисунок 1 – Структурная схема управления учебным процессом с среднеинтегральной оценкой конечного результата

Внешние воздействия $W^{\text{Д}}$ представляют собой совокупность приведенных к входу объекта координатных и параметрических внешних воздействий. Координатная составляющая включает в себя различные предписания, поступающие на объект извне. К ним относятся: различные условия, ограничения.

Будем различать две основные задачи управления учебным процессом: программного (координирующего и синхронизирующего) управления и задачу корректирующего регулирования процесса обучения. Первая задача основывается, прежде всего, на предварительно разработанном расписании учебных занятий – рациональной программе изменения векторного параметра состояния объекта управления. В свою очередь, используя это расписание занятий, подсистема управления процессом обучения определяет, структурно формирует его течение. Для этого в подсистеме управления разрабатывается, а затем – реализуется программа управления учебным процессом. Эта программа призвана реализовать рациональную программу изменения векторного параметра состояния объекта управления, предварительно разработанную в подсистеме проектирования учебного процесса. Кроме того, в программу управления процессом обучения входят локальные программы изменения многих других управлений.

Вторая задача представляет собой задачу нанесения корректирующего воздействия на уже реализуемое расписание учебных занятий, поскольку, на расписание, рассчитанное до начала реализации учебного процесса, могут влиять отклонения реальных значений параметров процесса от значений, первоначально принятых при расчете исходного расписания. Такие отклонения могут быть обусловлены многими факторами, например, неточностью исходных данных, непредвиденными событиями, влияющими на протекание процесса и др.

Другим вариантом базовой модели в полных уровнях может служить описание конкретного контингента студентов, приведенное к условиям реализации того перечня дисциплин, из которых будет состоять учебное расписание (рисунок 2). На рисунках 1 и 2 обозначены: индексами – Д – действительные, М – модельные, Н – натурные переменные. Последние являются неполным помехоискаженным отображением действительных величин, полученных в результате измерений. $U^Д, V^Д, Y^Д$ – действительные управления, входные и выходные воздействия объекта; $W^Д, W_K^Н$ – действительные внешние воздействия и их натурная контролируемая часть. L_F – шифр специальности, К – курс, S – семестр, $P_{ст}$ – семестровая учебная нагрузка студентов данной специальности и курса согласно учебному плану, Q – общий критерий качества управления учебным процессом, P_A – период архивации, U_C – стратегическое управляющие воздействие, U_O – оперативное управляющие воздействие, U_C^{PP} – проектируемое стратегическое управляющее воздействие, $\Psi_K^Н$ – входные условия, $Z_{отс}$ – класс организационно-технологической ситуации, I_p – ретроспективная информация о работе системы управления учебным процессом (СУУП), $S_{ВД}$ – выпадающие и дополнительные дисциплины, $Y_{ВП}$ – система измерения выходных переменных учебного процесса, X_i, Y_i – изменение конечного результата (выходных переменных и параметров состояния объекта, соответственно) от включения-исключения дисциплин расписания занятий, $X_{КРЦ}, Y_{КРЦ}$ – конечный результат (выходных переменных и параметров состояния объекта, соответственно) по данному циклу занятий, $Y_{АКР}, X_{АКР}$ – архивированные конечные результаты (выходных переменных и параметров состояния объекта, соответственно), $Y_{СКР}, X_{СКР}$ – элементы среднеинтегрального конечного результата (выходных переменных и параметров состояния объекта, соответственно), $X_{СПКР}, Y_{СПКР}$ – элементы среднеинтегрального приведенного конечного результата (выходных переменных и параметров состояния объекта, соответственно). Список условий, по которым возможно приведение может быть различным. Одно из значимых условий – разбиение дисциплин семестрового учебного плана по циклам. Конечный результат одного из циклов подаем в качестве входного условия на подсистему проектирования учебного процесса другого по времени цикла. Второй способ (рисунок 2) сложнее предыдущего, поскольку при этом приходится структурно приводить новое расписание занятий к новым условиям и дополнительно модельно оценивать воздействие на конечный результат этого изменения. При приведении в расписание учебных занятий нужно ввести те дисциплины, которые отсутствовали в старом расписании, но присутствуют в том, которое принято за базовое.

Старое расписание назовем исходным, а базовое – эталонным. Кроме того, из исходного расписания нужно удалить те дисциплины, которых нет в эталонном.

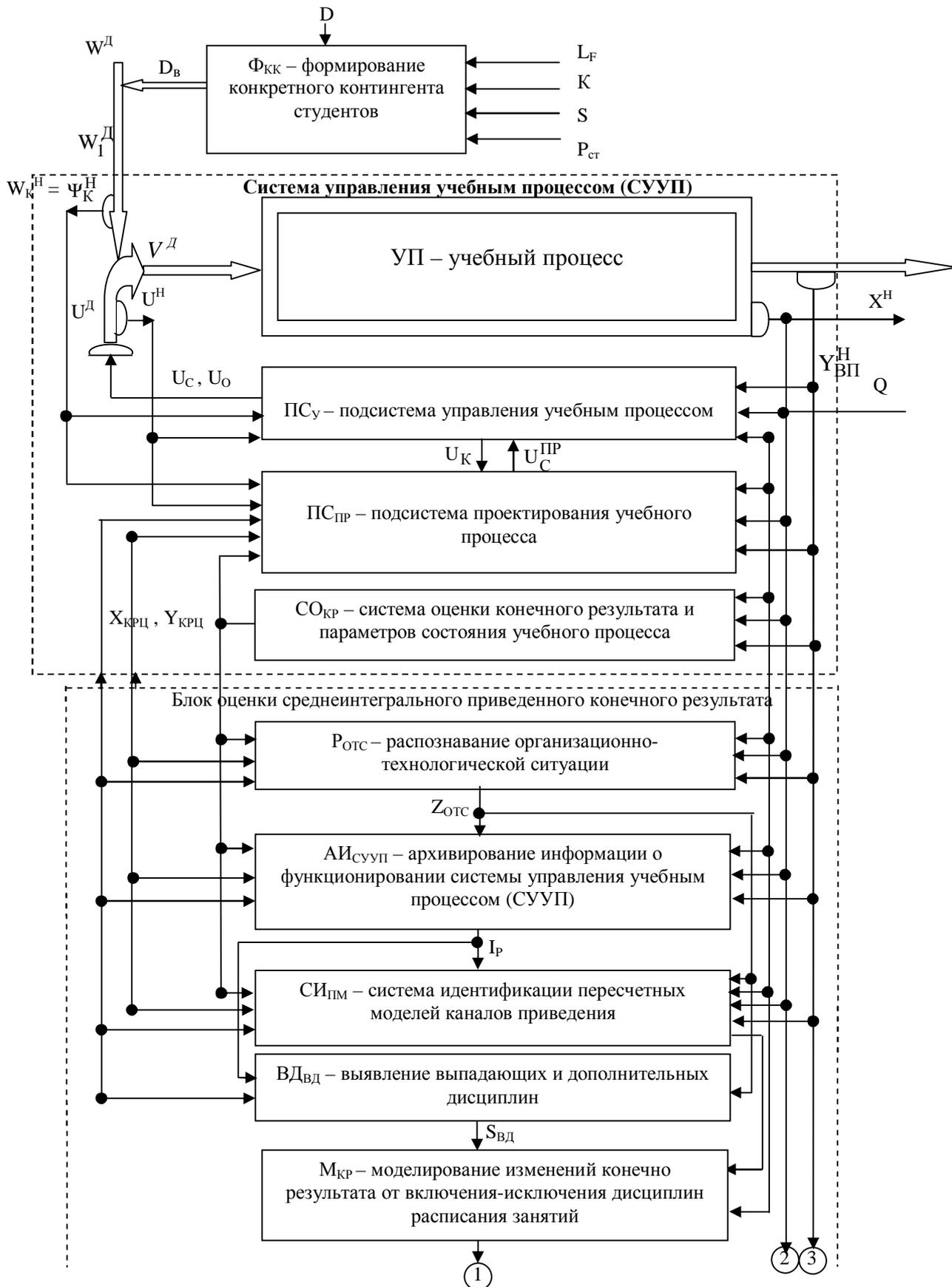
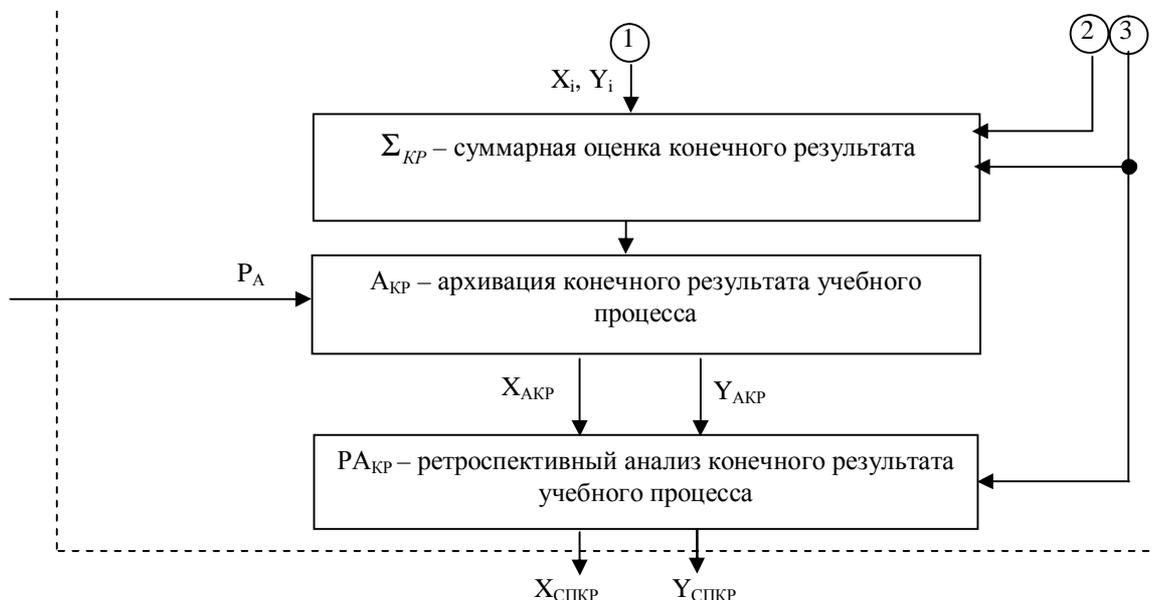


Рисунок 2 – Структурная схема управления учебным процессом с динамической оценкой конечного результата на базовом уровне



Продолжение рисунка 2

Возникает важный вопрос: «Какую дисциплину целесообразно изъять из общего перечня, с тем, чтобы меньше «затенить» эффект от дополнительного введения новой дисциплины»? При этом можно использовать достаточно хорошо зарекомендовавшую себя процедуру последовательной оценки влияния на конечный результат введения-исключения отдельных дисциплин [1, 2]. Введение и удаление дисциплин из исходного расписания будет сопровождаться изменением конечного результата. Это изменение оценивается с помощью отдельной стратифицированной модели. Она представляет собой совокупность нескольких самостоятельных моделей, в каждой из которых входом является дополнительно введенная дисциплина, а выходом – приращение конечного результата. Вторая часть моделей связывает удаление дисциплин с изменением конечного результата. Если же нелинейность мала, то эффекты от введения и исключения дисциплины практически совпадают (различаясь только знаком). Отдельно следует подчеркнуть, что для каждого класса ОТС будет свой комплекс моделей. На этапе улучшения полученного расписания сортировка отдельных элементов записей расписания продолжается по общесистемному критерию. Он представляет собой аддитивную свертку локальных составляющих. В качестве одной из составляющих критерия выступает степень выполнения заявок:

$$\sum_{\forall(w,d,p,t)} Z(w,d,p,t) * R_p(w,d,p,t) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где w, d, t – номера недели, дня и пары; p – индекс преподавателя; R_p – функция, показывающая, запланированы ли p -му преподавателю занятия на данное время; Z – функция, показывающая отмечено ли данное время в сведениях к составлению расписания, поданных p -м преподавателем, как желательное или нежелательное:

$$R_p(w,d,p,t) = \begin{cases} 1, & \text{если на данное время запланированы занятия;} \\ 0, & \text{если на данное время не запланированы занятия;} \end{cases} \quad (2)$$

$$Z(w,d,p,t) = \begin{cases} 1, & \text{если данное время желательно;} \\ 0, & \text{если данное время нежелательно.} \end{cases} \quad (3)$$

К числу локальных составляющих критерия отнесены также суммарные размеры окон для преподавателей (4) и отдельно – для студентов (5):

$$\sum_{\forall(w,d,p)} \left(\max_{\forall t \wedge R_p(w,d,p,t)=1} (t) - \min_{\forall t \wedge R_p(w,d,p,t)=1} (t) - \sum_{\forall t} R_p(w,d,p,t) \right) \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\sum_{\forall(w,d,g)} \left(\max_{\forall t \wedge R_g(w,d,p,t)=1} (t) - \min_{\forall t \wedge R_g(w,d,p,t)=1} (t) - \sum_{\forall t} R_g(w,d,p,t) \right) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где g – индекс подгруппы; R_g – функция, аналогичная (2), показывающая, запланированы ли g -й подгруппе занятия на данное время:

$$R_g(w,d,g,t) = \begin{cases} 1, & \text{если на данное время запланированы занятия;} \\ 0, & \text{если на данное время не запланированы занятия.} \end{cases} \quad (6)$$

Следующей составляющей критерия является степень учёта трудности дисциплин и утомляемости студентов:

$$\sum_{\forall(w,d,g,t) \wedge R_g(w,d,g,t)=1} (T(s(w,d,g,t), p(w,d,g,t)) * T_t(w,d,t)) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где T – результирующий коэффициент трудности с учётом и объективных факторов (зависящих от дисциплины), и субъективных (зависящих от преподавателя); T_t – коэффициент утомляемости для данного времени с учётом дня и недели [3]; s – индекс дисциплины, по которой данной подгруппе запланированы занятия на данное время с учётом дня и недели; p – индекс преподавателя, ведущего занятия в данное время у данной g -й подгруппы.

$$T(s,p) = T_s(s) T_p(p) T_{sp}(s,p), \quad (8)$$

где T_s – коэффициент трудности дисциплины; T_p – коэффициент педагогического мастерства преподавателя, зависящий от ученой степени, звания и общего педагогического стажа преподавателя; T_{sp} – коэффициент, зависящий от стажа преподавания им данной дисциплины.

Учитывается также полнота использования посадочных мест в аудиториях:

$$\sum_{\forall(w,d,a,t)} \left(N_a - \sum_{\forall g \wedge (R_g(w,d,g,t)=1) \wedge (a(w,d,g,t)=a)} N_g(g) \right) \rightarrow \min, \quad (9)$$

где a – индекс аудитории; N_a – её вместимость, N_g – численность подгруппы.

Кроме того, учитывается число переходов преподавателей и отдельно – подгрупп между корпусами:

$$C \left\{ \forall(w,d,p,t) \right\}_{f_1 \in F_1} \rightarrow \min, \quad (10)$$

$$f_1 = t < t_{\max} \wedge \left(b_p(w,d,p,t) \neq b_p(w,d,p,t+1) \wedge \left(R_p(w,d,p,t) = R_p(w,d,p,t+1) = 1 \right) \right), \quad (11)$$

$$C \left\{ \forall(w,d,g,t) \right\}_{f_2 \in F_2} \rightarrow \min, \quad (12)$$

$$f_2 = t < t_{\max} \wedge \left(b_g(w,d,g,t) \neq b_g(w,d,g,t+1) \wedge \left(R_g(w,d,g,t) = R_g(w,d,g,t+1) = 1 \right) \right), \quad (13)$$

где C – функция числа элементов аргумента-множества; b_p, b_g – индексы корпусов, в которых p -му преподавателю и g -й подгруппе запланированы занятия на данное время.

Для преподавателей учитывается суммарное число дней недели с окнами:

$$\sum_{\forall(w,p)} C \left\{ \forall d \right\}_{f_3 \in F_3} \rightarrow \min, \quad (14)$$

$$f_3 = \left(\max_{\forall t \wedge (R_p(w,d,p,t)=1)} (t) - \min_{\forall t \wedge (R_p(w,d,p,t)=1)} (t) \right) \neq \sum_{\forall t} R_p(w,d,p,t). \quad (15)$$

В приведенной постановке задача составления циклического расписания с использованием прецедентного способа успешно реализована на технологическом факультете КузГПА.

Литература

1. Веревкин, В.И. Нанесение экспериментальных воздействий на прогнозируемые рабочие управления [Текст] / В.И. Веревкин, В.П. Авдеев, А.В. Лакунцов, Б.А. Бурдонов, А.П. Катрич // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1975. – № 5. – С. 163-166.

2. Мышляев, Л.П. Идентификация объектов в системах управления [Текст] / Л.П. Мышляев, Е.И. Львова, С.Ф. Киселев, С.Я. Иванов // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2001. – № 12. – С. 32-35.

3. Александрова, Н.Э. Трудность школьных учебных предметов как гигиеническая проблема [Текст] / Н.Э. Александрова, А.С. Седова, М.И. Степанова // Народное образование. – 2004. – № 7. – С. 119-122.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СТРАТИФИКАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЙ АВТОРАСПИСАНИЯ

В.И. Веревкин, Т.А. Атавин, О.М. Исмагилова

Кузбасская государственная педагогическая академия, г. Новокузнецк

Метод гибкого последовательного наложения ограничений при составлении расписания учебных занятий технологического факультета вуза в автоматизированном варианте является одним из основных методов стратифицированного сведения результата по сути задачи комбинаторного типа.

В результате составления расписания занятия располагаются в определённой последовательности. С учётом сдвоенности часов занятий в вузах, планируемые дисциплины по видам занятий (лекционным, лабораторным, практическим) выражаются в условных единицах – парах занятий. Учебные занятия планируются по предварительно собранной информации об условиях составления расписания – ресурсах, которые необходимы для успешного проведения этих занятий, и ограничениях. В числе ресурсов: списки групп, преподавателей и аудиторий. Ограничения делятся на несколько классов: 1) задаваемые нормами проведения занятий (условиями разделения групп на подгруппы, физической вместимостью аудиторий, допустимой продолжительностью занятий), 2) обусловленные графиком проведения занятий (числом задействованных дней недели, рациональной последовательностью планирования различных дисциплин и видов занятий), 3) задаваемые логическими условиями (закреплением каждой аудитории за предметами и преподавателями, предназначением аудиторий для проведения определённых видов занятий, занятостью преподавателей согласно картам поручений преподавателей, доступностью аудиторий, пожеланиями преподавателей согласно сведениям к составлению расписания).

В ходе составления расписания учебных занятий последовательность наложения ограничений может быть различной: можно начинать от ограничений, связанных с преподавателями, либо с подгруппами, либо с дисциплинами, либо с аудиториями.

Был проведен эксперимент по поиску алгоритма сведения результата авторасписания с различной последовательностью наложения ограничений. Первоначально мы решали задачу, основываясь на одновременном учёте нескольких ограничений, связанных между собой ранее подготовленным объектом – композитной сущностью, уже описывающей связь преподавателей, дисциплин и подгрупп студентов. В качестве такой композитной сущности использовалась строка карты поручений расчета часов по дисциплине для конкретного преподавателя.

Полный массив таких строк по всем задействованным преподавателям мы сортировали с учетом количества ограничений, выявленных для каждого данного преподавателя в сведениях к составлению расписания. Одновременно производилась сортировка строк по объёму $P_{пр}$ учебной нагрузки преподавателя на планируемый семестр и

по семестровой учебной нагрузке студентов $P_{ст}$ данной специальности и курса согласно учебному плану. Чем больше объёмы учебной нагрузки $P_{ст}$ и $P_{пр}$ и число ограничений, содержащихся в сведениях к составлению расписания данного преподавателя, тем выше номер строки в ранжированном списке строк. Сортировка осуществлялась по скаляризованному параметру в виде аддитивной взвешенной свёртки с нормированием на диапазоны изменений соответствующих составляющих показателя:

$$k_k = a_{кст} \frac{P_{ст} - \min(P_{ст})}{\max(P_{ст}) - \min(P_{ст})} + a_{кпр} \frac{P_{пр} - \min(P_{пр})}{\max(P_{пр}) - \min(P_{пр})} + a_o \frac{N_o - \min(N_o)}{\max(N_o) - \min(N_o)}, \quad (1)$$

где k_k – скаляризованный параметр сортировки строк карт поручений; N_o – число ограничений, выявленных для данного преподавателя в сведениях к составлению расписания; $a_{кст}$, $a_{кпр}$, a_o – веса, $a_{кст} + a_{кпр} + a_o = 1$.

Для сокращения суммарной длительности окон планируемого расписания (свободного времени в выписке из расписания между запланированными парами занятий), следует ввести для каждого кортежа L в отношении «преподаватель – номер пары занятия – подгруппа» переменный коэффициент предпочтения номера пары занятия. Этот коэффициент зависит от интервалов между данным и уже занятыми номерами пар занятий для соответствующих подгрупп и преподавателя. Исключение касается лишь тех кортежей, в которые входят уже занятые номера пар занятий – в них атрибут коэффициента предпочтения не заполняется. Номера пар занятий предварительно сортируются по параметру, пропорциональному коэффициенту предпочтения. Результирующий коэффициент предпочтения вычисляется путём мультипликативной свёртки коэффициентов предпочтения, связанных с двумя кортежами K и M соответственно в отношениях «преподаватель – номер пары занятия» и «подгруппа – номер пары занятия»:

$$k = (k_{пр})^{a_{пр}} \cdot (k_{ст})^{a_{ст}}, \quad (2)$$

где k – результирующий коэффициент предпочтения, $k_{пр} \in [1, n_{пар} - 1]$ – коэффициент предпочтения для преподавателя, $k_{ст} \in [1, n_{пар} - 1]$ – коэффициент предпочтения для подгруппы, $a_{пр} \geq 1$, $a_{ст} > 1$ – действительные показатели степеней, $n_{пар}$ – максимальное число пар занятий в сутках.

Коэффициенты предпочтения $k_{пр}$, $k_{ст}$ определяются по формулам:

$$k_{пр} = n_{пар} - N_{ипр}, \quad (3)$$

$$k_{ст} = n_{пар} - N_{ист}, \quad (4)$$

где $N_{ипр}$, $N_{ист}$ – суммарная продолжительность окон (в пределах суток) после планирования пары занятий преподавателю или подгруппе.

В кортежи K и M входит тот же номер пары занятия, что и в кортеж L . Примеры задания значений коэффициентов предпочтения приведены в таблицах 1 и 2. Прочерки стоят в строках, соответствующих номерам пар занятий, на которые запланированы занятия.

Таблица 1 – Пример назначения коэффициентов предпочтения без окна

№ пары занятия	Коэффициенты предпочтения $k_{пр}$, $k_{ст}$
1	1
2	2
3	3
4	–

Таблица 2 – Пример назначения коэффициентов предпочтения с окном

№ пары занятия	Коэффициенты предпочтения $k_{пр}$, $k_{ст}$
1	–
2	3
3	–
4	2

С целью снижения вероятности возникновения окон у подгрупп в готовом расписании, коэффициенты предпочтения для них входят в свёртку в большей степени, чем

для преподавателей. Кроме того, показатель степени $a_{пр}$ коэффициента предпочтения преподавателя $k_{пр}$ зависит от приоритета конкретного преподавателя: чем выше приоритет, тем больше показатель степени. Для практических занятий коэффициенты предпочтения суммируются перед возведением в степень и умножением по всем подгруппам группы, а для лекционных – по всем подгруппам потока.

Согласно первому варианту алгоритма авторасписания сходжение расписания занятий начинали от карты поручений. Рассматривали каждую строку карты поручений, связывающую преподавателя, дисциплину и список подгрупп без учёта принадлежности строки конкретной карте поручений. Для данных преподавателя и подгрупп находили первое допустимое время в любой день недели с учётом занятости и закрепления аудиторий. Причём, в зависимости от вида занятий (лекция, практическое занятие и т.д.) список подгрупп мог быть автоматически раздроблен. Например, если требуется запланировать практические занятия для потока, описанного как список из шести подгрупп, то этот список автоматически разбивается на группы, каждая из которых представляется списком подгрупп, и для каждой группы планируется отдельное занятие. Если же требуется запланировать лекцию, то она планируется для всего потока.

Занятие планировалось на выбранное время. Далее анализировался нераспланированный остаток часов по данной строке. Если он положителен, то планировалось следующее занятие по данной строке карты поручений. Иначе выбиралась следующая строка и планировались занятия, предусмотренные этой строкой. Дробление списка подгрупп могло приводить к тому, что фрагмент расписания, соответствующий данной строке имел форму лесенки. Если у какой-либо группы или подгруппы время прощенное в такой лесенке уже занято парой, предусмотренной другой строкой карты поручений, то в расписании появляется окно. Такой алгоритм требует последующей корректировки расписания с целью устранения окон.

Как выяснилось, основной причиной возникновения окон в первом варианте алгоритма авторасписания явилось следующее обстоятельство. При планировании каждого занятия не учитывались последующие пары, которые нужно провести в тот же день. При этом могла возникнуть ситуация, когда у группы или целого потока было занято время, предшествующее верхней «ступеньке» лесенки. Лесенка занятий получается, если разным группам ставятся подряд пары, проводимые либо в одной аудитории, либо одним преподавателем. Причём достаточно возникновения указанной коллизии по одной из причин, чтобы возникло окно.

Главным обстоятельством подобного развития ситуации явилось слабая управляемость процесса сведения результата поиска рационального варианта расписания занятий. Был предложен улучшенный вариант алгоритма, согласно которому при планировании каждого занятия будут учитываться предыдущие пары в тот же день. Сначала будет определяться, не получится ли окна при планировании занятия на данное время, и только потом оно будет выбираться. Таким образом, должны быть сразу исключены окна в расписании.

ОПТИМИЗАЦИЯ СКОРОСТИ РАБОТЫ ПОДСИСТЕМЫ «УЧЕБНЫЕ ПЛАНЫ» ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ДЕКАНАТ»

А.М. Гудов, С.Ю. Завозкин, А.А. Швачич

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

В Кемеровском государственном университете (КемГУ) разрабатывается интегрированная аналитическая информационная система (ИАИС) управления ВУЗом. Она является составляющей частью деловых процессов, направленных на обеспечение образовательной и управленческой видов деятельности КемГУ. Цель создания ИАИС - построение автоматизированной системы сбора, хранения и обработки данных о головном университете и его филиалах, необходимой для обеспечения деятельности ВУЗа. Одной из

ключевых задач, определенных при разработке ИАИС, является обеспечение интеграции информационных ресурсов, что создает условия для оперативного анализа текущей деятельности, повышения качества обучения, снижения затрат на организацию и управление учебным процессом, построения единого информационного пространства. Для построения единого информационного пространства использован подход, основанный на идее интеграции приложений с использованием информационной системы промежуточного слоя (уровень *middleware*), сочетающий в себе основные идеи трех типов интеграции: информационно-ориентированного, сервисно-ориентированного и процессно-ориентированного [4].

Одной из систем, входящих в ИАИС и обеспечивающих автоматизацию функций поддержки учебного процесса, является информационная система «Деканат».

Целью разработки данной системы является создание среды, осуществляющей информационно-вычислительную поддержку учебной деятельности факультетов и других учебных подразделений. Достижение этой цели основано на решении следующих задач: обеспечение единого информационного пространства для персонала деканатов и администрации университета; обеспечение эффективного взаимодействия с другими подсистемами в рамках разрабатываемой в КемГУ ИАИС, а также внешними информационными системами (ИС).

Основными информационными подсистемами (ИП) ИС «Деканат» являются: ИП «Студенты»; ИП «Сессия»; ИП «Формирование групп/специализаций»; ИП «Посещаемость»; ИП «Учебный план»; ИП «Стипендия»; ИП «Списки/отчеты».

Центральное место в ИС "Деканат" занимает подсистема "Учебные Планы", призванная автоматизировать работу с учебными планами. Рабочие учебные планы (РУП) составляются для каждого учебного года и каждой формы обучения. Форма и структура рабочего учебного плана, принятые в КемГУ, являются едиными для всех форм обучения на основе рекомендаций МО РФ [2].

РУП создается на основе стандарта учебного и обязан содержать в себе: график учебного процесса; сводные данные по бюджету времени (в неделях); информацию о производственной практике; информацию об учебной практике; информацию о дипломных работах или проектах; информацию о государственных экзаменах; план учебного процесса.

При проектировании данной подсистемы был применен структурный подход, заключающийся в выделении основных функций системы и дальнейшей многократной декомпозиции их на более узконаправленные функции. Исходя из полученной иерархии функций, разработана структура хранения данных. Разработанная структура данных отвечает требованиям системы и имеет в определенной степени универсальный механизм добавления новых свойств учебного плана, без внесения изменений в структуру данных.

При создании подсистемы использовались следующие средства реализации: 1) Система управления базами данных Oracle. 2) Сервер приложений TomCat, выполняющий функции web-сервера и предназначенный для реализации технологии Java Servlets. 3) Пакет KemSUWEB, располагающийся на сервере приложений и обеспечивающий единую среду для создания приложений, основанных на трехуровневой архитектуре в среде Internet за счет адаптеров, удовлетворяющих различные потребности разработчиков: в операциях с БД, в защите информации, в управлении ходом приложения. Пакет разработан в центре новых информационных технологий (ЦНИТ) КемГУ. 4) Процедурный язык PL/SQL. 5) язык программирования Java.

Во время эксплуатации системы в КемГУ нагрузка на ИП «Учебные планы» возросла, за счет того, что системой стали пользоваться все факультеты, и в системе было создано множество планов (на данный момент более 2000 планов). Увеличение объема данных привело к медленной работе системы, так как сложные запросы к таблицам стали выполняться медленно. После проведенного анализа были определены причины замедления работы системы и сделан вывод о неэффективности структуры данных, которая в текущей своей реализации не эффективно отвечает запросам к базе данных (БД).

Основной проблемой, приведшей к понижению производительности системы, является долгое формирование плана учебного процесса. План учебного процесса представляет собой список дисциплин, который необходимо пройти учащемуся на определенной специальности. Каждая дисциплина характеризуется: количеством часов отведенных на практику, теорию, самостоятельную работу, контроль самостоятельной работы; отчетностью по предмету; временем прохождения предмета и т.д. Каждая строка плана учебного процесса формируется из 6 таблиц. Существенное время в формировании запроса к БД идет на расчет суммы часов по предметам, по компоненту, по циклу, и в общей сумме. Также значительное количество времени уходит на построение иерархической структуры в таблице, имеющей 4-х уровневую иерархию. Все перечисленные данные пересчитываются каждый раз заново перед выводом плана в WEB интерфейс системы.

Определение различных видов часов по предметам производится из нескольких таблиц, позволяющих добавлять новые типы часов без внесения изменений в структуру таблиц. Данное решение имеет существенный минус, так как для получения одного значения определенного вида часов требуется выполнить запрос, соединяющий три таблицы.

Для описанной проблемы было разработано два направления решения: изменение структуры данных и изменение принципа вывода плана учебного процесса.

Изменение структуры данных.

При моделировании системы воспользуемся объектно-ориентированным подходом [5], который использует объектную декомпозицию, при этом статическая структура системы описывается в терминах объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами. Каждый объект системы обладает своим собственным поведением, моделирующим поведение объекта реального мира.

Для создания информационной модели, описывающей объекты системы и связи между ними, воспользуемся RDF-диаграммой.

Основные объекты подсистемы:

Пользователь - сотрудники деканата и учебного отдела, а также внешние подсистемы, которым необходимы данные об Учебных планах

Стандарт специализации – представляет собой требования к образовательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки специалиста, а также сроки освоения основной образовательной программы.

Рабочий учебный план специальности - основной документ, на базе которого осуществляется организация учебного процесса.

Практика студентов - важная часть учебного процесса, осуществляющая непосредственную связь обучения с производством, подготовку студента к профессиональной деятельности, способствующей ускорению процесса адаптации молодых специалистов.

График учебного процесса – график, по которому производится обучение студентов, включает в себя расписание проведения занятий, каникул, практики.

Дисциплины – разделы науки, которые должны освоить учащиеся на выбранной специальности.

Государственный экзамен – обязательный экзамен, оценивающий все полученные знания студентом в ходе обучения в ВУЗе.

Для решения поставленной задачи была разработана новая структура хранения данных, отвечающая построенной объектной модели:

- 1) Для того, чтобы суммы часов не пересчитывались после каждого запроса пользователя, была создана структура, хранящая промежуточные данные, пересчитываемые только в том случае, если были внесены изменения в составляющую ее часть.
- 2) Изменена структура хранения часов таким образом, чтобы максимально её упростить и тем самым существенно сократить время их выборки.
- 3) Изменена структура хранения дисциплин в плане, что позволило быстрее формировать дерево дисциплин.

- 4) Изменена структура хранения данных о государственных экзаменах и практиках. Данные о государственных экзаменах и практиках помещены в одну таблицу, так как свойства этих объектов имеют много сходств и оба объекта связываются с определенной сессией и элементом графика учебного процесса.

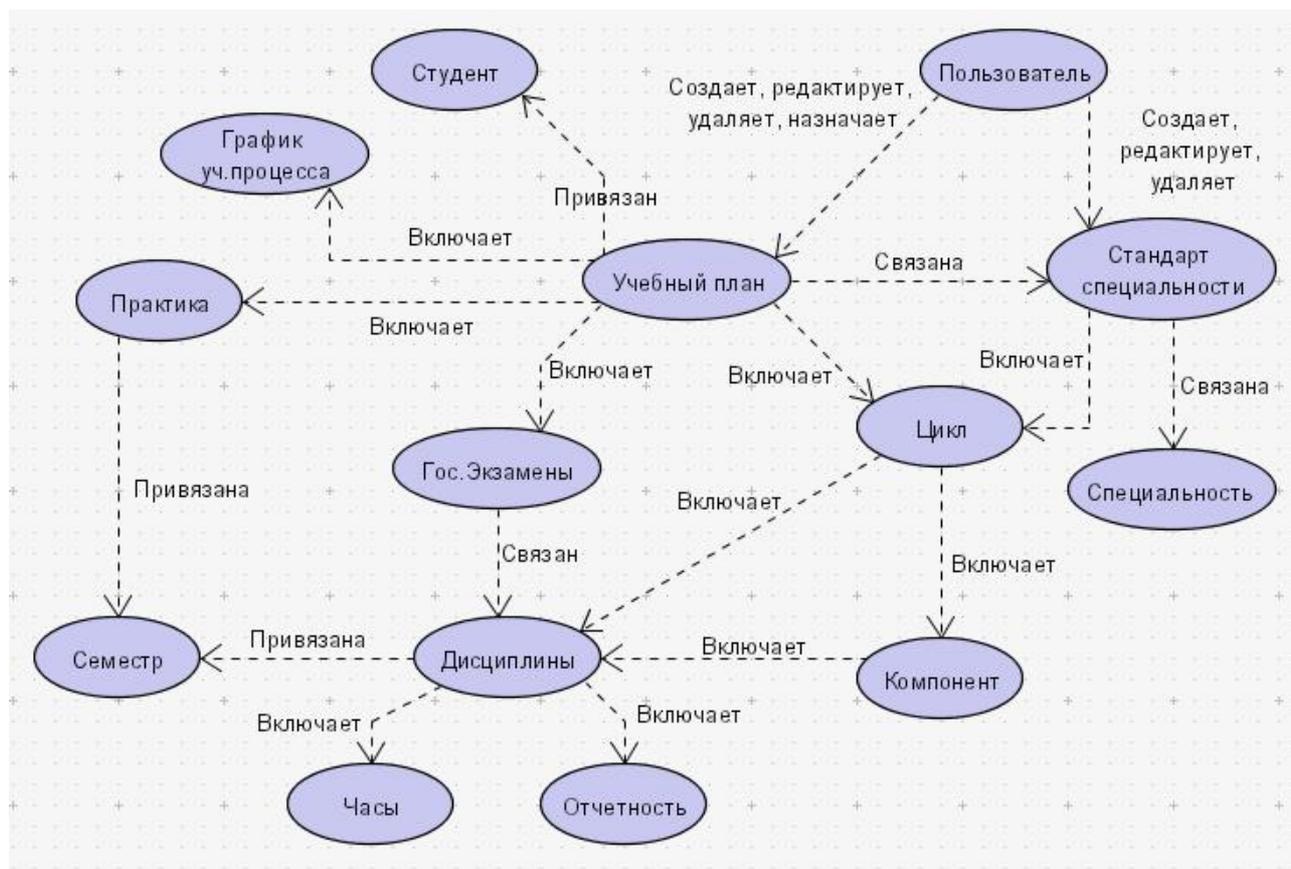


Рисунок – RDF-модель подсистемы «Учебные планы»

В соответствии с предложенными решениями, разработана модифицированная структура хранения данных.

Для проверки эффективности новой структуры данных было проведено сравнение на наборе типичных запросов к РУП. Сравнение скорости работы системы с новой и старой структурами хранения данных проходило на сервере разработки, производительность которого в несколько раз ниже рабочего.

Слабым местом при работе с учебными планами была низкая скорость вывода РУП, поэтому ниже приведено сравнение скорости отображения РУП (таблица).

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что новая структура данных существенно эффективнее старой, наибольшей эффективности новая реализация достигает при отображении больших учебных планов, которых в ИС «Деканат» подавляющее количество.

Таблица – Сравнительное тестирование

Относительный размер РУП	Время вывода РУП		t ₂ /t ₁
	Новая структура данных (t ₁)	Старая структура данных (t ₂)	
Маленький (~40 строк)	7с	68с	9,7
Средний (~90 строк)	13с	350с	26,92
Большой (>120 строк)	18с	615с	34,16

Изменение принципа вывода плана учебного процесса (УП).

Самой медленной операцией в подсистеме является вывод плана УП, поэтому был предложен иной вариант ускорения работы данной операции. Для повышения скорости вывода плана УП, построенного на основании новой структуры хранения данных, будем использовать вспомогательную таблицу (Snapshot – снимок, текущее состояние УП), в которой будем хранить весь план УП в той форме, как он должен выглядеть в WEB интерфейсе. Получить план из Snapshot можно будет, используя только один запрос к таблице.

Принцип данного подхода заключается в следующем: для вывода определенного плана в первый раз, будем копировать сформированный план из структуры данных в Snapshot, а затем из него будем считывать данные сразу в WEB интерфейс. Вывод плана в первый раз будет проходить несколько медленнее по сравнению с изначальным вариантом, из-за внесения данных сначала в Snapshot. Для повторного получения плана уже не понадобится обращаться ко всей структуре хранения данных, а только необходимо будет считать его из Snapshot, что позволяет в десятки раз увеличить скорость выполнения операции по выводу плана УП.

Единственным недостатком описанного механизма является уменьшение скорости выполнения операции по редактированию плана, так как при изменении плана УП придется одновременно с изменением в структуре хранения данных изменять и данные в Snapshot, в том числе и пересчитать все суммы часов, затрагиваемые после редактирования, что займет некоторое время. Сложность внедрения данного механизма заключаются в трудоемкости его реализации, так как необходимо очень внимательно следить за изменениями в реальной структуре хранения данных и в Snapshot, чтобы в любой момент времени данные в структуре и в Snapshot были одинаковы. На практике Snapshot является достаточно большой таблицей, состоящей из 37 полей.

Выводы. Для решения поставленной задачи по увеличению скорости работы с подсистемой «Учебные планы» были представлены два направления ее решения.

В первом случае использован объектно-ориентированный подход к построению системы, благодаря которому разработана новая структура данных, обеспечивающая более эффективную скорость работы с подсистемой. При тестировании новой реализации подсистемы, было проведено сравнение скорости отображения РУП. Новая структура данных позволила повысить скорость отображения учебных планов от 8 до 34 раз в зависимости от размеров УП. Наибольшая эффективность новой реализации достигается при отображении больших УП, которых в системе преобладающее количество. Внедрение новой структуры данных сопряжено с большой трудоемкостью по причине ее взаимосвязи с другими подсистемами. Во втором случае для решения проблемы был использован механизм построения вспомогательной таблицы (Snapshot) для хранения плана УП, структура которой исходила от представления плана в интерфейсе подсистемы. Описанные варианты решения поставленной задачи в будущем планируется внедрить в рабочую эксплуатацию.

Литература

1. Oracle 9i Программирование на языке PL/SQL / Скотт Урман // Издательство «Лорри», 2002.
2. Юртов Е.П. Реализация аналитической информационной системы Деканат. / Юртов Е.П. // КемГУ, 2004
3. Гудов А.М. Об одной технологии создания web-интерфейса к программному обеспечению [Текст] / А.М. Гудов, Е.А. Ростовцев // Информационные недра Кузбасса: Труды III региональной научно-практической конференции.- Кемерово: ИНТ, 2004. – С. 84 – 88.
4. Афанасьев К.Е., Гудов А.М., Завозкин С.Ю. Интегрированная аналитическая информационная система управления университетом (основные элементы) // КемГУ, 2009
5. Объектно-ориентированная методология разработки сложных систем. Учебное пособие. / Т. В. Глотова // Пензенский государственный университет, 2001

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.М. Гудов, Е.Д. Климентьева

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Организации существуют для достижения стоящих перед ними целей. Степень реализации этих целей показывает, насколько эффективно действует организация, т.е. насколько эффективно используются организационные ресурсы.

Показатель прибыли позволяет оценить эффективность работы организации в целом, складывающейся из эффективности использования всех организационных ресурсов, в том числе каждого сотрудника. Естественно, что сотрудники неодинаково выполняют свои производственные обязанности - в любой организации или подразделении есть лидеры, аутсайдеры и середняки. Однако, чтобы провести эту дифференциацию, необходимо иметь единую систему оценки эффективности выполнения каждым сотрудником своих должностных функций. «Не вызывает сомнения, что задачи связанные с оценкой труда рабочих специальностей решаются достаточно просто. Здесь всегда показатели, по которым происходит оценка, и есть шкалы измерения. В качестве таких показателей могут использоваться, например, количество и качество токарных изделий, выработанным станочником за определенный период времени; объем угля, добытого шахтером за смену и т.д.» [1].

Питер Ф. Друкер отмечает, «что система измерений и оценок – от организации производства и учета до контроля качества, - используемая в отношении физического труда не применима к труду интеллектуальному» [2].

В настоящее время нет достаточно адекватной оценки реализации управленческих решений, включая оценку деятельности персонала управления. Более того, «в современных монографиях по науке управления большинство исследователей, сознательно или нет, обходят стороной проблему количественной оценки исполнительской деятельности» [3].

Исполнитель всегда достаточно негативно относится к тоталитарному контролю и в то же время ревниво относится к результатам своего труда, опасаясь необъективной оценки со стороны руководителя.

Руководитель в свою очередь заинтересован в качественной и своевременной реализации управленческих решений, с наименьшими затратами со своей стороны.

Таким образом, требования к оценке со стороны исполнителя и руководителя можно сформулировать так: прозрачность оценки как со стороны руководителя, так и исполнителя; возможность диалога и «обратной связи между ними»; оперативность и достоверность результатов оценки; влияние на конечные результаты деятельности организации; поощрение и стимулирование сотрудника на повышение эффективности исполнительской деятельности; возможность оценивания в разрезе одного или множества поручений на любом интервале времени; инвариантность к типу и виду собственности организации; универсальность по отношению к особенностям как руководителя, так и исполнителя; понятность показателей оценки, возможность их качества и оценки.

Исполнительская деятельность представляет собой процесс, направленный на получение результата при выполнении конкретного поручения исполнителем в ходе реализации управленческих решений в организации.

Исходя из требований, предъявленных к оценке, первоначальную декомпозицию исполнительской деятельности будем проводить с использованием формальной модели структуры социально-экономической системы.

В данном случае в качестве субъекта деятельности выступает исполнитель. Под исполнителем понимается лицо, принимающее решение из числа работников, составляющих персонал аппарата управления организации по следующим категориям: высшее звено руководителей, среднее звено руководителей, низшее звено руководителей, специалисты.

В качестве средств деятельности предполагается рассматривать профессиональные знания, опыт, навыки, информацию, компьютерную технику, оргтехнику, различные носители информации и оборудование рабочего места.

Технологию управления организацией можно представить в виде методов планирования, организация контроля, анализа труда, материального и морального стимулирования.

Окружающую среду исполнителя представляют коллеги, работники других подразделений, составляющих коммуникационное, информационное, психологическое пространство жизнедеятельности организации.

С учетом вышеизложенного исполнительскую деятельность с использованием формальной модели структуры представим в виде набора элементов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Декомпозиция исполнительской деятельности как процесса

Производительность исполнителя непосредственно зависит от вложенной им энергии, поэтому можно утверждать, что при прочих равных условиях оценка исполнителя, затратившего больше усилий, должна быть выше, оценки другого – затратившего меньшее количество энергии.

Измерение умственных нагрузок, их уровня и структуры не может быть в настоящее время осуществлено психофизиологическими методами, поскольку отсутствуют объективные способы количественной оценки умственной деятельности как биологического процесса. Решение этой задачи возможно иными методами.

Следовательно, исходя из того, что умственная нагрузка любого работника адекватна уровню сложности производственных поручений, которые он при этом решает, то дальнейшую декомпозицию исполнительской деятельности будем производить по элементу исполнитель (рисунок 2).

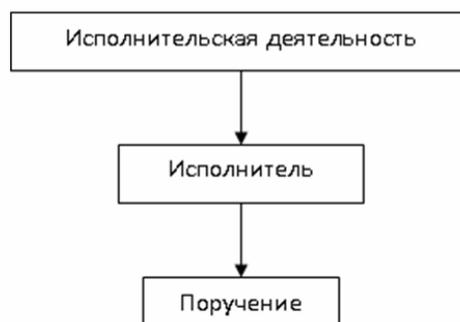


Рисунок 2 – Три уровня декомпозиции исполнительской деятельности

Если под субъектом исполнительской деятельности понимается исполнитель, то в качестве объекта исполнительской деятельности можно предложить поручение. Понятие «поручение» выступает как единица контроля исполнения документированного решения. Поручение – некоторое действие, имеющее одного исполнителя и определенный срок. Как было выше сказано, умственная нагрузка любого работника адекватна уровню сложности производственных поручений. Тогда задача оценки умственной нагрузки может быть сведена к определению характеристик двух факторов: получаемой информацией и результативностью решений.

Как утверждает Ю.Д. Красовский [6], эффективность руководства важно оценивать по совокупному конечному результату: не то, какой вклад внес руководитель в его достижение, а то, что получилось на самом деле. Если хочешь узнать, как работает руководитель, то

выясни, чего добиваются его работники: по тому, каких результатов они достигают, становится ясно, как он руководит.

Данный подход представляет развитие концепции управления по результатам, которая была сформирована в консультационной практике финских ученых. Согласно их концепции нужно определить ключевые результаты для каждого руководителя подразделения, назначить сроки и добиваться их соблюдения, максимально используя все ресурсы.

Красовский, опираясь на вышеизложенную концепцию, приводит свою методику конечной оценки. В отличие от финских ученых он предлагает проводить «развернутую оценку конечного результата каждый раз, когда он «имеет место быть», причем особенное внимание, по его мнению, необходимо уделять именно составлению такой «развернутой оценки» [6].

Методология составления «развернутой оценки» состоит из следующих этапов. Во-первых, оценивается конечный результат с точки зрения того, что он дает каждой из стратегий, обозначенных целью организации и утвержденных высшим звеном управления.

Во-вторых, анализируется временной диапазон действия полученного результата. «Конечный результат только тогда может быть эффективен, когда ценой небольших усилий достигается либо долгосрочный эффект, либо отсроченный, когда создаются заделы для будущей успешной деятельности фирмы» [6].

В-третьих, взвешивается влияние результата на различные интересы: внешние – поставщики, подрядчики, клиенты, партнеры; внутренние – руководители подразделений и служб, специалисты, прочие работники.

В-четвертых, отражаются затраты времени на достижение конечного результата.

Опираясь на эти методологии, составим параметры оценки на основе характеристик, которые можно получить практически из любой СЭД.

Заметим, что для любой (имеется в виду системы, широко представленные на российском рынке) реализации поручения в СЭД может иметь следующие атрибуты.

1. Заданное время выполнения поручения; реальное время выполнения поручения.
2. Источник инициирования поручения.
3. Уровень агрегированности поручения А, т.е. наличие уровней иерархии, на которых будет производиться выполнение поручения.
4. Тип (наименование) документа, к которому прикреплено поручение.
5. Уровень иерархии.

Эти характеристики можно связать между собой и получить параметры элемента поручения, исходя из принципов декомпозиции, количественная оценка каждого из параметров лежит в интервале от 0 до 1. В состав итоговой оценки войдут такие параметры как: точность в сроках, уровень инновационности поручения, уровень агрегированности поручения, приоритет, параметры исполнителя (квалификация, стабильность выполнения поручений, напряженность труда, загруженность, загруженность текущая).

Адекватность полученной модели была показана на произвольном примере, рассчитанным по методу экспертных оценок [1].

Очевидно, что уровень исполнительской деятельности конкретного сотрудника в течение определенного периода времени можно оценить только в сравнении с аналогичной деятельностью других сотрудников. Будем называть этот уровень рейтингом.

Рейтинг исполнителя предполагается рассчитывать в виде коэффициента исполнительской деятельности (КОИ). Для расчета КОИ были использованы пять нижеописанных способов.

1. Расчет рейтинга без использования абсолютной оценки [1]

$$\text{КОИ}^{Pi} = \frac{\sum_{n=1}^N W_n^{Pi}}{\sum_{n=1}^N W_n^{Pi} + \sum_{m=1}^M W_m^{Pi}}$$

здесь в числителе стоит суммарная оценка выполненных поручений (N - количество выполненных поручений), а в знаменателе – сумма оценок выполненных и невыполненных поручений (M – количество невыполненных поручений).

2. Расчет рейтинга с использованием ранжированной абсолютной оценки (вариант 2):

$$\text{КОИ}^{Pi} = \frac{\sum_{n=1}^N W_n^{Pi} - \sum_{m=1}^M W_m^{Pi}}{N + M},$$

здесь в числителе стоит разность между суммарными оценками выполненных поручений и невыполненных поручений, а в знаменателе – суммарное количество поручений для данного сотрудника.

3. Расчет рейтинга с использованием подхода, который рассматривает оценку, как случайную величину (вариант 3):

$$W = \sum_{n=1}^N W_n^{Pi} - \sum_{m=1}^M W_m^{Pi}$$

$$\bar{W} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L W_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{L-1} \left(\sum_{i=1}^L (W_i - \bar{W})^2 \right)$$

$$\text{КОИ}^{Pi} = \frac{W_i - \bar{W}}{\sigma}$$

здесь в числителе стоит разность между абсолютной оценкой и средним выборочным значением оценки среди всех сотрудников организации, в знаменателе стоит корень из средней выборочной дисперсии, которая характеризует разброс оценок в организации.

4. Расчет рейтинга с использованием подхода, который рассматривает оценку, как случайную величину, с нормировкой (вариант 4):

$$W = \sum_{n=1}^N W_n^{Pi} - \sum_{m=1}^M W_m^{Pi}$$

$$\bar{W} = \frac{1}{N + M} \sum_{i=1}^{N+M} W_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N + M - 1} \left(\sum_{i=1}^{N+M} (W_i - \bar{W})^2 \right)$$

$$\text{КОИ}^{Pi} = \frac{W_i - \bar{W}}{\sigma \left(\sum_{n=1}^N W_n^{Pi} + \sum_{m=1}^M W_m^{Pi} \right)}$$

Этот подход отличается от предыдущего тем, что средняя оценка и дисперсия рассчитывается только для поручений выполняемых этим сотрудником, а не для всех сотрудников организации.

5. Расчет рейтинга с нормировкой для средних арифметических оценок (вариант 5):

$$\text{КОИ}^{Pi} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N W_n^{Pi} - \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M W_m^{Pi}}{\frac{1}{N + M} \left(\sum_{n=1}^N W_n^{Pi} + \sum_{m=1}^M W_m^{Pi} \right)},$$

здесь в числителе стоит разность между средними арифметическими оценками выполненных поручений и невыполненных поручений, а в знаменателе – среднее арифметическое суммы оценок выполненных и невыполненных поручений.

Таким образом, была построена языковая модель исполнительской деятельности;

каждому параметру поставлена в соответствие формула для расчета; предложена методика получения оценки исполнительской деятельности сотрудника на основе совокупности поручений. Приведен вариант расчета рейтинга сотрудников и его интерпретация.

Модель специально разработана для использования в подсистеме учета поручений СЭД, внедренной в Кемеровском государственном университете.

Предложенная модель удовлетворяет поставленным требованиям. Оценка является прозрачной со стороны руководителя и исполнителя, оперативна и достоверна, инвариантна к типу и виду собственности организации, универсальность по отношению к особенностям руководителя и исполнителя.

Отличительными чертами предлагаемого подхода является: подсчет оценки автоматический, не требует наличия экспертов; значения параметров непрерывны, вследствие чего достигается большая точность и гибкость оценки; легко добавлять новые параметры; все основные параметры деятельности субъекта процесса исполнительской деятельности участвуют в оценке.

В настоящее время все больше организаций начинают использовать системы электронного документооборота, но анализ автоматизированных информационных систем в области документооборота и делопроизводства, предлагаемых на российском рынке в качестве промышленных образцов и других, показал, что ни одна из информационных систем не имеет в своем составе модуля оценки деятельности сотрудников управления. Таким образом, разработка подсистемы автоматической оценки исполнительской деятельности приобретает актуальное значение.

Данная модель оценки исполнительской деятельности универсальна. Она может применяться для подсчета рейтинга сотрудников в любых систем документооборота, так как данные, на которых основан подсчет оценки, должны обязательно храниться или рассчитываться в этой системе.

Литература

1. Ехлаков Ю.П. «Методы и технологии документационного обеспечения управленческих решений.» Ю.П.Ехлаков, В.Е.Кириенко, П.В.Сенченко.- Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2005. 176с.
2. Друкер П. Ф. Эффективный управляющий: пер. с англ. / П. Ф. Друкер. М.: СП «Бук Интернешнл», 1994. – 149 с.
3. Кириенко В. Е. Автоматизированный метод оценки исполнительской деятельности – Томск: ЦНТИ: ИЛ № 84-81, 1981.
4. Управление персоналом. Учебное пособие под ред. Б.Ю. Сербинского и С.И.Самыгина. М.: «Издательство приор», 1999 – 432 с.
5. Санталайнен Т., Воутилайнен Э. Поренне П., Ниссинен Й.Х. Управление по результатам. М., Изд. группа "Прогресс", 1993.
6. Красовский Ю.Д. Управление поведением в фирме. – М.: Инфа-М, 1997.– 358 с.

ПРОТОТИП СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ, КАК КОМПОНЕНТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА КЕМГУ

А.М. Гудов, С.Ю. Завозкин, З.В. Богомолова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

На данный момент не существует единого универсального решения проблем, вызываемых существованием на предприятиях большого числа разрозненных информационных систем (ИС). В КемГУ для решения задачи объединения существующих информационных систем в единое информационное пространство был разработан комплексный подход, включающий с одной стороны объединение информационно-ориентированного, сервисно-ориентированного и процессно-ориентированного принципов интеграции, а с другой стороны порталных технологий.

Суть трех представленных принципов интеграции заключается в следующем:

– *Информационно-ориентированный* – основан на использовании одной и той же информации двумя и более системами.

– *Сервисно-ориентированный* – основан на использовании стандартизованного описания формата передачи данных. При этом данные хранятся в единой базе данных системы middleware и имеется набор сервисов для работы с ними.

– *Процессно-ориентированный* – основан на возможности присоединения к внутренним прикладным процессам каждой ИС таким образом, чтобы не просто использовать их функции, а создать новый бизнес-процесс, который бы связал эти ИС.

Одним из наиболее сложных в реализации, но с другой стороны позволяющих добиться наибольшей эффективности, является процессно-ориентированный принцип интеграции. Для реализации данного принципа разрабатывается система управления бизнес-процессами (СУБП), являющаяся надстройкой разработанной в КемГУ системы электронного документооборота (СЭД). Основная задача СЭД - обеспечение информационно-ориентированного и сервисно-ориентированного принципов интеграции, а также автоматизация управления электронными документами [1,2].

Анализ предметной области показал, что для решения представленных задач необходима система, обеспечивающая автоматизацию управления электронными документами и бизнес-процессами. Для этого был проанализирован стандарт ИСО серии 9000 и в соответствии с полученными результатами проведен обзор наиболее используемых в России СЭД: Босс-Референт, Дело, Евфрат-документооборот, Летограф, Мотив, Directum, DocsVision, Globus, LanDocs, Optima-Workflow, Paydox. Основными критериями для обзора являлись: управление бизнес-процессами; работа с регистрационными карточками документов; создание маршрутов следования документов различной сложности; контроль исполнения; работа с типовыми бизнес-процессами; организация защищенной работы в сетевом режиме; ввод и вывод документов; поиск документов.

Результаты обзора показали, что не существует системы, удовлетворяющей всем определенным критериям, обосновали актуальность разработки СУБП КемГУ и позволили определить список требований, которым должна удовлетворять разрабатываемая система: совместимость со стандартами описания бизнес-процессов (ISO 9001:2000) и с методологией IDEF3. создание, редактирование, удаление бизнес-процессов и шаблонов бизнес-процессов; обеспечение мониторинга и управления - отображение текущего состояния бизнес-процесса; интеграция с внешними информационными системами; визуальный графический инструмент с полным набором элементов для описания бизнес-процесса; наличие программируемых элементов; возможность расширения набора элементов; наличие справочной системы.

Для описания информационных объектов СУБП и их взаимосвязей построена информационная модель (рисунок). Определения для основных информационных объектов разработаны на основе стандарта ИСО серии 9000 [5] и стандарта описания, регламентации и аудита бизнес-процесса, разработанным специалистами компании TENGRY Group. Далее представлены основные объекты информационной модели.

Бизнес-процесс (БП) - совокупность взаимосвязанных процессов, заданий и функций, описывающая реальный процесс, контролируемый руководителем, который имеет место в организации и выполняется как людьми, так и информационными системами и направлен на достижение заранее известной бизнес-цели за конечное время.

Функция – элементарное действие, автоматически выполняемое системой и возвращающее определеннный результат.

Задание – выполняемое исполнителем действие над объектом СЭД.

Поручение – действие, выполняемое пользователем СЭД, связанное со второй стадией работы с документом - исполнением документа, требующее обязательного контроля исполнения.

Процесс - устойчивая, целенаправленная совокупность заданий, связанных с конкретным электронным документом, и функций, принимающая на входе набор параметров, характеризующих объект, и выдающая на выходе результат выполнения тела процесса.

Маршрут – порядок следования документа с заданным регламентом исполнения. Маршруты могут быть последовательными, параллельными и смешанными.

Электронный документ - информационная пара $d=\langle M,C \rangle$, обрабатываемая системой электронного документооборота и циркулирующая в ней, где M – описание (метаданные) документа, C – содержимое (контент) документа.

Информационная система (ИС) – множество связанных различными отношениями документов, описывающих некоторые сущности (объекты, факты или понятия).

Эти объекты связаны между собой элементами отношений: иерархия, включение, последовательность и параллельность исполнения.

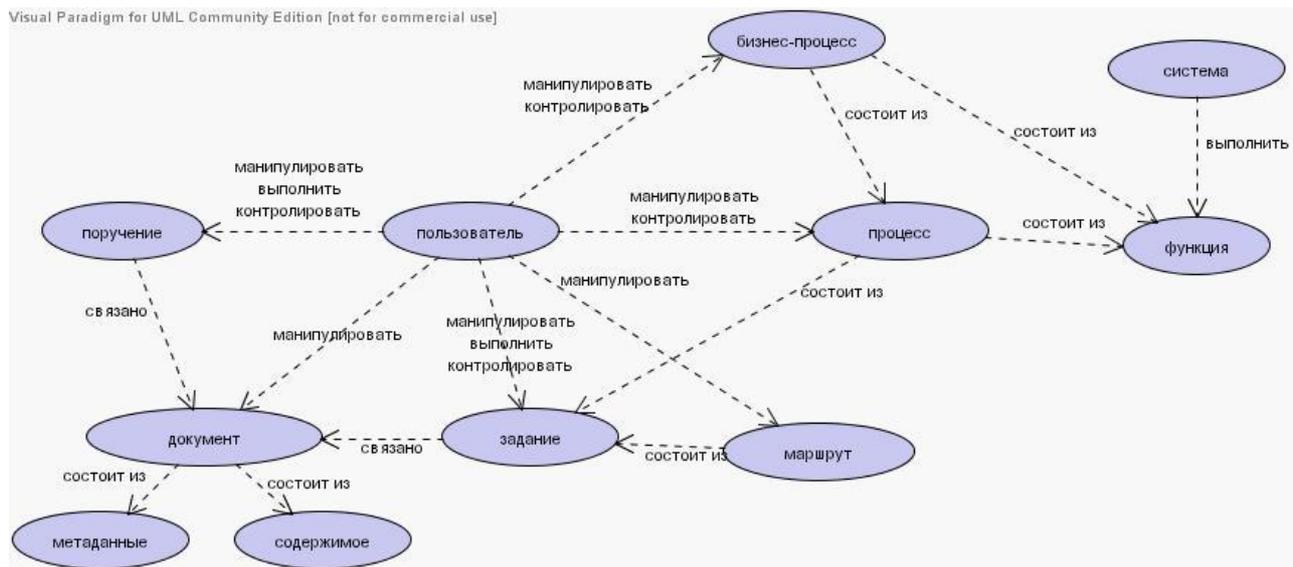


Рисунок – RDF-модель, отражающая информационные объекты СУБП и их взаимодействие

Для удобства описания и реализации механизма управления бизнес-процессами необходим специальный язык, позволяющий формализовать элементы БП и организовать взаимодействие между ними, обладающий средствами поддержки вложенных процессов, предоставляющий возможности для описания ветвлений и циклов.

В процессе поиска и выбора наиболее подходящего языка описания БП для СЭД КемГУ был проведен обзор существующих Workflow-языков. Были рассмотрены языки: XPDL, BPML, BPEL4WS, JPDL, UML. Основной задачей WF-языков является формальное описание бизнес-процесса, то есть задание его возможных состояний, в которых определены соответствующие действия; определение набора внутренних переменных, бизнес-правил, графических элементов форм, связь действий бизнес-процесса с соответствующими внешними приложениями и ролями пользователей и т. д. В настоящее время не существует единого стандартного Workflow-языка, среди международных коалиций, разрабатывающих WF-стандарты, идет «война спецификаций». На данный момент насчитывается более десяти несовместимых друг с другом стандартов, относящихся к управлению бизнес-процессами.

В условиях отсутствия единого стандарта группой ученых W. van der Aalst, A. ter Hofstede, B. Kiepuszewski, A. Barros была предложена методология систематизации и классификации WF-систем и стандартов. Они проанализировали распространенные WF-системы и стандарты, выделили в них типичные элементы, выявили наиболее часто повторяющиеся структуры и назвали их Workflow-паттернами. Одним из критериев для анализа была реализация в данных языках основных паттернов: последовательность (Sequence), исключаящий выбор (Exclusive Choice), простое соединение (Simple Merge), параллельное расщепление (Parallel Split), синхронизация (Synchronization), дискриминатор (Structured Discriminator), регулярный цикл (Structured Loop).

Среди существующих языков описания бизнес-процессов реализующих данные возможностями ведущее место занимает BPMML (Коалиция BPMI) [4]. Но в силу несовершенства всех существующих языков, как разработчикам программного обеспечения, так и организациям, выбирающим системы управления бизнес-процессами, опасно “жестко” привязываться к какому-то одному из существующих языков. Велика вероятность, что в будущем он будет кардинально переработан или все современные WF-языки будут вытеснены новым, более удобным, принципиально другим WF-языком [6]. Вследствие этого, рекомендуется не выбирать язык “жестко” привязанный к какой-либо спецификации.

Помимо этого любой выбранный язык требует адаптации к объектам разрабатываемой СЭД. Поэтому было принято решение о разработке, на основе существующей спецификации языка BPMML, языка описания БП KemsuBPD (Business Process Definition Language for KemsuWEB Applications), который наряду с перечисленными выше функциями, оперирует объектами СЭД и позволяет реализовывать необходимые СЭД и, в частности, СУБП функции. Далее представлены основные элементы языка KemsuBPD.

Базовые типы данных языка KemSUBPD: *bool* – логический тип; *text* – строки символов; *array* – наборы однотипных элементов; *date* – дата; *number* – целые числа; *real* – вещественные числа.

Правило для описания переменных: `<variable name="var_name" type="var_type" value="var_value"/>`, где *name* – имя переменной, *type* – тип переменной, *value* – значение переменной (не обязательно при инициализации). Для получения значения переменной необходимо использовать конструкцию `{{var_name}}`, где *var_name* – имя переменной.

Параметры, использующиеся для передачи данных между БП, процессами и другими объектами СУБП, подразделяются на входные (переменные, которые получает БП) и выходные (переменные, которые выдает БП).

Правило описания *входных* параметров: `<inpar type="in_par_type" name="in_par_name"/>`, где *in_par_type* – тип входного параметра, *in_par_name* – название входного параметра.

Для передачи входных параметров используется конструкция `<inpar name="in_par_name" type="in_par_type" value="{{variable}}"/>`, где `{{variable}}` – значение передаваемой переменной.

Правило описания *выходных* параметров:

`<outpar name="out_var_name" type="out_par_type" value="out_par_val"/>`, где *out_par_type* – тип выходного параметра, *out_var_name* – название переменной, *out_par_val* – значение, возвращаемое параметром.

Конструкция `^^` означает, что после выполнения программного элемента, для которого указан данный выходной параметр, на место этой конструкции будет записано конкретное значение переменной.

БП и каждый из его элементов (процесс, задание, функции) имеет свой *идентификатор* в рамках данного процесса (бизнес-процесса), также они имеют атрибут *состояние*, который принимает два значения: «выполнено» (1) и «не выполнено» (0).

Задание: `<task value="val1" id="elem_id"/>`, где *value* – номер задания. Состояние (статус) и другие параметры задания определяются по его номеру с помощью соответствующих процедур и функций.

Процесс: `<process doc_id="doc_id_val" proc_id="proc_id_val" id="elem_id"/>`, где *doc_id* – номер документа, связанного с данным процессом; *proc_id* – номер самого процесса. Статус и другие параметры процесса определяются по его номеру с помощью соответствующих процедур и функций.

Бизнес-процесс: `<bprocess name="bpname" state="st_val"> ... </bprocess>`, где *bpname* – это название бизнес-процесса. В начале БП описываются входные и выходные параметры, а далее следует последовательность заданий, функций и процессов [3].

Описание функций:

Assign – присваивание значения переменной.

`<assign name="var_name" value="var_value" id="elem_id"/>`, где *var_name* – имя переменной, *var_value* – значение переменной.

Create – создание объекта заданного типа.

Создание документа (create doc):

```
<create name="doc_id" type="doc" state="st_val" id="elem_id">
  <inpar name="in_doc_class_id" type="Number" value="val1"/>
  <inpar name="in_link" type="Varchar" value="val2"/>
  <inpar name="in_user_id" type="Number" value="val3"/>
  <inpar name="in_bp_id" type="Number" value="val4"/>
</create>
```

где *name* – имя новой переменной, соответствующей создаваемому объекту (*task_id*, *doc_id*); *type* – тип создаваемого объекта (*task*, *doc*);

Входные параметры: *in_doc_class_id* – класс документа; *in_link* – ссылка (необязательный параметр); *in_user_id* – пользователь, создающий документ; *in_bp_id* – бизнес-процесс, в рамках которого создается данный документ.

Get – получение данных об объекте СЭД:

`<get type="object_type_id" name="object_id" id="elem_id"/>`, где *object_type_id* – идентификатор типа указываемого объекта, *object_id* – идентификатор объекта.

Convert – преобразование данных из одного формата (*object_type_id_1*) в другой (*object_type_id_2*):

```
<convert object="object_id" in_type="object_type_id_1" out_type="object_type_id_2"
id="elem_id"/>
```

Script (сценарий) – запуск произвольных программных скриптов.

```
<script name="script_name" state="st_val" id="elem_id"/>
```

где *script_name* – имя и параметры запускаемой PL/SQL процедуры (функции).

Pass – передача данных.

```
<pass is_id="is_id_val" file_id="file_id_val" doc_id="doc_id_val"
format_id="format_id_val" st_val="st_val" id="elem_id"/>
```

где *is_id* – система, в которую мы передаем данные; *file_id* – файл, который мы передаем (если не задан *doc_id*); *doc_id* – документ, который мы передаем (если не задан *file_id*); *format_id* – формат, в котором система *is_id* принимает эти данные.

If (условие) – выполнение действий в зависимости от заданного условия.

```
<If val1="value1" val2="value2" op="operation">
<Or val1="value2_1" val2="value2_2" op="operation" />
<And val1="value3_1" val2="value3_2" op="" /> process1
<Else/> process2 </If>
```

где *op* может принимать значения: “eq” (ИСТИНА) – если значения равны, “ne” (ИСТИНА) – если значения не равны, “lt” (ИСТИНА) – если *value1* меньше *value2*, “le” (ИСТИНА) – если *value1* меньше либо равно *value 2*, “gt” (ИСТИНА) – если *value1* больше *value 2*, “ge” (ИСТИНА) – если *value1* больше либо равно *value2*, “mod” (ИСТИНА) – если остаток от деления *value1* на *value2* равно нулю.

All (параллельное выполнение) – параллельное выполнение всех элементов языка, заключённых внутри тегов `<all> </all>`.

```
<bprocess name="Parallel">
  <inpar .../> <task val="A" /> <all> <task val="B" .../> <task val="C" .../> </all>
  <task val="D" ... /> <outpar.../> </process>
```

Xor (один из нескольких) – выполнение только одного из элементов языка, заключённых внутри тегов `<xor> </xor>`.

```
<bprocess name="Discriminator"> <inpar .../> <task val="A" ... />
<xor> <task val="B" .../> <task val="C" .../> </xor>
<task val="D" .../> <outpar .../> </bprocess>
```

While (цикл) – многократное выполнение элементов (цикл с предусловием).

`<while val1="value1" val2="value2" op="operation">... </while>`, где *val1, val2, op* – аналогично IF.

```
<bprocess name="RegularCycle"> <inpar .../> val="A" .../>
<while val1="value1" val2="value2" op="operation"> <task val="B" .../> <task
val="C" .../> </while> <task val="D" .../>
</bprocess>
```

Предлагаемый язык позволяет запускать произвольные программные скрипты, осуществлять преобразование данных для передачи между системами. При помощи данного языка описаны для системы управления бизнес-процессами основные, используемые в обзоре паттерны. KemSUBPDL имеет возможность расширения функционала при помощи программирования дополнительных элементов.

Средства реализации СУБП:

- Система управления базами данных Oracle 10g.
- Язык программирования JAVA – в качестве основного языка написания процедур.
- Процедурный язык PL/SQL – в качестве языка написания сервисных и вспомогательных процедур и функций.
- Сервер приложений Apache Tomcat 5.4.4. предназначенный для реализации технологии Java Servlets. Он выполняет функции web-сервера.

Пакет KemsuWeb - располагается на сервере приложений и обеспечивает единую среду для создания приложений, основанных на трехуровневой архитектуре в среде Internet за счет адаптеров, которые удовлетворяют различные потребности разработчика: в операциях с Oracle, в защите информации, в управлении ходом приложения. Пакет разработан в ЦНИТе КемГУ.

На основании построенного комплекса моделей реализован прототип СУБП, включающий интерпретатор языка KemsuBPDL, модуль управления движением документов, модуль управления БП, модуль обеспечения интеграции ИС.

Данные модули и интерпретатор KemsuBPDL вошли в состав СЭД, в настоящее время внедренной в тестовую эксплуатацию в КемГУ. По результатам эксплуатации комплекс моделей будет скорректирован и произведена соответствующая модернизация данных модулей СУБП. Остальные модули (например, модуль графического моделирования и мониторинга выполнения БП, модуль работы с шаблонами БП), на данный момент реализуются в соответствии с разработанным комплексом моделей. После реализации также планируется внедрение их в эксплуатацию в КемГУ.

Литература

1. Гудов, А. М. Создание информационной среды образовательного учреждения с использованием портално-интеграционного подхода [Текст] / А. М. Гудов, С.Ю. Завозкин // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные недра Кузбасса. IT – технологии», Кемерово, 2008. – с.148-155
2. Завозкин С.Ю. Процессно-ориентированная интеграция приложений при помощи системы электронного документооборота [Текст] / А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин // Вестник ТГУ. – 2006. -№ 19. – Приложение. Материалы международных, всероссийский и региональных научных конференций симпозиумов, школ, проводимых в ТГУ. – С. 20-27.
3. Гудов, А. М. Разработка языка высокого уровня для обеспечения управления бизнес - процессами [Текст] / А. М. Гудов, С.Ю. Завозкин, Е. А. Душин // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные недра Кузбасса. IT – технологии», Кемерово, 2008. – с. 241-246
4. Корпорация: языки управления бизнес-процессами. BPMML [Электронный ресурс] / <http://www.citforum.ru/internet/xml/bpml/>
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2001: Системы менеджмента качества. [Электронный ресурс] / http://bib-gost.narod.ru/kazestvo/gost_r_iso_9001_2001.zip.
6. Михеев А., Орлов М., Перспективы Workflow-систем [Электронный ресурс] / А. Михеев // http://wf.runa.ru/Russian/Article/Current/Stat_ya4.html

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ НА УРОВНЕ КАФЕДРЫ

А.С. Добрынин, С.М. Кулаков, Н.Ф. Бондарь

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Построение расписания работ в сложных организационных структурах требует учета большого количества разнообразных факторов и ограничений функционирования таких систем. В отличие от технических систем, наличие “человеческого фактора” в активных системах требует применения техник и методик синтеза, основанных на анализе мнений, потребностей и пожеланий субъектов активных систем (агентов) [4]. Суть предлагаемого подхода заключается в использовании целевых функций субъектов учебного процесса (студентов, преподавателей) для формирования расписания применительно к работе кафедры (кратко – кафедрального расписания), используемого в дальнейшем в качестве фрагмента факультетского и общеузовского расписания занятий. В данной работе рассмотрена математическая модель кафедрального расписания, пригодная для решения задач синтеза реальных учебных расписаний.

Классическая структурная модель производственного расписания, которая рассматривается авторами в качестве прототипа; включает следующие основные компоненты: интервал планирования (календарный отрезок времени, с которым соотносится расписание); перечень работ, которые необходимо выполнить на этом интервале, и их нормативные длительности; рабочие места и их специализации по отношению к работам (станки, машины, агрегаты, производственные участки и т.п.); плановые моменты времени начала и окончания работ на каждом рабочем месте. По аналогии с данным перечнем, модель расписания занятий в современном политехническом вузе должна включать элементы, присущие производственному расписанию, а также элементы, специфичные для деятельности учебных учреждений. Модель кафедрального расписания является фрагментом общеузовского расписания и включает в себя следующие основные элементы:

- 1) Множество учебных курсов $\overline{Cr} = \{Cr_1, Cr_2, \dots, Cr_n\}$ и семестров обучения $\overline{Sm}(Cr) = \{Sm_1(Cr), Sm_2(Cr)\}$. Каждый семестр характеризуется календарным интервалом Kl планирования учебного процесса (с разбивкой на месяцы, недели, рабочие дни недели, рабочие часы суток);
- 2) Множество дисциплин $\overline{Ds}(Cs) = \{Ds_1(Cs), Ds_2(Cs), \dots, Ds_n(Cs)\}$, в составе циклов учебных дисциплин $\overline{Cs} = \{Cs_1, \dots, Cs_n\}$ каждой специальности $\overline{Sp} = \{Sp_1, Sp_2, \dots, Sp_n\}$ и направления подготовки $\overline{NP} = \{NP_1, NP_2, \dots, NP_n\}$ по которым ведется подготовка на кафедре (с указанием вида занятий $\overline{Vz} = \{Vz_1, Vz_2, \dots, Vz_n\}$ по каждой дисциплине);
- 3) Множество наименований (шифров) студенческих групп $\overline{G}(Np, Sp) = \{G_1(Np, Sp), G_2(Np, Sp), \dots, G_n(Np, Sp)\}$, обучающихся по направлениям подготовки \overline{NP} , специальностям \overline{Sp} участвующих в учебном процессе (каждое наименование отражает: факультет, специальность, год создания группы, номер однотипной группы, курс обучения); группы могут быть разделены на подгруппы $\overline{GS}(Np, Sp)$, а также объединяться в потоки $\overline{GP}(Np, Sp)$.
- 4) Множество учебных корпусов $\overline{Kp} = \{Kp_1, Kp_2, \dots, Kp_n\}$ и соответствующих типов $\overline{Tp} = \{Tp_1, Tp_2, \dots, Tp_n\}$ учебных помещений $\overline{Au}(Kp, Tp) = \{Au_1(Kp, Tp), \dots, Au_n(Kp, Tp)\}$ – аудиторий, лабораторий, компьютерных классов и т.д.
- 5) Множество преподавателей $\overline{P}(K) = \{P_1(K), P_2(K), \dots, P_n(K)\}$ соответствующих специализаций и квалификаций, осуществляющих учебную работу на кафедре \overline{K} ;

Используя введенные обозначения, представим модель структуры кафедрального учебного расписания \overline{R} в следующем виде:

$$\overline{R} = [\overline{Cr}, \overline{Sm}(Cr), Kl, \overline{Sp}, \overline{Cs}, \overline{NP}, \overline{Ds}(Cs), \overline{Vz}, \overline{G}(Sp, Np), \overline{Kp}, \overline{Au}(Kp, Tp), \overline{P}(K)] \quad (1)$$

Для обозначения использования агентов на нормативных отрезках времени проведения учебных работ (учебных часов) и занятости ресурсов (преподавателей, студенческих групп, аудиторий) применяются бинарные переменные, представленные в таблице 1. Эти переменные используются для описания “жестких” ограничений учебного процесса.

Таблица 1 – Переменные использования агентов и ресурсов в расписании

Переменная $\gamma_{d,t}^p$ занятости преподавателя p в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^p = \begin{cases} 1, \text{ занятия преподавателя } p \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (2)$
Переменная $\gamma_{d,t}^g$ занятости студенческой группы g в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^g = \begin{cases} 1, \text{ занятия у группы } g \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (3)$
Переменная $\gamma_{d,t}^{au}$ занятости аудитории au (лаборатории и т.п.) в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^{au} = \begin{cases} 1, \text{ занятия в аудитории } au \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (4)$
Переменная $\gamma_{d,t}^{p,ds}$ назначения преподавателя p на занятия по дисциплине ds в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^{p,ds} = \begin{cases} 1, \text{ преподаватель } p \text{ ведет занятие } ds \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (5)$
Переменная $\gamma_{d,t}^{p,dl}$ назначения преподавателя p на лекцию dl в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^{p,dl} = \begin{cases} 1, \text{ преподаватель } p \text{ проводит лекцию } dl \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (6)$
Переменная $\gamma_{d,t}^{p,dp}$ назначения преподавателя p на практику dp в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^{p,dp} = \begin{cases} 1, \text{ преподаватель } p \text{ проводит практику } dp \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (7)$
Переменная $\gamma_{d,t}^{au,ds}$ занятости аудитории au на занятии по дисциплине ds в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^{au,ds} = \begin{cases} 1, \text{ в аудитории } au \text{ проводится занятие } ds \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (8)$
Переменная $\gamma_{d,t}^{g,ds}$ занятости группы g на занятии по дисциплине ds в день d на интервале планирования t	$\gamma_{d,t}^{g,ds} = \begin{cases} 1, \text{ в группе } g \text{ проводится занятие } ds \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (9)$

Модель потребностей агентов представлена вектором потребностей (agent requirements) \overline{RA} , а также матрицами персональных и групповых расписаний агентов:

$$\overline{RA} = \{\overline{P}, \overline{G}, \overline{N}, \overline{Rs}, \overline{Rp}\} \quad (10)$$

Данная модель включает в себя преподавательский состав \overline{P} , студенческие группы \overline{G} , учебную нагрузку преподавательского состава \overline{N} , потребности преподавателей и студенческих групп \overline{Rp} , представленные матрицами персональных и групповых расписаний агентов. Матрицы персональных и групповых расписаний агентов, которые описывают потребности (пожелания) преподавателей и учебных групп. По сути, названные матрицы представляют собой проекты желаемых расписаний для преподавателей и студенческих групп (ПЛР, ПГР). Формальное описание матриц персональных и групповых расписаний представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Матрицы персональных и групповых расписаний агентов.

$Mr_A[d \in D] = pn_d; p_A$	pn_d - целочисленная величина (штраф или поощрение), определяющая потребность или нежелание агента A проводить занятия в определенный день d , где p_A – показатель приоритета.
$Mr_A[t \in T] = pn_t; p_A$	pn_t - целочисленная величина (штраф или поощрение), определяющая потребность или нежелание агента A проводить занятия на определенном временном интервале t , p_A – показатель приоритета.
$Mr_A[d \in D, t \in T] = pn_{d,t}; p_A$	$pn_{d,t}$ - целочисленная величина (штраф или поощрение), определяющая потребность или нежелание агента A проводить занятия на определенном временном интервале t дня d , p_A – показатель приоритета.
$Mr_A[d \in D, t \in T, r \in R] = pn_{d,t,r}; p_A$	$pn_{d,t,r}$ - целочисленная величина (штраф или поощрение), определяющая потребность или нежелание агента A на определенном временном интервале t дня d использовать тот или иной ресурс r .

Для описания модели потребностей агентов можно использовать специальный язык описания потребностей (requirement description language) RDL, с помощью которого можно задать более специфические случаи описания потребностей. RDL – это язык разметки, производный от расширяемого языка разметки (XML), используемый для описания потребностей в задачах составления расписаний.

Жесткие ограничения (hard constraints) описывают допустимые параметры и условия протекания учебного процесса. Ограничения классифицируются следующим образом:

- ограничения одновременного использования агентов и ресурсов;
- ограничения длительности непрерывного использования агентов и ресурсов на интервалах временного планирования;
- ограничения полного выполнения учебной нагрузки по дисциплинам и преподавателям (группам);
- ограничения пропускной способности ресурсов;
- ограничения наличия окон агентов;
- ограничения количества переходов между корпусами.

Ограничения а) одновременного использования агентов и ресурсов предполагают, что преподаватель, студенческая группа или аудитория не могут быть использованы более одного раза в течение нормативного интервала планирования. Формальное описание ограничений представлено выражениями (10).

$$\sum_{d,t,n} \gamma_{d,t}^n \leq 1; \quad \sum_{d,t,g} \gamma_{d,t}^g \leq 1; \quad \sum_{d,t,au} \gamma_{d,t}^{au} \leq 1 \quad (10)$$

Ограничения б) длительности непрерывного использования агентов и ресурсов на интервалах временного планирования подразумевают, что преподаватель, студенческая группа или ресурс не может быть использован менее $Sz1$ или более $Sz2$ на интервале одного или нескольких N дней. Формальное описание ограничений представлено выражениями:

$$Sz1 \leq \sum_{d,n} \sum_{t=1}^T \gamma_{d,t}^n \leq Sz2; \quad Sz1 \leq \sum_{d,g} \sum_{t=1}^T \gamma_{d,t}^g \leq Sz2; \quad Sz1 \leq \sum_{d,au} \sum_{t=1}^T \gamma_{d,t}^{au} \leq Sz2 \quad (11)$$

$$Sz1 \leq \sum_{n \in \Pi} \sum_{d=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{d,t}^n \leq Sz2; \quad Sz1 \leq \sum_{g \in G} \sum_{d=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{d,t}^g \leq Sz2; \quad Sz1 \leq \sum_{au \in AU} \sum_{d=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{d,t}^{au} \leq Sz2 \quad (12)$$

Ограничения с) полного выполнения учебной нагрузки по дисциплинам, преподавателям и студенческим группам описывают условия полного выполнения учебной работы по количеству лекций, практик, лабораторных, тренингов, самостоятельных занятий.

Выражения полного выполнения учебной нагрузки для студенческих групп строятся по аналогии с выражениями для преподавателей и здесь не представлены.

$$n \cdot \sum_{ds=1}^{\Pi} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (h1 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dl} + h2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dp} + h3 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dlb} + \dots) = sz(ds) \quad (13)$$

$$n \cdot \sum_{ds=1}^{\Pi} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (h1 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dl} + h2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dp} + h3 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dlb} + \dots) = sz(ds) \quad (14)$$

$$n \cdot \sum_{n \in \Pi} \sum_{ds=1}^{\Pi} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (h1 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dl} + h2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dp} + h3 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dlb} + \dots) = crt_{n \in \Pi} \quad (15)$$

$$n \cdot \sum_{n \in \Pi} \sum_{ds=1}^{DS} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (h1 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dl}) = crt_{n \in \Pi}^{dl} \quad (16)$$

$$n \cdot \sum_{n \in \Pi} \sum_{ds=1}^{DS} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (h2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dp}) = crt_{n \in \Pi}^{dp} \quad (17)$$

$$n \cdot \sum_{ds=1}^{\Pi} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dl} + 2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dp} + 2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dlb} + \dots) = sz(ds) \quad (18)$$

$$n \cdot \sum_{n \in \Pi} \sum_{ds=1}^{\Pi} \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T (2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dl} + 2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dp} + 2 \cdot \gamma_{d,t}^{n,dlb} + \dots) = crt_{n \in \Pi} \quad (19)$$

где $h1, h2, h3, \dots$, нормативная длительность (в часах) проведения лекционных, практических, лабораторных, самостоятельных и занятий других типов, n – количество периодических временных интервалов планирования в семестре (триместре, учебном году). В частных случаях, когда нормативная длительность проведения лекционных, практических, лабораторных и других видов работ составляет 2 часа, выражения (14), (15) могут быть приведены в форме (18),(19).

Ограничения d) пропускной способности ресурсов описывают использование аудиторного фонда. В большинстве вузов аудиторный фонд ограничен. Физически, невозможно использовать больше единиц аудиторного фонда, чем имеется в наличии на конкретный интервал планирования. В любой нормативный отрезок времени не может быть задействовано более A_{max} единиц аудиторного фонда:

$$\sum_{d,t} \sum_{au=1}^{AU} \gamma_{d,t}^{au} \leq A_{max} \quad (20)$$

Рациональное планирование учебного распорядка предполагает отсутствие окон в расписании агентов (преподавателей и учебных групп). В общем случае, ограничения e) наличия или отсутствия окон определяются потребностями субъектов учебного процесса и могут быть выражены непосредственно через целевые функции агентов. Тем не менее, в ряде практических случаев (в зависимости от требований учебного процесса), они могут быть представлены в форме жестких ограничений.

Для нумерации учебных часов, на которых преподаватель n проводит занятия, введем функцию $f(\gamma_{d,t}^n)$:

$$f(\gamma_{d,t}^n) = \begin{cases} t, & \text{если } \gamma_{d,t}^n = 1 \\ 0, & \text{если } \gamma_{d,t}^n = 0 \end{cases} \quad (21)$$

Факт проведения первого и последнего занятия преподавателем $n \in \Pi$ в день $d \in D$ определяется выражениями:

$$\alpha = \min(f(\gamma_{d,t}^n)); \quad \beta = \max(f(\gamma_{d,t}^n)) \quad (22)$$

Таким образом, жесткое ограничение, связанное с отсутствием окон у преподавателей можно формализовать в виде:

$$\sum_{d,p} \sum_{t=\alpha}^{\beta} (t - t \cdot \gamma_{d,t}^n) \rightarrow \min \quad (23)$$

Выражение (23) предполагает, что появление окон в середине, а тем более в конце рабочего дня преподавателя “менее желательно”, чем в начале (появлению окон ближе к концу дня соответствуют более высокие веса). Частный случай отсутствия окон в расписании учебных занятий преподавателя (непрерывность проведения учебных занятий) описывается выражением:

$$\sum_{d,p} \sum_{t=\alpha}^{\beta} (t - t \cdot \gamma_{d,t}^n) \equiv 0 \quad (24)$$

Переход из одного учебного корпуса в другой нежелателен, если корпуса находятся на значительном удалении друг от друга. Введем переменные, описывающие проведение занятий преподавателем p в корпусе k , а также проведение занятий у группы g в корпусе k .

$$\Delta_{d,t}^{p,kp} = \begin{cases} k, & \text{если в } d, t \text{ преподаватель } p \text{ проводит занятия в корпусе } k, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (25)$$

$$\Delta_{d,t}^{g,kp} = \begin{cases} k, & \text{если в } d, t \text{ у группы проводятся } g \text{ занятия в корпусе } k, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (26)$$

Введем симметричную квадратную матрицу расстояний между корпусами, $Dist[kp \in KP, kp \in KP] = dist_{kp, kp}$ где $dist_{kp, kp}$ расстояние между корпусами. Ограничение, связанное с минимизацией переходов между корпусами можно сформулировать для определенного дня и преподавателя:

$$\sum_{d,p} \sum_{t=1}^{Max(f(\gamma_{d,t}^n))} Dist[\Delta_{d,t}^{p,kp}, \Delta_{d,t}^{p,kp}] \rightarrow Min \quad (27)$$

Целевые функции агентов. Реализованы на основе матриц персональных и групповых расписаний агентов, описывающих пожелания (потребности) агентов по планированию своего рабочего распорядка. Потребности, связанные с использованием определенных интервалов планирования преподавателями определяются целевой функцией:

$$\sum_p \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T Mr_{t,p \in A} [d \in D, t \in T] \cdot \gamma_{d,t}^n \rightarrow Max \quad (28)$$

Потребности, связанные с использованием определенных ресурсов на интервалах планирования на графике занятий преподавателями определяются целевой функцией (35)

$$\sum_p \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T Mr_{t,p \in A} [d \in D, t \in T, r \in R] \cdot \gamma_{d,t}^{p,r} \rightarrow Max \quad (29)$$

Аналогично, потребности студенческих групп описываются целевыми функциями (36), (37).

$$\sum_g \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T Mr_{t,g \in A} [d \in D, t \in T] \cdot \gamma_{d,t}^g \rightarrow Max \quad (30)$$

$$\sum_g \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T Mr_{t,g \in A} [d \in D, t \in T, r \in R] \cdot \gamma_{d,t}^{g,r} \rightarrow Max \quad (31)$$

Литература

1. Маслов М.Г. Разработка моделей и алгоритмов составления расписаний в системах административно - организационного управления /Маслов М.Г. АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Москва: 2004.-26с.
2. Галузин К.С. Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений / Галузин К.С. - АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата физико – математических наук. Пермь: 2004.-26с.
3. Бардадым В. А. Исследование оптимизационных задач, связанных с составлением расписаний учебных занятий /Бардадым В.А. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук, Киев: 1991. -26с.
4. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами /Новиков Д.А. Москва: МПСИ, 2005. - 584с.
5. Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах /Новиков Д.А. Москва: Синтег, 2003.-312с.
6. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем /Бурков В.Н. Москва: Наука, 1977.-255с.
7. Кулаков С.М. Синтез организационной структуры системы управления персоналом крупного предприятия / Кулаков С.М., Петров Е.В., Бондарь Н.Ф. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2006, № 8, - с.40-45.
8. Добрынин А.С. В кн.: Математические методы в технике и технологиях: Труды XX международной научной конференции. Ярославль: изд. ЯГТУ, 2007, с. 226 – 227.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

А.Е. Козлов

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Арсеньев

Высшее образование в настоящее время продолжает переживать процессы изменения и всеобщей компьютеризации. Сейчас существует комплекс программ, предоставляющих пользователям все виды работ: как экономических, так и юридических, информационных и математических и т.д. Программное обеспечение определяет разнообразие информационных технологий и состоит из отдельных прикладных программ или пакетов, называемых приложениями. Для использования части приложений требуется квалификация проектировщика. Ряд приложений могут применять все пользователи.

Средства проектирования и системы программирования служат для создания экономических информационных систем, применяемых на рабочих местах работником банка, бухгалтерии, налоговой полиции, кредитно-финансового отдела для выполнения своих профессиональных функций [1]. В то же время средства использования могут непосредственно применяться информационным работником на своем рабочем месте самостоятельно или в совокупности с экономической информационной системой и даже студентами высших учебных заведений. Если раньше программные инструменты проектировщика и пользователя различались существенно, так как требовали высокой квалификации в области программирования и вычислительной техники, то сейчас эта граница стирается. С одной стороны, создаются программные инструменты, ориентированные на любого пользователя. С другой стороны, инструменты проектировщика учитывают специфику предметной области, язык общения с ними визуализируется, стандартизируется и становится понятным специалисту предметной области, что позволяет ему автоформализовать свои знания. Поэтому пользователь на рабочем месте имеет возможность реализовать посредством различных информационных технологий свои профессиональные знания.

К средствам проектирования можно отнести системы управления базами данных (СУБД), экспертные системы, системы автоматизации проектирования (САПР), типовые пакеты прикладных программ (ППП), системы электронного документооборота (СЭД),

информационные хранилища, геоинформационные системы (ГИС), системы искусственного интеллекта.

СУБД предназначены для проектирования баз данных. Если база данных размещается на нескольких компьютерах, то используются технологии распределенной обработки данных. Наиболее употребительными системами являются Foxpro, Clipper, Oracle, Informix и др.

Экспертные системы и информационные хранилища предназначены для облегчения принятия решения. Первые дают средства создания баз знаний, например система GURU, вторые - средства получения аналитических данных. Системы электронного документооборота позволяют реализовывать безбумажные технологии, на предприятии. Геоинформационные системы дают возможность моделировать сложные процессы и системы по управлению природными богатствами, экологией, информационной политикой правительств. Системы искусственного интеллекта позволяют моделировать деловые процессы, производственные и социальные технологии.

Средства использования зависят от типа обрабатываемой информации. Для обработки текстовых документов служат текстовые процессоры. Графическая информация обрабатывается посредством графических процессоров. Удобным средством обработки табличных документов являются табличные процессоры. Обмен информацией между удаленными пользователями осуществляется посредством электронной почты. Для анализа информации применяются пакеты прикладных программ (ППП), реализующие многие экономико-математические, статистические методы, методы прогнозирования и выявления тенденций, это пакеты ЭВРИКА, АЛИСА, ОЛИМП, ТЕЛЕМАР-КЕТ. Так как большинство перечисленных приложений применяются на одном рабочем месте, их объединяют в интегрированные пакеты прикладных программ для более удобной обработки смешанной информации. В последнее время появилась тенденция создавать электронные офисы, то есть пакеты программ, совмещающие обработку текстовой, табличной, графической информации, базы данных и электронную почту [4].

Организаторы работ - это пакеты программ, предназначенные для автоматизации планирования использования различных ресурсов. Существует две разновидности пакетов данного класса: для управления проектами (например, Project Expert) и для организации деятельности отдельного человека. Пакеты второго типа (например, Lotus Organizer или Outlook), выполняют функции электронных секретарей и предназначены для эффективного управления деловыми контактами.

Группа экономических пакетов включает в себя большое число программ для автоматизации экономических расчётов малых и крупных фирм [2]. В том числе - ведения бухгалтерского учёта. Наиболее известными отечественными пакетами этой группы являются программные продукты фирмы «1С». ППО «1С: Предприятие», являющиеся технологической платформой для целого семейства программ и позволяет разрабатывать программы, обеспечивающие учет, хранение и анализ всевозможной информации [5]. На базе «1С:Предприятие» разработаны три основные программы: 1С:Бухгалтерия; 1С:Торговля и склад, 1С:Заработная плата и кадры.

Кроме этих трех основных программ были разработаны: На основе 1С: Торговля и склад – 1С: Платежные документы; На основе 1С: Заработная плата и кадры – 1С: Налогоплательщик.

Две последние программы более просты и предназначены для хранения информации в электронном виде и вывода ее на печать соответствующих форм. «Платежные документы» - это счет-фактуры и платежки. «Налогоплательщик» - это справки о доходах физических лиц, реестры справок, вывод информации на электронные носители. Кроме того, «Налогоплательщик» дает возможность представления на электронных носителях всей информации, необходимой для Государственной налоговой инспекции. Сейчас программа 1С имеет большую популярность и ее возможности позволяют разрабатывать программные продукты и настройки, предназначенные для использования с продуктами 1С и являющиеся собственно отраслевыми решениями Часть из них разработана фирмами-партнерами

(например, фирма «ИНЭК», «АНАЛИТ», «АВТО», «РАРУС» и др.). Перечень конкретных отраслевых решений отражаются в «Прайс-листах». Но основой всех является программа 1С [5].

Одна из конфигураций, «Деньги» позволяет вести расчеты домашнего бюджета, то есть вести домашний бухгалтерский учет. Кроме того она позволяет оформить декларацию о доходах, в том виде, в каком необходимо для Государственной налоговой инспекции. 1С-Архив позволяет вести делопроизводство, обеспечивая разные уровни доступа пользователям экономического прогнозирования развития фирмы, анализа инвестиционных проектов, разработки технико-экономического обоснования финансовых сделок личных финансов. Например, «1С: Финансы», «1С: АФС» «Комплексная система автоматизации финансово-хозяйственной деятельности Парус» и т. д.

Правовые системы специально предназначены для юристов. К ним относятся справочно-правовые системы, содержащие нормативные акты; различные базы данных специального назначения (для автоинспекции, для уголовного розыска и пр.); профессиональные информационные системы (например, для нотариуса или адвоката); деловые игры по различным правовым дисциплинам и юридическим специальностям. Примерами является программы «Гарант», «Консультант Плюс».

Программные средства автоматического перевода принято разделять на две группы: компьютерные словари и программы для автоматического перевода связного текста. Из систем автоматического перевода в России наиболее известны Socrat и Stylus. Последняя версия программы Stylus называется Prompt.

Графические редакторы предназначены для обработки графической информации. Различают графические редакторы для работы с растровой и векторной графикой. Растровую графику применяют при разработке электронных и полиграфических изданий. Вручную средствами растровой графики выполняют только очень простые рисунки. Чаще сканируют фотографии или иллюстрации, выполненные профессиональными художниками на бумаге. В последнее время для ввода растровых изображений в компьютер широко применяются цифровые фото- и видеокамеры. Соответственно, большинство графических редакторов, предназначенных для работы с растровыми изображениями, ориентированы не столько на создание иллюстраций, сколько, на их обработку. Простейшей программой, предназначенной для создания картинок, является редактор Paint, входящий в состав операционной системы Windows [1]. Наиболее популярным редактором, применяемым для обработки рисунков, является Adobe Photoshop. Наиболее мощным, на сегодняшний день, – CorelPhotoPaint. В тех случаях, когда основным требованием к изображению является высокая точность формы, применяют векторную графику. Наиболее популярным пакетом является CorelDraw, также для этих целей используются Adobe Illustrator и FreeHand.

Пакеты демонстрационной графики являются средствами создания графических образов деловой информации. Типичным представителем этой группы является PowerPoint, входящий в состав Microsoft Office.

Настольные издательские системы (НИС) – программы, предназначенные для профессиональной издательской деятельности и позволяющие осуществлять электронную вёрстку текста. Широко используемыми в этой области пакетами являются Corel Ventura, PageMaker.

Пакеты программ мультимедиа позволяют отображать аудио- и видеoinформацию. При этом компьютер должен быть оборудован дополнительными платами, позволяющими осуществлять ввод-вывод аналоговой информации и её преобразование в цифровую форму.

Системы автоматизации разрабатываются для автоматизации проектно-конструкторских работ в строительстве и разных отраслях промышленности (САПР). Свообразным стандартом среди программ данного класса является система AutoCAD фирмы Autodesk.

Пакеты распознавания символов используются совместно со сканерами. Предназначены для перевода графических изображений символов в коды, используемые компьютером. К программам этого типа относится Fine Reader.

Математические пакеты предназначены для выполнения расчётов в символьном виде и с использованием численных методов. Такие пакеты как MatLab, Maple, Mathematica, Mascyma в основном ориентированы на использование научными работниками, обладают большими возможностями, но требуют от пользователя специальной подготовки. Особое место занимает система MatCAD. Популярность системы MathCAD объясняется достаточно широким классом решаемых задач и удобным интерфейсом, делающими её полезной и доступной большому числу пользователей. В состав математических пакетов входят функции для вычисления наиболее часто используемых статистических характеристик. Для глубокого статистического анализа данных используются такие статистические пакеты как StatGraphics и Statistica [3].

Для автоматизации проектно-конструкторских работ в строительстве и разных отраслях промышленности разрабатываются системы автоматизации проектирования (САПР). Свообразным стандартом среди программ данного класса является система AutoCAD фирмы Autodesk.

Таким образом, наличие данного комплекса программ позволяет студентам любой специальности самостоятельно или в процессе обучения осваивать новейшие информационные технологии, которые в будущем могут сыграть огромную роль при его трудоустройстве и дальнейшей работе, как по экономической, юридической, так и по технической специальности.

Литература

1. Бобцов А.А., Лямин А.В. Основы работы в среде Windows. Учебно-методическое пособие. – СПб., 2008. - 75 с.
2. Гаспарян М.С. Некоторые вопросы практического применения информационных технологий в экономике и управлении: Методическое пособие. - М.: МЭСИ, 2009.
3. Андреева И.А. Состояние и тенденции развития рынка информационных продуктов и услуг. // Информационные ресурсы России. – 2008. - № 1 (68).
4. Знаменский Ю.Н., Чугунова Г.Н. Рынок средств информатики в России и Европе // Автоматизация проектирования. – 2007. - №2.
5. Чистов Д.В. Хозяйственные операции в компьютерной бухгалтерии 7.7. Практическое пособие. Спб, «ЭЛБИ-Спб», 2006. – 592 с.

ПРОБЛЕМЫ ДОСТУПНОСТИ ДРЕВНЕРУССКИХ ТЕКСТОВ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (НА МАТЕРИАЛАХ СЛОВАРЯ РУССКОГО ЯЗЫКА XI-XVII ВВ.)

О.В. Колобкова, Ю.Н. Филиппович

Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана, г. Москва

1 Введение. Как можно представить себе изучение древнего рукописного фонда? Естественно, нужно, чтобы вся информация об этих памятниках письменной культуры была переведена в электронную форму и могла быть доставлена в любой научный центр. К числу актуальных задач создания машинного фонда древнерусского языка относятся следующие: оцифровка рукописей, рукописных и первопечатных книг, создание их факсимильных копий путем сканирования; создание специализированной текстовой базы данных по спискам рукописей XI-XVII вв.; составление многоаспектных словоуказателей древнерусских текстов (получение всех словоформ слова, получение адреса словоформы по всем введенным в систему памятникам, получение полной статистики запрашиваемой словоформы, ее контекстов всех ее грамматических форм и орфографических материалов, получение обратного словаря словоформ и др.); подготовка древних текстов к научно-обоснованному изданию; создание электронных версий источников, для эффективного доступа к ним исследователей; разработка информационно-поисковых систем и их компонентов для библиотечных и архивных источниковых фондов [1].

Специализированная база данных древнерусского языка должна содержать детальную лингвистическую информацию о текстах рукописей, важную часть которой составляют

сведения о вариативности графического представления одних и тех же словоформ в языке списков рукописей. Такие сведения позволят разрешить трудную задачу отождествления таких словоформ друг с другом.

На настоящем этапе подготовка компьютерной версии текстов древнерусских рукописей, конечно, представляется возможной, в частности, когда речь идет о текстах памятников с контролируемой текстологической традицией (таких, например, как славянское Евангелие). Памятники такого типа дошли до наших дней во множестве списков различных редакций, а при необходимости издания текста должен быть использован научно-информационный аппарат по всем спискам одной редакции. Научно-обоснованному изданию этих памятников должна предшествовать работа по созданию машинно-читаемой копий текстов рукописей.

Нужно также и осознавать тот факт, что существует кардинальная разница между теми задачами, которые стоят при вводе в память машины современного текста и вводе рукописного древнего текста. Современный текст, если он введен оператором в память машины с пропуском или неверной заменой буквы, в дальнейшем может быть откорректирован по законам современной орфографии. Древний же текст должен быть введен буква в букву, строка в строку. Пропущенная в нем буква может породить каскад ошибочных лингвистических заключений самого разнообразного характера [2].

Подобная работа требует огромных временных затрат, привлечения большого числа узких специалистов и немалых финансовых вложений. Более подробное описание наших взглядов и проведенных работ в области автоматизации научных исследований в области исторической лингвистики можно найти в [3].

В рамках представляемой в докладе исследовательской работы разработан подход (с необходимым обоснованием) к построению базы информационно-поисковых образов древнерусских источников на основе Словаря русского языка XI–XVII вв. (далее — СЛРЯ), обеспечив, таким образом, широкий доступ ученых к многообразию цитатного материала древних рукописей.

2 Характеристика СЛРЯ.

2.1 История создания.

СЛРЯ по жанру исторический, он основан на выборке лексики из памятников письменности древне- и старорусского периода. В список источников СЛРЯ входят также «Словарь церковнославянского языка» А. Х. Востокова (т. I–II. СПб., 1858–1861 гг.) и «Материалы для Словаря древнерусского языка» И. И. Срезневского (т. I–III. М., 1958 г.; переиздание 1989 г.). Круг памятников ограничен хронологическими рамками, а для лексики XV–XVII вв. — принадлежностью русскому языку. За двадцать лет издано 27 выпусков, охватывающих отрезок от А до С. За это время сложились определенные традиции, приемы в подаче лексического материала. Сейчас этот словарь представляется наиболее полным историческим словарем русского языка XI–XVII вв. [4]. В настоящее время из печати вышли 30 томов.

СЛРЯ создан на основе картотеки древнерусского языка (Картотеки ДРС) [5], хранящейся в Институте русского языка им. В.В. Виноградова РАН. Картотека представляет собой огромную базу данных цитатного материала. Это одна из значительных картотек страны: «Ее документальную основу составили сотни и тысячи памятников XI–XVII вв., опубликованных и неопубликованных, оригинальных и переводных, сохранившихся в подлинниках и списках... В ней содержатся выборки более чем из 120 житий, 165 сказаний и повестей, 67 поучений и слов, около 50 писцовых и переписных книг, 75 приходно-расходных книг, многих тысяч актов и т.д.» [6], «массив которой насчитывает около двух миллионов карточек (!)». Характерно для словаря то, что каждый Выпуск посвящен одной или нескольким буквам алфавита (таблица 1).

Значительную ценность СЛРЯ представляет цитатный материал, поскольку берется из древних источников, рукописей. Для получения цитатных материалов словаря лексикографу необходимо провести отбор источников, анализ текстов и отдельных словоупотреблений,

составление словников и словоуказателей и т. д., что требует значительных затрат времени и труда.[7].

2.2 Конкорданс.

В рамках исследований словарных текстов был составлен конкорданс СЛРЯ с применением информационных технологий на недостающие буквы (Т,У,Ф,Х,Ц,Ч,Ш,Щ,Ы,Э,Ю,Я), который в дальнейшем будет опубликован в виде нескольких книг.

Таким образом, текст СЛРЯ представлялся в форме конкорданса, т.е. словарная статья строилась по принципу: лексема — словоформа — словоупотребление. Для словоформы указывается в скобках том и страница. Статьи в словаре располагаются в алфавитном порядке лексем. Такая форма представления словарных материалов является основной и наиболее информативной (таблица2). Помимо конкорданса были разработаны и составлены: индекс словоформ (таблица3), частотный словник словоформ цитатного материала (таблица 4), частотный указатель источников (таблица 5).

Эта разработка имеет научную и практическую ценность в доработке недостающих томов СЛРЯ. Она, безусловно, будет полезной для лексикографов, историков, филологов работающих в области исследований древнерусских текстов, а также для студентов и аспирантов.

Таблица 1 - Вид текста словаря

<p>ВОЛОТЬ, ж. Стебель. Хл#бъ гораздо добрь, токмо зелень, пшеница зелена, только колосится, а иная въ волоти, такожь и ячень. Арс. Сух. Проскинитарий, 100. 1653 г. Просяная волоть — растение (золотая розга, золотень). Юдайка — просяная волоть. Леч. (Зм.), 8. 1616 г.</p> <p>ВОЛОХЪ см. валохъ</p> <p>ВОЛОЧАЙКА, ж. или м. Род занятий. А живутъ, государь, у Соли Вычегоцкие все посацькие людишка работные, повары, и водолии, и песочъники, и дровосеки, и хл#бники, и колашники, и толокъняники, и крупъники, и площадные прасолы, и волочайки, должные людишка, своими всякой дворишками для своего работного д#ла, чемъ бы мошно себя прокормити. Писц. д. I, 518. 1627 г.</p>

Таблица 2 - Пример конкорданса

хл#бног<о>	<p>ВОЛОЖНОЕ (3, 5)</p> <p>У смышленных и разумных людей, у годвог<о>* всяког<о> запасу и у рухляди, и у #ствы, и у пит<и>я, и у хл#бног<о>, и у воложног<о>, и умясног<о> ... и у ветчинног<о>, и у солонины... в запас# сходилося. Дм., 118. XVI в.</p>
ходу	<p>ВОЛОКЪ1 (3, 5)</p> <p>(Ка)мышенкою ходять на Донь, а ходу Камышенкою р#кою три версты въ степь, а тамо волоку дватцать верьсть казаки струги волочатъ. Х. Котова, 71. 1624 г.</p>

Таблица 3 - Фрагмент индекса словоформ

Словоформа	ЗАГОЛОВОЧНОЕ	СЛОВО
	(выпуск, страница)	
ядомъ	ВСЕЗЛОБНЫЙ (3, 122);	
ядоша	ВР#СНОТУ (3, 109);	

Таблица 4 - Фрагмент частотного словника словоформ цитатного материала

Абсолютная частота	Словоформа
9	фунта
8	фунтовъ
4	фунтъ
3	февраля, фунтов

Таблица 5 - Фрагмент частотного указателя источников

Абсолютная частота	Шифр источника	Полное наименование источника
186	Лавр.лет.	Лаврентьевская летопись. Вып. 1–3 (вып. 1: с. 1–289, вып. 2: с. 290–487, вып. 3: с. 489–540) // ПСРЛ. Т. 1. Изд. 2-е. Л., 1926–1928, сп. 1377 г. [воспроизведение текста изд. 1926–1928 гг.: М., 1962].
153	Дм.	Домострой по списку ОИДР. Предисл. И.Е. Забелина // Чт. ОИДР, 1881. Кн. 2. С. 1–166, сп. XVI в.

3 Информационный образ источника.

Представим конкорданс СЛРЯ в несколько другой форме. Сгруппируем все лексемы по источникам, тогда конкорданс будет иметь следующий вид, таблица 6.

Таблица 6 - Пример конкорданса, сгруппированный по источникам

Словоформа	ЗАГОЛОВОЧНОЕ СЛОВО (выпуск, страница) Цитата ... словоформа ...	Шифр источника
ходять	ВЫМАЗАТИ(3,220) Ходять по два мужика вм#сте на многие статьи, а сами ходять наги и босы толко в одн#хь штанахъ, а вымазаны вс# черною нефтью и черны, что арапы.	Х. Котова, 109. 1624 г.
широко	ВОЛОСЪ(3,7) А платье на себ# носить [авраамляне] широко , а цв#томъ кирпичнево на вс#хь, а д#лано изъ верблюжья волоса.	Х. Котова, 113. 1624 г.
ходу	ВОЛОКЪ1(3,5) (Ка)мышенкою ходять на Донь, а ходу Камышенкою р#кою три версты въ степь, а тамо волоку дватцать верьсть казаки струги волочать.	Х. Котова, 71. 1624 г.
юрты	ВЫСТАВКА(3,258) А по ннжнюю сторону города монастырь, изъ Троицкого монастыря выставка, да кузницы, а зат#мъ пошли юрты и (са)ды.	Х. Котова, 73. 1624 г.
ход	ВЬЮКЪ(3,281) А отъ низовой ход въ Шамаху по горамъ высоко и нужно, я ходять на коняхъ и на верблюдохъ и на быкахъ и на вьюкахъ, а тел#жного пути н#тъ.	Х. Котова, 76. 1624 г.

Итак, мы получаем, что источник, шифр которого – Х. Котова, 76. 1624 г. ([Петровск]ий М.Хождение на Восток Ф.А.Котова в первой четверти XVII века //Изв. ОРЯС, 1907.Т.XVII.Кн.1 С.67-124 1624г., сп. XVII в.[то же изд.: Хождение купца Федота Котова в Персию/Публикация Н.А.Кузнецовой.М.,1958]) характеризуется определенным набором цитат (таблица 7).

Таблица 7 - Фрагмент ИО источника

Ходять по два мужика вм#сте на многие статьи, а сами ходять наги и босы толко в одн#хь штанахъ, а вымазаны вс# черною нефтью и черны, что арапы.
А платье на себ# носить [авраамляне] широко , а цв#томъ кирпичнево на вс#хь, а д#лано изъ верблюжья волоса.
(Ка)мышенкою ходять на Донь, а ходу Камышенкою р#кою три версты въ степь, а тамо волоку дватцать верьсть казаки струги волочать.
А по ннжнюю сторону города монастырь, изъ Троицкого монастыря выставка, да кузницы, а зат#мъ пошли юрты и (са)ды.
А отъ низовой ход въ Шамаху по горамъ высоко и нужно, я ходять на коняхъ и на верблюдохъ и на быкахъ и на вьюкахъ, а тел#жного пути н#тъ.

Следовательно, не привязываясь к материальному носителю информации, в нашем случае – это непосредственно сами древние рукописи (источники цитатного материала СЛРЯ) – получаем информационный образ самого источника (рисунок 1).

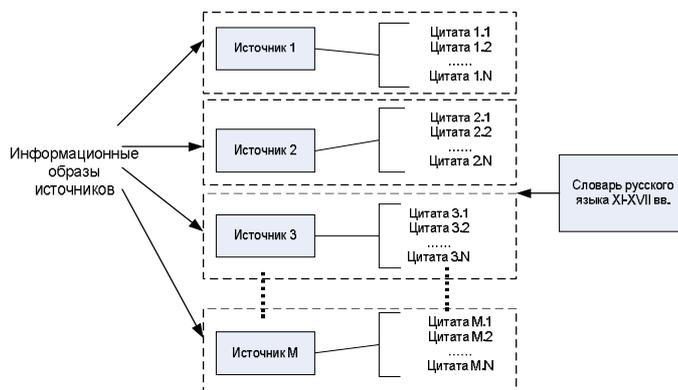


Рисунок 1 – Информационный образ источника

В ходе дальнейших разработок и исследований предполагается оценить количественные, информационные, статистические характеристики полученных информационных образов древнерусских источников, а также разработать документальную информационную систему на базе этих образов.

4 Построение документальной информационной системы

Представим информационную документальную систему в виде следующих подсистем: подсистема электронных версий документов (факсимильных копий древнерусских источников); подсистема информационных образов этих источников; подсистема обработки; подсистема хранения.

Одна из целей разработки такой системы – возможность ее использовать в дальнейшем как информационную базу для поисковых машин (рисунок 2).

Важным элементом этой системы является также и само хранилище оцифрованных источников. Немаловажное значение при этом имеет его структурная организация — система классификаторов.



Рисунок 2 – Структура формирования запроса

5 Общие требования для разработки электронного издания

Сформулируем следующие общие требования для разработки информационно-справочной системы – электронного издания материалов (конкорданса) по Словарю русского языка XI–XVII вв.:

1. Автоматизированная информационно-справочная (ИС) система СЛРЯ должна предоставлять полную и всестороннюю информацию о предмете, т.е. содержать сведения об источниках, конкордансы, частотные словники, индексы словоформ. Информация должна предоставляться в виде текста с использованием табличной информации.

2. По своей структуре ИС должна представлять собой алфавитно-частотный конкорданс со справочной информацией. Основным объектом описания в словаре является отдельное словоупотребление, т.е. конкретная словоформа в конкретном месте корпуса

текстов. Каждое словоупотребление необходимо описывать следующим набором признаков: заглавная форма слова (лексема); развернутый контекст (не менее 5 слов справа и слева); название источника и его фрагмента.

3. Необходимо обеспечить представление информации пользователю в нескольких формах, которые различаются только способом сортировки и группировки словарных статей: по заглавной форме, по частоте, по источнику и т.д.

4. Помимо статической формы представления, необходимо обеспечить возможность динамической выборки лексического материала по запросу пользователя. В запросе можно использовать, например, признаки: заглавная форма (выбрать все лексемы, содержащие некоторую последовательность букв в начале, конце или середине); конкретное название источника или его шифр.

Выполнение при проектировании и последующей разработке всех вышеизложенных общих требований необходимо для создания качественного программного продукта, реализующего автоматизированную информационно-справочную систему СЛРЯ.

5 Заключение. Данные, полученные в результате проводимого исследования могут использоваться на практике, прежде всего для получения последующих томов СЛРЯ. Но наибольшее практическое значение может представлять созданная для более чем 3500 древнерусских рукописных и первопечатных книжных источников база информационно-поисковых образов.

Следует также отметить и возможность частичного реконструирования некоторых источников, если предположить, что только до 25% материалов Древнерусской картотеки использовалось для составления словарных статей СЛРЯ, а в Картотеке они расписаны почти полностью. В этом случае такой «эрзац-фонд» можно было бы рассматривать как своеобразную электронную хрестоматию древнерусских источников, которую можно было бы использовать в образовательных целях. Особенностью использования такой хрестоматии была бы техническая возможность цитирования текста источников непосредственно в текстах авторских публикаций, минуя процедуры набора.

В настоящее время ведутся работы по трем направлениям: созданию документальной информационной системы образов источников, созданию электронной и печатной версий конкорданса. Сведения об исследованиях размещены на сайте Научно-образовательного кластера CLAIM по адресу: <http://www.philippovich.ru>.

Литература

1. Филиппович Ю.Н. Информационная технология электронного издания рукописных и первопечатных памятников древнерусской письменности. / Издательское дело и редактирование: теория, методика, практика. межведомственный сборник научных трудов. Вып.6. - М.: Изд-во МГУП, 2002

2. Астахина Л.Ю. Слово и его источники. Русская историческая лексикология: источниковедческий аспект. С послесловием Ю.Н. Филипповича. – М.: МГУП, 2006. — 365с.

3. Филиппович Ю.Н. Электронное издание рукописных и первопечатных древнерусских источников / в кн.: Л.Ю.Астахина. Слово и его источники. Русская историческая лексикология: источниковедческий аспект. С послесловием Ю.Н. Филипповича. – М.: МГУП, 2006. — С.333–365.

4. Державина, Е. И. Историко-лексикографические исследования и компьютер (на материале Словаря русского языка XI–XVII вв.) / Е. И. Державина [и др.] // Новая деловая книга.- 1997. - № 23–24.

5. Восточнославянская историческая лексикография на современном этапе. К 75-летию Древнерусской рукописной картотеки XI-XVII вв. Серия Отечественная лексикография /Под ред. Астахиной Л.Ю. (М.). – 2002. – Вып. 5. – 255 с.

6. Филиппович Ю.Н., Филиппович А.Ю. Электронный указатель источников рукописной древнерусской картотеки Словаря русского языка XI-XVII вв. // Серия: Компьютерная лингвистика. М., 2002. – С. 423.

О СИНТЕЗЕ ВУЗОВСКИХ РАСПИСАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

С.М. Кулаков, А.С. Добрынин

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Задачи составления расписаний присутствуют во всех отраслях человеческой деятельности, начиная от индивидуального планирования личных дел, встреч, заканчивая железнодорожными расписаниями, расписаниями авиационных перелетов, учебными расписаниями, проектированием распределенных информационных систем, проектированием ERP систем, протоколов межсетевой маршрутизации и т.д. Среди множества задач подобного класса можно выделить задачи синтеза медицинских расписаний, расписаний производственных работ, спортивных расписаний, транспортных расписаний, учебных расписаний, каждая из которых характеризуется своими особенностями и ограничениями.

Рассматриваемый класс задач составления расписаний применительно к высшим учебным заведениям играет важную роль в системах автоматизированного управления учебным процессом, целесообразность разработки которых проистекает из необходимости оптимизации учебной деятельности. Задача синтеза вузовских расписаний имеет следующие особенности:

- высокая и изменяющаяся размерность задачи;
- наличие существенных различий в организации учебного процесса для множества учебных заведений;
- наличие и изменчивость (от семестра к семестру) большого количества ограничений различного характера (обязательных, желательных, коллективных, персональных, количественных, качественных), требующая многовариантной постановки задачи;
- необходимость корректировки расписания по ходу его реализации, вследствие изменений в учебном процессе.

Теория расписаний позволяет решать задачи синтеза расписаний общего характера, при этом зачастую приходится сталкиваться с упрощенными вариантами постановок, в которых отсутствуют многие факторы и ограничения, важные в практических случаях.

В процессе формализации реальных задач становится ясно, что при моделировании предметной области приходится выходить за рамки типовых математических моделей задач. В частности, классическая теория расписаний предполагает, что в каждый момент времени «машина» (агрегат, станок, участок, учебная лаборатория) не может выполнять более одной операции, запрещено прерывание работ и т.д. В случае составления университетских расписаний некоторая работа может выполняться на 2х или более «машинах» одновременно.

В большинстве современных исследований задача синтеза вузовских и иных расписаний фактически рассматривается с позиции теории оптимизации технических систем [1,2,3]. При этом не учитываются принципиальные различия между реальными задачами оптимизации технических и активных (организационных, человеко-технических, социально-экономических) систем [4,5,6]. Оптимальность функционирования технической системы может быть достигнута на базе критериально-ограничительного подхода, реализация которого требует привлечения экспертов и технических специалистов. Оптимизация же активной системы представляет собой более сложную задачу, поскольку требует учета интересов и специфических особенностей людей, относящихся к объекту оптимизации. Очевидно, что при оптимизации функционирования организационной системы следует принимать во внимание целевые функции собственные ресурсы и возможные действия отдельных субъектов.

Составление вузовского расписания, по сути, представляет собой не просто создание графика выполнения работ в учебном заведении, как в сложном техническом комплексе. Это есть способ организации взаимодействия людей, обладающих определенными ресурсами и

имеющих собственные взгляды на регламент и порядок проведения работ. В рамках построения эффективной системы синтеза расписаний недостаточно предусмотреть лишь технические аспекты реализации работ, необходимо также разработать механизмы взаимодействия руководящего центра и агентов – участников учебного процесса. Поскольку оптимальное учебное расписание – это в том числе и результат пожеланий субъектов учебного процесса (преподавателей, студентов) по оптимизации своей деятельности, процедура построения расписания тесно связана с оптимизацией деятельности отдельных лиц, подразделений и всей организации в целом. При этом должны быть предусмотрены соответствующие организационные механизмы [4,5], которые позволяют принимать эффективные решения на различных уровнях взаимодействия агентов.

Необходимо также отметить целесообразность накопления и использования практического опыта формирования и реализации сложных расписаний, которое может быть осуществлено на базе так называемого прототипного подхода [7]. Последний основан на идее формирования нового объекта посредством выявления и устранения недостатков известных объектов (аналогов, прототипов) того же самого или близкого назначения. В качестве прототипов или аналогов в данном подходе нами предлагается использовать ранее реализованные высококачественные расписания учебных занятий или ретроспективно улучшенные (оптимизированные) реальные расписания, структурные элементы которых могут быть сохранены, модифицированы или существенно изменены с учетом условий нового (очередного) периода планирования.

В рамках прототипного подхода, задача синтеза вузовских расписаний может быть сформулирована на основе ретроспективно сохраненных рациональных расписаний прошлых периодов работы вуза и их базовых элементов, а также на основе выбранных критериев оптимальности и ограничений, которые должны быть использованы при решении задачи синтеза расписания для нового периода. Базовые элементы нового расписания определяются путем анализа и трансформации натуральных прототипов и аналогов, в том числе с применением метода ретроспективной оптимизации. При этом учитываются требования соответствующих нормативных документов и стандартов, регламентирующих учебный процесс.

В зависимости от формы организации учебного процесса, структуры специальностей и учебных дисциплин, подходов к обучению и традиций вуза, процедуры синтеза вузовских расписаний могут существенно отличаться друг от друга. Основная идея предлагаемого подхода (в рамках трехуровневой активной системы) показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обобщенная процедура синтеза общеуниверситетского расписания

Основная идея, заложенная в данном подходе, заключается в использовании гибкой методики синтеза, основанной на пожеланиях субъектов учебного процесса (студентов, преподавателей) и их потребностях, на ранее реализованных учебных расписаниях – прототипах и на децентрализованном подходе к синтезу общеуниверситетского расписания, когда проекты локальных расписаний составляются кафедрами, с учетом плановой учебной нагрузки и закрепленных ресурсов.

Тем самым проект локального расписания (ПЛР) является инструментом согласования интересов и действий агентов (студенческих групп, преподавателей, кафедр) и руководящего центра (учебного управления). В определенном смысле, исходный или скорректированный ПЛР является фрагментом оптимального расписания учебных занятий вуза. Проекты локальных расписаний преобразуются в реальные локальные расписания в процессе формирования и реализации общеузовского расписания. Реализованный фрагмент оптимального расписания, соответствующий определенной кафедре, сохраняется в базе данных прототипов локальных расписаний, которые впоследствии используются для формирования новых локальных расписаний, учитывающих новые условия функционирования вуза и кафедры и новые требования субъектов учебного процесса.

Детализированное описание трехуровневой активной системы синтеза общеузовского расписания представлено на рисунке 2.

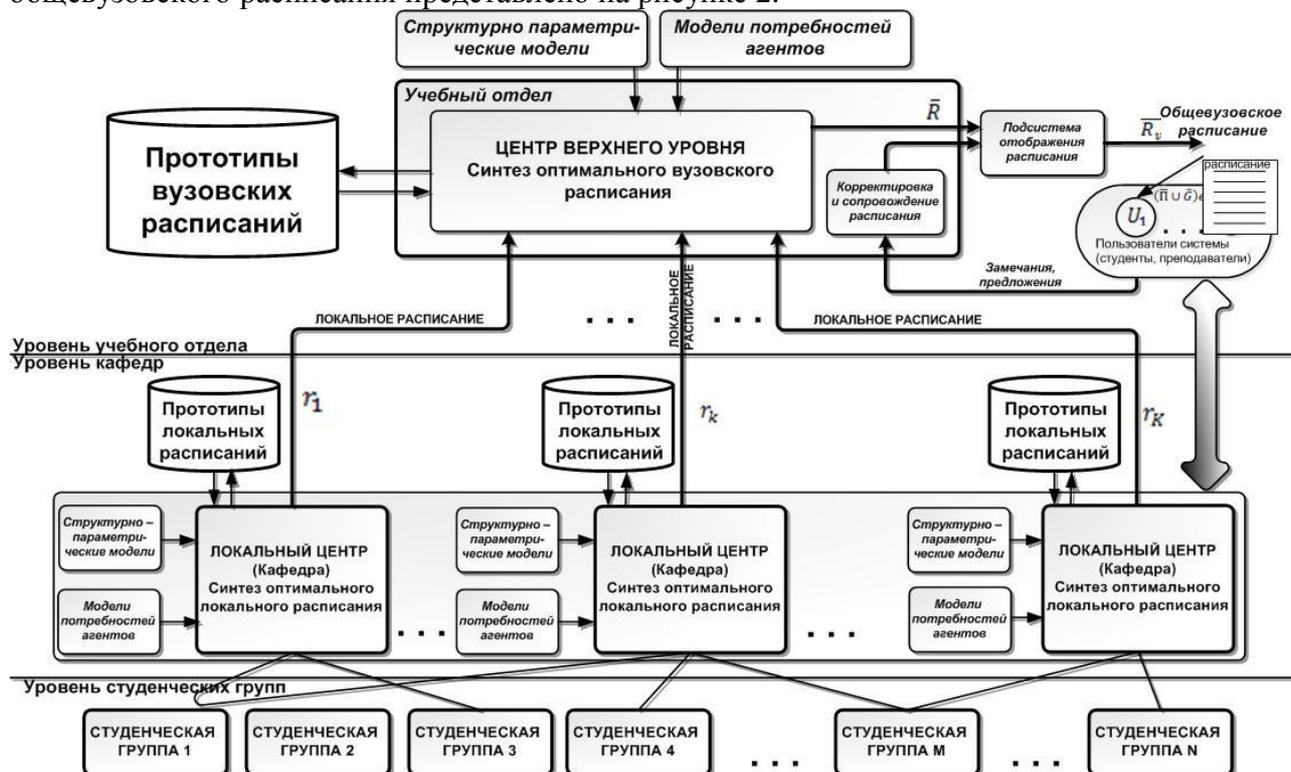


Рисунок 2 – Структура многоуровневой активной системы синтеза общеузовского расписания

Таким образом, локальные центры, опираясь на потребности агентов (субъектов учебного процесса), формируют оптимальные локальные (кафедральные) расписания, фрагменты общеузовского расписания, которые анализируются центром верхнего уровня на этапе построения расписания вуза.

Устранение коллизий между агентами и промежуточным центром достигается за счет использования моделей и методов управления организациями [4], которые, с одной стороны позволяют добиться более эффективных действий центра, связанных с организацией учебного процесса в вузе, с другой стороны, необходимы для разработки механизма синтеза расписаний, который учитывает изменяющиеся пожелания и требования субъектов учебного процесса.

Опираясь на гипотезу о том, что перечень направлений подготовки и специальностей, ГОСы, учебные планы, капитальные объекты вуза обновляются медленно можно использовать ранее реализованные семестровые расписания – прототипы на новый интервал планирования. В случае изменений в предпочтениях агентов требуется корректировать расписания – прототипы с учетом новых условий функционирования системы.

Необходимо отметить, что прототипный подход нуждается в дополнительных процедурах и методиках синтеза расписаний, в тех случаях, когда использование накопленных прототипов затруднено или невозможно по некоторым причинам. В частности,

при наличии значительных плановых изменений в учебном процессе, связанных с реформами в сфере высшего профессионального образования, сменой нормативной документации, форм обучения необходимо использовать альтернативный инструментальный синтез, который не связан с применением прототипов. Таким инструментарием может служить критериально – ограничительная оптимизация в сочетании с идеей согласованного управления Буркова В.Н [6].

Вследствие большого количества типовых элементов, присутствующих в учебном процессе вуза, необходима их четкая классификация, которая позволит выделить и описать основные элементы и взаимосвязи между ними. С точки зрения системного анализа и теории управления организационными объектами, любая система может быть задана составом и структурой, параметрами и функциями, которые определяют базовые принципы ее функционирования.

Параметры учебного процесса определяются требованиями к уровню подготовки выпускников, их квалификации, характером и структурой учебных планов, государственными стандартами и формами обучения. Деятельность учебных заведений осуществляется в рамках организационных структур, реализующих разнообразные технологии обучения и исследования, а также функции управления на различных уровнях административной иерархии. В данной работе исследуется типовая структура организационной системы применительно к задачам синтеза вузовских расписаний, представляющая собой иерархическую трехуровневую систему, показанную на рисунке 1. В состав этой организационной системы входят кафедры, преподаватели и студенческие группы (далее называемые обобщенно – агенты *A*), которые, в процессе своего взаимодействия проходят периодические фазы учебного процесса.

В работе используется простая классификация элементов, которая предлагает для описания учебного процесса использовать структурно – параметрические модели учебной деятельности; для описания структуры организационной системы – организационные элементы, а также способы и механизмы их взаимодействия друг с другом; для описания состава многоуровневой системы – информационные модели преподавателей и студенческих групп (информационные модели агентов); для описания целевых функций применяются модели потребностей агентов, которые центр может использовать для решения задач планирования и оперативного управления системой. Перечень основных моделей, используемых для синтеза фрагментов локальных расписаний и общеуниверситетского расписания, приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Модели компонентов общеуниверситетского расписания

Предлагаемая техническая структура взаимодействия программных компонентов GRID - системы базируется на технологии распределенных web – сервисов, развернутых в корпоративной сети или поверх публичных сетей (Internet), позволяет эффективно функционировать на различных программных и аппаратных платформах, независимо от сетевого программного обеспечения и используемых сетевых протоколов и служб. Архитектура многоуровневой распределенной информационно – управляющей системы «УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС» показана на рисунке 4.

Использование метаязыков для описания потребностей субъектов учебного процесса позволяет получить аппарат для описания специфических случаев анализа на оптимальность некоторой реализации расписания, которые в дальнейшем могут никогда не повториться, к

примеру, утверждение: “Преподаватель Иванов Иван Иванович не желает проводить занятия по некоторой дисциплине в понедельник, так как в это время он обычно выступает в джазовом ансамбле” является одной из форм представления описания потребностей с помощью символического алфавита метаязыка [8]. Очевидно, что для комплексной оценки оптимальности некоторой реализации расписания необходимо назначить приоритеты семантических высказываний определенных агентов, то есть сформировать критерии важности тех или иных утверждений, которые могут формировать шкалу штрафов или весов определенной размерности.

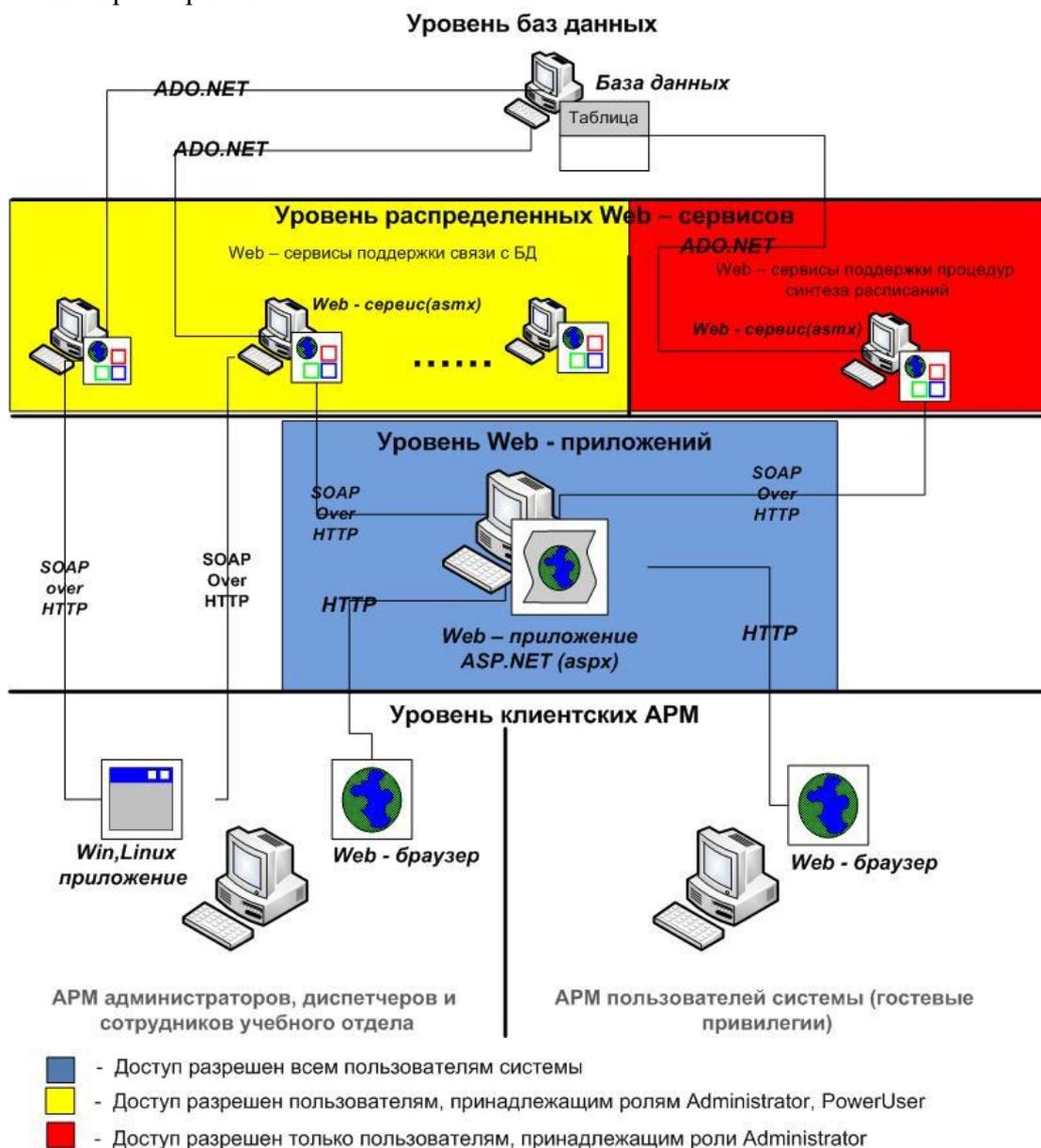


Рисунок 4 – Архитектура многоуровневой распределенной информационно - управляющей системы «УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС»

В рамках рассматриваемого подхода допускается для формализации потребностей агентов использовать технологии разметки на основе XML, XPath, XSLT. Использование XML обусловлено следующими причинами:

Язык XML является универсальным способом представления данных в абсолютном большинстве компьютерных систем.

Поддержка XML реализована в подавляющем большинстве инструментальных средств работы с данными, таких как РСУБД (Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL), RAD (MS Visual Studio .NET) и т.д.

В рамках задачи синтеза целевой функции при составлении вузовских расписаний используются следующие классы мягких ограничений, описывающие типовые виды ограничений учебного процесса:

- Доменные ограничения. Ограничения субъектов учебного процесса и ресурсов областями определенных видов
- Ограничение распределения. Ограничения, описывающие распределение во времени субъектов учебного процесса или ресурсов.
- Ограничения порядка. Являются частными случаями ограничений распределения.
- Ограничения владения. Формируются на основе семантических утверждений, описывающих принадлежность субъектов учебного процесса или ресурсов друг к другу.

Литература

1. Маслов М.Г. Разработка моделей и алгоритмов составления расписаний в системах административно - организационного управления /Маслов М.Г. АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Москва: 2004.-26с.
2. Галузин К.С. Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений / Галузин К.С. - АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата физико – математических наук. Пермь: 2004.-26с.
3. Бардадым В. А. Исследование оптимизационных задач, связанных с составлением расписаний учебных занятий /Бардадым В.А. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук, Киев: 1991. -26с.
4. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами /Новиков Д.А. Москва: МПСИ, 2005. - 584с.
5. Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах /Новиков Д.А. Москва: Синтег, 2003.-312с.
6. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем /Бурков В.Н. Москва: Наука, 1977.-255с.
7. Кулаков С.М. Синтез организационной структуры системы управления персоналом крупного предприятия / Кулаков С.М., Петров Е.В., Бондарь Н.Ф. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2006, № 8, - с.40-45.
8. Добрынин А.С. В кн.: Математические методы в технике и технологиях: Труды XX международной научной конференции. Ярославль: изд. ЯГТУ, 2007, с. 226 – 227.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ТММ-2А

Н.П. Курьшкин

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Изучение экспериментальных методов исследования кинематических параметров машин является одной из важных составных частей курса теории механизмов и машин. Эти исследования проводятся на учебной экспериментальной установке ТММ-2А. Традиционный метод исследования предполагал: настройку гальванометров шлейфового осциллографа, зарядку кассеты светочувствительной фотобумагой, запись сигналов, проявку фотобумаги, сушку осциллограммы, деление её на кадры и обработку студентами каждым своего кадра. Время лабораторной работы уходило в основном на подготовку осциллограммы.

В связи с развитием компьютерных технологий появилась возможность проводить работу на более высоком научном и методическом уровнях. Принципиальная схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.

Она состоит из электродвигателя 1, вращающего через ремённую передачу кривошип синусного механизма 2 с поступательно двигающейся кулисой, которая, в свою очередь, приводит в движение поршень воздушного компрессора 3. Аналоговые сигналы

кинематических параметров фиксируются датчиками: 4 – реостатный датчик перемещения кулисы, 5 – электромагнитный датчик скорости кулисы, 6 – тензометрический датчик ускорения кулисы, 7 – тахогенератор угловой скорости кривошипа.

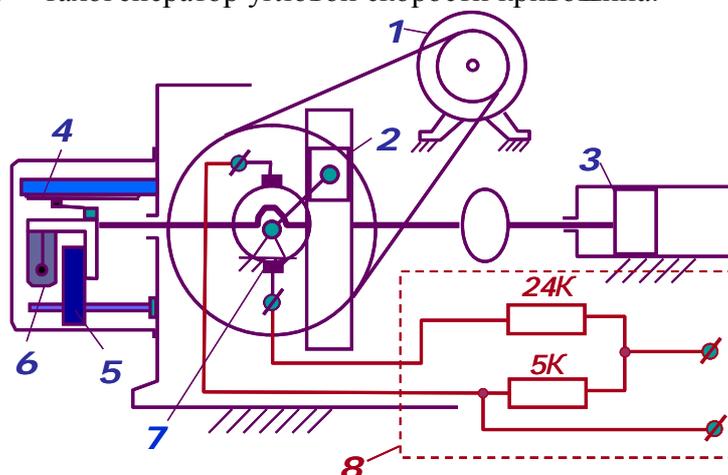


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки ТММ-2А

Проведённый анализ серийно выпускаемых систем компьютерной регистрации позволил подобрать по выходным параметрам перечисленных датчиков и входным параметрам submodule восьмиканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) *E-270USB* фирмы *L-CARD*. Ввиду того, что выходное напряжение тахогенератора (30В) не подходило под входные параметры submodule АЦП, был изготовлен переходной делитель напряжения 8 (рисунок 1). Выходной кабель АЦП подсоединялся к *USB*-порту компьютера. Принцип работы АЦП заключается в считывании входного аналогового сигнала и его преобразовании в набор импульсов. Частота набора пропорциональна уровню аналогового сигнала. Компьютер через каждые 0,01 секунды посылает запрос в АЦП и считывает частоту импульсов.

Результаты регистрации кинематических параметров обрабатывались в программной среде *PowerGraph* версии 3.3 (рисунок 2).

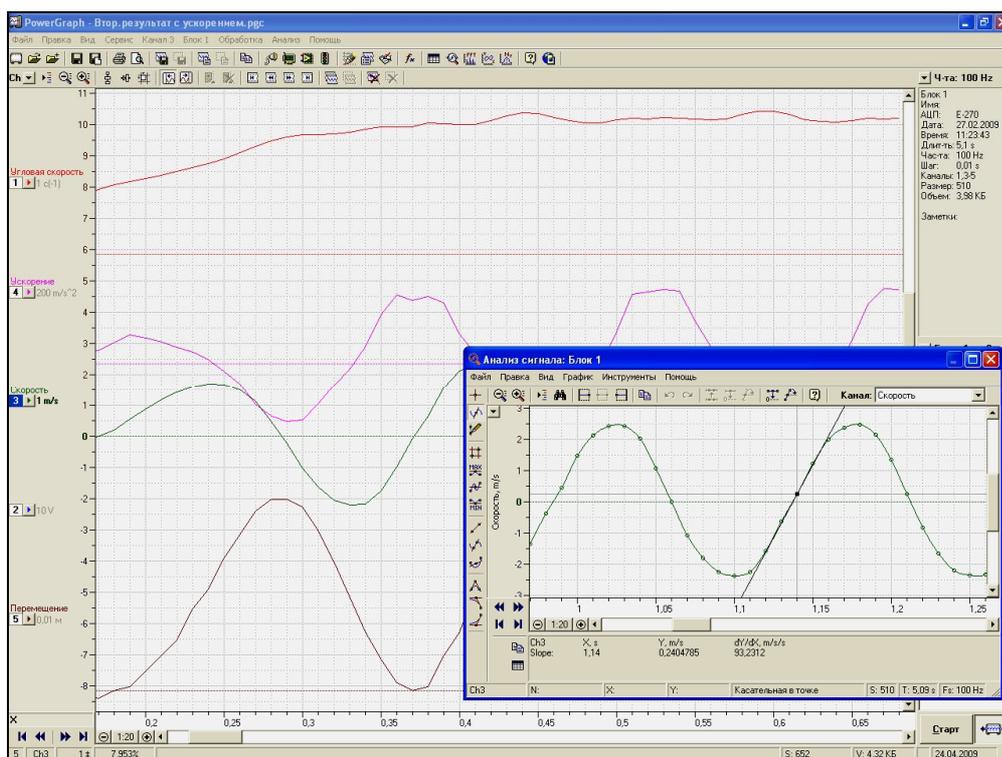


Рисунок 2 – Интерфейс программы *PowerGraph* с результатами измерения

Горизонтальная ось сигналов отградуирована в долях секунд. Градуировка осей ординат выполнялась путём предварительной калибровки каждого из каналов. Исходная информация для калибровки снималась с использованием команды «Анализ сигнала». В качестве примера на рисунке 2 в окне «Анализ сигнала» показана производная сигнала скорости (ускорение) кулисы в выделенной точке. Численное значение производной приведено в нижней части окна. Кроме этого, меню команды «Анализ сигнала» позволяет быстро и с высокой точностью определить максимальное, минимальное и среднее значения сигнала, выполнить его статистическую обработку и т.д.

На рисунке 3 приведён интерфейс спектроанализатора программы *PowerGraph*. На экране показан сигнал скорости кулисы и его амплитудно-частотная характеристика.

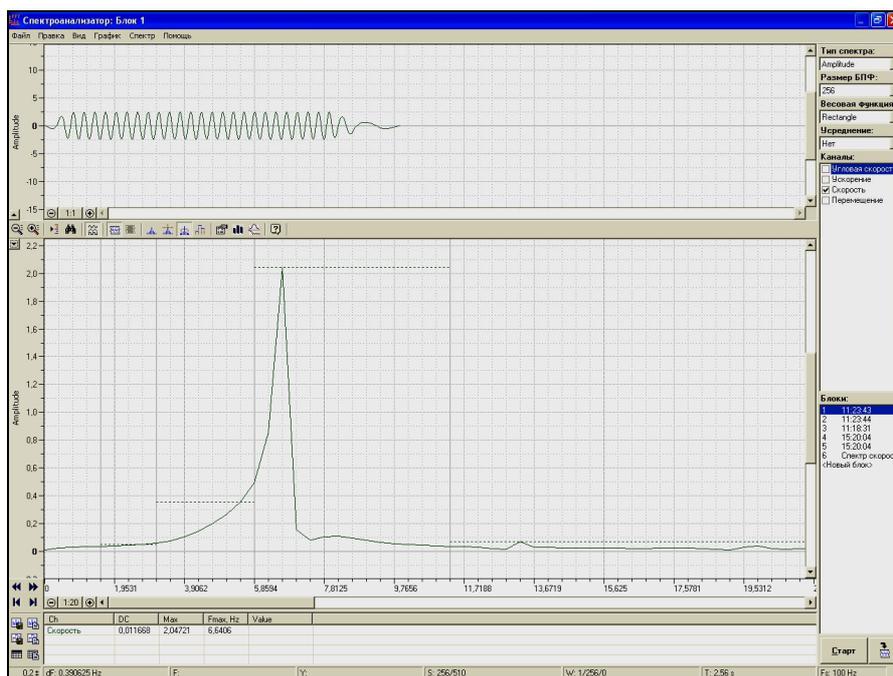


Рисунок 3 – Спектроанализатор программы *PowerGraph*

Анализируя спектр, можно рассчитать среднюю угловую скорость кривошипа и период. Максимальная частота сигнала (Гц) приведена в нижней части окна.

Таким образом, компьютерная обработка значительно расширила возможности анализа и увеличила объём и наглядность полученных экспериментальных данных. Некоторые результаты обработки приведены в таблице.

Таблица – Результаты обработки экспериментальных данных

Средняя скорость кривошипа, рад/с	41,34
Период, с	0,152
Максимальная скорость кулисы, м/с	2,02
Максимальное ускорение кулисы, м/с ²	80,08
Коэффициент неравномерности вращения кривошипа	0,0853

По результатам работы можно сделать следующие выводы. Внедрение в учебный процесс компьютерной регистрации и обработки экспериментальных данных позволило: значительно сократить трудоёмкость получения результатов; увеличить точность расчётов за счёт обработки результатов всего установленного движения и применения современного математического аппарата; расширить возможности математической обработки результатов; реализовать возможность дистанционного получения и обработки экспериментальных данных.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИЕМНОЙ КАМПАНИИ ВУЗА

М.В. Ляховец, С.П. Огнев, Н.Б. Соколова

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В настоящее время в Российской Федерации продолжается реформа образования, в том числе и высшего профессионального образования – это, во-первых, переход на двухуровневую систему образования, а во-вторых, введение единого государственного экзамена как безальтернативной формы вступительных испытаний в высшие учебные заведения. Кроме упомянутых широко известных нововведений, существуют и другие. Так, в последнее время наметилась тенденция к более широкому использованию глобальной сети Интернет при проведении приемной кампании высшими учебными заведениями. И если сначала это были в основном частные и довольно редкие попытки руководства вузов организовать свое представительство в виртуальном пространстве, ограничиваясь только справочной, реже статистической, информацией о приемной кампании, то с принятием нового федерального порядка приема граждан в вузы [1] на законодательном уровне закреплена необходимость более тесной интеграции приемных комиссий вузов в Интернет за счет дублирования всей информации на стендах приемной комиссии, и на официальном Интернет-сайте учебного заведения.

Сегодня вузы пришли к необходимости расширения функциональности АИС «Абитуриент» [2, 3], за счет последовательной реализации концепции «виртуальной приемной комиссии» [4]. Так, согласно нового порядка приема [1] необходимо дополнительно к отображению статической справочной информации о правилах приема, количестве бюджетных мест и др. реализовать следующие функции: отражение динамики количества заявлений, поданных абитуриентами на специальности и направления подготовки, реализуемые университетом; публикация полного пофамильного перечня с выделением списка рекомендованных к зачислению, а также сроков представления лицами, рекомендованными к зачислению, оригиналов документов. Кроме этого, руководством университета, учитывая все большую мобильность абитуриентов, принято решение не только принимать заявления и другие документы от абитуриентов по почте, но и организовать возможность подачи заявлений поступающими с помощью Интернета. Для выполнения поставленных задач, а также с целью обеспечения лучшей функциональности и безопасности хранения приватной информации, были созданы две базы данных: «Списки» (содержащие сведения, необходимые для автоматической генерации затребованных абитуриентами и заинтересованными лицами сведений) и «Internet-заявления» (содержащие сведения о заявлениях от абитуриентов), а также несколько программ и программных модулей в рамках существующей АИС «Абитуриент». Созданные базы данных и программные модули были гибко интегрированы в существующую корпоративную информационную систему и Интернет-сервер университета. Реализованная функциональная структура АИС «Абитуриент» представлена на рисунке.

Функционирование системы дистанционной подачи заявлений абитуриентами осуществляется по следующей схеме. Поступающие в вуз абитуриенты загружают интернет-страницу с формой, аналогичной бумажному заявлению, в которой указывают основные данные о себе и передают на интернет-сервер вуза в модуль обработки подачи заявления, реализованный с помощью языка программирования PHP. В свою очередь модуль обрабатывает полученные от абитуриентов данные, анализируя их на корректность, и если данные не удовлетворяют требованию, то выводит соответствующие замечания на странице ввода заявления, и так происходит до тех пор, пока все данные введенные поступающим не будут соответствовать требованиям. В этом случае сведения об абитуриенте заносятся в базу данных «Internet-заявления», реализованную с помощью СУБД MySQL. В свою очередь технический персонал приемной комиссии или администратор АИС «Абитуриент» с некоторой периодичностью проверяет поступившие заявления и либо вносит их в основную

базу данных «Абитуриент», либо отклоняет: в любом случае о решении приемной комиссии поступающий уведомляется с помощью электронной почты. Так как представление не всех вносимых данных можно формализовать, то было принято решение о двухступенчатой проверке: сначала автоматически с помощью соответствующего модуля проверяются формальные требования к данным, а затем оператор выдает окончательное решение о возможности принятия заявлений. Такой подход позволил, во-первых, обеспечить некоторую автоматизацию рутинных действий, а, во-вторых, обеспечить защиту информации, находящейся в основной базе данных, от непосредственного доступа из Интернета.

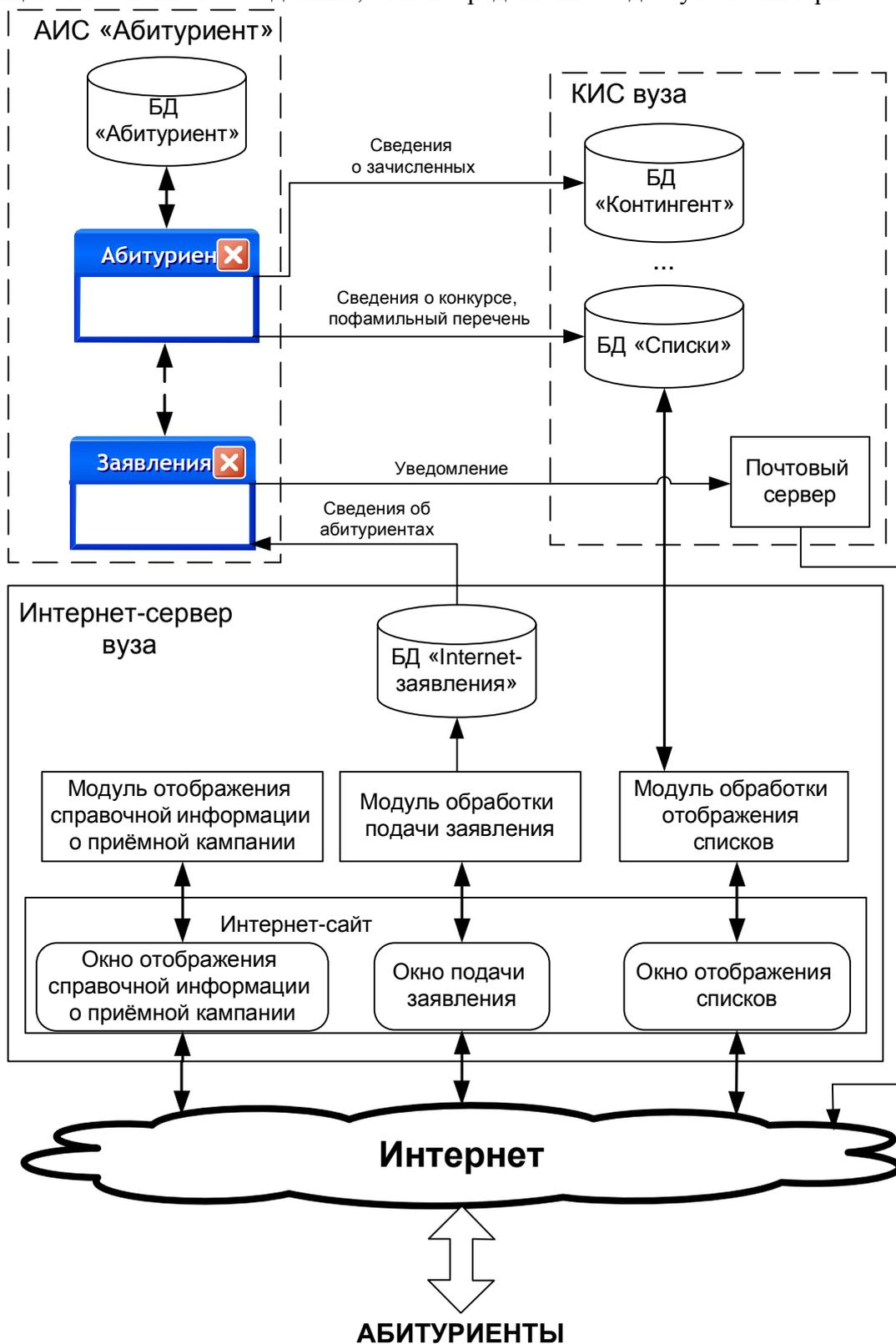


Рисунок – Функциональная структура АИС «Абитуриент»

Отображение динамически формируемых списков и данных о текущем конкурсе осуществляется несколько по другой схеме. Администратор АИС «Абитуриент» периодически, один раз в начале рабочего дня, передает сведения о текущем конкурсе по заявлениям среди абитуриентов, а также полный пофамильный перечень абитуриентов, подавших заявления в университет, в специализированную базу данных «Списки», реализованную с помощью СУБД Interbase и физически расположенную на серверах корпоративной информационной системы вуза. Абитуриенты и все заинтересованные лица загружают соответствующую интернет-страницу, выбирают тип списков, указывают параметры выборки данных. Программный модуль обработки отображения списков, в свою очередь, используя технологию CGI, с одной стороны, и технологию BDE, с другой, получает параметры выборки, формирует и выполняет запрос к базе данных, полученный результат выборки форматируется и отображается в удобном для пользователя виде. Выбранная технология позволяет, с одной стороны, гибко формировать условия отбора интересующей информации и снизить нагрузку на интернет-сервер университета, а, с другой стороны, обеспечить защиту информации, находящейся в основной базе данных, от непосредственного доступа из Интернета.

Представленная технология была успешно апробирована на практике при проведении приемной кампании ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» в 2009 году.

Литература

1. Об утверждении Порядка приема граждан в государственные и муниципальные образовательные учреждения высшего профессионального образования на 2009/2010 учебный год: приказ Минобрнауки России от 26 декабря 2008 г. №396: зарег. в Минюсте России 21 января 2009 г. N 13155.

2. Автоматизированная информационная система приема абитуриентов в высшие учебные заведения: Современные вопросы теории и практики обучения в вузе: Сб. научных трудов. Вып. 6 / Редкол.: Г.В. Галевский (главн. ред.) и др. / ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет». - Новокузнецк, 2007, С. 9-12.

3. Информационная система приема абитуриентов с учетом рейтинговых оценок: Системные проблемы надежности, качества, математического моделирования, информационных и электронных технологий в инновационных проектах (Инноватика-2007) / Материалы Международной конференции и Российской научной школы. Часть 3. – М.: Энергоатомиздат, 2007, С. 69-71.

4. Виртуальная приемная комиссия вуза: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Под общей редакцией Л.П. Мышляева; СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – Вып. 13. – Ч. IV. Технические науки. - С. 266-268.

РАДИОСЕТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Б.Г. Новокрещин, А.А.Федотов

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Вступление России в Болонский процесс, развертывание реформ образования и ввод в действие федеральных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС-3) влекут крупные изменения в содержании и организации, в формах и методах управления учебными процессами, в результатах обучения и других системных составляющих. Помимо очевидных трудностей переходного периода, новая операционная обстановка требует дополнительных затрат на осуществление новых функций, повышения адаптивности и производительного потенциала образовательных структур для сохранения качества услуг, позиций и статуса.

ФГОС-3, в частности, предписывает вузам формирование социокультурной среды и условий, необходимых для всестороннего развития личности. Учебные лаборатории и классы должны быть оснащены современными ЭВМ, объединенными локальными сетями с

выходом в Интернет. При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом со 100% выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

Безоговорочно следуя установкам ФГОС, вузы должны резко увеличить численность машинного парка и использовать для его размещения немалую часть аудиторного фонда, хотя для доступа к Internet приемлемы другие варианты, более комфортные для студентов и не столь затратные, как при централизации и концентрации вычислительного оборудования в стенах вуза. Преобладающая часть студентов имеет в наше время свои средства доступа, не уступающие учрежденческим, но в рамках действующего уставного порядка и регламента ведения занятий не востребованные в должной мере и не принимаемые вузами в расчет.

Сложившаяся за многие десятилетия техническая база вузов представляет собой весьма консервативную систему, отражающую специализацию и корпоративные интересы, специфику машинной бюрократии, господство репродуктивной дидактики и аудиторно - групповых занятий по неизменным семестровым графикам, личный опыт и предпочтения участников разработок. Нарастание состава и мощностей, расширение связей элементов закономерно приводит к усложнению этой системы, снижает ее надежность и увеличивает инерционность, приводя в конечном итоге к окончательному отказу.

Структурный кризис проявляется в неэффективном использовании вычислительных мощностей вуза и бытовой электроники, общественного времени и информационных ресурсов, требуя соответствующих системных преобразований, пересмотра технической политики и устаревших подходов к построению технологической инфраструктуры. Все более очевидна необходимость выявления и устранения наиболее острых противоречий в данной области путем рационализации состава и взаимосвязей электронного оборудования, применяемого в учебном процессе (включая обращение к ресурсам и сервисам Internet).

Перспективная инфраструктура должна соответствовать направлениям и тенденциям развития системы образования и научно-технического прогресса, характеру грядущих изменений и финансово-бюджетным ограничениям, специфике исторически сложившейся материально-технической базы, традициям и специализации вуза. Общая и главная задача заключается в определении архитектуры и конструктивных особенностей, обеспечивающих обретение системой адаптивных свойств и производительного потенциала, необходимых для гарантированного выполнения системой основных ее функций в динамике своего развития в нестабильной окружающей среде. Это предполагает снижение удельного веса и значения, консервативной части, её влияния на структурные изменения и инерционность системы, но вместе с тем - наращивание структурообразующих сил и механизмов их поддержки.

Приведение технологической инфраструктуры в соответствие с новой ситуацией предполагает уточнение границ предметной области и состава ее элементов, принципов, подходов и методов системного строительства, системных соглашений и стандартов. Важно определиться с составом и ролями участников инновационного процесса, их оснащением и специальной подготовкой, со способами координации их взаимодействия и согласования результатов деятельности. В итоге предстоит создание качественно новой социотехнической системы в составе более общих местных и глобальных структур разного рода.

Монолитной инерционной системе при этом противопоставляется блочно-модульная, компонуемая в требуемом составе для конкретных текущих нужд, вариативная и адаптивная система. Децентрализация функций и их аппаратных носителей, выделение самостоятельных функциональных модулей с фиксированными свойствами и параметрами, замена кабельной разводки там, где это возможно, радиоканалами позволяют снизить инерционность системы, расширить зону обслуживания и устранить препятствия на пути использования мобильных терминалов, имеющих у участников образовательного процесса. Неоднородные вариативные структуры в большей мере соответствуют динамичным и рассредоточенным в пространстве, персонифицированным и высокопродуктивным образовательным процессам.

Вариант комбинированной технологической платформы открытой образовательной системы (ООС), ориентированной на индивидуализацию обучения и динамичное развитие, профессиональный рост студентов, показан на рисунке 1.

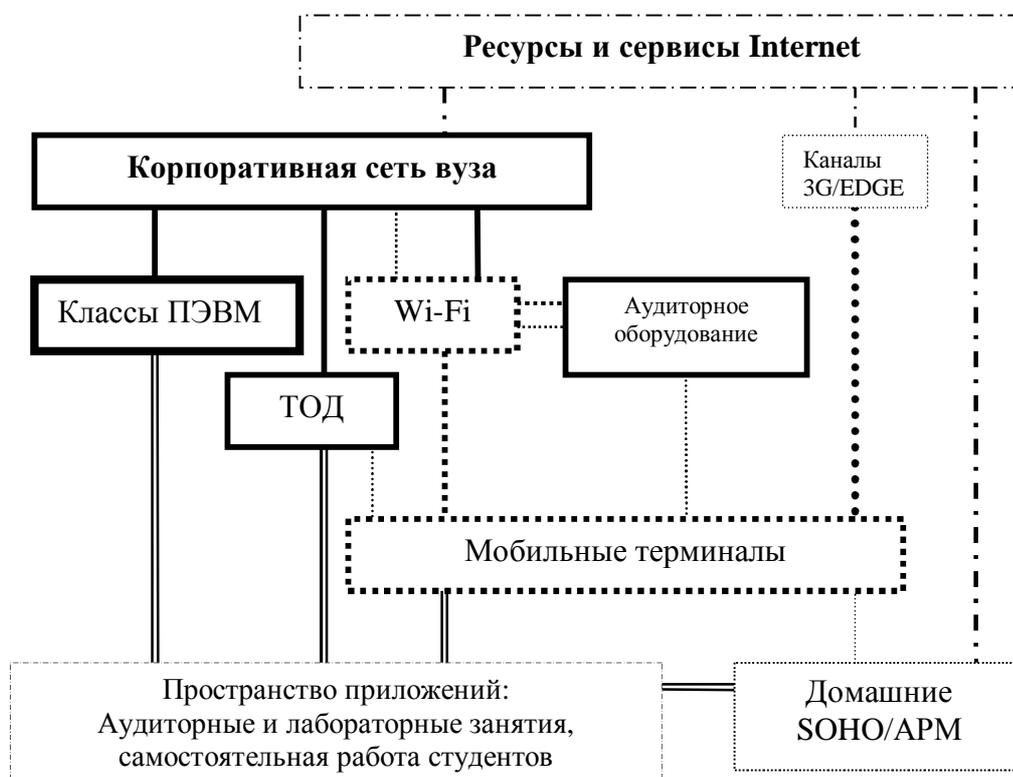


Рисунок 1 – Схема технологической инфраструктуры ООС (многоканальный интерфейс пространства приложений с Internet)

Наряду с традиционными компьютерными классами и корпоративной сетью вуза со своим информационным наполнением, в контуры перспективной инфраструктуры включены радиосети с мобильными терминалами для использования в лекционных аудиториях и других помещениях вуза, а также за его пределами. Часть аудиторного оборудования (телевизоры, видеопроекторы и др.) также может быть включена в сетевые структуры. При этом образуется ряд альтернативных каналов доступа к Internet и появляется возможность рационального выбора, перераспределения функциональных нагрузок в системе.

Существенно, что доступ к Internet при этом открыт постоянно, обеспечивая решение текущих задач в любое время и в любом месте, хотя затраты при использовании разных каналов различаются. Ожидается, что при работе в стенах вуза студент получит дешевый и надежный доступ к Internet через корпоративную сеть при помощи локальных радиосетей класса Wi-Fi или терминалов открытого доступа (ТОД), если классы ПЭВМ недоступны или неудобны для использования. При наличии мобильных устройств сотовой связи, поддерживающих стандарты 3G/EDGE, не исключается прямой доступ к Internet. Домашние ПЭВМ класса SOHO и АРМ работающих студентов рассматриваются как основное средство накопления и обработки информации в течение всего цикла обучения, стационарный сегмент персонального киберпространства с прямым или опосредствованным доступом к Internet.

Стандарт 3G (3-rd Generation) или IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) – семейство стандартов мобильной связи (TD-CDMA/TD-SCDMA, CDMA2000, DECT, UWC-136 и W-CDMA,) построения интегрированной сети, обеспечивающей высокие скорости передачи данных (для неподвижных объектов на коротких расстояниях – до 2,048 Мбит/с). Разработан Международным союзом электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) для гармонизации мобильных систем третьего поколения, обеспечения глобального роуминга, передачи мультимедиа и быстрого доступа в Internet.

Пока на мировом рынке господствует стандарт GSM, который занимает 76,8% рынка сотовой связи и обеспечивает более 88% прироста абонентов сотовой связи. Абонентская база GSM-сетей превышает 1,546 млрд. человек, а ежедневно абонентами GSM-сетей становится более 1 млн. человек. Но из 670 коммерческих GSM-сетей в 200 странах уже 116 сетей в 70 странах поддерживают технологию EDGE, а из 1700 моделей сотовых телефонов

стандарта GSM 143 соответствуют стандарту EDGE. И хотя на мировом рынке в начале 2007 года было представлено лишь 186 моделей телефонов 26 производителей, поддерживающих стандарт W-CDMA/HSPA, только за 6 месяцев было выпущено более 70 новых моделей. Число абонентов сетей 3G стандарта W-CDMA насчитывало на конец 2004 г. 16,26 млн. человек, а в 2007 году составляло 32,22 млн. при ежемесячном приросте абонентской базы около 2 млн. человек. (см. «RussiaWeek.ru», 27.10.2007).

Тенденция перехода мировой телефонии на стандарты 2.5/3/4G очевидна и широкое распространение сотовых телефонов в широких слоях населения (и прежде всего - среди студентов) является делом ближайшего (3-5 лет) будущего. В 47 городах России (включая Новокузнецк) уже проводится эксперимент по применению новых сотовых 3G-технологий, включая видеоконференцсвязь и полноформатный доступ к Internet-ресурсам. Это позволяет ведущим вузам, творческим коллективам и отдельным авторам осуществить широкий спектр инициативных проектов и инновационных образовательных технологий с применением различного электронного оборудования и видов сетевого информационного сервиса.

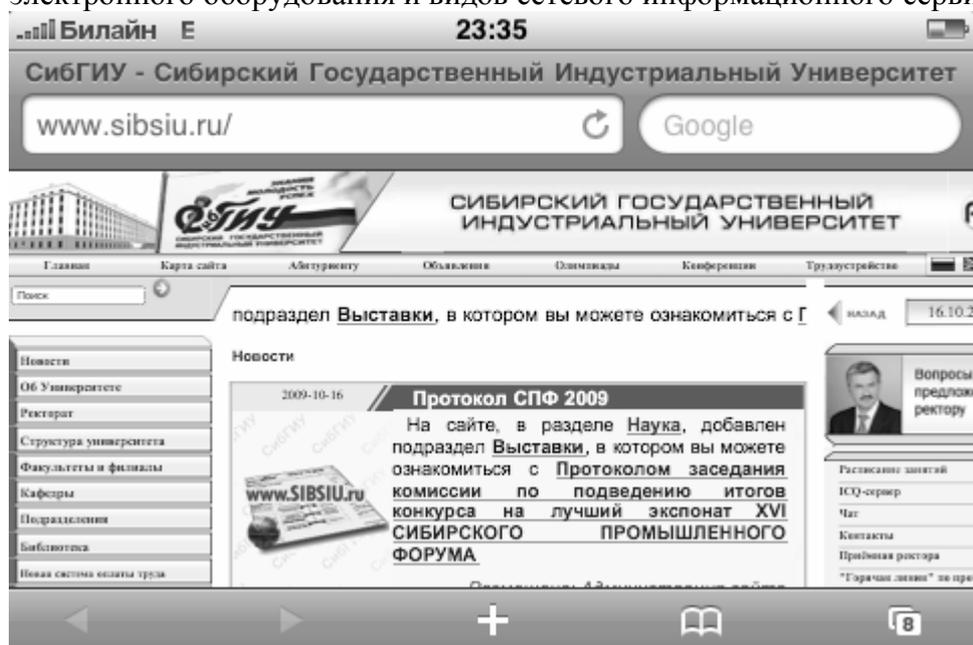


Рисунок 2 – Интерфейс сайта вуза на мобильном телефоне iPhone 3G

Особое значение для развития образовательных коммуникаций придается стандарту W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access - широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов для скоростной передачи текста, графики и видео)-«расширенный» стандарт CDMA, который может обслуживать на одну полосу в восемь раз больше абонентов и в рамках полос можно образовывать несколько подканалов: низкочастотные – для передачи голоса и факсимильных данных и высокоскоростные – для различных видеослужб и доступа в Internet.

Беспроводные радиосети Wi-Fi (*Wireless Fidelity* — «беспроводная точность») на оборудовании Wireless LAN логически дополняют 3G-технологии, обеспечивая эффективный широкополосный доступ к сетевым ресурсам вуза и Internet преобладающей части современных мобильных терминалов, поддерживающих стандарт IEEE 802.11 для беспроводных локальных сетей с радиоточками и Wi-Fi устройствами, частотами 2.400-2.483 и технологиями шифрования WEP, WPA, AES, включая основные спецификации: IEEE 802.11b (скорость до 11 Мбит/с, дальность 30-300м); IEEE 802.11g (скорость до 54 Мбит/с, дальность 30-300м); IEEE 802.11n (скорость до 540 Мбит/с, дальность 50-400м).

Особенностью Wi-Fi является ограниченная зона покрытия, зависящая от планировки и оборудования помещений, погоды и помех на пути радиосигнала, что предопределяет сферы применения таких радиосетей. Чаще с их помощью решается «проблема последней мили», когда между сетевым ресурсом (источником информации) и терминалом пользователя отсутствует удобный и надежный интерфейс. Это присуще обособленным от

корпоративной сети вуза лекционными аудиториями и библиотеками, проявляется при взаимодействии преподавателей с учебными группами, нуждающимися в своих каналах связи, а также во многих других случаях, когда имеющаяся электроника не находит должного применения. Устранение препятствий в доступе к необходимой информации резко изменяет ситуацию и позволяет реализовать более гибкие, экономичные, полномасштабные образовательные технологии.

Целенаправленное вовлечение в учебный процесс электронного оборудования многих студентов с формированием интегрированной технологической платформы позволяет на порядок увеличить численность используемого машинного парка и его вычислительную мощность, открывая возможность для решения широкого спектра ресурсоемких задач и повышения продуктивности системы. Однако «структурная революция» такого рода имеет свои особенности и нуждается в тщательной многоплановой подготовке во избежание негативных эффектов и утраты реальных возможностей, для профилактики чрезмерных затрат и предельного сокращения сроков реализации инициативных проектов.

Основная проблема заключается в быстрой комплексной подготовке основной массы непрофессиональных участников инновационного процесса к качественному выполнению предстоящих работ в рамках общей целевой программы. Вовлечение в это дело студентов с использованием их времени и средств не должно осуществляться лишь административными мерами, а типовые проектные решения могут иметь только рекомендательный характер. Для побуждения студентов к деловой и творческой активности требуется действенная система стимулирования и особая привлекательность получаемых результатов, устранение типичных трудностей и минимизация трудоемкости самостоятельных разработок.

Пропедевтический (подготовительный) цикл имеет самостоятельное и решающее значение для получения гарантированных результатов, включает обучение потенциальных участников по индивидуальным программам с охватом необходимого (и достаточного) круга вопросов. Для этого целесообразно использовать экономичные и гибкие дистанционные образовательные технологии, основанные на создаваемых телекоммуникациях, которые при этом могут подвергаться комплексным испытаниям, независимой экспертизе, сертификации.

При надлежащей постановке дела формирование студентами персональных сегментов единой технологической платформы со стационарной и вариативной её составляющими позволяет им приобщиться к соответствующим видам профессиональной деятельности и обрести определенные компетенции, как этого требуют ФГОС-3 и местный рынок труда.

О ВИРТУАЛЬНОМ СООБЩЕСТВЕ СТУДЕНТОВ, ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И ВЫПУСКНИКОВ

Б.Г. Новокрещин

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Реформирование российской системы образования осуществляется с акцентом на глубокую ее интеграцию с реальной экономикой, расширение инновационной активности и формирование профессиональных компетенций студентов, повышение роли бизнеса в управлении образовательными процессами и ответственности вузов за судьбу выпускников. Новые задачи требуют значительных структурных изменений в связях вузов с социально-экономической средой, развития и становления новых отношений с бизнес-партнерами, выпускниками и обществом в целом. Эффективность и качество внешних связей во многом зависят от их организации и технологической поддержки.

Традиционно деловые отношения выпускников с вузом фактически заканчиваются после получения диплома, хотя именно тогда они могли бы обретать новое качество и особое значение для обеих сторон, обеспечивая интеграцию учебных процессов со сферой применения полученных студентами знаний, умений, навыков и компетенций, мощную обратную связь в контуре управления профессиональным образованием, быструю коррекцию учебных программ в условиях изменяющейся операционной обстановки. Помимо

существующих механизмов государственного, регионального и муниципального управления образованием во все времена существовали неформальные связи и структуры (например, ассоциации выпускников), влияющие так или иначе на процессы обучения и воспитания студентов. В последние годы в таких коммуникациях широкое распространение получили социальные сети («Одноклассники», «ВКонтакте», «Мой Мир» и др.), позволяющие создать, укрепить или восстановить утраченные связи между людьми, объединенными общими местами обучения, работы, отдыха и т.п.

Образовательные структуры обычно рассматриваются в социальных или, точнее, в социально-компьютерных сетях (СКС) как один из классификационно - группировочных признаков, являются онтологическим ядром для объединения причастных к ним учебных групп и частных лиц. Как правило в типовых описаниях участников используются типовой набор реквизитов – идентификаторов, хотя возможно расширенное описание объектов такого рода с произвольным составом и необходимой степенью детализации сведений, представляющих практический интерес для участников общения.

Ключевым элементом в СКС является описание конкретных личностей в формате, подобном персональному резюме, с изложением определенных сведений в приемлемом для автора составе. Помимо этого возможно создание любого количества информационных блоков типовой структуры, но произвольного содержания, которые могут посвящаться конкретным учебным группам, структурным подразделениям или учреждениям в целом, инициативным проектам и общим для многих темам. В том или ином сочетании такие блоки могут быть объединены гиперссылками в более крупные структуры, содержащие кроме текстов различные фонограммы, фото и видеоматериалы, инженерную и иллюстративную графику, гипермедийные модели достаточно сложных объектов и адреса распределенных ресурсов в Internet. Арсенал языковых средств вполне достаточен для изложения любого замысла, а вспомогательный и дополнительный сервис позволяет реализовать различные формы оперативного взаимодействия участников.

Как общедоступная технологическая платформа СКС может использоваться не только для создания простых и удобных телекоммуникаций, например, разновозрастного профессионального сообщества выпускающей кафедры со своими интересами и корпоративно-цеховой культурой, но также служить основой для построения более сложных информационных, организационно-управляющих и иных систем. С учетом специфики и возможностей социальных сетей в таких системах должны быть предусмотрены составляющие, присущие классическим социальным структурам и играющие в них ключевую системообразующую роль (корпоративные цели и ценности, организационные структуры и статусы, системы оценок и стимулирования, а также многое другое).

Стратегическая задача «в большом» заключается в поэтапном создании развитой технологичной и функциональной, высокоорганизованной и самодостаточной, вполне жизнеспособной и конкурентной социотехнической системы, обладающей высоким совокупным потенциалом и средоформирующими способностями, ощутимым влиянием на состояние дел в своей отрасли. Задача-минимум начального этапа сводится к пилот-проекту виртуального сообщества конкретной выпускающей кафедры, объединяющего общими интересами и целями, субкультурой и информационным хозяйством студентов, преподавателей, выпускников и других заинтересованных сторон. Виртуальное профессиональное сообщество, создаваемое под эгидой выпускающей кафедры на базе СКС, имеет свои особенности, которые являются основным предметом исследования.

Пилотный вариант имеет диагностический характер, определяя реальное состояние и возможности потенциальных участников для выявления направлений и границ развития сообщества. В рамках такого проекта обычно выполняется проверка осуществимости идей социальной интеграции, согласование позиций, мнений и общих целей, концептуальное проектирование и определения общесистемных требований к перспективной системе, выработка зрелой стратегии ее развития, коллективный сбор и систематизация первичных материалов для дальнейшей работы. Здесь могут найти применение, пройти проверку и

принести полезную отдачу опыт и знания разных поколений участников, реализуются неочевидные возможности, инженерные и научные методы системного строительства.



Рисунок – Экспериментальная тематическая группа «ВКонтакте»

Для освоения сервисов СКС и развития коммуникаций, проверки гипотез и оценки осуществимости проектных решений в последние годы с экспериментальными учебными группами выполнен ряд инициативных разработок на базе популярной СКС «ВКонтакте», включая моделирование личностей и творческих коллективов, описание технических и других объектов с использованием различных языковых средств и инженерных методов.

Полученный опыт показал, что данная технологическая платформа приемлема для многих приложений и может быть использована как базовое средство социальной интеграции образовательных сообществ, имеющих «общие корни» и другие логические основания.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

И.Ф. Ревонченкова, А.А. Ревонченков, М.П. Фархадов
Институт проблем управления РАН (ИАТ), г. Москва

В современном обществе существует ряд серьезных проблем, связанных с жизнедеятельностью людей с ограниченными физическими возможностями. Помощь этим людям адаптироваться в жизненных ситуациях - одна из важнейших задач для правительства и нашего общества. Недавно принята и ратифицирована международная конвенция для людей с ограниченными возможностями, чтобы они могли жить полноценной жизнью. Недаром текущий год провозглашен годом помощи инвалидам.

Реформы учебного процесса в высших учебных заведениях предполагают более полное привлечение к нему учащихся с ограниченными физическими возможностями. В настоящее время в некоторых технических университетах Российской Федерации создаются специальные группы для обучения таких студентов, обучающихся по перспективным техническим направлениям. В частности, в МГТУ им. Баумана созданы специальные группы для студентов с нарушением функций слуха. В качестве эксперимента для них совместно с Институтом проблем управления РАН (ИАТ) разрабатываются специальные программы обучения с сурдопереводом, системой обучения орфографии (языка мимики и жестов) и речевым интерфейсом. Эти работы предполагают комплексное распознавание речи в блоке с автоматизированной системой массового обслуживания (АСМО). Разрабатываются специальные речевые интерфейсы для людей с ограничениями по

слуху, зрению и двигательным функциям.

Современные формы дистанционного обучения является наиболее перспективным средством получения профессионального образования. Особенно это важно для студентов с ограниченными физическими возможностями. Часто учебный процесс заканчивается раньше времени студентов, получивших травмы или тяжелые заболевания в период обучения. До сих пор эта проблема решалась только с переводом такого студента на заочное отделение учебного заведения, если такое имеется. Но при некоторых физических недостатках, таких как потеря зрения, потеря двигательной функции и заочная форма обучения недоступная роскошь. Фактически они должны прервать свое профессиональное обучение. Не стоит говорить о том, что это еще и дополнительная психологическая травма для студента.

Развитое общество не может быть равнодушно к «чужим бедам», вычеркивая из списка всех «неспособных удержаться на плаву». Это слишком расточительно. Многие студенты, оказавшиеся в таком тяжелом положении талантливы, хотят учиться, трудолюбивы, мужественно переносят невзгоды и могли бы продолжить обучение. Необходимо им дать шанс себя реализовать. В конце концов, учебный процесс - это еще и мощная психологическая реабилитация людей с физическими отклонениями. Важность этого трудно переоценить. Следует разрабатывать специализированный речевой интерфейс для слабовидящих студентов и учащихся с другими ограниченными возможностями.

Создание универсальной системы распознавания речи (СРР) - дело отдаленного будущего, по объективным причинам. Фактически нужен суперкомпьютер с системой искусственного интеллекта на многопроцессорной и многоядерной основе. Пока это проблематично с технической и материальной точки зрения. Поэтому можно очертить границы возможных исследований и технических разработок СРР. Но при реализации этой задачи необходимо учитывать некоторые специфические особенности, характерные для каждого типа физических отклонений от нормы.

Создание обучающих программ должны вестись по нескольким направлениям. С одной стороны - это создание развитой структуры методического материала для конкретного предмета преподавания на основе календарного плана, рабочей программы и лекционного материала, лаконично и достаточно просто изложенного для восприятия, желательно с воспроизведением речи. С другой стороны, должна быть разработана сама обучающая система с распознаванием речи, с порядком тестирования и контроля знаний, мощного интерфейса, включающего в себя систему подсказок и выбора пунктов меню. Кроме того, СРР должна быть ориентирована на группы студентов с определенными физическими недостатками. Поэтому необходимо создавать оригинальные системы и рассматривать каждое направление отдельно, поставив конкретную задачу, т.е. подходы должны быть строго индивидуальные для каждой группы студентов.

Для учащихся с ограниченными двигательными возможностями создать обучающую систему проще, т.к. они способны оценить плоды своих творений визуально на экране монитора, скорректировать действия соответственно изображению. Для них словарь базы данных (БД) составления на основе существующего предмета, стандартных команд манипуляции курсором и выбора пунктов меню. Интерфейс для этих студентов может быть как графическим, так и текстовым, может включать речевой ввод команд, управления курсором и текстовой информации. При этом он должен быть максимально упрощен. Результаты выполнения всех команд и вспомогательный текст могут отражаться на экране монитора и для удобства дублироваться голосовым синтезатором речи.

Если речь идет о студентах с осложнениями по зрению, то для них интерфейс должен основываться только на диалоге пользователя и персонального компьютера. Такому учащемуся невозможно пользоваться монитором. Исходя из этого, нужно делать упор на слух и речь самого студента. Поэтому программное обеспечение должно включать в себя обязательно синтезатор речи. Только голосовой повтор заданной

команды и подтверждения правильности восприятия фразы может быть гарантией взаимопонимания при работе с такими студентами. Соответственно основной упор при разработке СРР будет на правильном распознавании речи и правильности произношения. Сама система должна быть самообучаемая для подстраивания под речь пользователя. Человек с ограничением по зрению может проверить правильность понимания и выполнения команд только при голосовом повторе заданной команды и синтезированном сообщении о выполнении команды.

Сеанс работы с СРР любого пользователя начинается с озвучивания индивидуального пароля, запускающего работу компьютера и сообщающего о готовности к работе, естественно в устной форме с помощью синтезатора речи.

Разработка лекционного материала и выполнение лабораторных работ для студентов с ограниченными возможностями технических специальностей имеет свои особенности. Для них создается специальный методический материал выполнения лабораторных работ с учетом специфики заболевания, задания по предмету и требуемых знаний. Поэтому в обучающей системе должны быть предусмотрены: краткий курс лекций, развитая система подсказок и необходимый справочный материал. При выполнении лабораторных работ, каждая фраза должна проверяться и дублироваться вокодером для подтверждения понимания системой полученной команды или запроса. Сам лекционный материал должен быть записан в памяти компьютера и при необходимости озвучен для усвоения его студентом. Далее, при правильном понимании произнесенной фразы последует поиск нужной информации в БД или базе знаний (БЗ). Ответ системы отразится в письменной форме на экране монитора и продублируется в устной форме. В случае ошибочного распознавания фразы произведется повторный запрос с уточнением слов и фраз. Это поможет правильно записать команду, заданную студентом. Подтвержденная фраза вводится в оперативную память в оцифрованном виде (с помощью АЦП) и повторяется вокодером, затем она сравнивается в памяти компьютера с фразами-эталоном из БЗ. При этом находится весь соответствующий материал из БЗ, компонуется текст ответа и затем озвучивается синтезатором речи. На начальном этапе, БД и БЗ предварительно заполняется словарем и возможными вариантами эталонных фраз, выражений, команд, вопросов со стандартными ответами, Кроме того, в БЗ краткий курс лекций по данному предмету, задания, комментарии к ним и контрольные вопросы. Информация рабочих БД и БЗ может пополняться и обновляться в результате общения со студентом. По ключевым словам даже в неполной фразе может быть произведено дополнение недостающих слов с использованием знаний из БЗ и методов предсказания и нечеткой логики. Это возможно благодаря заложенному в программе методу самообучения системы и постепенному «привыканию» системы к «объекту общения», к его голосу, тембру, интонации и произношению. Система, работающая с одним индивидуумом, сама подстраивается под его речь и манеру общения, а также, что очень важно, к его диалекту и недостаткам речи, если таковые имеются.

В настоящее время ведутся совместные разработки Института проблем управления РАН и МГТУ «МАМИ» в области применения речевого интерфейса в виртуальных лабораторных работах. На кафедре «Автоматика и процессы управления» по некоторым дисциплинам созданы виртуальные лабораторные работы, управляемые студентами. Они дают возможность понять сущность тех или иных процессов в технических системах: управления роботом, станком, автоматическими системами и вообще различными приборами. Такой материал существенно обогащает знания студентов и пусть виртуально, но приобщает их к промышленным автоматическим системам, развивает абстрактное и конструкторское мышление. Совместные разработки виртуальных лабораторных работ по техническим измерениям с преподавателями кафедре дали возможность получить основу для создания системы с речевым интерфейсом.

Рассмотрим в качестве образца одну лабораторную работу из комплекса виртуальных работ, разработанных на кафедре «Автоматика и процессы управления»

МГТУ МАМИ с помощью программного продукта NI LabVIEW 8.5.

На рисунке 1 изображен виртуальный интерфейс лабораторной работы «Исследование индуктивной измерительной системы»

Учебный стенд индуктивной измерительной системы, подлежащий модернизации включает в себя индуктивный датчик, каркас установки, в которой монтируется индуктивный датчик с исследуемым образцом и микрометр. Цель работы: «Выполнить анализ существующей индуктивной измерительной системы. Определить изменения относительного профиля поверхности, кольца упорного подшипника, с обратной к беговой дорожке стороны по центральной линии. Произвести измерения, получить результаты и их математически обработать с помощью регрессии, корреляции и предсказания».

На лицевой панели стенда изображены его основные детали: измерительная стойка с установленным в кронштейне индуктивным датчиком, электронный преобразователь. Для лучшего визуального представления исследуемого образца на экране изображен его вид сверху. Над электронным преобразователем показан элемент выбора варианта. Также представлены виртуальные кнопки опускания и подъема кронштейна с датчиком.

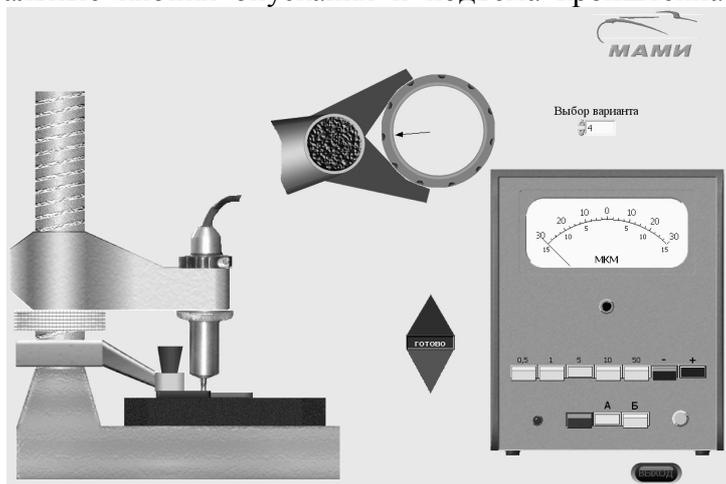


Рисунок 1 – Индуктивная измерительная система в виртуальном изображении

Выполнение данной лабораторной работы в реальности начинается с того, что в угловой фиксатор помещается исследуемый образец, затем опускается кронштейн с индуктивным датчиком до момента соприкосновения головки датчика с поверхностью образца. Далее фиксируется положение кронштейна при помощи фиксирующего винта. Затем производится балансировка показаний микрометра при помощи соответствующей ручки на самом микрометре (выставление нуля).

В реальной лабораторной работе предложен следующий порядок выполнения работ: 1. Выбрать начальный (нулевой) сектор кольца. 2. Установит кольцо подшипника на столик измерительной станции. 3. Включить питание. 4. Произвести настройку измерительной системы: а. установить на приборе максимальное значение цены деления шкалы; б. подвести шунт измерительного датчика до момента касания поверхности кольца; в. ослабить фиксирующий винт на кронштейне датчика; г. вращая регулировочное кольцо установить стрелку прибора в центр на «0»; д. включить более точный диапазон измерения; е. повторять, выполнив пунктов Г и Д до тех пор, пока не будет произведена настройка в последнем (самом точном) диапазоне; ж. по окончании регулировки затянуть фиксирующий винт и отрегулировать положение стрелки прибора на «0» с помощью ручки на панели передней панели прибора. 5. Поворачивая кольцо на 1 сектор производить измерение профиля поверхности кольца. Все измерения выполняются на приделе минимального значения цены деления измерительной шкалы. 6. Измерения производятся при повороте кольца сначала в одном направлении, потом в обратном. 7. Результаты измерений занести в таблицу 1. 8. По данным таблицы 1 построить график зависимости отклонения профиля ΔL от номера сектора.

Задачей данной лабораторной работы является снятие характеристик дифференциального индуктивного преобразователя малых перемещений.

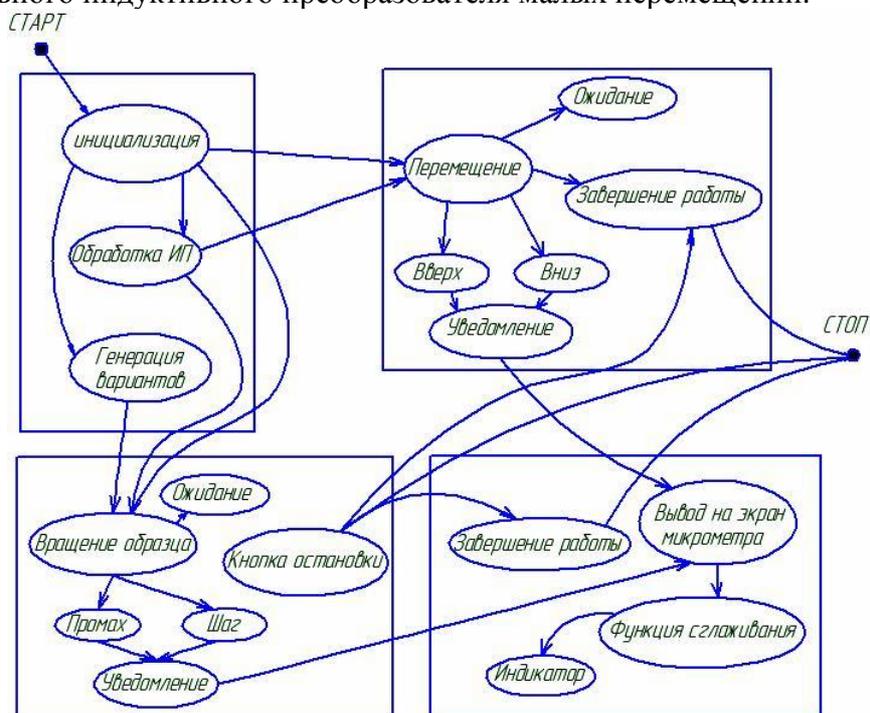


Рисунок 2 – Алгоритм выполнения виртуальной лабораторной работы

Порядок выполнения виртуальной работы с использованием программного продукта LabVIEW:

1. Ознакомиться с устройством реального лабораторного стенда.
2. В меню «Пуск» → «Все программы» выбрать «National Instruments LabVIEW».
3. В среде «LabVIEW» открыть файл «Индуктивность.vi».
4. Включить блок питания электронного преобразователя с помощью тумблера «Сеть». На лицевой панели кнопка окрашена красным цветом.
5. Опустить кронштейн с датчиком по вертикальному пошаговому винту при помощи нажатия клавиши вниз.
6. Произвести балансировку показаний стрелочного индикатора (установить ноль) при помощи ручки подстройки, которая находится под кнопками переключения полярности.
7. Выбрать нужную полярность (по указанию преподавателя).
8. Настроить шкалу деления стрелочного индикатора при помощи кнопок коэффициента усиления.
9. Произвести снятие показаний со стрелочного индикатора преобразователя, которые будут появляться на нем после попадания стрелки на засечку на исследуемом образце.
10. Произвести 2 прогона исследований в прямом и в обратном порядке, не пропуская ни одной засечки на исследуемом образце.
11. Полученные данные занести в таблицу 1.
12. По завершении работы выключить все приборы в обратном порядке и выйти из программы путем нажатия кнопки «Выход», которая находится под электронным преобразователем.
13. По полученным данным построить график зависимости показаний преобразователя от позиции дискретности исследуемого образца.

При создании СРР для управления виртуальной лабораторной работой необходимо создать БД и БЗ, содержащие все указания по управлению лабораторной работой, весь словарный запас по управлению данным процессом, а также ключевые

слова для поиска нераспознанных слов в предложении при управлении виртуальной работой. Таким образом создается предварительный словарный запас, который будет пополняться по мере использования.

Кроме этого, хотелось бы отметить, что речевой интерфейс может быть с соответствующим оформлением звукового поля. При этом должна быть разработана активная обратная связь, с учетом эргономики и не вызывающая раздражения.

Литература

1. Методические указания по выполнению лабораторной работы на тему: «Исследование измерительной системы с индуктивными преобразователями» в среде «LabVIEW» МГТУ «МАМИ», кафедра «Автоматика и процессы управления» М- 2009.

2. Катрышева М.В. Виртуальные лабораторные работы при изучении курса физики в техническом Вузе, Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы методического и информационного обеспечения высшего образования» г. Тула 2009.

3. Фархоадов М.П., Ревонченкова И.Ф. Перспективы развития речевого интерфейса, трудности разработки программного продукта и пути решения существующих проблем Международная конференция систем и массового обслуживания г. Минск 2003.

4. Ревонченкова И.Ф. Речевой интерфейс, как одна из составляющих информационного обеспечения учебного процесса. Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы методического и информационного обеспечения высшего образования» г. Тула 2009..

5. Ревонченков А.М., Ревонченкова И.Ф. Возможности использования нейротехнологий в разработке систем речевого интерфейса. Международная научно-техническая конференция. г. Сочи 2006

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ

Ю.А. Соловьева, А.В. Соловьева

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Система довузовской подготовки Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ) охватывает следующие направления работы – образовательная подготовка, профессиональная и социальная ориентация учащихся, научно-исследовательская работа, методическая и научно-исследовательская работа сотрудников факультета (рисунок).

Факультет довузовской подготовки СибГИУ ведет систематизированную работу по информатизации всех сфер деятельности. Ведется работа по созданию комплексной системы сопровождения довузовской подготовки учащихся, которая позволит:

- Систематизировать данные о проводимых мероприятиях и их участниках;
- Осуществлять поиск информации по реквизитам и их совокупности в реальном времени;
- Оперативно формировать отчетную документацию по шаблонам и текущим запросам пользователей;
- Проводить комплексный анализ данных по всем направлениям работы;
- Сформировать портфолио выпускника образовательного учреждения по результатам подготовки на довузовском этапе;
- Рассчитать рейтинг абитуриента при поступлении в СибГИУ на основе портфолио, показывающий уровень готовности к освоению программ высшего профессионального образования.

Информационная система сопровождения довузовской подготовки состоит из нескольких модулей (образовательная подготовка абитуриентов, профориентация, научно-

практическая работа учащихся, методическая и научно-исследовательская работа сотрудников факультета), связанных между собой единым интерфейсом.



Рисунок – Направления работы факультета довузовской подготовки

Факультет довузовской подготовки имеет свое Интернет-представительство в виде Web-сайта, основными элементами которого являются:

- Анонсы и результаты проводимых мероприятий;
- Специализированный закрытый раздел для руководителей базовых образовательных учреждений, который содержит необходимую документацию о ведении совместной деятельности;
- Раздел, посвященный профориентационной работе. Здесь представлен календарный план всех профориентационных мероприятий факультета довузовской подготовки СибГИУ. В данном разделе представлен набор материалов, которые помогут выпускникам в деле профессионального самоопределения. Кроме того имеется возможность профдиагностического тестирования в on-line режиме, с помощью которого выпускники узнают особенности своего темперамента, уровень обученности, склонности к той или иной деятельности, получают рекомендуемый список специальностей.
- Образовательный раздел, который содержит информацию о подготовительных курсах, специализированных школах, список проводимых олимпиад. Здесь можно получить подробную информацию об особенностях того направления работы, календарный план проведения занятий и олимпиад. В данном разделе представлен комплект образовательных материалов для обучения на подготовительных курсах и подготовке к сдаче Единого Государственного Экзамена по профильным для университета предметам школьной программы. Для контроля знаний учащихся предусмотрена возможность репетиционного тестирования «ЕГЭ-тренажер» в on-line режиме. Участник тестирования может выбрать интересующий его набор дидактических единиц по каждому предмету, а также уровень сложности решаемых задач;

- Методический раздел, где содержится набор методических материалов, которые создаются методическими комиссиями университета для построения единой методической стратегии обучения учащихся по направлению «школа-вуз»;

- Раздел, посвященный результатам научно-исследовательской работы сотрудников факультета. Здесь можно познакомиться с результатами психологических и социологических опросов учащихся образовательных учреждений, студентов, преподавателей школ и вузов по вопросам довузовской подготовки.

Подсистема комплексного анализа данных является обязательной частью системы сопровождения довузовской подготовки. Она позволяет проводить анализ данных:

- О деятельности факультета довузовской подготовки с группировкой по направлениям работы и отдельным мероприятиям;

- Об активности учащихся образовательных учреждений в довузовских мероприятиях;

- Об эффективности проводимых рекламных мероприятий;

- Об интересе выпускников к той или иной специальности университета;

- Об эффективности работы администрации базовых образовательных учреждений и ответственных за профориентационную работу;

- Об уровне образовательной подготовки выпускников с группировкой по предметам школьной программы;

- Об эффективности работы подготовительных курсов и специализированных школ университета;

- Об изменении уровня мотивации учащихся в процессе обучения на факультете довузовской подготовки;

- Об изменении уровня готовности выпускников к освоению программ высшего профессионального образования и др.

Таким образом, внедрение информационных технологий в деятельность факультета довузовской подготовки позволит систематизировать и активизировать учетную и аналитическую работу, получить необходимую информацию по запросу любой сложности в самое короткое время и оперативно скорректировать совместную деятельность факультета довузовской подготовки с образовательными учреждениями и подразделениями университета по основным направлениям.

ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА «ЛОГОС»

А.А. Федотов, И.К. Бауэр, С.М. Кулаков, Т.М. Гулевич

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Веб-портал кафедры систем автоматизации является основным средством для создания веб-представительства кафедры в Интернете и развития информационно-образовательной среды университета. Портал разработан с использованием: языков разметки HTML, XML; каскадных таблиц стилей CSS (CSS Level 2); языков программирования PHP, Perl, JavaScript, ActionScript; программных продуктов Macromedia Dreamweaver, UltraEdit, TopStyle, Macromedia Flash и других.

Основной формой представления информации являются HTML-документы, как статические, так и генерируемые по запросам пользователей. Информация для пользователей размещена в ZIP-архивах и документах Adobe PDF (portable document format). Для хранения динамически изменяемой информации используются базы данных MySQL. Динамические элементы интерфейсов реализованы с применением Flash.

Ядром веб-портала является система управления содержанием сайта (CMS). Создание CMS для управления сайтом требовалось по причине загруженности веб-мастера, являвшегося центром всех информационных потоков, выполняющего помимо своих

должностных обязанностей (преподавателя, инженера компьютерного класса) обязанности редактора, дизайнера, администратора и программиста в одном лице. После внедрения CMS веб-мастер решает только вопросы администрирования системы, а информационное наполнение портала должны осуществлять преподаватели кафедры, представляя информацию в удобной, по их мнению, форме. Обслуживать веб-портал через систему управления могут специалисты, не имеющие специальных знаний в области Интернет-технологий.

Персонализация позволяет индивидуализировать представление информации с учетом данных о зарегистрированном пользователе. Реализована гибкая система авторизации и управления доступом, позволяющая осуществлять доступ к разделяемым ресурсам кафедры в зависимости от уровня доступа (студент, преподаватель, редактор сайта, администратор сайта), местоположения пользователя (масок IP-адресов), времени работы (занятия по расписанию или из дома по вечерам).

Веб-портал имеет модульную структуру, что позволяет расширять его функциональные возможности по мере необходимости. Портал размещается в Интернете по адресу: <http://www.sa.sibsiu.ru/> [1].

Веб-ресурсы, существовавшие до внедрения данной версии веб-портала, а также поэтапно внедряемые, интегрированы в новую структуру на основе единого механизма авторизации, который строится на основе одного из следующих подходов:

- Подменяется механизм авторизации во всех движках, заставляя гетерогенные движки использовать для авторизации пользователей единую БД, проводить шифрование персональных данных единым алгоритмом и т. д.

- Подменяется механизм регистрации во всех движках, заставляя их использовать для регистрации пользователей, шифрования персональных данных единый алгоритм, осуществляя при этом дублирование данных во все БД.

- Используются принципы технологии CGI: поскольку решение о предоставлении доступа в интернет-ориентированной системе принимается на основе параметров CGI-запроса (данных GET или POST и данных cookies), поэтому возможно создание единой БД авторизации, в которой для каждой комбинации параметров будут записаны назначенные права доступа.

На поддоменах сайта размещены страницы о профессиональной переподготовке в рамках авторской образовательной программы – АОП, общая информация об АОП (ранее - АКОО), учебные планы, сведения о техническом оснащении кафедры и преподавательском составе.

В соответствии с программной структурой портала вызов любого модуля и функции осуществляется посредством передачи пользователем параметров `mode` и `code` в CGI-запросе. В движке портала используется, так называемый, «wrapper»-подход. Под «wrapper»-ом подразумевается корневой модуль, производящий вызов функций другого модуля. Вся работы пользователя с сайтом происходит именно через этот модуль. Поэтому существует возможность централизованно на прикладном уровне запретить тому или иному пользователю доступ к тому или иному модулю и его функции.

Для сайта <http://sa.sibsiu.ru> wrapper-ом является корневой модуль `index.php` (рисунок 1), в котором сначала производится проверка и обработка CGI запроса (отсечение лишних пробелов, служебных символов и т.п.), ведь большинство уязвимостей программного обеспечения, как известно, возникает вследствие отсутствия проверки вводимых пользователем данных. Затем из обработанного запроса формируется переменная `$sa->input`, являющаяся массивом параметров CGI-запроса. После этого «wrapper» с помощью метода `require` производит вызов всех запрашиваемых функций и модулей.

Для контроля за доступом пользователей к функциям сайта разработана и внедрена оригинальная система управления доступом. В данной редакции рассматривается использование только двух обработанных параметров запроса: `$sa->input['mode']` и `$sa->input['code']`. Всем пользователям в системе присваивается определенная роль. Структура ролей имеет древовидный характер. При этом роли могут наследовать и перекрывать

разрешения друг друга. Эти особенности оказали влияние на разработку движка системы управления доступом, и заставили обратить внимание на вопрос ее оптимизации по критерию быстродействия.



Рисунок 1 – Функциональная схема портала

Для этого разработан вариант представления и обработки иерархически организованных данных, реализующий логику работы системы разграничения доступа.

Рассмотрены два основных метода представления деревьев:

- в виде списка смежных вершин (Adjacency List Mode).
- в виде вложенных множеств (Nested Sets).

Преимущество второго метода перед первым заключается в сравнительной простоте выборки данных из таблицы с иерархически организованными данными, а поскольку такую выборку требуется проводить при каждом запросе любой страницы, то этот метод и был реализован. Внутреннее представление пользователей, ролей и списка доступа показано на рисунке 2.

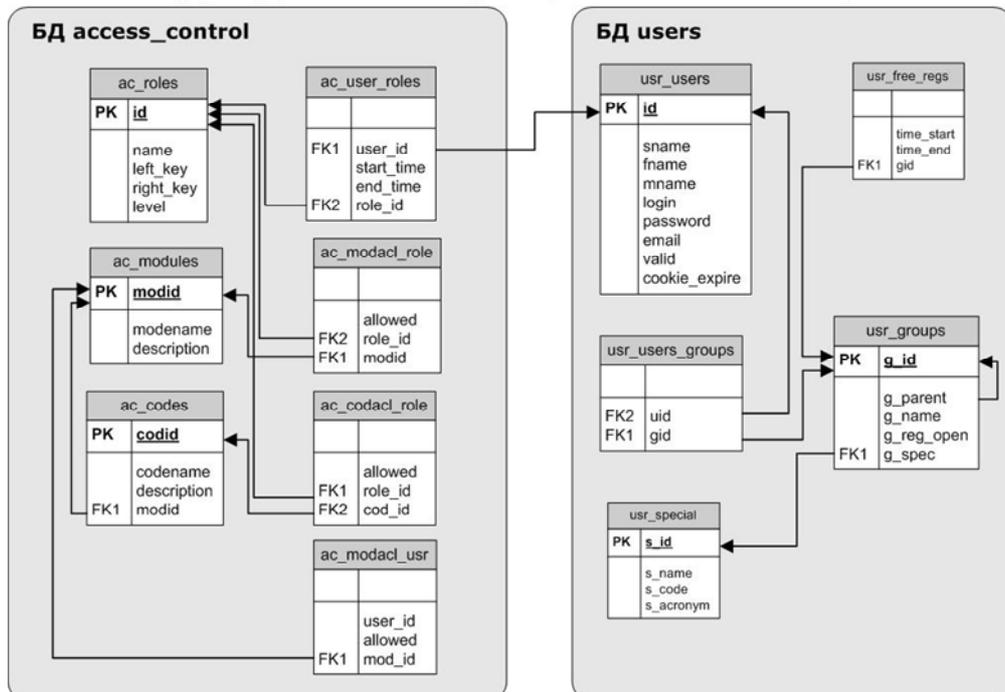


Рисунок 2 – Связи между таблицами в подсистеме разграничения доступа

В процессе решения поставленных задач были разработаны и реализованы следующие правила разграничения доступа (ПРД):

1. В *списках доступа роли* могут присутствовать модули и функции модулей сайта. Если указывается доступ к модулю, то фактически указывается доступ к функции по умолчанию этого модуля. Например, при следующем запросе: <http://sa.sibsiu.ru/?mode=news>, – выполняется функция `list_news()` модуля `news.php`. Она же может выполняться и при таком запросе: http://sa.sibsiu.ru/?mode=news&code=list_news.

2. Если пользователь присутствует в *списке пользователей роли*, то ему явно указан тип доступа к модулям или функциям, находящимся в списке доступа этой роли.

3. Тип доступа, указанный в *списках доступа*, может принимать следующие значения: «разрешить» или «запретить». Таким образом, пользователю, для которого явно указан тип доступа, может быть разрешен либо запрещен доступ к функциям в *списках доступа роли*.

4. Если в *списках доступа роли* не указан запрашиваемый ресурс (модуль или функция), то считается, что пользователям этой роли ресурс недоступен.

5. Каждый пользователь может входить в *списки пользователей нескольких ролей*, а может не входить ни в один из списков.

6. Доступ к модулям и функциям этого модуля осуществляются отдельно. Если непосредственно к модулю доступ отсутствует, то значит, что он отсутствует только к функции `default` (по умолчанию), но никак не влияет на доступ к другим функциям *этого же* модуля. В существующем интерфейсе задается доступ к функциям модуля только после задания доступа к самому модулю, хотя, используя адресную строку, можно задать соответствующий доступ к функциям модуля без предварительного задания доступа к нему самому.

7. Если некоторый субъект имеет две роли, в одной из которых доступ к запрашиваемому объекту разрешен, а в другой не указан, то доступ к этому объекту для пользователя разрешен.

8. Тип доступа «запретить» имеет больший приоритет над типом доступа «разрешить». Это значит, что если некоторый субъект имеет две роли, в одной из которых тип доступа к элементу – «запретить», а другой к этому же элементу «разрешить», то субъекту доступ к этому элементу запрещен.

9. Если пользователь входит в некоторую роль, и запрашивает ресурс, тип доступа к которому в родительской роли (или родительской для родительской и т.д.) – «запретить», то пользователю доступ запрещен. При этом совершенно никакого значения не имеет, разрешен ресурс в списке доступа роли пользователя, либо в вышестоящих ролях.

В результате сформирована система состоящая из двух модулей, написанных на языке PHP:

1) `aclfunctions.php` – ответственный за непосредственное решение о предоставлении или запрещении доступа к элементу портала. Содержит функции `get_user()`, `get_ip()`, `check_access()`;

2) `aclinterface.php` – реализует функции управления разрешениями, ролями и пользователями, а именно: создание ролей; удаление ролей; перемещение ролей; добавление пользователей в роль; удаление пользователей из ролей; перемещение пользователей из роли в роль; добавление модулей и функций в портал; удаление модулей и функций из состава портала; редактирование модулей и функций; добавление разрешений для ролей; удаление разрешений из списков доступа ролей; смена типа разрешений (запретить/разрешить).

Алгоритм проверки, реализованный в системе управления доступом, представлен на рисунке 3. В состав этого алгоритма входят следующие основные действия: – Извлекаются все роли, в которые входит пользователь. – Для каждой роли определяются все непосредственные роли-родители. – Производится проверка доступности запроса для каждой из выбранных ролей. – Действия, выполненные на предыдущем пункте, возвращают количество разрешений и запрещений к запрашиваемому ресурсу для проверяемого пользователя, при этом возможны следующие результаты: а) запрещений и разрешений не найдено, доступ к запрашиваемому ресурсу запрещен; б) разрешения найдены, запрещенные –

нет, пользователю доступ разрешен; в) запрещения найдены, доступ запрещен, независимо от того, были ли найдены разрешения.

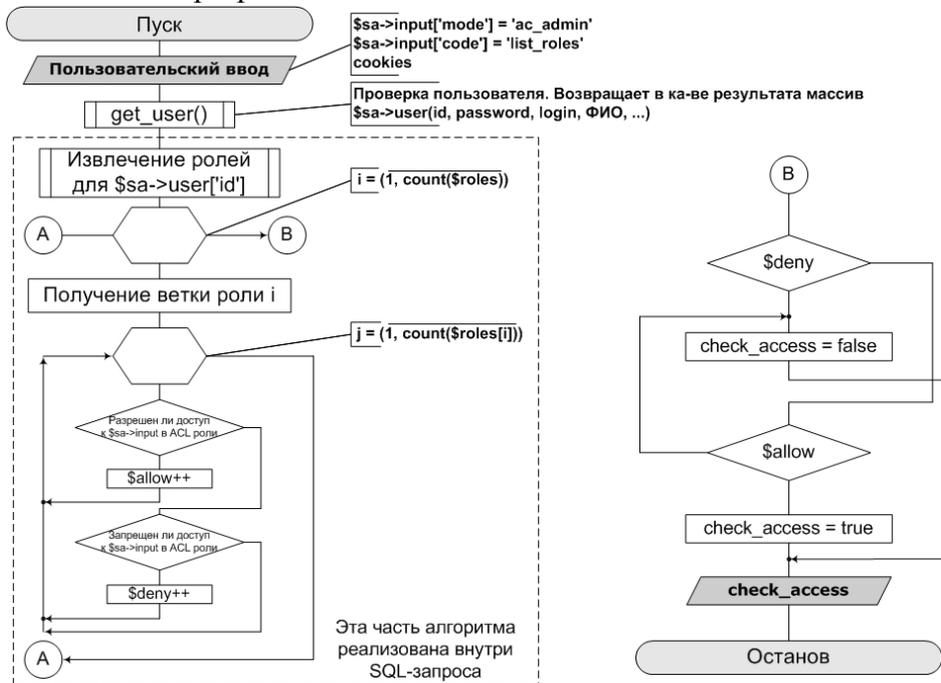


Рисунок 3 – Алгоритм разграничения доступа

Модуль разграничения доступа без эффективного инструмента, позволяющего создавать, удалять, перемещать роли, редактировать их списки доступа и пользователей, добавлять, удалять и изменять модули в системе, неработоспособен, aclinterface.php как раз и является таким инструментом. Выполняя функции, перечисленные выше, он обеспечивает целостность таблиц доступа и данных, что для системы разграничения доступа является критически важным, и подчиняется тем же правилам доступа, что и остальные модули портала. Для получения доступа к данному инструменту необходимо авторизоваться на сайте. Пример видеокadra с административным интерфейсом подсистемы разграничения доступа представлен на рисунке 4.

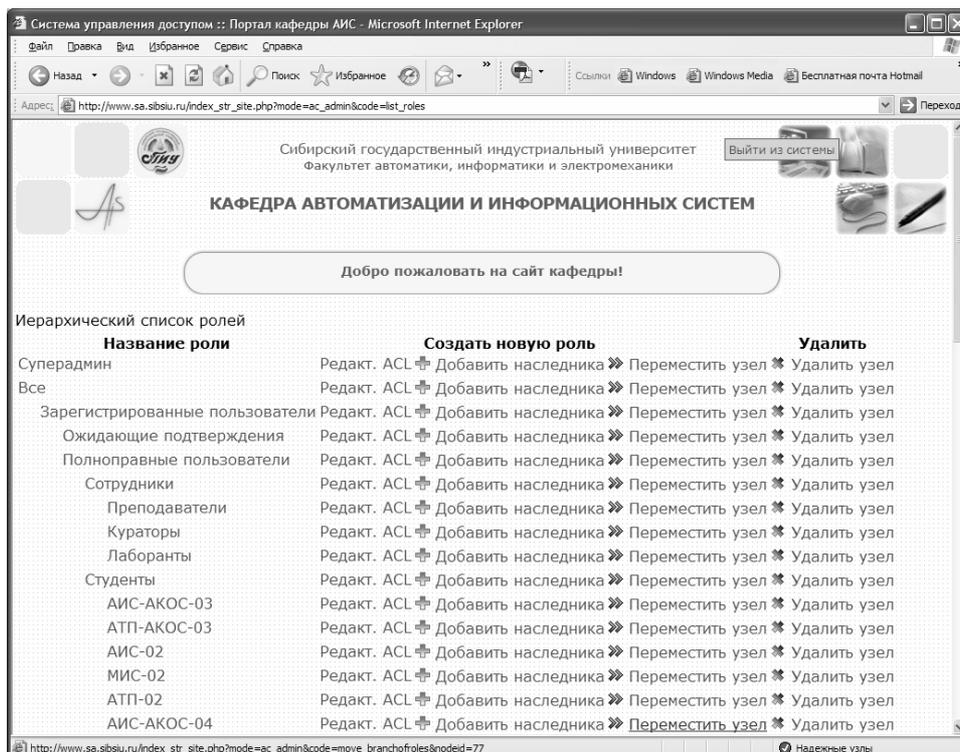


Рисунок 4 – Интерфейс системы разграничения доступа.

Литература

1. Бауэр И. К. Информационно-образовательный портал кафедры систем автоматизации / Бауэр И. К., Кулаков С. М., Гулевич Т. М., Федоров К. П. // Информационные недра Кузбасса: Труды IV Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово: ИНТ, 2005. — С. 127–129.

2. Ферраильо Д.Ф., Кун Д.Р. (октябрь 1992). «Управление доступом на основе ролей». 15-ая Национальная конференция по компьютерной безопасности. – С. 554—563.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ WINDOWS SCRIPT HOST ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ ДОМЕНА MICROSOFT ACTIVE DIRECTORY

А. А. Федотов

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Разработанные на кафедре автоматизации и информационных систем ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ)» меры и средства, направленные на управление пользователями в учебно-исследовательском комплексе «ЛОГОС» [1, 2] включают в себя: подсистему управления пользователями и доступом к ресурсам в составе интернет-ориентированного учебно-исследовательского комплекса; подсистему групповых политик на основе технологии Microsoft Active Directory, позволяющую как ограничивать доступ пользователей к определенным ресурсам, так и создавать им дополнительные функциональные возможности для работы в комплексе.

Если первая подсистема позволяет управлять пользователями и разграничивать их доступ к интернет- и интранет-ресурсам при использовании браузера, то вторая предназначена для управления доступом к ресурсам на уровне операционной системы.

При разграничении доступа к сетевым ресурсам комплекса применяется стандартное программное обеспечение в составе Windows 2003 Server, дополненное оригинальными скриптами на языке Visual Basic Script.

Часть скриптов по своему исполнению предназначена для автоматического запуска при загрузке операционных систем либо при входе пользователей в систему. Наиболее ярким примером могут служить скрипты, автоматически создающие сетевые диски, содержащие серверные файлы пользователей при входе в систему, что повышает их удобство работы.

Другие скрипты предназначены для административных задач и преследуют повышение скорости и эффективности работы администраторов комплекса, так, например, разработано специальное НТА-приложение, упрощающее и ускоряющее регистрацию пользователей и учебных групп в домене кафедры, которое успешно интегрировано в существующую структуру комплекса. Такое приложение по своей сути является html-страничкой, сохраненной на диске в виде файла с расширением hta, что обеспечивает возможность создания практически любого пользовательского интерфейса. Использование же при написании приложений языка Visual Basic Script позволяет расширить функциональные возможности стандартного программного обеспечения для операционных систем Windows с минимальными затратами.

Литература

1. Гулевич Т.М. Образовательный сетевой комплекс кафедры систем автоматизации. / Т.М. Гулевич, С.М. Кулаков, К.П. Федоров // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды всероссийской научно-практической конференции AS2005. – Новокузнецк. СибГИУ. – 2005, с. 336-337.

2. Митьков В.В. Электронные учебно-методические комплексы на основе интернет-технологий. / В.В. Митьков, И.К. Бауэр, Т.М. Гулевич // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS2007. Труды VI Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк. СибГИУ, 2007. – с. 337-339.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ В РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ ПРОФОБРАЗОВАНИЯ КУЗБАССА

В.А. Попов

Кемеровская область имеет ярко выраженную сырьевую специализацию. На территории области детально разведано и учтено Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации около 500 месторождений. Промышленность и энергетика вносят наибольший вклад в валовой региональный продукт (около 50%). В отраслевой структуре преобладают: черная металлургия, угольная промышленность, химия. Следует ожидать, что данная специализация сохранится на длительную перспективу. Сырье составляет 88% от общего объема экспорта. Добыча полезных ископаемых, производство металлургической и химической продукции составляет базовый сектор экономики. Особенность базового сектора состоит в том, что деятельность в нем ориентирована на удовлетворение внешнего спроса. Наличие запасов полезных ископаемых, гидроресурсов, природных ландшафтов является одним из факторов, обеспечивающих конкурентоспособность региона и создающих базу для его устойчивого социально-экономического развития. В развитии базового сектора экономики одним из важнейших направлений является подготовка кадров для предприятий и организаций регионов.

Смена в обществе ключевых компетенций, требуемых рынком труда, расширение рынка и повышение мобильности рабочей силы не только открывают новые возможности для развития российских регионов, но и создают для них, в том числе и для Кемеровской области, новые риски. Одним из серьезных рисков является утрата эффективности работы системы профессионального образования региона. До настоящего времени она организована преимущественно на бюджетных, а не на рыночных принципах. Система модернизируется позднее, чем меняется рыночная ситуация. В своей коммерческой части система профобразования ориентируется на рынок образовательных услуг, где заказчиками выступают абитуриенты, а не работодатели. Поэтому в качестве проблем систем профобразования Кемеровской области в среднесрочной региональной программе (утвержденной Законом Кемеровской области от 18.12.2005г. №135-ОЗ) «Развитие профессионального образования Кемеровской области на 2006-2010 гг.» называются:

1. Несоответствие объемов профессионально квалификационной структуры, качества подготовки квалифицированных рабочих и специалистов актуальным и перспективным потребностям областного рынка труда, требованиям работодателей, запросам других заказчиков и потребителей образовательных услуг.

2. Проблема трудоустройства выпускников образовательных учреждений по профилю полученной специальности и в соответствии с уровнем присвоенной квалификации.

3. Несбалансированность областного рынка образовательных услуг, предлагаемых действующими на территории Кемеровской области вузами и их филиалами с рынком труда.

Диспропорция рынков труда и системы профобразования станет в долгосрочной перспективе одним из самых существенных рисков для устойчивости социально-экономического развития области.

В Кемеровской области с базовым сектором в виде добычи сырья с высокой степенью зависимости от конъюнктуры на глобальных товарных рынках стратегической целью в социально-экономическом развитии на долгосрочную перспективу становится повышение конкурентоспособности региона. Составной частью или подцелью является:

1. Развитие системы подготовки кадров, устранение диспропорций в развитии рынка труда.

2. Развитие инновационных центров Кемеровской области, развитие городской среды в ядрах агломеративных систем региона Кемерово и Новокузнецк.

(Основой инновационных центров вполне могут быть вузы области).

В настоящее время система начального профессионального образования осуществляет подготовку специалистов по 200 профессиям, система среднего профобразования по 80 специальностям, в системе высшего профессионального образования – более чем по 200 специальностям. Растет уровень образования экономически активного населения. Но по-прежнему важной остается проблема замещения кадрового состава на предприятиях области. Остается актуальной потребность организаций области в высококвалифицированных рабочих и инженерно-технических кадрах (из которых около 80% рабочие профессии).

Необходимо для синхронизации системы профобразования решить комплекс задач:

1. Модернизация учебного процесса и учебных программ с учетом увеличения выпуска специалистов с более глубокой специализацией в практических вопросах.
2. Введение в управление учебными заведениями представителей работодателей, региональных и муниципальных властей.
3. Расширение системы непрерывного профобразования.
4. Создание единого рынка труда в рамках Новокузнецкой и Кемеровской агломерации.
5. Участие работодателей в разработке целевых программ развития системы профобразования.
6. Расширение стандарта образовательных услуг.
7. Развертывание бизнес-инкубаторов, поощряющих студенческое предпринимательство, развитие микрокредитования.
8. Оказание информационных услуг населению в сфере образования и занятости.

Вузы городов Новокузнецка и Кемерова обладают необходимыми предпосылками в организации инновационных центров на своей базе, так как находятся в крупных городах, выполняющих управленческие и социально-культурные функции в отношении всей области.

Особая роль вузов в этих городах определится в процессе создания на базе городских систем Кемерова и Новокузнецка современных агломераций, что позволит укрупнить рынок труда и потребительский рынок. Быстрое и масштабное развитие этих городов и системы профобразования в них как инновационных центров способно стать единственной альтернативой усилению сырьевой индустриальной специализации региона, повысить его статус на глобальном рынке труда, информации и капитала.

СЕКЦИЯ 4

СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗАЦИИ И
ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ

СЕКЦИЯ 4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ПОТЕНЦИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ С РАЗНЫМИ ВИДАМИ НАГРУЗКИ

В.И. Веревкин, В.М. Брагин, Т.А. Атавин

Кузбасская государственная педагогическая академия, г. Новокузнецк

Большинство электрометаллургических объектов имеют ограниченные наблюдаемость и управляемость, пониженную устойчивость процесса управления, сложный дискретно-непрерывный характер требуемых программ управления, описываемых в терминах хаотической динамики, нуждаются в непосредственном участии человека в цепи управления. Основные электрометаллургические агрегаты снабжены однофазными либо трехфазными источниками тепла. К последним, в частности, относятся установки «Печь-ковш», а также электрометаллургические печи.

Как показывает практика, хорошие результаты управления электрометаллургическими объектами обеспечиваются с привлечением моделирования. Учитывая сложность этих объектов, для имитационного моделирования целесообразно использовать модели в полных уровнях. Описанию подобных моделей посвящено значительное число публикаций. В свое время авторами был опубликован ряд статей по моделированию электромагнитного поля шлаковой ванны, например [1, 2]. Интересное аналитическое представление электрического поля трехфазного источника тока приведено в работах В.Д. Сарычева, С.В. Карпенко, С.П. Мочалова [3, 4]. В настоящей работе проведена доработка и уточнение математических схем описания электрического поля объектов с использованием различных источников тока. Приводится расширенная постановка задачи моделирования потенциала в металлургических агрегатах с различными видами нагрузки.

Установка с однофазным источником тока представлена на примере шлаковой ванны, которая имеет вид цилиндра с радиусом основания r_0 . Высота расплава z_0 , электрод имеет в сечении форму круга с радиусом r_p и расположен на главной оси цилиндра. Случай для трехфазной нагрузки (рисунок 1) рассмотрен отдельно. Три электрода расположены на окружности радиусом R_p в вершинах равностороннего треугольника. При построении математической модели считалось, что боковая и нижняя поверхности цилиндра непроводящие.

Математическое описание задачи основывается на уравнениях Максвелла для квазистационарного случая: $\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0$, $\operatorname{div} \mathbf{E} = 0$, поэтому можно ввести потенциал U такой, что $\mathbf{E} = -\operatorname{grad} U$. Таким образом, функция потенциала удовлетворяет уравнению Лапласа, которое для цилиндрической системы координат имеет вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0. \quad (1)$$

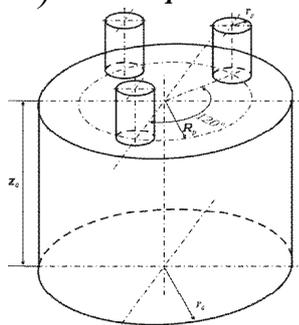


Рисунок 1 – Схема установки и источника тока для случая трех электродов

Граничные условия составлены с учетом непротекания электрического тока вдоль боковой и нижней поверхностей цилиндра. Используя также закона Ома в локальной форме: $\mathbf{j} = s\mathbf{E} = -s \text{grad} U$, в итоге, получим граничные условия в следующем виде:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial r} \right|_{r=r_0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U}{\partial z} \right|_{z=z_0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U}{\partial z} \right|_{z=z_0} = -\frac{\Psi(r, q)}{s}, \text{ где } s \text{ – удельная проводимость расплава.}$$

Функция $\Psi(r, q)$, имеющая смысл плотности тока на поверхности расплава, для случая одного электрода представляется в виде:

$$\Psi(r) = j(t) \cdot H(r_p - r). \quad (2)$$

Для трехфазного источника тока эта же функция имеет вид:

$$\Psi(r, q) = \sum_{k=1}^3 j_k(t) \left(H(r - r_k^-(q)) - H(r - r_k^+(q)) \right) \left(H(q + q_0 - j_k) - H(q - q_0 - j_k) \right). \quad (3)$$

В формулах (2), (3) были использованы следующие обозначения: $j_k(t)$ – значения плотности тока k -ой фазы в момент времени t , $r_k^-(q)$, $r_k^+(q)$ – уравнения, соответственно, ближней и дальней дуг k -ой окружности, j_k – угол, под которым размещен центр k -го электрода, $j_k = \frac{2p(k-1)}{3}$, $k=1, 2, 3$, H – функция Хевисайда. В полярной системе координат уравнения окружностей, получаемых в сечении горизонтальной плоскостью электродов, имеют вид: $r_k^\pm(q) = R_p \left(\cos(q - j_k) \pm \sqrt{\sin(q_0)^2 - \sin(q - j_k)^2} \right)$, здесь $\sin(q_0) = \frac{r_p}{R_p}$ и $q \in [-q_0 + j_k, q_0 + j_k]$.

Решение краевой задачи Дирихле для установки с одним электродом имеет упрощенный вид, так как в цилиндрической системе координат распределение потенциала имеет осевую симметрию и, как следствие, функция U не зависит от полярного угла q . Решение задачи находим методом разделения переменных в форме $U(r, q, z) = R(r)Z(z)$ для одноэлектродного источника и $U(r, q, z) = R(r)\Theta(q)Z(z)$ – для трехфазного.

Рассмотрим случай с однофазным источником тока подробнее. Разделение переменных позволяет свести исходную задачу к нескольким частным задачам, исходя из

равенства: $-\frac{1}{R} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial R}{\partial r} \right) = \frac{1}{Z} \frac{\partial^2 Z}{\partial z^2} = I^2$, где I – константа по отношению к r и z . Поэтому

одна из частных задач образует уравнение Бесселя нулевого порядка, а другая частная задача – это задача Штурма-Лиувилля. Уравнение Бесселя в этом случае имеет вид:

$$\frac{\partial^2 R}{\partial (Ir)^2} + \frac{1}{Ir} \frac{\partial R}{\partial (Ir)} + R = 0. \text{ Вторая функция, зависящая от параметра } z, \text{ должна}$$

удовлетворять дифференциальному уравнению: $Z'' - I^2 Z = 0$, решение этого уравнения и представляет задачу Штурма-Лиувилля на собственные значения I и собственную функцию $Z(z)$ по аналогии с задачей нахождения собственных значений и собственных векторов в линейной алгебре. Решение уравнения Бесселя нулевого порядка есть функция:

$R(Ir) = C_1 J_0(Ir) + C_2 Y_0(Ir)$. Анализируя условия физической осуществимости, а также учитывая подстановку решения в уравнение Бесселя, заключаем, что функция Бесселя нулевого порядка $J_0(Ir)$ в данном случае является решением уравнения Бесселя нулевого

порядка. Краевое условие $\left. \frac{\partial U}{\partial r} \right|_{r=r_0} = 0$ определяет уравнение $J_0'(m) = 0$, где $m = Ir_0$, которое

имеет бесконечное множество корней $m_1, m_2, \dots, m_n, \dots$, $I_k = \frac{m_k}{r_0}$. Решение частной задачи

Штурма-Лиувилля имеет вид $Z(z) = C_1 e^{Iz} + C_2 e^{-Iz}$ для положительных I . Для отрицательных

I возможно только тривиальное решение $Z(z) \equiv 0$. Это решение преобразуется с учетом предыдущих выкладок и выполнения краевого условия $\left. \frac{\partial U}{\partial z} \right|_{z=0} = 0$ к виду

$Z(z) = A_k \cosh(I_k z)$. В итоге на поверхности расплава удовлетворяют уравнению Лапласа будет следующее соотношение:

$$-\frac{\Psi(r, q)}{S} = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \frac{m_k}{r_0} \sinh\left(\frac{m_k}{r_0} z\right) J_0\left(\frac{m_k}{r_0} r\right), \quad (4)$$

где коэффициенты ряда (4) равны: $A_m = \frac{2j(t)r_p J_1\left(\frac{r_p m}{r_0}\right)}{S \sinh\left(\frac{m_m z}{r_0}\right) J_0^2(m_m)(m^2 - m_m^2)}$.

Коэффициенты ряда (4) получены при скалярном умножении на функции вида $r J_0\left(\frac{m_m}{r_0} r\right)$, которые оказываются ортогональными по отношению ко всем членам ряда кроме одного члена, номер которого равен номеру m корня m_m производной функции Бесселя нулевого порядка. Интегралы в получившемся уравнении $-\frac{j(t)}{S} \int_0^{r_p} r J_0\left(\frac{m_m}{r_0} r\right) dr = A_m \frac{m_m}{r_0} \sinh\left(\frac{m_m}{r_0} z\right) \int_0^{r_0} r J_0^2\left(\frac{m_m}{r_0} r\right) dr$ являются берущимися в трансцендентных функциях. В результате получаем коэффициенты в том виде, как они представлены в (4).

Аналогично решение задачи Дирихле находится для агрегата с тремя электродами. Оно имеет вид:

$$U(r, q, z) = r_0 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \Phi_{nm},$$

$$\Phi_{nm} = J_n\left(\frac{m_{nm} r}{r_0}\right) \frac{\cosh\left(\frac{m_{nm} z}{r_0}\right)}{m_{nm} \sinh\left(\frac{m_{nm} z_0}{r_0}\right)} (A_{nm} \cos(nq) + B_{nm} \sin(nq)),$$

$$-\frac{\Psi(r, q)}{S} = \frac{dU}{dz}(r, j, z) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} J_n\left(\frac{m_{nm} r}{r_0}\right) (A_{nm} \cos(nq) + B_{nm} \sin(nq)). \quad (5)$$

В этом случае решение находится несколько сложнее вследствие отсутствия осевой симметрии. Частные задачи, полученные при разделении переменных, имеют вид:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dR}{dr} \right) + \left(I^2 - \frac{n^2}{r^2} \right) R = 0, \quad \frac{1}{Z} \frac{d^2 Z}{dz^2} = I^2, \quad \frac{1}{\Theta r^2} \frac{d^2 \Theta}{dq^2} = -\frac{n^2}{r^2}.$$

Решения этих частных задач имеют представляются в форме:

$$R_n(r) = J_n(Ir), \quad \begin{cases} \Theta_n = A_n \cos(nq) + B_n \sin(nq), \\ Z = D_1 \sinh(Iz) + D_2 \cosh(Iz). \end{cases}$$

С учетом краевых условий они приобретают вид, представленный в общем решении (5). Учитывая также то обстоятельство, что для этого случая функция Бесселя любого порядка удовлетворяет частному решению для функции $R(r)$, краевое условие $\left. \frac{\partial U}{\partial r} \right|_{r=r_0} = 0$ определяет уравнение $J_n'(m) = 0$. Это уравнение имеет бесконечное множество

вещественных корней [5]. Рассмотрим ненулевые из них: $m_{n1}, m_{n2}, \dots, m_{nm}, \dots$, тогда $I_{nm} = \frac{m_{nm}}{r_0}$. Таким образом, решение задачи Дирихле для установки с трехфазным источником тока имеет вид (5).

Нахождение коэффициентов ряда (5) осуществляется путем умножения этого выражения на $J_k\left(\frac{m_{kl}r}{r_0}\right)r \cos(kq)$ для определения A_{nm} и на $J_k\left(\frac{m_{kl}r}{r_0}\right)r \sin(kq)$ – для B_{nm} , и интегрированием по интервалам $0 \leq r \leq r_0$ и $0 \leq q \leq 2p$. В итоге получим значения этих коэффициентов:

$$A_{nm} = C_{nm} \int_0^{2p} \int_0^{r_0} \Psi(r, q) J_n\left(\frac{m_{nm}r}{r_0}\right) r \cos(nq) dr dq;$$

$$B_{nm} = C_{nm} \int_0^{2p} \int_0^{r_0} \Psi(r, q) J_n\left(\frac{m_{nm}r}{r_0}\right) r \sin(nq) dr dq;$$

$$A_{0m} = -\frac{1}{J_0^2(m_{0m})psr_0^2} \int_0^{2p} \int_0^{r_0} \Psi(r, q) J_0\left(\frac{m_{0m}r}{r_0}\right) r dr dq; B_{0m} = 0.$$

Далее будем использовать следующие обозначения:

$$C_{nm} = \frac{1}{\frac{n^2}{m_{nm}^2} - 1} \frac{2}{J_n^2(m_{nm})psr_0^2}, \quad G_{nm} = J_n\left(\frac{m_{nm}r}{r_0}\right) \frac{\cosh\left(\frac{m_{nm}z}{r_0}\right)}{m_{nm} \sinh\left(\frac{m_{nm}z_0}{r_0}\right)}.$$

В результате решение рассматриваемой краевой задачи для случая с трехфазным источником тока, учитывая также выполнение условия $j_1(t) + j_2(t) + j_3(t) = 0$, имеет вид:

$$\frac{U(r, q, z)}{r_0} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} G_{nm} F_{nm} C_{nm} [j_1(t) \left(1 - \cos\left(\frac{2pn}{3}\right)\right) \cos(nq) + (j_1(t) + 2j_2(t)) \sin\left(\frac{2pn}{3}\right) \sin(nq)].$$

Ниже дан пример численного расчета для установки с трехфазным источником тока и с параметрами: $r_0 = 5600$ мм, $z_0 = 3960$ мм, $R_p = 1600$ мм, $r_p = 600$ мм. На рисунке 2 представлена контурная диаграмма распределения электрического потенциала на поверхности расплава. На рисунке 3 представлена диаграмма распределения потенциала на плоскости, располагающейся на расстоянии 0,5 м от поверхности расплава.

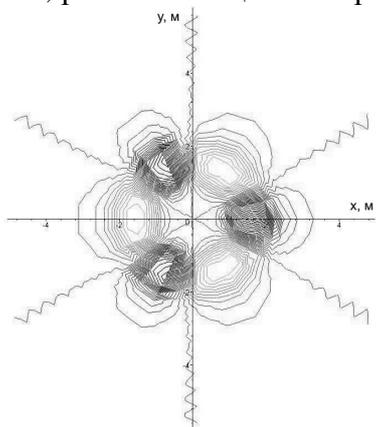


Рисунок 2 – Диаграмма распределения потенциала на поверхности расплава

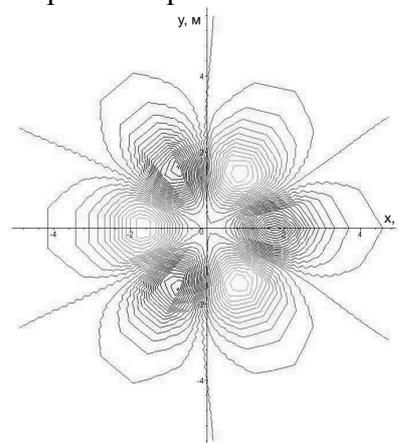


Рисунок 3 – Диаграмма распределения потенциала на расстоянии 0,5 м в глубину от поверхности расплава

На рисунке 4 дан пример численного расчета для вертикального профиля, проходящего через ось установки и центр одного из электродов.

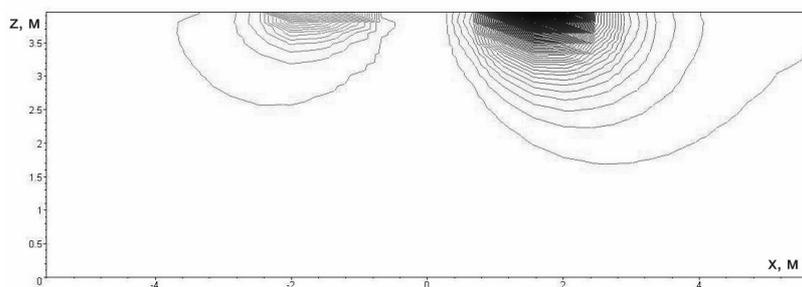


Рисунок 4 – Диаграмма распределения потенциала на вертикальном профиле установки

Разработанные модели распределения потенциала в металлургических агрегатах с однофазными и трехфазными источниками тока могут быть рекомендованы для использования применительно к объектам малой и большой металлургии.

Литература

1. Веревкин, В.И. Моделирование поля потенциалов шлаковой ванны при электрошлаковой наплавке [Текст] / В.И. Веревкин, Ю.А. Таракановская, П.Г. Белоусов // Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании. – М.: Электрика, 1999. – №2. – С.19-23.
2. Веревкин, В.И. Анализ с помощью математической модели электромагнитных явлений в шлаковой наплавке неплавящимся электродом [Текст] / В.И. Веревкин, С.Н. Калашников, В.А. Быстров // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 1994. – № 4. – С. 33-36.
3. Карпенко С.В. Разработка математической модели и компьютерной системы для исследования трёхфазных цепей с электрическими дугами [Текст] / С.В. Карпенко, В.Д. Сарычев, С.П. Мочалов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2006. – №6. – С.48-51.
4. Сарычев, В.Д. Разработка математической модели распределения электрического потенциала в расплаве дуговой сталеплавильной печи [Текст] / В.Д. Сарычев, С.В. Карпенко, С.П. Мочалов // Моделирование, программное обеспечение и наукоёмкие технологии в металлургии. Труды 2-й Всероссийской научно-практической конференции, Новокузнецк, СибГИУ, 14-17 Марта 2006. – Новокузнецк, 2006. – С.64-74.
5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики [Текст]. – М.: Наука, 1977. – 736 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

В.И. Веревкин, Л.В. Галицкая, В.М. Брагин

Кузбасская государственная педагогическая академия, г. Новокузнецк

Для создания эффективных систем, как автоматического, так и автоматизированного управления необходимо решение проблемы идентификации (получения модели) объекта управления. В последние годы интерес к данной важной тематике неоправданно снижается. Авторы статьи предлагают вновь вернуться к решению этой важной проблемы.

Известно, что задача идентификация по данным нормальной эксплуатации (в ходе пассивных наблюдений за работой объекта в действующей системе управления), как правило, оказывается неразрешимой [1]. Главной причиной этого является наличие значимых статистических связей между входными величинами, с одной стороны, и приведенной к выходу помехой [1, 2], либо самим возмущением [3] – с другой. К числу других недостатков подобного пассивного изучения объектов относится недостаточно широкий частотный спектр входных сигналов, необходимый для оценки динамических характеристик объектов [4]. Поэтому, вполне объяснимо, что основное внимание

исследователей было приковано именно к активным способам изучения объектов и построения их моделей по данным проведенных исследований.

К сожалению, активная идентификация предполагает вмешательство в нормальную работу изучаемого объекта управления, как правило, допуская при этом существенное ухудшение его состояния. Если говорить об объектах черной металлургии, то значительное вмешательство в их работу несет реальную угрозу безопасности обслуживающего персонала и сопровождается значительными экономическими потерями. Именно поэтому реальным путем активного изучения большинства сложных промышленных объектов в свое время явилось не традиционное снятие кривых разгона, сопровождающееся размыканием обратных связей (с полным отстранением оперативного персонала от управления объектом на весь период проведения эксперимента), а нанесение пробных (испытательных, исследовательских) воздействий на прогнозируемые рабочие управления [5]. Согласно нему в начале эксперимента человек-оператор, управляющий данным объектом, или автоматическое устройство прогнозировали траектории рабочего управления. Они же прогнозировали траектории изменения выходных воздействий объекта. Затем на предполагаемые траектории рабочего управления наносили (добавляли) испытательные воздействия. В ходе эксперимента фиксировали траектории отклонений выходных величин объекта относительно спрогнозированной траектории их изменения.

Если в ходе эксперимента объектом управляют, придерживаясь спрогнозированной траектории изменения управляющих воздействий, то при отсутствии испытательных воздействий по каналу регулирования отклонение измеренного значения выходной величины в конце i -го интервала памяти объекта (либо в конце i -го технологического цикла)

$Y_K(i)$ от «точки прицеливания» $Y_K^*(i)$

$$\Delta Y_K(i) = Y_K(i) - Y_K^*(i) = \xi(i) + a \cdot \delta(i), \quad (1)$$

где a – коэффициент передачи по идентифицируемому каналу регулирования; $\delta(i)$ – ошибка прогнозирования управлений по идентифицируемому каналу регулирования, оцененная на момент времени реализации i -го интервала памяти объекта, либо i -го технологического цикла; $\xi(i)$ – ошибка регулирования, оцененная к тому же моменту времени.

При наложении испытательного воздействия $P(i)$

$$\Delta Y_K(i) = a[P(i) + \delta(i)] + \xi(i). \quad (2)$$

Эксперимент повторяется несколько раз с различными по знаку и величине пробными воздействиями. По полученным данным строится статистическая модель объекта с получением оценки коэффициента передачи объекта a . Активное экспериментирование случайным образом чередуется с обычным функционированием производственно-исследовательской системы. При этом данные нормальной эксплуатации в дальнейшем используются для нахождения ошибок регулирования и прогнозирования. Результаты экспериментов обрабатываются с использованием методов инструментальных переменных (в качестве инструментальной переменной используется $P(i)$), либо регрессионного анализа.

Во время исследования объекта на интервале ожидаемого проявления эффектов пробных воздействий регулирующие обратные связи, осуществляемые как автоматически, так и через человека, по возможности размыкаются, а контуры управления по возмущениям функционируют в обычном режиме. При большой необходимости способ допускает сохранение и элементов регулирования с обратными связями. Их по возможности представляют (в приращениях к прогнозируемым уровням управления) простыми, понятными алгоритмами с заранее установленными значениями коэффициентов.

Способ вполне пригоден и для изучения влияния тех определяющих факторов, которые непосредственно не входят в состав регулирующих воздействий, но могут выборочно изменяться при проведении специально организованных экспериментов. Преимущества способа проявляются особенно заметно на заключительных стадиях

управления, когда ошибки регулирования и прогнозирования оказываются малыми.

Дальнейшим шагом в направлении снижения вмешательства исследователя в нормальный процесс эксплуатации объекта можно считать идентификацию с изменением задания [6]. Суть способа рассмотрим на примере объекта с непрерывным технологическим процессом (объекты с циклическими технологическими процессами идентифицируются аналогично).

К некоторому стартовому моменту времени t_C человеком-оператором или автоматом прогнозируются траектория вектора рабочих управлений до конца интервала памяти объекта, а также соответствующая траектория вектора выходных величин. В момент времени t_C по команде вышестоящей управляющей системы изменяется задание, например, марка стали и способ ее разлива. Далее эргатическая система управления функционирует в обычном режиме. В соответствии со сменой внешнего задания человек-оператор корректирует собственную цель – требуемое значение вектора выходных воздействий объекта (для циклических объектов – «точку прицеливания»). Он отказывается от первоначально намеченной траектории вектора управлений и изменяет ее для достижения новой цели. Критерии идентификации и оптимизации управлений хорошо согласуются [7]. Фактически сам человек-оператор реализует эксперимент по изучению объекта. Поскольку целевые функции человека-оператора и исследователя практически совпадают, то на долю последнего далее выпадает лишь пассивное наблюдение за СУ. Поэтому этот и по аналогичным причинам – излагаемые далее способы идентификации назовем активно-пассивными.

В качестве отклика в опытах рассматривается отклонение ΔY_K фактического значения результирующей выходной величины от прогнозируемой уставки на конец интервала памяти объекта. Изменение траектории рабочих управлений относительно ранее прогнозируемой траектории одновременно является и изменением во времени исследовательского воздействия, представляющего собой направленный на достижение целей идентификации фрагмент управлений – траекторию дополнительных управлений, призванных привести выходную величину в конце интервала памяти объекта к новому заданному значению.

Изменение внешнего по отношению к данной СУ задания приводит и к изменению собственного задания, которое устанавливает себе человек-оператор. Как следствие, возникает дополнительная составляющая управлений – аналог испытательного воздействия:

$$P(t) = U(t) - \hat{U}(t), \quad (3)$$

где $U(t)$, $\hat{U}(t)$ – фактически реализованная и прогнозируемая к моменту времени смены задания t_C траектория вектора рабочего управления; $t \in [t_C, t_K]$ – текущее время; t_K – момент времени окончания эксперимента.

Для случая линейного представления канала регулирования вход-выходные зависимости объекта, начиная с момента времени t_C , можно определить в виде [8]:

$$\Delta Y_K = Y(t_K) - Y(t_K)^* = \sum_{s=1}^S \int_0^{\tau_n} f_s(\tau) [P_s(t - \tau) + \delta_s(t - \tau)] d\tau + \xi(t), \quad (4)$$

где ΔY_K – отклонение измеренного значения выходной величины в конце интервала памяти объекта (либо в конце технологического цикла) $Y(t_K)$ от прежней «точки прицеливания» $Y(t_K)^*$; $f_s(\tau)$ – весовая функция по s -му каналу регулирования; $P_s(t - \tau)$ – величина аналога пробного воздействия по s -му каналу регулирования в момент времени $(t - \tau)$; $\delta_s(t - \tau)$ – ошибка прогнозирования уровня рабочих управлений по s -му каналу; $\xi(t)$ – ошибка регулирования учитываемой выходной величины относительно ее уставки; $\tau \in [0, \tau_n]$ – переменная интегрированная в масштабе времени; S – общее число каналов управления; $t_K = t_C + \tau_n$ для объектов с непрерывным режимом функционирования; t_K – конец цикла для циклических процессов; τ_n – время переходного процесса, включающего чистое и инерционное запаздывание.

Ошибка прогнозирования $\delta_s(t - \tau)$ и ошибка регулирования $\xi(t)$ определяются по данным опытов без нанесения пробного воздействия, т.е. при неизменном задании. Поскольку ошибки прогнозирования и регулирования зависят от особенностей и условий производства данного вида продукции, то их анализ необходимо проводить по близким организационно-технологическим состояниям системы управления и близким управляющим решениям. Для этого организационно-технологическое состояние системы разделяют на классы K_i . Статистический анализ $\delta_s(t)$ и $\xi(t)$, а также обработка результатов экспериментов на основе выражения (4) производится в данном классе K_{ji} организационно-технологических ситуаций. Таким путем для реально нелинейных и нестационарных технологических процессов достигается более строгая поклассовая (типологическая) линейризованность модели (4), а также обеспечивается необходимое условие воспроизводимости опытов.

Отказ от искусственного разрыва в ходе эксперимента обратных связей действующей системы управления в принципе обеспечивает оценку динамических характеристик не объекта управления, а всей системы. Однако, учитывая совпадения ориентировочной основы действий технологической и исследовательской систем, искусственного подавления эффектов изменения задания не происходит. Тем самым нет подавления эффекта испытательного воздействия на объект. Обратная связь разрывается по желанию самого человека-оператора. Тем самым обеспечивается идентификация именно объекта. Эта особенность характерна и для последующих способов получения модели объекта.

Способ идентификации сложных технологических объектов с изменением заданий можно успешно использовать при различных интервалах исследования, в том числе, равных и превосходящих интервал памяти объекта. В то же время способ не применим для заключительных стадий циклического управления (например, в конце операции выплавки металла), т.к. недостаток времени до конца цикла не позволяют перевести продукцию из одного вида в другой.

Для снижения отрицательного воздействия исследователя во время идентификации на нормальный ход технологического процесса можно использовать и автоматический режим управления. При таком способе автомат реализует некоторую программу входных воздействий, содержащую спланированные диагностирующие сигналы [9]. Наиболее предпочтительными являются случаи совмещения процессов диагностирования состояния и планового автоматического управления объектами.

Примером такого органичного совмещения этих двух процессов является продувка стали в ковше инертным газом через погружную футерованную фурму в автоматическом режиме. Одновременно такой режим позволяет оперативно оценивать состояние продувочной фурмы, поскольку фурма совершает возвратно-поступательное движение по заранее установленной программе. Фактически активный эксперимент при этом трансформируется в пассивный, но с соблюдением требований активного: управляющие связи с пробного воздействия, любого другого собственно возмущения и с выхода на вход процесса продувки стали в ковше разрываются.

При реализации предлагаемого способа необходимо выполнения условий:

1. Программа автоматического управления включает в себя спланированные воздействия.
2. Время работы в автоматическом режиме достаточно для проявления эффекта спланированных воздействий на изучаемых переменных состояниях.

Из второго условия следует, что исследованию настоящим способом можно подвергать лишь такие каналы “управление-состояние”, время памяти которых ниже времени работы объекта в автоматическом режиме.

На период исследования управления стабилизируют на опорных уровнях. При необходимости могут сохраняться автоматические обратные связи от собственно возмущений на вход (исключая связи от пробного сигнала). Состояние объекта прогнозируют. Управление поручают автомату. По результатам проявления эффектов спланированных воздействий оценивают оперативное состояние объекта.

Очередным шагом в направлении снижения вмешательства исследователей в процесс построения математической модели объекта можно считать способ идентификации действующих объектов в системах управления [10]. Согласно нему испытательные воздействия предложено наносить в направлении, способствующему улучшению состояний систем. Нанесение испытательных воздействий в обратную сторону с точки зрения статистики не имеет смысла. А значит, и не обеспечивает требуемой точности описания. Кроме того, во многих случаях спонтанное «сваливание» объекта или системы в слабopредсказуемое состояние нецелесообразно, как с технологической, так и с эргономической точки зрения. В ряде случаев такое их поведение является опасным.

Многие металлургические процессы протекают в условиях пониженной устойчивости СУ. Важной особенностью нелинейных СУ является тот факт, что «в нелинейной области устойчивость стационарного состояния не поддерживается автоматически. Такое состояние устойчиво только тогда, когда все возможные отклонения и возмущения имеют характер подъема в горку» [11]. То есть, если новое состояние энергетически ниже, чем исходное, то система будет двигаться в сторону еще большего отклонения от исходного стационарного состояния. Если же возмущения должны приводить к возрастанию энергетики системы, «имеют характер подъема в горку», то состояние системы остается устойчивым.

Так система, находящаяся вблизи границы устойчивости, может быть либо «свалиться» в неустойчивое состояние, либо наоборот уйти в устойчивое состояние. Динамика поведения системы в направлении устойчивого состояния положительна. При этом происходит улучшение состояния системы.

При реализации способа возникает естественный вопрос: «В случае существенной нелинейности объекта как описать динамику поведения объекта в сторону ухудшения его состояния?». Ответ на этот вопрос также вполне понятен: действия человека-оператора, направленные на ухудшение состояния объекта, в критических ситуациях следует признать недопустимыми, а значит не имеющими смысла.

Перспективной разработкой в области активно-пассивной идентификации является новый способ описания объектов в действующих системах на основе компенсации эффекта внешних воздействий [12].

Внешнее воздействие объективно присутствует и оказывает влияние на объект исследования. Убрать или снизить эффект влияния возмущения, как правило, не представляется возможным. В то же время, деятельность человека-оператора, прежде всего, и направлена на снижение вредного влияния возмущения. На лицо полная заинтересованность технологов в компенсации эффектов внешних воздействий.

Согласно предложенному способу предварительно идентифицируют канал возмущения и оценивают статические характеристики ошибок прогнозирования внешнего воздействия. Дополнительно прогнозируют поведение контролируемого внешнего воздействия объекта. После фиксирования качественного изменения траектории поведения внешнего воздействия наносят управление для компенсации эффекта действия этого возмущения.

С учетом действия неизменной тенденции (тренда) контролируемых возмущений и без пробных сигналов по идентифицируемому каналу регулирования отклонение измеренного значения выходной величины в конце i -го интервала памяти объекта (либо в конце i -го технологического цикла) $Y_K(i)$ от «точки прицеливания» $Y_K^*(i)$

$$\Delta Y_K(i) = a_2 \cdot [W_K(i) + \delta_2(i)] + \xi(i) + a_1 \cdot \delta_1(i), \quad (5)$$

где a_2 – коэффициент передачи по каналу возмущения; $W_K(i)$ – спрогнозированное значение контролируемого возмущения на конец i -го цикла функционирования объекта; $\delta_2(i)$ – ошибка прогнозирования контролируемых возмущений. Например, в качестве $\delta_2(i)$ принимают среднее по множеству $W_K(i)$ значение усредненных за время каждого i -го цикла функционирования объекта разностей спрогнозированных и фактически имевших место контролируемых возмущений; $\xi(i)$ – ошибка регулирования по идентифицируемому каналу

регулирования; a_1 – коэффициент передачи по идентифицируемому каналу регулирования; $\delta_1(i)$ – ошибка прогнозирования по идентифицируемому каналу регулирования.

С учетом действия изменений тенденции (тренда) контролируемых возмущений

$$\Delta Y_K(i) = a_2 \cdot [P_{WK}(i) + W_K(i) + \delta_2(i)] + \xi(i) + a_1 \cdot \delta_1(i), \quad (6)$$

где $P_{WK}(i)$ – отклонение фактического значения контролируемого возмущения на конец i -го цикла функционирования объекта от спрогнозированного уровня этого возмущения; $a_1 \cdot \delta_1(i)$ – эффект, найденный и оцененный в условиях неизменности тенденции поведения контролируемых возмущений $W_K(i)$.

При наличии компенсирующего управления по идентифицируемому каналу регулирования

$$\Delta Y_K(i) = a_2 \cdot [W_\Phi(i) + \delta_2(i)] + \xi(i) + a_1 \cdot \delta_1(i) + a_1 \cdot K_U(i), \quad (9)$$

где $W_\Phi(i) = P_{WK}(i) + W_K(i)$ – фактически имевшее место значение контролируемого возмущения на конце i -го цикла функционирования объекта; $K_U(i)$ – компенсирующее управление по идентифицируемому каналу регулирования.

Откуда

$$a_1 = \frac{\Delta Y_K(i) - a_2 \cdot [W_\Phi(i) + \delta_2(i)] - \xi(i)}{K_U(i) + \delta_1(i)}. \quad (10)$$

Приведенные способы активно-пассивной идентификации успешно использовались для описания динамических характеристик каналов регулирования кислородно-конвертерного, доменного, электросталеплавильного процессов на ОАО «ЗСМК», ОАО «НКМК» и Карагандинском металлургическом комбинате. Как показывают полученные результаты, точность описания каналов регулирования предложенными способами на 8-12 % выше, чем методами активной идентификации. При этом реализация плана эксперимента не сопровождается нарушениями нормального хода технологического процесса и характеризуется снижением моральных и материальных издержек при создании систем управления.

Литература

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для студентов вузов. / В.Я. Ротач. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 400 с.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Л. Льюнг / Под ред. Я.З. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
3. Мышляев Л.П. Идентификация объектов в системах управления. / Л.П. Мышляев, Е.И. Львова, С.Ф. Киселев, С.Я. Иванов // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2001. – № 12. – С. 32-35.
4. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В.Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
5. Веревкин В.И. Нанесение экспериментальных воздействий на прогнозируемые рабочие управления. / В.И. Веревкин, В.П. Авдеев, А.В. Лакунцов, Б.А. Бурдонов, А.П. Катрич. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1975. – № 5. – С. 163-166.
6. Веревкин В.И. Идентификация объектов сталеплавильного производства с изменением заданий. / В.И. Веревкин // Изв. Вузов. Черная металлургия. – 1999. – № 3. – С.24-28.
7. Авдеев В.П. Взаимосвязь критериев идентификации и регулирования производственных процессов / В.П. Авдеев, Л.П. Мышляев, В.И. Веревкин // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1973. – № 12. – С.147-150.
8. Авдеев В.П. Идентификация промышленных объектов с учетом нестационарностей и обратных связей. / В.П. Авдеев, Т.М. Даниелян, П.Г. Белоусов: Учебное пособие. / Сиб. металлург. институт.– Новокузнецк.– 1984.– 88с.
9. Веревкин В.И. О косвенном контроле состояния фурмы при управлении продувкой стали в ковше. / В.И. Веревкин, С.М. Абрамович, Ф.А. Штайгер // Изв. вузов. Черная

металлургия. – 1997.– №6.– С. 7– 10.

10. Патент 2277259 С1 РФ МПК 7 G 05 В 13/04 , G 05 В 23/00. Способ идентификации действующих объектов в системах управления. Веревкин В.И., Зельцер С.Р., Галицкая Л.В., Лизогуб П.П. – Заявл. 01.12.2004. Заявка № 2004135154/09 (038246). Оpubл. 27.05.2006. Бюл. № 15. – 6 с.

11. Цымбал В.П. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х частях. Ч 1. Термодинамический подход к самоорганизации (текст): Учеб. пособие/ В.П. Цымбал, С.П. Мочалов, С.Н. Калашников / Под ред. В.П. Цымбала. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2004.– 180 с.

12. Патент 2325683 С2 РФ МПК 7 G 06 G 7/66. G05В 13/04. Способ идентификации объектов в действующих системах. Веревкин В.И., Зельцер С.Р., Галицкая Л.В., Лизогуб П.П., Денисов Г.В. – Заявл. 19.07.2006. Заявка № 2006126283/09. Оpubл. 27.05.2008. Бюл. № 15. – 9 с.

МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Е.В. Гениатулина

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

1. *Введение.* Задача оптимального проектирования человеко-машинных систем является достаточно сложной. Для ее решения используются различные подходы и соответствующие им программные системы. Одной из таких систем является Гибридная Экспертная Система (ГЭС) ИНТЕЛЛЕКТ-3. Основное назначение ГЭС ИНТЕЛЛЕКТ-3 – оптимальное проектирование процессов функционирования человеко-машинных систем. В ней пользователю необходимо самостоятельно задавать альтернативные процессы функционирования человеко-машинной системы в форме логико-временной последовательности выполнения операций («рабочие» операции, операции контроля) [1,2,3]. Данная система может применяться в производстве, для определения оптимального выполнения тех или иных задач.

Процесс задания альтернатив в данной системе – трудоемкий процесс. В связи с этим, весьма актуальной является задача уменьшения трудоемкости данного процесса посредством автоматической генерации альтернатив.

В данной работе рассматривается один из частных случаев решения указанной задачи.

2. *Формальная постановка задачи.*

$M = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ – множество абстрактных операций, отличающихся друг от друга уникальным именем (или номером), n – общее количество операций.

$R = \{ \langle O_i, O_j \rangle / O_i R O_j \Leftrightarrow O_i \neq O_j; O_i, O_j \in M \}$, $R \subseteq M^2$ – бинарное отношение на множестве M^2 «следует за» (за операцией O_i следует операция O_j), задает отношение последовательности на множестве M .

Определим последовательно – параллельную структуру (алгоритм) выполнения операций процесса функционирования человеко-машинных систем. Для этого, необходимо разбить множество M на m попарно непересекающихся подмножеств P_i таких, что каждый элемент из M принадлежит только одному из этих подмножеств: $P = P_1, P_2, \dots, P_m$, где m – количество подмножеств множества P ;

1) $\forall i P_i \subseteq M$;

2) $\forall i \forall j i \neq j P_i \cap P_j = \emptyset$;

3) $\bigcup_{i=1, m} P_i = M$;

(1)

- 4) $\forall O_{s_1} \in P_j$ и $\forall O_{s_2} \in P_i$ и $j < i, i \neq j \Rightarrow \exists O_{s_1} R O_{s_2}$;
 5) Для мощности $|P_i| > 1: \forall O_{s_1}$ и $\forall O_{s_2} \in P_i \Rightarrow \exists O_{s_1} R O_{s_2}$.

Будем стремиться максимально распараллелить последовательно-параллельный алгоритм (1), что соответствует минимально возможному значению m (удовлетворяющему пунктам 1-5):

$$m \rightarrow \min . \quad (2)$$

Рассмотрим на примере последовательно-параллельную структуру:

$$O_1, O_2, \{O_3, O_4, O_5\}, O_6, \{O_7, O_8\} .$$

Здесь: $M = \{O_i / i = \overline{1,8}\}$, $|P_i| = 5$; $P_1 \equiv O_1$; $P_2 \equiv O_2$ - вторая операция, следующая после первой; $P_3 = \{O_3, O_4, O_5\}$ - параллельные операции, т.е. могут выполняться одновременно, после выполнения первых двух операций; $P_4 = O_6$; $P_5 = \{O_7, O_8\}$ - параллельные операции.

3. Алгоритм генерации представления процесса в виде последовательно-параллельных операций.

Введем квадратную матрицу для отношения R - $A = \|a_{ij}\|$, где $i, j = \overline{1, n}$ и $a_{ij} = 1 \Leftrightarrow \exists O_i R O_j$.

Данная матрица является матрицей смежности. На ее основе найдем матрицу достижимости $A' = \|a'_{ij}\|$, где $i, j = \overline{1, n}$, $a'_{ij} = 1 \Leftrightarrow O_j$ достижима из O_i .

Пример: $M = \{O_i / i = \overline{1,3}\}$,

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad A' = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} .$$

Для удобного представления и минимизации памяти представим матрицу A' совокупностью списков S_i , где $i = \overline{1, n}$:

$$S_i = \{\forall O_s \in M / a'_{is} = 1\} . \quad (3)$$

Тогда на основе A' из примера:

$$S_1 = \{O_2, O_3\};$$

$$S_2 = \{O_3\};$$

$$S_3 = \emptyset .$$

Определение 1: $\forall i, j O_i$ и O_j - могут быть параллельными $\Leftrightarrow O_j \notin S_i$ и $O_i \notin S_j$.

Алгоритм генерации процесса представления процесса в виде последовательно-параллельных соединений:

НАЧАЛО

ШАГ 1: $m = 1, |P_m| = |M|$ - все операции параллельны, $k = n, col = 0$;

ШАГ 2: ЦИКЛ ДЛЯ ($i = 0; i < k; i++$)

ЕСЛИ $O_i \notin S_{i+1}$ и $O_{i+1} \notin S_i$, оставляем операции в подмножестве P_m ИНАЧЕ

ЕСЛИ $O_i \in S_{i+1}$ - запоминаем вершину O_i , $col = col + 1$;

ИНАЧЕ ЕСЛИ $O_{i+1} \in S_i$ - запоминаем вершину O_{i+1} , $col = col + 1$;

КОНЕЦ ЦИКЛА

ШАГ 3: Формируем из полученного списка отдельно вынесенных вершин новое подмножество: $m = m + 1, P_m, k = \text{col}, \text{col} = 0$; ШАГ 4: Переходим на ШАГ 2 ПОКА не просмотрены все операции ШАГ 5: Соединяем получившиеся подмножества в последовательно-параллельную структуру: P_1, P_2, \dots, P_m .

КОНЕЦ

4. Понятие функционального контроля.

Контроль — это действия, предпринимаемые для того, чтобы убедиться в достижении желаемых результатов, оценить успешность того, что мы делали, кроме того, чтобы обеспечить обратную связь с исполнителями, участвующими в процессе получения результата. То есть контроль повышает эффективность всего выполняемого процесса.

Таким образом, на полученную при генерации последовательность последовательно-параллельных операций, необходимо предусмотреть установку контроля над полученным процессом (рисунок 1, рисунок 2).

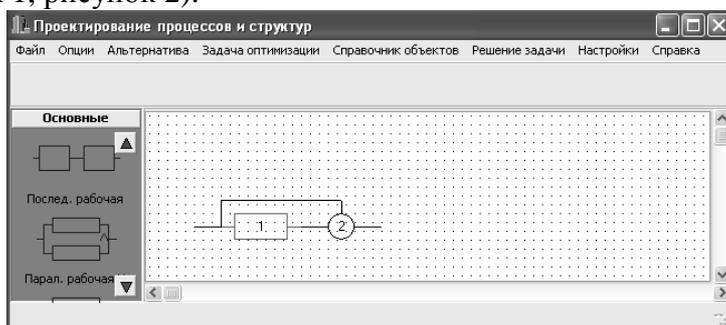


Рисунок 1 – Сформированный граф с обратной связью

5. Программная реализация алгоритма генерации последовательно-параллельного процесса. Выполнена программная реализация алгоритма генерации последовательно-параллельных соединений, интегрированная в систему ИНТЕЛЛЕКТ-3. Представление последовательно-параллельных соединений основано на представлении процесса в системе ИНТЕЛЛЕКТ-3. В качестве примера возьмем задачу ремонта – оклейка обоев. Операции, участвующие в процессе: $O_1 \equiv$ очистка стен, $O_2 \equiv$ шпаклевка стен, $O_3 \equiv$ нарезка обоев, $O_4 \equiv$ нанесение грунта, $O_5 \equiv$ нанесение клея на обои, $O_6 \equiv$ оклейка обоев, $|M| \equiv 6$.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Необходимо: получить последовательно-параллельные соединения операций, сгенерировать граф в системе ИНТЕЛЛЕКТ-3. В системе можно, установить контроль над всем процессом, и сформировать граф с учетом функционального контроля (рисунок 1).

Полученная последовательность: $|P| = 5$ ($P_1 \equiv$ очистка стен; $P_2 \equiv$ шпаклевка стен; $P_3 \equiv$ нарезка обоев, нанесение грунта; $P_4 \equiv$ нанесение клея на обои; $P_5 \equiv$ оклейка обоев (рисунок 2).

Заключение. Описанный метод генерации процессов функционирования позволяет пользователю автоматически получить представление процесса (или отдельной его части) в виде последовательно-параллельного алгоритма, включая добавление в него операции функционального контроля. Кроме того, разработанный алгоритм позволяет максимально распараллеливать операции для уменьшения времени, затрачиваемый на рассматриваемый пользователем процесс и учесть лицо, которое выполняет ту или иную операцию, исключая ситуации распараллеливания операций, если их выполняет одно и тоже лицо.

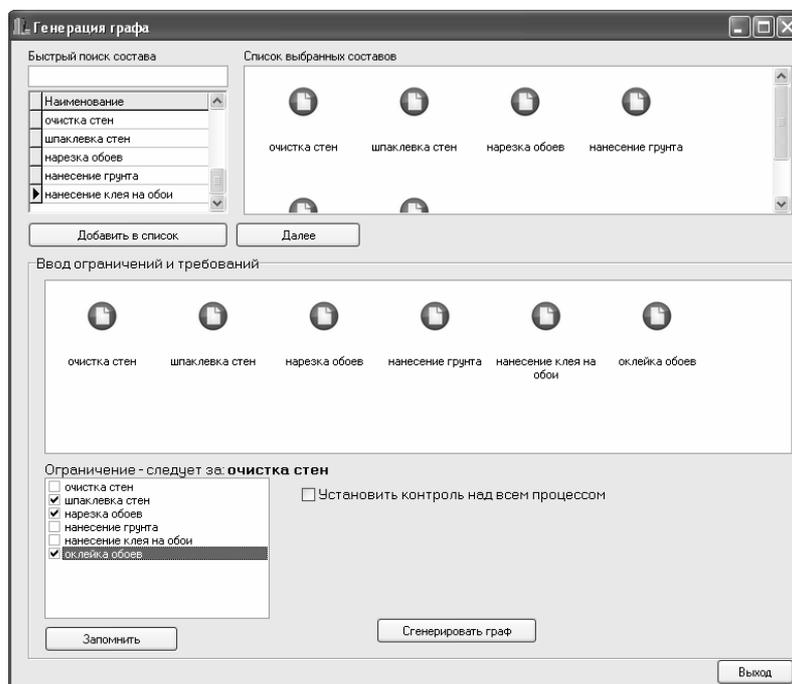


Рисунок 2 – Задание операций и ограничений на последовательность

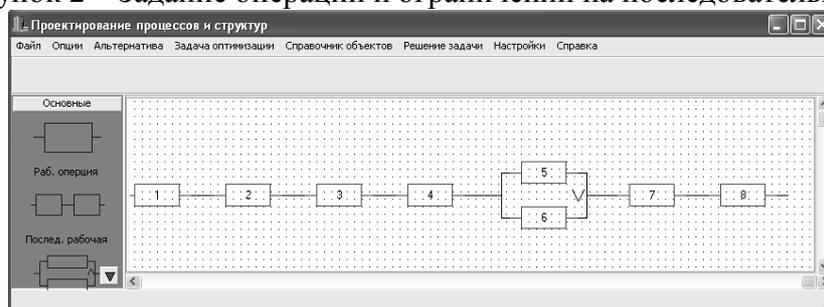


Рисунок 3 – Сформированный граф без контроля над процессом
Литература

1. Гриф М.Г. Современные методы проектирования ИУС // Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 84 с.

2. Гениатулина Е.В., Гриф М. Г. Методы формирования множества альтернатив процесса функционирования человеко-машинных систем // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды XII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С.148 – 150.

3. Гениатулина Е.В. Представление данных в интеллектуальных системах, усеченно-естественный язык: Материалы девятой международной научно-методической конференции. Информатика: проблемы, методология, технологии Т1. Воронеж, Воронежский государственный университет, 2009, С.202-106.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ГЕНЕРИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

К.Е. Глинчиков

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Данная статья написана в рамках подготовки учебно-методического пособия для студентов математического факультета, которое окажет помощь при генерировании случайных величин с различными законами распределения, а также оценить результаты моделирования с использованием различных статистических критериев (критерий Пирсона, Колмогорова, Мизеса и др.).

Задачу генерирования случайных величин с нормальным законом распределения решают в несколько этапов:

1. Вначале имитируют равномерное распределение и получают последовательность псевдослучайных чисел, равномерно распределенных на интервале $[0,1]$.

2. Затем, используя равномерно распределенную псевдослучайную величину, получают последовательность псевдослучайных чисел с нормальным законом распределения (чаще всего в нормированном виде, т.е. $M(X) = 0, \sigma=1$).

Пусть Y – равномерно распределенная случайная величина на интервале $[0,1]$. Необходимо получить случайную величину X с нормальным законом распределения.

Различают три основных способа формирования последовательности нормально распределенных случайных величин:

1. Прямое преобразование псевдослучайного числа y , являющегося реализацией случайной величины Y , равномерно распределенной на интервале $[0,1]$, с помощью некоторой функции W в число x , которое может рассматриваться как реализация случайной величины X , имеющей нормальный закон распределения.

2. Отсевание псевдослучайных чисел из первоначальной последовательности Y равномерно распределенной на интервале $[0,1]$, таким образом, чтобы оставшиеся числа были распределены по нормальному закону.

3. Моделирование условий, соответствующих центральной предельной теореме теории вероятностей.

1. Метод обратной функции. Данный метод относится к первому способу получения последовательности случайных чисел с нормальным законом распределения.

Стандартная нормальная случайная величина имеет функцию распределения [3]:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (1)$$

и обладает свойством $\Phi(-x) = 1 - \Phi(x)$. Согласно методу обратной функции стандартная нормальная случайная величина ξ может быть получена по формуле $\xi = \Phi^{-1}(y)$ где y – случайная величина, равномерно распределенная в интервале $[0,1]$. То, что функция $\Phi^{-1}(x)$ обладает свойством $\Phi^{-1}(1-y) = -\Phi^{-1}(y)$ упрощает генерацию стандартных нормальных случайных величин, которая идет по правилу [5]:

$$\xi = \begin{cases} \Phi^{-1}(y) & \text{при } 1/2 \leq y < 1 \\ -\Phi^{-1}(1-y) & \text{при } 0 < y \leq 1/2 \end{cases} \quad (2)$$

Значение $\Phi^{-1}(y)$ точно считать очень трудно, поэтому для него найдены хорошие аппроксимации. Пусть y удовлетворяет условию $1/2 \leq y < 1$. Введем переменную $\Theta = \sqrt{-2 \ln y}$, тогда [5]

$$\Phi^{-1}(y) = \frac{2,30753 + 0,27061 \cdot \Theta}{1 + 0,99229 \cdot \Theta + 0,04481 \cdot \Theta^2} - \Theta \quad (3)$$

или

$$\Phi^{-1}(y) = \frac{2,515517 + 0,802853 \cdot \Theta + 0,010328 \cdot \Theta^2}{1 + 1,432788 \cdot \Theta + 0,189269 \cdot \Theta^2 + 0,001308 \cdot \Theta^3} - \Theta \quad (4)$$

Первая из этих формул имеет погрешность результатов измерения случайной величины, не превосходящую 0,003, погрешность второй формулы составляет не более 0,00045.

2 Метод полярных координат. Данный метод относится ко второму способу получения последовательности случайных чисел с нормальным законом распределения.

По данному методу вычисляются две независимые нормально распределенные случайные величины x_1 и x_2 со средним значением, равным нулю, и среднеквадратичным отклонением, равным нулю, и среднеквадратичным отклонением, равным единице, по двум заданным независимым равномерно распределенным случайным числам u_1 и u_2 .

Алгоритм метода:

1. Генерируем два независимых числа u_1 и u_2 , равномерно распределенных в интервале $[0;1]$.

2. Вводим промежуточные переменные:

$$V_1=2u_1-1 \text{ и } V_2=2u_2-1 \quad (5)$$

Теперь величины V_1 и V_2 равномерно распределены в интервале $[-1;1]$ и их удобно представить в форме с плавающей запятой.

3. Устанавливаем:

$$S = V_1^2 + V_2^2 \quad (6)$$

4. Проверяем условие $S \geq 1$. Если условие выполняется, то необходимо вернуться к шагу 1, если не выполняется, то к шагу 5.

5. Вычисляем значение величины x_1 и x_2 :

$$x_1 = V_1 \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln S}{S}}, \quad x_2 = V_2 \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln S}{S}} \quad (7)$$

Вычисленные величины x_1 и x_2 будут являться случайными величинами с нормальным законом распределения.

3 Метод усечения.

Данный метод также относится ко второму способу получения последовательности случайных чисел, распределенных по нормальному закону.

Рассмотрим алгоритм метода [4].

Пусть случайная величина x ограничена отрезком $[a,b]$ и ее плотность вероятности

$$\frac{dp}{dx} = f(x), \quad f_{\max} = \text{Max}(f(x)) \quad (8)$$

1. Находим максимальное значение

2. Разделим промежуток на m равных частей.

3. С помощью генератора случайных чисел генерируется случайная величина y_i , имеющая равномерное распределение на отрезке $[a,b]$ $\frac{dp}{dx}(y_i) \equiv \text{const}$.

4. Находим отношение:

$$\frac{f(y_i)}{f_{\max}} \leq 1 \quad (9)$$

5. Генерируется величина y_i , определенная на отрезке $[0,1]$ и имеющая на нем равномерное распределение.

6. Если $\frac{f(y_i)}{f_{\max}} \geq y_i$, то определяем генерируемую величину $x=y_i$.

7. Если $\frac{f(y_i)}{f_{\max}} < y_i$, то повторяем этапы (3,4,5), пока не выполнится условие 6.

Определим вероятность попадания в отрезок $\Delta x_k \rightarrow 0$ случайной величины, генерируемой согласно с вышеизложенным алгоритмом.

Введем несколько вспомогательных величин [4]:

$$q = \sum_{k=1}^m P(x_i \in \Delta x_k) \cdot \left(1 - P\left(\frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}} \geq y_i\right)\right) \quad (10)$$

где q - вероятность того, что на i -ом шаге генератор не работает.

$$p_k = \sum_{k=1}^m P(x_i \in \Delta x_k) \cdot P\left(\frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}} \geq y_i\right) \quad (11)$$

где p_k - вероятность того, что на i -ом шаге генератор сработает и именно на отрезке Δx_k .

z_k - вероятность того, что генератор, в конце концов, выдаст $x_i \in \Delta x_k$

$$z_k = p_k + q(p_k + q(p_k + q(p_k + q(\dots)))) = p_k + q \cdot z_k \Rightarrow z_k = \frac{p_k}{1-q} \quad (12)$$

Учитывая, что отрезки Δx_k равны и x_i имеет равномерное распределение, получим

$P(x_i \in \Delta x_k) = \frac{1}{m}$. Учитывая, что y_i имеет равномерное распределение и, как следствие, $P(y \leq A) \equiv A$, получим:

$$P\left(\frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}} \geq y_i\right) = \frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}} \quad (13)$$

Согласно формулам (10-13), получаем:

$$p_k = \frac{1}{m} \cdot \frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}} \quad (14)$$

$$q = \sum_{k=1}^m \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}}\right) = 1 - \sum_{k=1}^m \frac{1}{m} \cdot \left(\frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}}\right) \cdot \frac{\Delta x_k}{\Delta x_k} = 1 - \frac{1}{m \cdot f_{\max} \cdot \Delta x_k} \sum_{k=1}^m f(x_i \in \Delta x_k) \cdot \Delta x_k \quad (15)$$

При $\Delta x_k \rightarrow 0$ сумма превращается в интеграл и, согласно условию нормировки, обращается в единицу [4]:

$$\lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} q = 1 - \frac{1}{m \cdot f_{\max} \cdot \Delta x_k} \sum_{k=1}^m f(x_i \in \Delta x_k) \cdot \Delta x_k = 1 - \frac{1}{f_{\max} (b-a)} \int_a^b f(x) dx = 1 - \frac{1}{f_{\max} (b-a)} \quad (16)$$

$$\lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} z_k = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \frac{p_k}{1-q} = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \frac{1}{m} \cdot \frac{f(x_i \in \Delta x_k)}{f_{\max}} \cdot f_{\max} (b-a) = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \Delta x_k \cdot f(x_i \in \Delta x_k) \quad (17)$$

Полученная функция плотности вероятности генерируемой случайной величины

$$\frac{dp}{dx} = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \frac{z_k}{\Delta x_k} = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \frac{p_k}{1-q} = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} f(x_i \in \Delta x_k) = f(x) \quad (18)$$

совпадает с плотностью вероятности исходной функции, что свидетельствует о корректности данного алгоритма.

4. Метод, основанный на центральной предельной теореме (метод суммирования).

Этот метод моделирования относится к третьему способу получения последовательности чисел с нормальным законом распределения. Метод основан на приближенном воспроизводстве условий, при которых справедлива центральная предельная теорема теории вероятности.

Рассмотрим метод аппроксимации нормально распределенной случайной величины X , основанный на использовании двенадцати ($k=12$) равномерно распределенных случайных величин.

Алгоритм метода [3]:

1. Сложить 12 равномерно распределенных псевдослучайных чисел y_i .
2. Пронормировать полученную сумму, т.е. получить случайную величину T с $M(T)=0$ и $\sigma = 1$, где T – нормально распределенная случайная величина.

3. Результат привести в соответствие с заданным математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением σ .

Нормально распределенная случайная величина X с требуемыми значениями математического ожидания и среднеквадратичного отклонения σ определяется как:

$$x_i = \sigma T_i + a \quad (19)$$

$$Z = \sum_{i=1}^{12} y_i \quad (20)$$

где y_i – независимые равномерно распределенные на интервале $[0,1]$ случайные величины.

Математическое ожидание и дисперсия равномерно распределенной на интервале $[0,1]$ случайной величины Y соответственно равны:

$$M(Y) = \frac{1}{2} \quad (21)$$

$$D(Y) = \sigma_y^2 = \frac{1}{12} \quad (22)$$

Тогда математическое ожидание суммы Z составит:

$$M(Z) = \sum_{i=1}^{12} M(Y) = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \quad (23)$$

Дисперсия $D(Z)$ примет вид:

$$D(Z) = \sigma_z^2 = \sum_{i=1}^{12} D(Y) = 12 \cdot \frac{1}{12} = 1 \quad (24)$$

Пронормируем сумму Z , т.е. перейдем от нее к величине:

$$T = (Z - M(Z)) / \sigma_y = (Z - 6) \quad (25)$$

Переходя к требуемым математическому ожиданию a и среднеквадратичному отклонению σ , окончательно имеем:

$$x = \sigma \cdot T + a = \sigma(Z - 6) + a \quad (26)$$

Чтобы определить значение нормально распределенной случайной величины с математическим ожиданием, равным нулю, и среднеквадратичным отклонением, равным единице, необходимо взять 12 равномерно распределенных чисел, сложить их, а из суммы вычесть 6, т.е.:

$$T = \sum_{i=1}^{12} y_i - 6 \quad (27)$$

Согласно формулам (26-27), модель случайной величины примет вид:

$$x = \left(\sum_{i=1}^{12} y_i - 6 \right) \sigma + a \quad (28)$$

5 Генерация стандартных случайных величин парами. Метод Мюллера.

Данный способ позволяет генерировать стандартные случайные величины парами. Пусть y_1, y_2 - независимые, равномерно распределённые в $[0,1]$ случайные величины, так что плотность вероятностей [4]

$$p(y_1, y_2) = \begin{cases} 1; & \text{если } 0 < y_1, y_2 < 1 \\ 0; & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (29)$$

Рассмотрим случайные величины

$$\xi_1 = \sqrt{-2 \ln y_1} \cos(2\pi y_2) \quad (30)$$

$$\xi_2 = \sqrt{-2 \ln y_1} \sin(2\pi y_2) \quad (31)$$

Найдём их совместную плотность вероятностей $P(\xi_1, \xi_2)$. Выражая y_1, y_2 через ξ_1, ξ_2 , получим [4]:

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 = -2 \ln y_1, \quad y_1 = \exp\left(-\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}\right), \quad \operatorname{tg}(2\pi y_2) = \frac{\xi_2}{\xi_1}, \quad y_2 = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{\xi_2}{\xi_1}$$

Находим якобиан перехода $J = \frac{\partial(y_1, y_2)}{\partial(\xi_1, \xi_2)}$

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial \xi_1} & \frac{\partial y_1}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial y_2}{\partial \xi_1} & \frac{\partial y_2}{\partial \xi_2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -\xi_1 \exp\left(-\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}\right) & -\xi_2 \exp\left(-\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}\right) \\ \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{-\xi_2^2 / \xi_1^2}{1 + \xi_2^2 / \xi_1^2} & \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1 / \xi_1}{1 + \xi_2^2 / \xi_1^2} \end{vmatrix} \quad (32)$$

$$J = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}} \left[-\frac{1}{1 + \xi_2^2 / \xi_1^2} - \frac{\xi_2^2 / \xi_1^2}{1 + \xi_2^2 / \xi_1^2} \right] = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}} \quad (33)$$

Отсюда, по формулам теории вероятностей, получаем [4, с. 110]

$$p(\xi_1, \xi_2) = p_y(y_1(\xi_1, \xi_2), \alpha_2(\xi_1, \xi_2) | J) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi_1^2}{2}} \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{\xi_2^2}{2}} \quad (34)$$

откуда и следует, что ξ_1, ξ_2 - независимые стандартные нормальные случайные величины. Рассмотренные преобразования свидетельствуют о том, что рассмотренная пара реализаций стандартных нормальных случайных величин получается указанным выше преобразованием пары реализаций равномерных на интервале $[0,1]$ случайных величин.

Литература

1. Бериков Б.В. Анализ статистических данных с использованием деревьев решений. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002
2. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистика. Учеб. Пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 2000. – 400 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1998. – 479 с.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968. – 356 с.
5. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов управления с распределенными параметрами. – М.: Высшая школа, 2002. – 242 с.
6. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. – М.: Финансы и статистика, 1997

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛИРОВАНИЯ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В.В. Грачев, Л.П. Мышляев, М.В. Шипунов

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк*

Сокращение сроков создания промышленных комплексов достигается за счет параллельного, одновременного выполнения таких работ как проектирование, заказ и поставка оборудования, строительство, монтаж оборудования, его пуско-наладка. А это требует четкого планирования временных и финансовых ресурсов, а также их динамической корректировки с ориентацией на конечные показатели реализации проекта.

Одним из важных факторов, определяющим длительность выполнения проекта, является рациональное стимулирование всех видов работ. Как правило, ограничиваются выделением средств на стимулирование выполнения всего проекта без учета динамики его выполнения. Поэтому было проведено исследование эффективности различных функций стимулирования при разработке траекторий выполнения проектов с детализацией его в виде сетевых графиков. Основой расчетов послужили данные реализованных проектов [1, 2] с применением известных процедур поисковой оптимизации и пересчетного натурно-математического моделирования [3, 4], которые позволяя, основываясь на информации об уже созданных комплексах, более полно выявлять неиспользованные резервы, адекватно учитывать реальные ситуации и, как правило, получать лучшие результаты.

Постановка задачи натурно-модельного исследования эффективности стимулирующих функций сделана в следующем виде.

Дано. 1. Набор структур стимулирующих функций $St_{i,j}(T)$ для выполнения операций:

а) линейная функция

$$St_{1,j} = a \cdot T_j + b, \quad (1)$$

б) кусочно-линейная функция

$$St_{2,j} = \begin{cases} a_1 \cdot T_j + b_1, & \text{при } T_j^{\min} \leq T_j \leq T_{1,j}; \\ a_2 \cdot T_j + b_2, & \text{при } T_{1,j} \leq T_j \leq T_{2,j}; \\ a_3 \cdot T_j + b_3, & \text{при } T_{2,j} \leq T_j \leq T_j^H, \end{cases} \quad (2)$$

где $T_{1,j} = \frac{1}{3}(T_j^H - T_j^{\min})$, $T_{2,j} = \frac{2}{3}(T_j^H - T_j^{\min})$,

в) квадратичная функция

$$St_{3,j} = a \cdot T_j^2 + b \cdot T_j + c, \quad (3)$$

г) обратно пропорциональная функция

$$St_{4,j} = \frac{a}{T_j}, \quad (4)$$

где a, b, c – параметры функции, T_j – длительность выполнения j -ой операции, T_j^{\min} – минимальное время выполнения j -ой операции, T_j^H – номинальное (в частности, фактическое) время выполнения j -ой операции.

2. Данные о фактически реализованных проектах, включающие

– сетевой график проектирования и строительства;

– номинальную стоимость C_j^H и номинальное время выполнения T_j^H операций;

– базовую структуру функции стимулирования $St_j^B(T)$, в частности константу, C -типа [5]

– ограничения на длительность выполнения операций

$$T_j^{\min} \leq T_j \leq T_j^H; \quad (5)$$

– ограничения на величину стимулирования при выполнении операций

$$0 \leq St_j \leq St_j^{\max}, \quad (6)$$

где St_j^{\max} – максимально возможное стимулирование j -ой операции проекта;

– структура функции дохода от функционирования предприятия после его вывода на проектные показатели $V(t)$.

3. Процедуры пересчетного моделирования, включающие

– натурные данные о характеристиках выполненных проектов;

- пересчетные модели, позволяющие пересчитывать вариации исходных данных в изменение выходных целевых переменных;
- операции формирования модельных исходных и расчетных показателей.

4. Критерий эффективности выполнения проекта $Q(\Delta t)$, отражающий затраты и доход от создания промышленного комплекса

$$Q(\Delta t) = V(\Delta t) - St(\Delta t), \quad (7)$$

где Δt – время изменения длительности выполнения проекта, $V(\Delta t)$ – доход предприятия за время Δt , $St(\Delta t)$ – затраты на стимулирование по сокращению длительности проекта на Δt .

Требуется.

1. Разработать алгоритм определения эффективности стимулирующих функций.
2. Исследовать эффективность стимулирующих функций $St_{i,j}(T)$ из заданного набора

по критерию $Q(\Delta t)$.

Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм оценки влияния изменения стимулирующих функций на изменение эффективности выполнения проекта, структура которого представлена на рисунке 1. Программная реализация алгоритма осуществлена в среде MicrosoftProject 2003 Professional и Microsoft Excel 2003 на языке VBA.

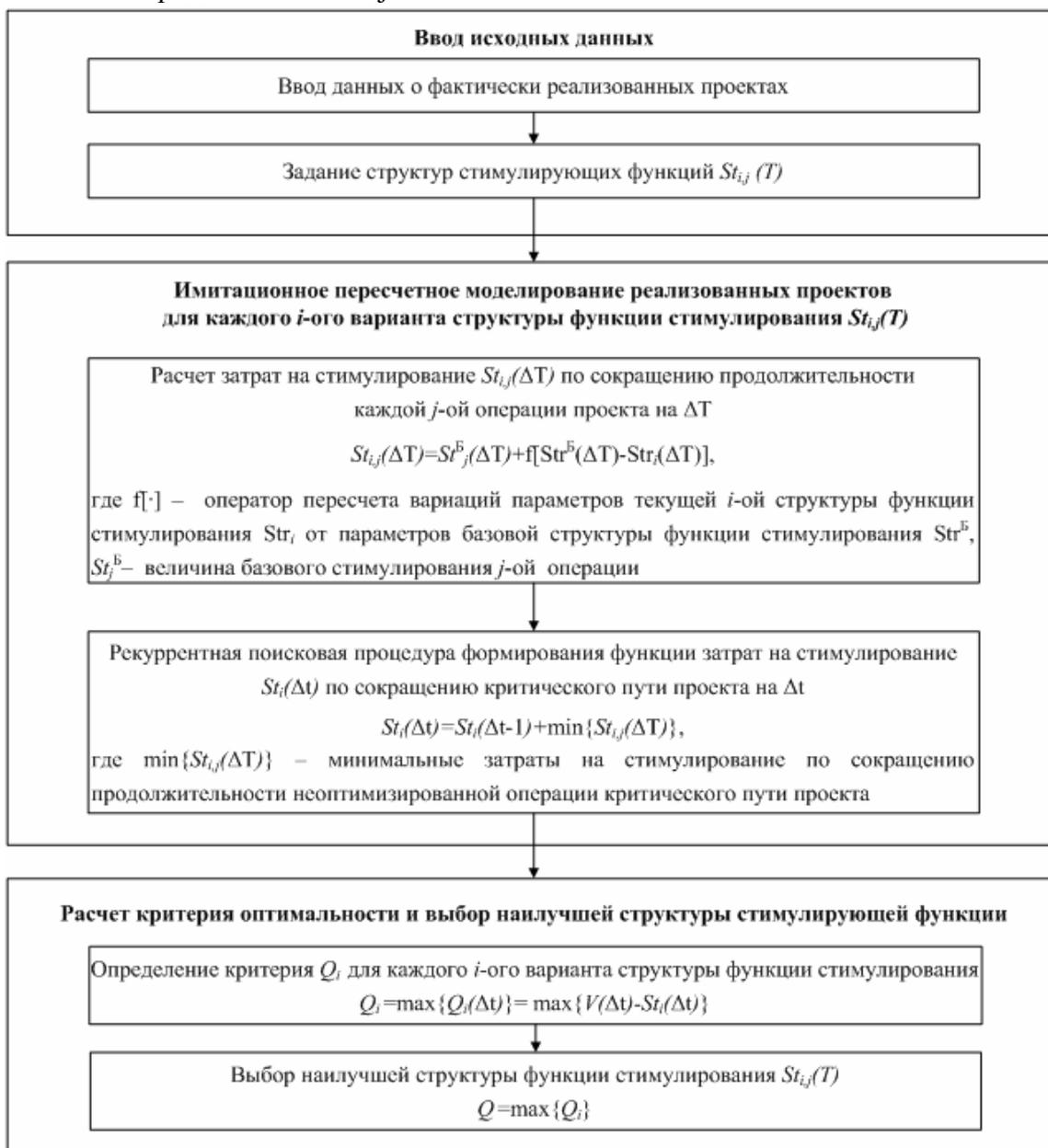


Рисунок 1 – Алгоритм определения эффективности стимулирующих функций

Натурные данные для количественных факторов были взяты из реализованного проекта углеобогатительной фабрики.

Результаты расчетов для выбранного набора стимулирующих функций представлены на рисунке 2, откуда следует вывод, что наилучшими являются квадратичная и кусочно-линейная функции стимулирования.

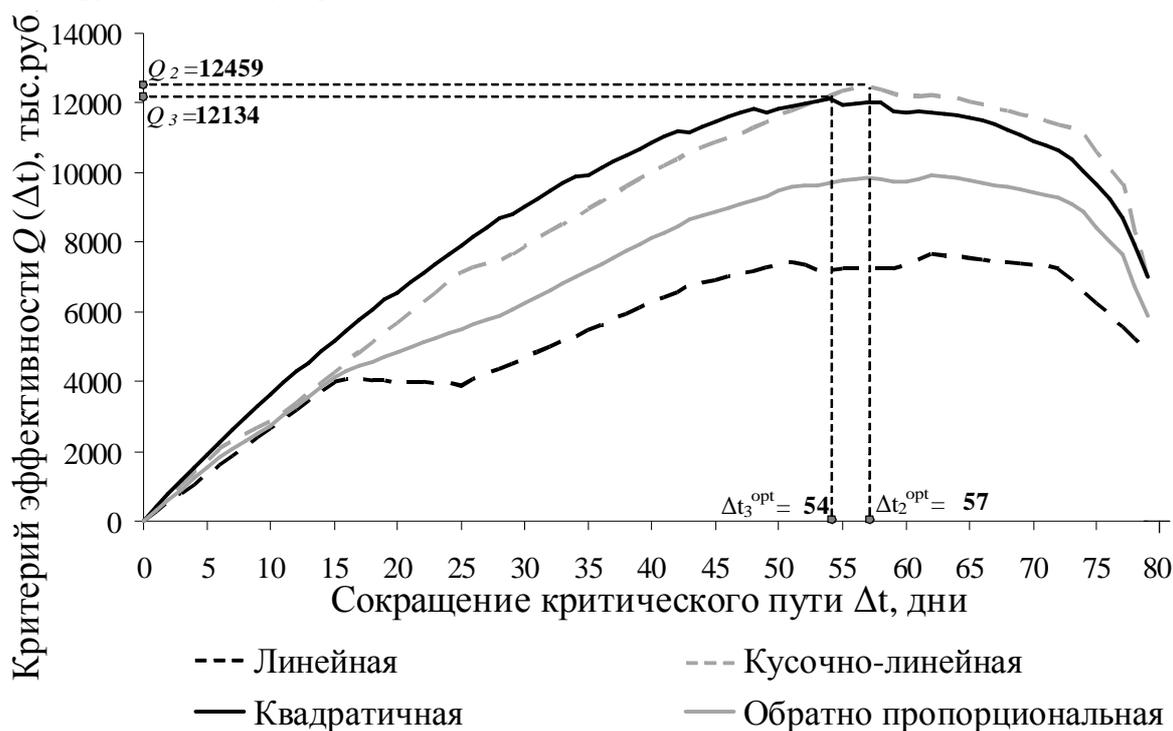


Рисунок 2 – Критерий эффективности при различных структурах функции стимулирования при суточном доходе предприятия 400 тыс. руб.

Для кусочно-линейной функции стимулирования для конкретной углеобогатительной фабрики получили оптимальное сокращение длительности Δt^{opt} на 57 дней при значении Q равном 12459,12 тыс. руб., а для квадратичной – $\Delta t^{opt} = 54$ дня, $Q = 12134,47$ тыс. руб.

При изменении суточных доходов предприятия квадратичная и кусочно-линейная функции стимулирования также остаются предпочтительными и превосходят другие функции стимулирования по критерию эффективности Q не менее чем на 50%.

Использование процедуры пересчетного натурно-математического моделирования позволяет пересчитать величины стимулирования для операций проекта, при этом изменяется их длительность и длительность выполнения всего проекта. Сетевой график также динамически корректируется.

Литература

1. Мышляев Л.П. Планирование длительности выполнения проекта на основе ретроспективного анализа // Л.П. Мышляев, В.В. Грачев, А.А. Ивушкин, А.П. Бражников / Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 2.2(28). – С. 273 – 276.
2. Грачев В.В. Методы планирования длительности выполнения проекта/ В.В. Грачев, А.А. Ивушкин, К.Г. Венгер, Л.П. Мышляев // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: Материалы Международной научно-практической конференции: сборник научных статей. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – С. 225 – 230.
3. Натурно-математическое моделирование в системах управления: Учебное пособие / Авдеев В.П., Зельцер С.Р., Карташов В.Я. и др. – Кемерово: КемГУ, 1987. – 84 с.
4. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х томах. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения. / Под ред. Л.П. Мышляева. – Наука, 2006. – 483 с., ил.
5. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков М.: Московский психолого-социальный институт, 2005.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

А.М. Гудов, М.В. Семехина, А.М. Федотов

*Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово*

Сегодня к компьютерным сетям, как к вычислительной платформе предприятия, предъявляются все более жесткие требования по надежности, скорости, и эффективности. Сеть рассматривается как важный, иногда даже критически важный ресурс, для которого актуальны вопросы оптимизации – то есть, достижение максимальной эффективности при минимальных затратах. Основными показателями работы сети являются [5]: пропускная способность (емкость), скорость, надежность.

Высокие требования к качеству работы сети стимулируют интерес к мониторингу и моделированию вычислительных сетей. Средства мониторинга доступны сегодня в широком ассортименте, начиная от системных консольных утилит и заканчивая программными комплексами с функциями управления и применением экспертных систем (HP OpenView NNM, NetView (Tivoli) от IBM, Spectrum от Cabletron). В области моделирования дело обстоит иначе, поскольку моделирование изначально является научным подходом, требующим не только технических знаний, но и знания теоретических основ процессов передачи и обработки данных, происходящих в вычислительных сетях. К факторам, сдерживающим широкое распространение систем автоматизированного анализа и управления компьютерными сетями, относятся: ограниченность аппарата моделирования подобных систем (небольшое количество используемых методов), высокая цена (стоимость составляет от 5 до 100 тысяч долларов, в зависимости от комплектации), ориентация на пользователя с академическими знаниями. В то же время исследования в области сетевого моделирования способны предложить новые, универсальные, быстрые методы анализа компьютерных сетей.

В данной работе представлена информационная система для анализа и моделирования вычислительных сетей (ВС), использующая комплексный подход к моделированию. Основными задачами, которые должна решать такая система, являются: создание адекватных моделей ВС на основе данных трех типов: данные о топологии сети, данные о маршрутах и характеристиках потоков трафика в сети, данные о вычислительных мощностях сетевых устройств; аналитический расчет сетевых параметров для представленных моделей; проведение имитационного эксперимента по передаче трафика в рамках построенной модели сети; анализ полученных результатов с целью выявления «критичных» участков сети с низкой или нестабильной скоростью обработки/передачи сообщений.

Система позволит оценить ВС на этапе ее проектирования или модернизации, а также будет полезна для оценки эффективности функционирующих сетей и выработки рекомендаций для их оптимизации.

Модель вычислительной сети, в общем виде, можно представить в нотации RDF, как это показано на рисунке 1.

Основные методы, используемые современными исследователями, можно разделить на три группы: аналитические (вероятностные) методы; имитационное (статистическое) моделирование; методы, основанные на теории временных рядов.

Аналитический подход. Для задач расчета основных и производных сетевых характеристик часто используется аналитический аппарат, основанный на теории массового обслуживания [2]. Классический подход, рассмотренный ниже, основан на предположении о том, что поток сообщений является пуассоновским [1], то есть вероятность поступления k сообщений за время t распределена по закону Пуассона (1) (где λ – интенсивность потока), а длительность интервалов τ между поступлениями сообщений распределена экспоненциально по формуле (2).

$$P(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$P(\tau) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2)$$



Рисунок 1 – Информационная модель сети

При моделировании пуассоновский поток можно получить мультиплексированием совокупности ON/OFF источников, каждый из которых порождает марковский процесс [4]. Методы теории массового обслуживания позволяют аналитически вычислять значения параметров работы сети. В большинстве случаев для оценки скорости и эффективности работы сети достаточно вычислить следующие характеристики:

- средняя длина очереди для каждого сетевого узла:

$$L_i(N) = \frac{\sum_{n=1}^N x_i^n G_W(N-n)}{G_W(N)}, \quad x_i = e_i / \mu; \quad (3)$$

- среднее время пребывания сообщения в каждом сетевом узле:

$$T_i(N) = \frac{L_i(N)}{\lambda_i(n)}; \quad (4)$$

- время цикла (среднюю задержку для всей сети):

$$V_i(N) = \sum_{j=1}^W e_j T_j(N). \quad (5)$$

Здесь x_i носит смысл коэффициента загрузки i -го узла (устройства) при N циркулирующих сообщениях в сети, W – количество узлов сети, λ_i – интенсивность потока сообщений, исходящих из i -го узла, μ_i – интенсивность обслуживания пакетов i -м узлом сети, G – нормализующая константа, вычисляемая для конкретной сети из соотношения:

$$G_W(N) = \sum_{n=1}^W \prod_{i=1}^n (e_i / \mu_i)^{n_i}. \quad (6)$$

где $n=(n_1, n_2, \dots, n_W)$ – агрегированное состояние сети. Относительные коэффициенты передачи e_i связывают интенсивности потоков λ_j следующим образом: если зафиксировать некоторый узел j^* , то $\lambda_i = e_i \lambda_{j^*}$.

Другой метод, реализованной в системе, является итерационным, он не требует расчета нормализующей константы, что позволяет существенно сэкономить вычислительные ресурсы. Метод основан на том, что в сети $D(M, N)$, где M – количество узлов, а N – количество циркулирующих в сети сообщений, среднее время ожидания обслуживания в i -м центре $T_i(N)$ складывается из средней длительности обслуживания вновь поступившего сообщения τ_i и средней длительности обслуживания всех сообщений, находившихся в i -м

центре $\tau_i v_i(N)$, где $v_i(N)$ – среднее количество сообщений в i -м центре в момент поступления нового сообщения. Тогда $T_i(N) = \tau_i(v_i(N)+1)$, $i=1..M$, где $v_i(N)$ определяется как среднее количество сообщений в i -м центре сети $D(M, N-1)$.

Тогда

$$T_i(N) = \tau_i(1 + L_i(N-1)), i=1..M. \quad (7)$$

Средний размер очереди сообщений в i -м узле $L_i(N)$ рассчитывается по формуле Литтла, примененной к i -му центру:

$$L_i(N) = \lambda_i(N)T_i(N), i=1..M, \quad (8)$$

где $\lambda_i(N)$ – интенсивность потока сообщений в i -й центр. Чтобы избежать расчета $\lambda_i(N)$ для всех центров фиксируется произвольным образом сетевой узел, которому присваивается индекс i' . Для всех остальных центров в таком случае имеем $\lambda_j(N) = e_j \lambda_{i'}(N)$, где e_j однозначно определяется из системы уравнений:

$$e_j = \sum_{i=1}^M e_i P_{ij}, e' = 1, j = 1..M.$$

Тогда

$$\lambda'(N) = \frac{N}{\sum_{i=1}^M e_i T_i(N)}. \quad (9)$$

Формулы (7)-(9) описывают итерационный процесс, позволяющий рекуррентно по N рассчитывать средние характеристики замкнутой однородной сети МО. Начальные условия для итерационного процесса получаются при $N=0$. Аналитические методы позволяют при определенных условиях и допущениях вычислить основные сетевые характеристики и их производные для общей оценки работы сети. Для более детального исследования процессов передачи и обработки данных в КС в большей мере интересно имитационное моделирование [3, 6]. Для моделирования предлагается использовать иерархические раскрашенные сети Петри с временным механизмом, где цвет (тип меток) соответствует типу трафика. Метки могут быть двух типов – «сообщения», и «служебные маркеры», означающие факт занятости ресурса обработкой меток-«сообщений». Количество меток в позициях соответствуют состоянию сети, переходы изменяют это состояние, перемещая метки в другие позиции. Время в модели принимается дискретным и изменяется тактами. В течение одного такта метка может совершить не более одного перемещения через разрешенный переход. В классических сетях Петри без временных задержек один такт соответствует срабатыванию одного (любого) разрешенного перехода. Но поскольку сети Петри ценны именно для моделирования параллельных систем, в большинстве интерпретаций и расширений сетей Петри такт понимается шире – как промежуток, в течение которого срабатывают все разрешенные в начальном состоянии переходы. Каждый сетевой объект (рабочая станция, канал передачи, коммуникационное устройство) моделируется как подсеть Петри.

Представление типовых устройств сети: функционально, каждое сетевое устройство может выступать в нескольких «ролях»: передатчика, приемника или генератора трафика. Причем, одно и то же устройство может сочетать в себе несколько ролей, при этом набор ролей предполагается статической, то есть определяется в момент моделирования устройства и не меняется в течение работы модели. Сеть Петри, выполняющую одну из перечисленных функций, будем называть ролевым функционалом (рисунок 2). Это понятие вводится для оптимизация моделирования сетевых устройств, каждое из которых, выступает в одной или нескольких из перечисленных ролях. При таком подходе модель любого сетевого устройства строится из таких ролевых функционалов с помощью операций алгебры сетей Петри (рисунок 3).

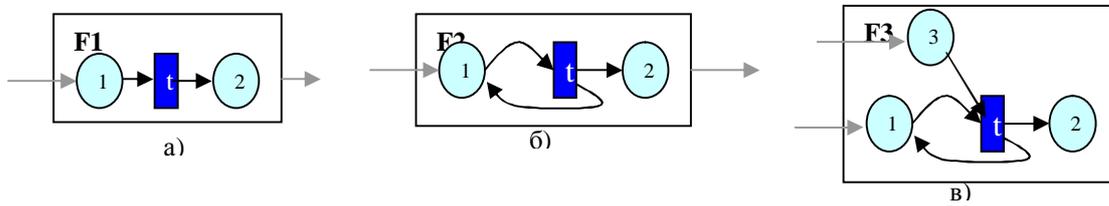


Рисунок 2 – Ролевые функционалы на базе сетей Петри:

а – приемник-передатчик трафика, б – независимый генератор трафика, в – зависимый генератор трафика

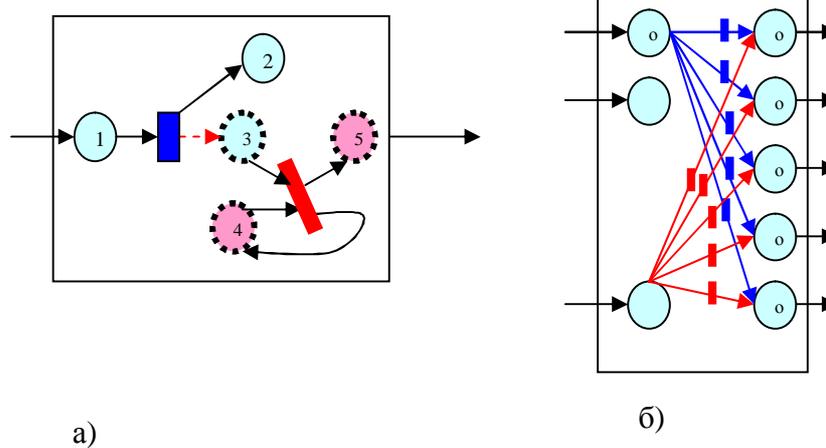


Рисунок 3 – Модели сетевых устройств: а) рабочая станция б) коммутатор-мост

На основе описанного подхода и приведенных моделей создан прототип информационной системы «СиМАКС» (Система моделирования и анализа компьютерных сетей). В настоящее время для реализации системы используются следующие технологии:

1. Java (jdk1.5.0_01., Eclipse SDK v.3.2.1).
2. XML – для хранения результатов моделирования.
3. Протокол SNMP и системные библиотеки librsar и winrsar в качестве технологий, призванных обеспечить автоматическое получение сетевой статистики с сетевых устройств, для ввода ее в систему моделирования ВС.

Система спроектирована на основании следующих общих требований к программным продуктам:

- мультиплатформенность (обеспечивается технологиями Java);
- эргономичность интерфейса пользователя;
- модульность;
- открытость – способность к интеграции с новыми модулями системы и внешними информационными системами;
- расширяемость.

Структура системы имеет модульное строение (рисунок 4) и состоит из:

- модуля аналитического моделирования;
- модуля имитационного моделирования;
- модуля аналитических расчетов;
- модули, реализующие интерфейсы различного назначения;
- модуль ввода-вывода данных о моделях.

Связь основных модулей отражена с помощью представленной архитектуры на рисунке 9.

Модуль аналитического моделирования строит соответствующую модель ВС, на основе входных данных. Интерфейсные модули предназначены для визуализации модели и результатов расчетов, и обеспечивают пользовательский интерфейс системы. Для расчета сетевых характеристик в модели используются методы модуля аналитических расчетов.

Модуль имитационного моделирования строит модель сети Петри для ВС, на основе входных данных. Работа имитационной модели обеспечивается модулем трассировки. Модуль ввода-вывода отвечает за ввод начальных данных непосредственно пользователем, либо из файловой системы, а также за вывод и сохранение результатов расчетов.



Рисунок 4 – Основные модули системы и связь между ними

Таким образом, в данной работе, авторы предлагают решение задачи мониторинга и контроля ВС в реальных и прогнозируемых условиях.

Литература

1. Вишневский В.М. «Теоретические основы проектирования компьютерных сетей», М.: «Техносфера», 2003
2. Клейнрок Л. «Вычисл. системы с очередями». М.: «Мир», 1979
3. Котов В.Е. «Сети Петри». Москва: Наука, 1984
4. Лифшиц А.Л., Мальц Э.А. «Статистическое моделирование систем массового обслуживания». М.: «Москва», 1978
5. Мартин Дж. Майкл. «Введение в сетевые технологии. Практическое руководство по организации сетей». М.: «Лори», 2002
6. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. Москва: Мир, 1984

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

С.Б. Данилевич

Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск

Методики подтверждения соответствия продукции обязательным требованиям, установленным в технических регламентах или иных НД, подлежат обязательной метрологической аттестации. Фактически это методики измерений и контроля, применение которых позволяет проверить, соответствует ли продукция требованиям безопасности и качества. Под методиками контроля (МК) далее понимается совокупность операций и правил контроля, выполнение которых обеспечивает получение результатов контроля с известной достоверностью. Это соответствует идеологии ГОСТ Р 8.563 – 96 «ГСИ. Методики выполнения измерений», в котором под методикой выполнения измерений понимается “совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью”.

При аттестации МК должна быть подтверждена достаточно высокая достоверность результатов контроля по данной методике. При этом, очевидно, вероятность риска выпуска в обращение не соответствующей требованиям (т.е. потенциально опасной) продукции будет достаточно мала. В качестве показателей достоверности результатов контроля серийно выпускаемой продукции широко применяются риски заказчика R_z и производителя R_p . Вероятность R_z есть математическое ожидание доли негодных изделий среди прошедших

контроль (поступивших заказчику). Вероятность $R_{п}$ – математическое ожидание доли ошибочно забракованных при контроле годных изделий среди изделий, поступивших на контроль [1,2].

При метрологической аттестации МК необходимо проверить правильность установления требований к точности измерений, выполняемых при контрольных операциях, а также правильность выбора контрольных допусков, алгоритма контроля и др. [3-5].

Исследование предложенной МК может быть выполнено методом имитационного (статистического) моделирования. Применение этого метода представляется целесообразным как при анализе «сложных» методик многопараметрического контроля, так и при разработке новых эффективных методик [3-6].

Известно, что погрешности выполняемых при контроле измерений могут привести к ошибкам контроля 1 рода (когда соответствующее требованиям, т.е. фактически годное изделие ошибочно бракуется) или ошибкам контроля 2 рода (когда фактически негодное изделие признается в результате контроля годным). Вследствие этого количество забракованных изделий в партии не будет равным количеству фактически негодных изделий, а количество признанных годными изделий не равно количеству фактически годных.

Для оценки указанных рисков методом имитационного моделирования необходимо принять стохастическую модель погрешности выполняемых при контроле измерений [2]. В качестве моделей погрешности измерений обычно используются случайные величины (в предположении, что систематические погрешности устранены). Вид распределения случайной погрешности выполняемых при контроле измерений обычно неизвестен, но часто можно полагать, что это распределение симметричное и одномодальное. При этих допущениях при исследовании и аттестации методики контроля целесообразно использовать наиболее «жесткую» модель погрешности измерений, при которой риски заказчика и производителя максимальны.

Рассмотрим некоторые результаты исследования влияния погрешности выполняемых при контроле измерений на достоверность результатов контроля, полученные методом имитационного (статистического) моделирования. Результаты получены для сплошного контроля и простой схемы выборочного контроля, при которой контролю подвергается выборка изделий (из большой партии) и потребителю поступают как признанные годными изделия из выборки, так и не подвергнутые контролю изделия.

Предполагалось, что качество каждого изделия характеризуется J независимыми идентичными параметрами, и каждый контролируемый параметр X_i – нормально распределенная случайная величина с математическим ожиданием, соответствующим номинальному значению параметра $X_{ин}$, и средним квадратичным отклонением (СКО) σ_i . Верхняя допустимая граница каждого параметра $\Delta_{ив}$ принята равной $(X_{ин}+3)$, а нижняя граница $\Delta_{ин}$ принята равной $(X_{ин}-3)$ (для всех $i=1,..J$). Также для простоты предполагалось, что все контролируемые параметры идентичны и $\sigma_i = \sigma$ (для всех $i=1,..J$).

Приведены результаты для случая, когда качество каждого изделия характеризуется 100 независимыми параметрами. Расчеты выполнены для объема партии изделий $N=10^6$.

В качестве модели погрешности выполняемых при контроле измерений использовалась случайная величина с СКО $\sigma_{и}$ (эта характеристика погрешности обычно может быть оценена). Очевидно, что для обеспечения достоверности результатов контроля СКО погрешности измерений $\sigma_{и}$ должно быть значительно меньше, чем СКО контролируемых параметров σ .

При исследовании влияния распределения погрешности измерений на искомые риски последние вычислялись для 2 моделей – нормального и равномерного распределений погрешности.

Рассмотрим некоторые результаты, полученные при моделировании измерительного контроля изделий, характеризующихся 100 параметрами.

Приведенные в таблицах 1 и 2 результаты получены при моделировании процедуры контроля изделий, у которых СКО контролируемых параметров равны соответственно 0,8 и 0,75. В таблицах приведены оценки искомых рисков, полученные для погрешности

измерений при четырех значениях $\sigma_{и}$ (0; 0,1; 0,2; 0,3) при различных объемах контролируемой выборки изделий по приведенному в [8] алгоритму. Отметим, что когда контроль отсутствует, объем контролируемой выборки – 0 %. При доле контролируемых изделий 100 % выполняется сплошной контроль.

Таблица 1 – Оценка достоверности результатов контроля в зависимости от точности измерений и вида распределения погрешности (при $\sigma=0,8$)

СКО	$\sigma_{и}$	Доля контролируемых изделий (%)										
		0	20		40		60		80		100	
			норм	равн	норм	равн	норм	равн	норм	равн	норм	равн
0	$R_{п}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R_3	1,76	1,41	1,40	1,05	1,07	0,72	0,71	0,36	0,36	0	0
0,1	$R_{п}$	0	0,09	0,10	0,19	0,20	0,28	0,30	0,38	0,39	0,46	0,48
	R_3	1,75	1,46	1,48	1,17	1,18	0,88	0,90	0,56	0,59	0,27	0,30
0,2	$R_{п}$	0	0,27	0,27	0,54	0,53	0,83	0,80	1,09	1,07	1,41	1,35
	R_3	1,74	1,49	1,49	1,23	1,24	0,97	1,01	0,70	0,74	0,43	0,47
0,3	$R_{п}$	0	0,62	0,57	1,23	1,11	1,89	1,66	2,48	2,24	3,08	2,85
	R_3	1,75	1,51	1,53	1,28	1,30	1,03	1,06	0,78	0,83	0,53	0,58

Таблица 2 – Оценка достоверности результатов контроля в зависимости от точности измерений и вида распределения погрешности (при $\sigma=0,75$)

СКО	$\sigma_{и}$	Доля контролируемых изделий (%)										
		0	20		40		60		80		100	
			норм	равн	норм	равн	норм	равн	норм	равн	норм	равн
0	$R_{п}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R_3	0,62	0,51	0,51	0,38	0,38	0,25	0,25	0,13	0,13	0,0	0,0
0,1	$R_{п}$	0	0,04	0,04	0,08	0,09	0,12	0,13	0,16	0,17	0,21	0,22
	R_3	0,63	0,52	0,54	0,43	0,43	0,31	0,31	0,21	0,21	0,11	0,12
0,2	$R_{п}$	0	0,12	0,13	0,26	0,24	0,38	0,36	0,51	0,48	0,64	0,61
	R_3	0,62	0,52	0,54	0,45	0,45	0,36	0,36	0,27	0,28	0,16	0,18
0,3	$R_{п}$	0	0,31	0,27	0,63	0,54	0,95	0,80	1,26	1,08	1,60	1,34
	R_3	0,62	0,55	0,54	0,46	0,47	0,38	0,39	0,28	0,31	0,20	0,22

Из таблицы 1 найдем, что при отсутствии контроля для партии изделий с $\sigma=0,8$ средний риск заказчика составляет 1,75 %, а из таблицы 2 для партии с $\sigma=0,75$ - соответственно 0,63 % (что практически совпадает с результатами, приведенными в [7]).

Результаты, приведенные в таблицах, получены с помощью прикладной программы, работающей по описанному в [8] алгоритму. Анализ этих результатов и некоторых других результатов [9] показал следующее. При фиксированном значении СКО погрешности измерений наибольшие значения рисков заказчика получены для модели погрешности в виде равномерно распределенной случайной величины. В то же время риск производителя в некоторых случаях больше для модели погрешности в виде нормально распределенной случайной величины.

Таким образом, можно рекомендовать при разработке и аттестации методик многопараметрического контроля более широко применять метод имитационного моделирования, который легко поддается автоматизации. Учитывая приоритет риска заказчика перед риском производителя, рекомендуется использовать модели погрешности измерений в виде равномерно распределенных случайных величин.

Приведенные результаты можно использовать следующим образом. Пусть заказчиком в договоре поставки задано допустимое значение риска заказчика $R_3^д$, а методика контроля предполагает сплошной контроль изделий с СКО погрешности измерений $\sigma_{и} = 0,2$. По таблице 1 для заданного значения риска заказчика $R_3^д$ можно найти предельную допустимую погрешность измерений $\sigma_{и}$ и необходимый объем подлежащей контролю выборки из партии изделий. Так, если $R_3^д = 0,5$ %, то из таблицы 1 найдем, что необходим сплошной контроль

партии изделий. Логично предположить, что «средний» риск заказчика будет менее 0,5% и для других симметричных одномодальных распределений погрешности. Это подтверждается результатами моделирования, приведенными в [9] для «треугольного» распределения погрешности измерений. Средний риск производителя при этом составит ~1,4 %.

Литература

1. Рубичев Н.А., Фрумкин В.Д. Достоверность допускового контроля качества. - М.: Изд-во стандартов, 1990, 172 с
2. Данилевич С.Б., Колесников С.С. О выборе показателей достоверности результатов контроля. - «Законодательная и прикладная метрология», 2008, №2, с. 48-51.
3. Данилевич С.Б. Разработка и метрологический анализ методик выполнения измерений и методик выполнения контроля – «Измерительная техника», 2001, № 4, с. 15-18.
4. Данилевич С.Б. О специфике измерений и допускового измерительного контроля. – «Измерительная техника», 2003, № 8, с.16-19.
5. Данилевич С.Б. Применение компьютерных технологий при разработке эффективных методик контроля качества продукции. - «Законодательная и прикладная метрология», 2006, № 2, с. 30-32.
6. Данилевич С.Б., Данилевич К.С. Многопараметрический контроль качества. – «Методы менеджмента качества», 2002, № 12, с. 22-25.
7. Розно М.И. Откуда берутся неприятности? - Стандарты и качество, 2002, №11, с.14-20.
8. Данилевич С.Б., Княжевский В.В. Имитационная модель выборочного измерительного многопараметрического контроля. - «Методы менеджмента качества», 2004, № 3, с.49-54.
9. Данилевич С.Б., Княжевский В.В. Влияние погрешности измерений на достоверность результатов выборочного измерительного контроля. - «Измерительная техника», 2004, № 12, с. 8-11.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

И.А. Жуков, Л.Т. Дворников

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Совершенствование ударных систем технологического назначения предполагает повышение их производительности, увеличение эксплуатационного ресурса, уменьшение энергозатрат, а также улучшение эргономических характеристик. При прочих равных условиях добиться этого можно либо увеличением подводимой энергии, либо увеличением эффективности преобразования запасенной энергии в энергию разрушения среды. Реализация этих направлений связана с необходимостью поиска и обоснования средств и способов генерирования в ударной системе упругих волн деформаций рациональных форм, которые бы обеспечивали передачу энергии с минимальными потерями. В настоящее время решить эту проблему можно двумя путями (рисунок).

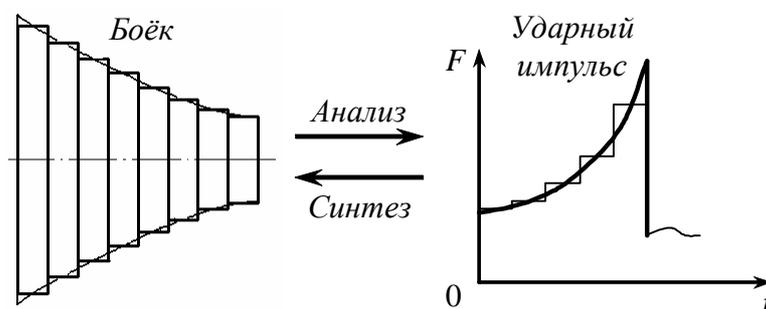


Рисунок – Варианты решения проблемы продольного удара

Первый путь основан на подборе какой-либо геометрии ударника по конструктивным или идейным соображениям, основанным на практическом опыте исследований и эксплуатации машин и механизмов ударного действия. Затем на основании анализа процесса формирования упругой волны деформации в волноводе при ударе по нему выбранным бойком и сопоставления полученных теоретических и экспериментальных данных делалось заключение о рациональности предлагаемой формы бойка и о пригодности ее применения в современной практике горного дела и машиностроения. К настоящему времени были аналитически решены, испытаны и апробированы несколько различных форм бойков [1], но единого мнения об универсальности какой-либо формы к настоящему времени нет.

Решение проблемы возможно также по обратному пути, который представляется более рациональным. Согласно этому пути по результатам оценки физико-механических свойств обрабатываемого объекта, который предстоит разрушать, необходимо определить закономерность зависимости усилий, возникающих в волноводе при ударе по нему бойком, от времени. Эта закономерность будет отражать форму упругой волны деформации, по которой в дальнейшем возможно синтезирование геометрии ударяющего тела.

Аналитическое исследование процесса формирования и продвижения ударного импульса по стержню при ударе по нему бойками сложных форм, состоящих из участков различной площади поперечного сечения, значительно затруднено появлением математических сложностей, которые соответственно возникают и при решении задачи синтеза геометрии бойков. Однако эти трудности могут быть значительно уменьшены при решении задачи с помощью ЭВМ. Автором были разработаны алгоритмы решения задач анализа [2] и синтеза [3] геометрии бойков ударных механизмов, в основе которых лежит графоаналитический метод. Суть метода состоит в следующем. Если боек переменного сечения ударяет по цилиндрическому стержню, то в последнем возникают силы, изменяющиеся со временем. Эти силы определяются сечениями и взаимодействием прямых и отраженных волн. Графоаналитический метод используется как для определения указанных сил, так и для решения обратной задачи.

Основой прямого расчета (анализа) является отыскание сил, возникающих в волноводе при ударе по нему бойком переменного поперечного сечения. Для этого в программе задается количество ступеней, на которые будет разбит ударник известной формы. Эти силы будут определяться сечениями бойка и взаимодействием прямых и отраженных волн, и их количество будет зависеть от взятого расчетного числа шагов. График зависимости этих сил от времени даст форму ударного импульса. Более точная форма импульса получается при увеличении числа шагов и количества ступеней, на которые разбивается ударник. Ударные импульсы, генерируемые в штанге различными по форме ударниками, в одинаковых условиях имеют различную эффективность передачи энергии удара. Таким образом, данная программа позволяет решить задачу исследования влияния форм и размеров ударников на эффективность работы ударных механизмов, в результате чего можно подобрать наиболее оптимальные параметры механической системы.

При решении обратной задачи возможно синтезирование геометрии ударяющего тела по форме упругой волны деформации. Решение достигается посредством применения графоаналитического метода в следующей последовательности. Изначально необходимо задать зависимость усилий, возникающих в волноводе после соударения с бойком, в виде некоторой функции от времени. Затем график этой зависимости разбивается на ступени в соответствии с задаваемым количеством расчетных шагов. Далее вычисляются усилия, возникающие в бойке и волноводе после соударения, определяются коэффициенты прохождения и отражения волн продольной деформации для каждого сечения бойка. Решая последовательно получаемые уравнения, определяются площади поперечных сечений синтезируемого бойка, который в результате расчета будет представлять собой многоступенчатый цилиндр, аппроксимирующий некоторую гладкую кривую. Затем определяются диаметры ступеней, длина одной ступени и общая длина бойка. Последний этап расчета – поиск этой кривой, являющейся образующей боковой поверхности бойка как

тела вращения. Затем необходимо сделать заключение о пригодности применения получаемой геометрии бойка в современной промышленной технике.

На разработанные программы для ЭВМ получены Свидетельства о регистрации №2007613024 (от 11.07.2007), №2007614717 (от 14.11.2007).

Литература

1. Жуков И.А. Бойки ударных механизмов, имеющие аналитическое решение / И.А. Жуков, Л.Т. Дворников // Справочник. Инженерный журнал. – 2008. – №10(139). – С. 17-20.

2. Жуков И.А. Анализ форм бойков ударных систем графоаналитическим методом / И.А. Жуков, Л.Т. Дворников // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – №1. – С. 15-19.

3. Дворников Л.Т. Синтез геометрии бойков ударных механизмов посредством графоаналитического метода / Л.Т. Дворников, И.А. Жуков // Ударно-вибрационные системы, машины и технологии. Материалы III Международного научного симпозиума, – Орел: ОрелГТУ, 2006. – С. 35-41.

АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

В.Н. Зуев, В.Ф. Комиссарчик

Тверской государственной технической университет, г. Тверь

Одним из самых актуальных вопросов при построении адаптивных и оптимальных систем управления является создание модели управляемого процесса. Эффективным решением данного вопроса является использование нейронных сетей. В данном случае построение модели управляемого процесса выполняется на основании архивных данных входных и выходных значений объекта, а само построение модели сводится к задаче регрессии.

Целью данной работы является разработка методов повышения качества нейросетевой модели объекта путем модификации алгоритмов обучения нейронных сетей. В данной работе рассматривается эвристическое улучшение алгоритма обратного распространения ошибки с использованием пакетного режима обучения.

В большинстве работ, посвященных нейросетевому управлению, для построения моделей динамики объекта рекомендуются многослойные нейронные сети прямого распространения. Данный выбор обусловлен простотой их реализации, высокой скоростью обучения и хорошими результатами в решении различных задач. Наиболее часто используется нейронная сеть с одним скрытым слоем. При этом количество нейронов скрытого слоя выбирается экспериментально, и зависит от сложности моделируемого процесса.

Обучение нейронной сети выполняется автономно методом группового обучения (пакетный режим), используя данные, полученные при испытаниях реального объекта. Схема построения модели объекта реализована так, чтобы минимизировать ошибку между реакциями процесса и модели $e = y_p - y_m$ на последовательность пробных сигналов u . Общий вид схемы построения модели объекта приводится на рисунке 1.

Одним из самых распространенных алгоритмов обучения нейронных сетей, обучаемых с учителем, является алгоритм обратного распространения ошибки (error back-propagation algorithm). При использовании данного метода корректировка весов нейронной сети выполняется после подачи всех обучающих примеров, по усредненному значению градиента целевой функции, формулируемой в виде квадратичной суммы разностей между фактическими и ожидаемыми значениями выходных сигналов [1]:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (y_k - d_k)^2, \quad (1)$$

где y – выходное значение нейронной сети, d – желаемое значение выхода, m – количество нейронов в выходном слое, k – номер нейрона в выходном слое.

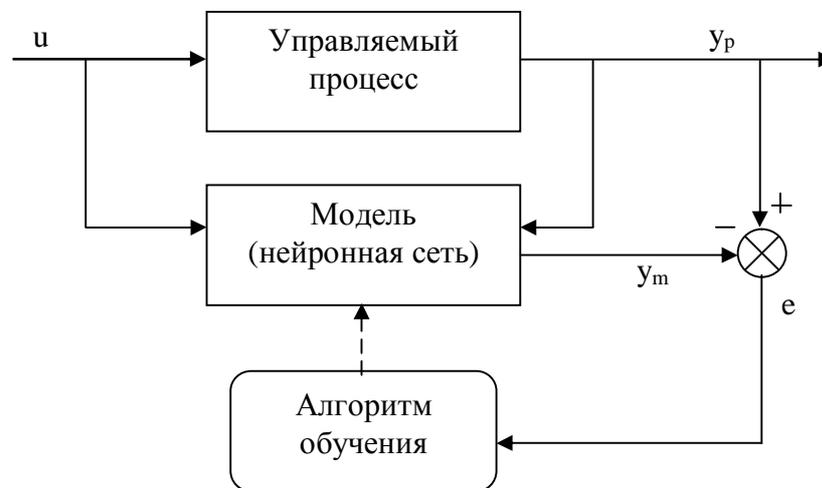


Рисунок 1 – Схема настройки модели объекта

В пакетном режиме коррекция весовых коэффициентов осуществляется после подачи всего обучающего множества, вдоль направления усредненного антиградиента целевой функции. Однако тот факт, что пакетный режим позволяет учитывать сразу все примеры, создает ряд сложностей: 1) Примеры, входящие в обучающую выборку могут нести разную информацию, в результате чего градиенты целевой функции по этим наблюдениям могут отличаться как по значению, так и по направлению. В результате, усредненное значение градиента может принять такое значение, что корректировка весов может произойти в направлении не соответствующего оптимальному решению. 2) Использование усреднения может привести к тому, что общий градиент будет отражать интересы самой многочисленной группы наблюдений, схожей по содержащейся в них информации. При этом малые группы наблюдений могут оказаться полностью проигнорированными. 3) Поскольку значение градиента зависит от абсолютного значения ошибки E , влияние отдельных наблюдений на общий градиент может меняться в результате корректировки весов, что может усложнить процесс обучения. 4) Любые данные из реальной жизни содержат неверные наблюдения, исключить которые на предварительном этапе не всегда представляется возможным. Ошибка выхода по этим наблюдениям будет оставаться большой, в то время как ошибка по остальным наблюдениям будет уменьшаться. В результате суммарная ошибка этих наблюдений станет сопоставимой с суммарной ошибкой всей остальной выборки. Это может привести к тому, что дальнейшее обучение приведет к искажению полученных результатов и к уменьшению обобщающих способностей нейронной сети. 5) Помимо неправильных наблюдений, данные из реальной практической задачи содержат шум. В результате этого при уменьшении средней ошибки выхода до определенного значения, сеть перестанет приобретать способность к обобщению, и начнется ее переобучение. Наиболее рекомендуемый метод борьбы с этим явлением – обучение с ранним остановом, заключающийся в использовании перекрестной проверки для выявления момента прекращения обучения. [Хайкин] Однако, к моменту такой остановки часть наблюдений может оказаться неучтенной. Кроме того, в процессе обучения ошибка выхода может меняться не только в меньшую, но и в большую сторону, как на обучающей выборке, так и на выборке, используемой для проверки. Таким образом, не существует четкого условия для остановки обучения.

Рассматриваемый в данной работе метод разработан с учетом описанных выше особенностей обучения. Основная идея предлагаемого метода состоит в том, что в текущий момент времени для обучения должны использоваться только те наблюдения, ошибка выхода по которым превышает некоторое заданное значение. Однако задание граничного значения ошибки, разделяющего выборку на используемые и неиспользуемые примеры, не является эффективным. Если использовать для обучения часть наблюдений, то ошибка выхода по этим наблюдениям будет постепенно уменьшаться. При этом ошибка на неиспользуемых наблюдениях может расти. Таким образом, использование граничного значения может привести к следующему эффекту. Если ошибка, полученная на рассматриваемом наблюдении, стала меньше заданного значения, то

при следующей итерации это наблюдение не будет использовано. При этом ошибка по этому наблюдению может вырасти и снова преодолеть установленную границу. При очередной итерации данное наблюдение опять будет использовано в обучающей выборке. В результате нейронная сеть перестанет обучаться.

Для того чтобы избежать подобного эффекта, было решено использовать два граничных значения: верхнее (E_2) и нижнее (E_1). В начале процесса обучения используются только те наблюдения, ошибка выхода для которых больше значения E_1 . Остальные наблюдения игнорируются. Как только наблюдение пересекло нижнюю границу, оно становится игнорируемым. При этом наблюдения, находящиеся слева от нижней границы, не участвуют в процессе обучения, и ошибка по этим наблюдениям может расти. Как только эти наблюдения пересекут верхнюю границу, они помечаются как используемые, и при следующих итерациях они снова начнут перемещаться влево.

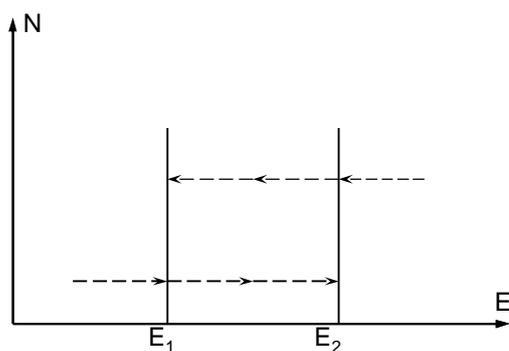


Рисунок 2 – Направления изменений ошибок выхода в процессе обучения.

Для того чтобы запомнить статус наблюдения, каждому наблюдению будет соответствовать флаг, определяющий должно ли игнорироваться наблюдение на текущей итерации или нет. Направления изменений ошибок показаны пунктирными стрелками на рисунке 2.

Предложенная реализация алгоритма обучения позволяет избежать переобучения нейронной сети, связанного с чрезмерным стремлением достичь нулевой ошибки. При этом данный алгоритм в большей степени учитывает свойства малочисленных групп наблюдений, чем стандартный алгоритм. Граничные значения E_1 и E_2 являются входными параметрами алгоритма и задаются до начала обучения.

Таким образом, алгоритм выглядит следующим так:

1. Формируем обучающую выборку, используя все обучающее множество.
2. Вычисляем значение среднего градиента для предоставленной выборки.
3. Выполняем корректировку весов нейронной сети.
4. Используя данные об ошибках выхода, помечаем часть наблюдений как игнорируемые.

Для этого создается матрица, содержащая флаг для каждого наблюдения. Если ошибка, соответствующая наблюдению, меньше значения ошибки E_1 , то этому наблюдению ставится флаг игнорирования. Если же ошибка больше значения ошибки E_2 , то значение флага обнуляется.

5. Используя полученный набор флагов, разделяем выборку на две части: используемую для следующего уточнения весов нейронной сети и игнорируемую.

6. Создаем новую обучающую выборку для следующей итерации.

7. Возвращаемся к пункту 2.

Блок-схема алгоритма изображена на рисунке 3.

Значения верхней и нижней границы выбираются экспериментально. Величина этих значений зависит от степени однородности информации, содержащейся в наблюдениях, от уровня их зашумленности и наличия ошибочных наблюдений.

Проведенные исследования показали, что применение описанного подхода позволяет повысить качество обучения нейронной сети для классификации и регрессии. Помимо построения моделей динамики объекта управления, предложенный метод был проверен на таких классических примерах как классификация крабов и определение расхода топлива автомобилей.

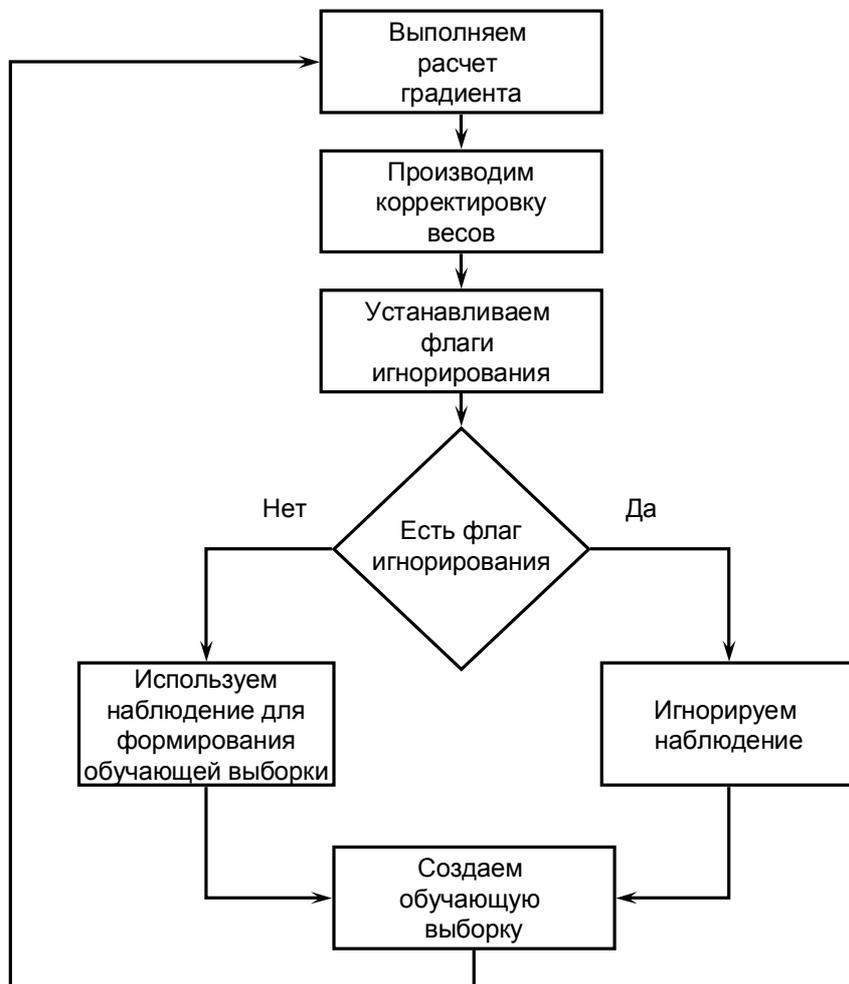


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма обучения нейронной сети с использованием адаптивной функции ошибки

Литература

1. Нейронные сети для обработки информации / Осовский С. –М.: Финансы и статистика, 2004.- 344 с.: ил.
2. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. / Саймон Хайкин. -М.: ООО “И.Д. Вильямс ”, 2006. -1104 с.

ИДЕНТИФИЦИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ И ЕЕ СВОЙСТВА

**В. Я. Карташов, Л. В. Карташова, О. А. Махарева,
Д. Ю. Сахнин, Т. А. Хорошева**

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Проблема моделирования динамических процессов и использование моделей в системах мониторинга и управления до сих пор остается актуальной и значимой в связи с тем, что необходимо системно соединить информацию о его реальном функционировании в условиях нормальной эксплуатации, возможностями допустимого активного эксперимента и развитыми достижениями теоретических исследований в области моделирования и их использования. Одним из ярких и широко используемых методов является метод натурно-математического моделирования [1, 2], сущность которого заключается в системном объединении рабочего управления, натуральных экспериментов и математического моделирования пересчетного типа. В данной работе, выполненной в русле указанного направления, предметом исследования скорее всего является математический аппарат, используемый для решения задач моделирования динамических процессов и основанный на

решение задач аппроксимации натуральных данных на основе алгоритмов теории непрерывных дробей [3, 4]. Относительно динамических процессов в работе приняты следующие ограничения: а) рассматриваются объекты с одним входом и одним выходом; б) вход-выходные сигналы являются детерминированными; в) дискретизация сигналов может быть осуществлена с любым конечным значением временного интервала. В принятых условиях существенным видом неопределенности является отсутствие информации о структуре модели. Итак, задача построения математической модели относится к классу структурно параметрических задач идентификации динамических процессов по дискретным значениям вход-выходных сигналов в равноотстоящие моменты времени.

Таким образом, в общем случае имеются исходные данные в форме временных рядов $\{x_n, y_n\}$ ($n=0,1,2,\dots$), где значения входного воздействия $x_n = x(n\Delta t)$, значения выходного сигнала $y_n = y(n\Delta t)$ в момент времени $t = n\Delta t$ ($t=0$ – начало процесса контроля или наблюдения), Δt – интервал дискретизации. В силу принятых допущений относительно системных моделей [5] в данном случае предполагается, что вход-выходные сигналы подчиняются причинно-следственной концепции (что характерно для процессов управления), хотя при мониторинге возможен случай параллельного наблюдения переменной $x(t)$ и $y(t)$ для определения косвенной их взаимосвязи. Вот исходная информация помимо качественного описания природы динамического процесса. Очевидно, можно утверждать, что эти наблюдения определяют индивидуальную реализацию поведения объекта в конкретное время и в конкретных условиях. Для дальнейшей обработки полученных наблюдений, хотим мы этого или нет, необходима дополнительная информация о полученных временных рядах и/или структуре моделей, о свойствах объекта, учет которых и их проверка представляет значительные сложности и разработку дополнительных конструктивных построений. Исторически сложилось так, что в первую очередь изучались непрерывные и достаточно гладкие динамические процессы и объекты. С этой целью достаточно упомянуть, например, классическую теорию автоматического управления [6] с соответствующими понятиями линейных динамических объектов, а также операционный метод на основе интегрального преобразования Лапласа с его такими понятиями, как оригинал, изображение и, как следствие этих построений, введение передаточной функции в предположении нулевых начальных условий. Именно такие предположения позволили реализовать причинно-следственную концепцию в процессах управления.

Для совместного анализа временных рядов $\{x_n, y_n\}$ введем в рассмотрение вспомогательную функцию-идентифицирующую функцию:

$$G(z, \Delta t) = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} y_n z^{-n}}{\sum_{n=0}^{\infty} x_n z^{-n}} = \frac{\Delta Y(z, \Delta t)}{X(z, \Delta t)}, \quad (1)$$

определяемую как отношение Z-преобразований выходного сигнала $Y(z, \Delta t) = \Delta t \sum_{n=0}^{\infty} y_n z^{-n}$ и

входного сигнала $X(z, \Delta t) = \Delta t \sum_{n=0}^{\infty} x_n z^{-n}$, Δt – период дискретизации; z –переменная Z-

преобразования, $X(z, \Delta t) \neq 0$, т.е. $x_n \neq 0 \quad \forall n \in \{0,1,2,\dots\}$. Так как временные ряды отражают опосредованную или непосредственную причинную зависимость, то ряды отдельно обрабатывать нельзя. Другими словами, необходим алгоритм их совместной обработки. С этой целью в работе предполагается использовать модифицированный алгоритм В. Висковатова [4, 7], который формально сводится к построению следующей идентифицирующей матрицы:

$$\begin{pmatrix} x_0 & x_1 & x_2 & x_3 & \mathbf{L} & x_n & \mathbf{L} \\ y_0 & y_1 & y_2 & y_3 & \mathbf{L} & y_n & \mathbf{L} \\ \alpha_{10} & \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \mathbf{L} & \alpha_{1n} & \mathbf{L} \\ \alpha_{20} & \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \mathbf{L} & \alpha_{2n} & \mathbf{L} \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & & \mathbf{O} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \\ \alpha_{m0} & \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \alpha_{m3} & \mathbf{L} & \alpha_{mn} & \mathbf{L} \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

в которой первые две строки определяются исходными данными, а последующие элементы определяются рекуррентно по соотношению:

$$\alpha_{mn} = \frac{\alpha_{m-2,n+1}}{\alpha_{m-2,0}} - \frac{\alpha_{m-1,n+1}}{\alpha_{m-1,0}}, \quad (3)$$

где $\alpha_{-1,n} = x_n$; $\alpha_{0,n} = y_n$. Расчет идентифицирующей матрицы можно осуществлять последовательно по мере поступления исходных данных, т.е. матрица доопределяется в реальном масштабе времени. Первый столбец образует непрерывную дробь, которая отражает свойства динамического процесса и относится к классу правильных С-дробей [3] вида:

$$G(z, \Delta t) = \frac{y_0/x_0}{1 + \frac{\alpha_{10}z^{-1}}{1 + \frac{\alpha_{20}z^{-1}}{\mathbf{O}}}} \quad (4)$$

$$\frac{\alpha_{m0}z^{-1}}{1 + \mathbf{K}}$$

Непрерывная дробь (4) порождает последовательность конечных подходящих дробей вида:

$$G_m(z, \Delta t) = \frac{y_0/x_0}{1} + \frac{\alpha_{10}z^{-1}}{1} + \mathbf{K} + \frac{1 + \alpha_{m0}z^{-1}}{1}, \quad (5)$$

которая позволяет ввести классификацию первичных свойств динамического процесса [7]. Классификация в данной работе приводится для случая переходных характеристик, т.е. когда $x(t) = x_0 \cdot 1(t)$.

1) Если при изменении причины $x(t) = x_0 \cdot 1(t)$ выходная переменная не изменяется, т.е. $y_n = y_0$, то причинное воздействие не влияет на изменение выхода, т.е. идентифицирующая функция $G(z, \Delta t) = 0$. 2) Если элементы какой-то $(m+1)$ -строки равны нулю, то получим конечную непрерывную дробь $G_m(z, \Delta t)$, определяющая математическую модель процесса с конечной памятью, которая в детерминированном случае точно осуществляет прогноз развития процесса. 3) Если нулевых строк нет, то непрерывная дробь (4) определяет последовательность конечных подходящих дробей, являющимися приближениями идентифицирующей функции (1):

$$G_1(z, \Delta t), G_2(z, \Delta t), \mathbf{K}, G_m(z, \Delta t), \mathbf{K} \quad (6)$$

Если в этой последовательности существуют конечные дроби, которые соответствуют строкам с элементами, близкими к нулю, то полученные модели образуют «коридор», в котором будут находиться все наблюдения выходной переменной. Таким образом, приходим к интервальному прогнозу развития процесса, получаемому математическими моделями с конечной памятью. 4) Если же таких строк нет, то хотя и существует такая

последовательность (б) математических моделей с конечной памятью, то трудно утверждать, что эта последовательность сходится к $G(z, \Delta t)$, т.е. данный процесс фактически нельзя прогнозировать.

Приведенная выше классификация подтверждается аналитическими доказательствами и проведенными многочисленными тестовыми (модельными) и реальными решениями прикладных задач.

Рассмотрим случай связи идентифицирующей функции $G(z, \Delta t)$ и передаточной функции $G_{\text{ПФ}}(z, \Delta t)$, которая описывает причинно-следственную зависимость между вход-выходными переменными. Для этого положим в (1) $x_0 \neq 0$, а $y_0 = 0$ и далее $y_n \neq 0$ (этот случай можно распространить на объекты с транспортным запаздыванием). Тогда будем иметь

$$G(z, \Delta t) = \frac{y_1 z^{-1} + y_2 z^{-2} + \mathbf{K} + y_n z^{-n} + \mathbf{K}}{x_0 + x_1 z^{-1} + \mathbf{K} + x_n z^{-n} + \mathbf{K}} = \frac{z^{-1}(y_1 + y_2 z^{-1} + \mathbf{K} + y_n z^{n-1} + \mathbf{K})}{x_0 + x_1 z^{-1} + \mathbf{K} + x_n z^{-n} + \mathbf{K}} \quad (7)$$

В этом случае идентифицирующая матрица получается из матрицы (2) путем сдвига второй строки на один элемент влево (тем самым $y_0 = 0$ отсутствует). Этот факт можно обобщить на любое конечное число нулей во второй строке, после чего умножить на z^{-1} в соответствующей степени. В результате получаем дискретную передаточную функцию.

В цифровых системах управления наиболее часто используются ступенчатые воздействия. Далее рассмотрим некоторые свойства идентифицирующей функции при условии, что $x(t) = x_0 \cdot 1(t)$. Так продолжая рассматривать случай $y_0 = 0$, имеем

$$\begin{aligned} G(z, \Delta t) &= \frac{y_1 z^{-1} + y_2 z^{-2} + \mathbf{K} + y_n z^{-n} + \mathbf{K}}{x_0(1 + z^{-1} + z^{-2} + \mathbf{K} + z^{-n} + \mathbf{K})} = \frac{y_1 z^{-1} + y_2 z^{-2} + \mathbf{K} + y_n z^{-n} + \mathbf{K}}{x_0 \frac{1}{1 - z^{-1}}} = \\ &= \frac{(y_1 z^{-1} + y_2 z^{-2} + \mathbf{K})(1 - z^{-1})}{x_0} = \frac{y_1 z^{-1} + (y_2 - y_1)z^{-2} + \mathbf{K} + (y_n - y_{n-1})z^{-n} + \mathbf{K}}{x_0} = \\ &= \frac{1}{x_0} Y^*(z, \Delta t) \end{aligned} \quad (8)$$

где $Y^*(z, \Delta t)$ представляет собой Z -преобразование последовательности $\{0, y_1, y_2 - y_1, \mathbf{K}, y_n - y_{n-1}\}$, таким образом, $Y^*(z, \Delta t)$ является Z -преобразованием импульсной передаточной функции дискретной системы управления. Таким образом, соотношение (8) устанавливает связь между дискретной передаточной функцией и ее импульсной характеристикой.

Рассмотрим случай, когда $y_n \neq 0$. От временного ряда $\{y_n\}_0^\infty$ перейдем к временному ряду $\{y_n - y_0\}_0^\infty = \{0, y_1 - y_0, y_2 - y_0, \mathbf{K}, y_n - y_0, \mathbf{K}\}$. Найдем идентифицирующую функцию для временного ряда $\{y_n - y_0\}_0^\infty$:

$$\begin{aligned} G^*(z, \Delta t) &= \frac{(y_1 - y_0)z^{-1} + (y_2 - y_0)z^{-2} + \mathbf{K} + (y_n - y_0)z^{-n} + \mathbf{K}}{x_0(1 + z^{-1} + \mathbf{K} + z^{-n} + \mathbf{K})} = \\ &= \frac{[(y_1 - y_0)z^{-1} + \mathbf{K} + (y_n - y_0)z^{-n} + \mathbf{K}](1 - z^{-1})}{x_0} = \\ &= \frac{(y_1 - y_0)z^{-1} + (y_2 - y_1)z^{-2} + \mathbf{K} + (y_n - y_{n-1})z^{-n} + \mathbf{K}}{x_0} \end{aligned} \quad (9)$$

Сравнивая полученный результат с соотношением (8), видим, что они являются идентичными. Приведем примеры модельных исследований, связанных с идентифицирующей функцией и ее свойствами. *Пример 1.* Рассмотрим апериодический объект второго порядка с НПФ вида:

$$G(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)}.$$

Данный объект имеет два полюса $s_1^H = -1$ и $s_2^H = -2$. Переходная характеристика объекта описывается временной функцией $y(t) = 1 - 2e^{-t} + e^{-2t}$ при $t \geq 0$. Проведем дискретизацию функции $y(t)$ с шагом $\Delta t = 1$ с. Предположим, что измерены значения выходной переменной в моменты $\{n\Delta t\}_0^\infty$: $y(0)=0$; $y(1)=0,399576$; $y(2)=0,747645$; $y(3)=0,902905$; $y(4)=0,963704$; $y(5)=0,98657$; $y(6)=0,995049$; $y(7)=0,998177$.

Согласно модифицированному алгоритму В. Висковатова элементы второй строчки идентифицирующей матрицы сдвигаются до первого ненулевого элемента, и она принимает вид (таблица 1).

Таблица 1

1	1	1	1	1	1
0,399576	0,747645	0,902905	0,963704	0,98657	0,995049
-0,871094	-1,259655	-1,411815	-1,469038	-1,490259	-
0,425034	0,638917	0,725386	0,758249	-	-
-0,057155	-0,085916	-0,097543	-	-	-
0	0	-	-	-	-

Так как в шестой строчке появились нули, расчет матрицы прекращается, а из элементов первого столбца формируется непрерывная дробь:

$$G(z,1) = \frac{0,399576z^{-1}}{1 + \frac{-0,871094z^{-1}}{1 + \frac{0,425034z^{-1}}{1 - 0,057155z^{-1}}}}.$$

свернув которую, получим ДПФ следующего вида:

$$G(z,1) = \frac{0,399576z^{-1} + 0,146996z^{-2}}{1 - 0,503215z^{-1} + 0,049787z^{-2}},$$

которая имеет два полюса $z_1^H = 0,135335$ и $z_2^H = 0,367879$, и один нуль $z^H = -0,367879$.

Используя взаимнооднозначное отображение $s = \frac{\ln|z|}{\Delta t}$ в s -плоскости соответственно будем иметь: нули непрерывной передаточной функции отсутствуют, а полюса соответственно равны: $s_1^H = -2$ и $s_2^H = -1$. Относительная погрешность определения полюсов при данном Δt составляет 0%.

Теперь возьмем приращения: $y(1)=0,399576$; $y(2)-y(1)=0,348069$; $y(3)-y(2)=0,15526$; $y(4)-y(3)=0,0607996$; $y(5)-y(4)=0,022865$; $y(6)-y(5)=0,008479$; $y(7)-y(6)=0,003128$. Идентифицирующая матрица на основе полученных приращений примет вид (таблица 2).

Таблица 2

1	0	0	0	0	0
0,399576	0,348069	0,15526	0,0607996	0,022865	0,008479
-0,871094	-0,38856	-0,15216	-0,057224	-0,0212203	-
0,425034	0,213883	0,086468	0,032863	-	-
-0,057155	-0,028761	-0,011627	-	-	-
0	0	-	-	-	-

Как видим (таблица 1 и 2) первые столбцы в матрицах одинаковые следовательно в обоих случаях получается одна и та же модель эквивалентная исходному объекту.

Пример 2. Рассмотрим процесс, описываемый дифференциальным уравнением вида $x''(t) + x'(t) = 5t$, $x(0)=2$, $x'(0) = -6$.

Данный процесс обладает следующими усложняющими особенностями: 1) причинное воздействие $u(t)=5t$ при $t=0$ $u(0)=0$; 2) начальные условия отличны от нуля.

Решив его получим: $x(t) = e^{-t} + 1 - 5t + \frac{5}{2}t^2$, $u(t)=5t$, где $x(t)$ – выход, $u(t)$ – вход.

Предположим, что измерены с периодом дискретизации $\Delta t=1$ значения входной и выходной переменных в моменты $\{n\Delta t\}_0^\infty$: $u(0)=0$; $u(1)=5$; $u(2)=10$; $u(3)=15$; $u(4)=20$; $u(5)=25$; $u(6)=30$; $u(7)=35$; $x(0)=2$; $x(1)=-1,132121$; $x(2)=1,135335$; $x(3)=8,549787$; $x(4)=21,018316$; $x(5)=38,506738$; $x(6)=61,002479$; $x(7)=88,500912$. Согласно модифицированному алгоритму В. Висковатова элементы первой строчки идентифицирующей матрицы сдвигаются до первого ненулевого элемента, и она принимает вид (таблица 3).

Таблица 3

5	10	15	20	25	30
2	-1,132121	1,135335	8,549787	21,018316	38,506738
-1,513946	0,674794	6,421825	15,674027	28,411857	-
1,393605	4,134653	8,206163	13,601888	-	-
-3,412595	-10,130222	-20,113313	-	-	-
-0,001605	-0,005404	-	-	-	-

Так как в шестой строчке появились значения близкие к нулю, расчет матрицы прекращается, а из элементов первого столбца формируется непрерывная дробь:

$$G(z,1) = \frac{2}{5z^{-1} + \frac{0,399576z^{-1}}{1 + \frac{-0,871094z^{-1}}{1 + \frac{0,425034z^{-1}}{1 - 0,057155z^{-1}}}}}$$

свернув которую, получим ДПФ следующего вида:

$$G(z,1) = \frac{0,4 - 1,413174z^{-1} + 2,066594z^{-2}}{z^{-1} - 0,966875z^{-2} - 0,014367z^{-3}}$$

Составим конечно-разностное уравнение, получим

$$x(n-1) = 0,866875x(n-2) + 0,014367x(n-3) + 0,4u(n) - 1,413174u(n-1) + 2,066594u(n-2).$$

Как видим это уравнение не описывает причинно-следственную связь, т.к. в правую часть входят прогнозируемые значения входного воздействия $u(n)$. Отметим, что в общем случае прогноз входного воздействия обладает лучшей возможностью прогноза.

В таблице 4 приведено сравнение точного значения выходной переменной и модельного значения полученного с помощью найденного конечно-разностного уравнения.

Таблица 4

$x(t)$	2	-1,132121	1,135335	8,549787	21,018316	38,506738
$x(n)$	2	-1,132122	1,135339	8,549788	21,018306	38,447426
Относительная погрешность	0%	≈0%	≈0%	≈0%	≈0%	0,15%

В работе введено понятие идентифицирующей функции, которое при анализе динамических процессов обладает широкими возможностями при решении задач выявления причинно-следственных зависимостей, фильтрации и прогнозирования, и рассмотрены некоторые свойства этой функции.

Литература

1. Авдеев В.П., Зельцер С.Р., Карташов В.Я., Киселев С.Ф. Натурно-математическое моделирование в системах управления // Учебное пособие – Кемерово: КемГУ, 1987 – 84с.
2. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: монография в 3-х томах. Том 2: Системы автоматизации производственного назначения. / Под редакцией Л.П. Мышляева. – Наука, 2006 – 483с.
3. Карташов В.Я. Непрерывные дроби (определения и свойства) // Учебное пособие. – Кемерово: КемГУ, 1999 – 88с.
4. Карташов В.Я. Анализ и исследование аппроксимационных свойств непрерывных дробей при решении задачи структурно-параметрической идентификации динамических объектов /Препринт № 22 – Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1996. – 40с.
5. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ // Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа. 1989 – 367с.
6. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986 – 616с.
7. Карташова Л.В., Карташов В.Я. построение причинно-следственных моделей социально-экономических процессов. Томск: Изд-во ТГПУ, 2008. – 156 с.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОЧАГА ПАТОЛОГИЧЕСКОГО СИГНАЛА В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ НОВООБРАЗОВАНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ТОМОГРАММАХ.

А.В. Кирсанова

Тверской государственный технический университет, г. Тверь

Целью исследования является разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений для выработки советов пользователю-врачу, которая имеет способность к самообучению и на основе постоянно пополняемых данных способна накапливать опыт в принятии решений, а также объяснять полученные результаты.

Разработка такой системы позволит принять во внимание большое количество диагностических данных с учетом их значимости и тем самым повысить точность врачебного заключения. Наличие модуля автоматического распознавания очага патологического сигнала на томограмме поможет врачу сосредоточить внимание на патологии и не пропустить важных изменений.

Система основана на диалоге с врачом. Отвечая на вопросы системы, врач вводит данные для дальнейшего анализа. Данные для анализа – это признаки патологии на томограммах. Основная задача системы состоит в распознавании новообразования головного мозга среди других заболеваний на магнитно-резонансных томограммах.

Технология функционирования автоматизированной медицинской системы диагностики представлена на рисунок 1.

Система состоит из нескольких основных блоков:

1. База данных. Осуществляет хранение информации о предметной области. Для хранения информации в рамках информационной подсистемы достаточно выделить одной базы данных содержащей набор признаков по каждому наблюдению.

2. Интерфейс пользователя. С помощью интерфейса пользователь выполняет ввод вывод данных, управление процессом диагностики и объяснения полученного результата.

3. Подсистема поддержки принятия решений. Осуществляет формирование модели дерева решений на основе существующих данных и последующую классификацию на основе этой модели. Включает:

а) блок предварительной обработки и формализации данных, заполнение пропусков специальными метками;

б) блок формирования дерева решений по базе данных;

в) блок постановки диагноза «опухоль»/ «не опухоль».

4. Подсистема распознавания патологического сигнала на томограмме. Осуществляет автоматический поиск и обведение контуром патологии. Включает:

- а) блок выделения серии изображений;
- б) блок обработки изображений (от вещества головного мозга от черепа, мягких тканей головы);
- в) блок выделения патологического участка на томограмме.

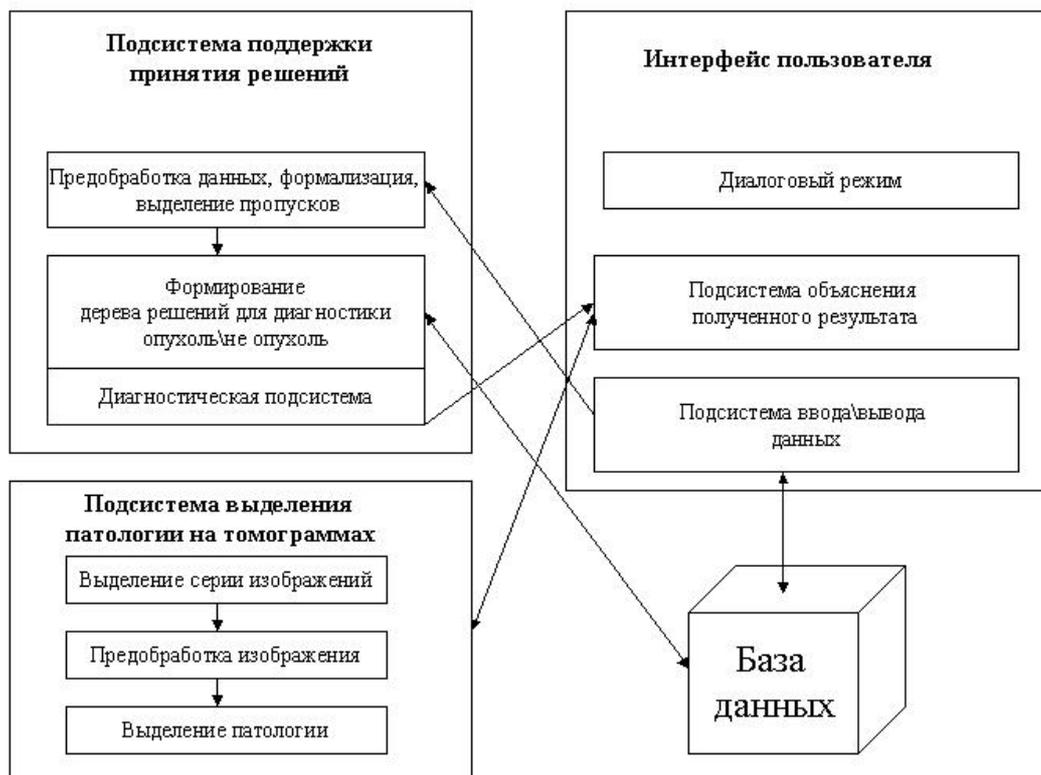


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы диагностики.

Все блоки системы взаимосвязаны и управляются с помощью интерфейса пользователя.

Основные функции системы: Хранение информации о предметной области, ввод\вывод данных. Обработка и формализация данных. Диагностика новообразований головного мозга. Объяснение полученного результата. Визуализация контуров патологии на томограммах.

В основе работы диагностической подсистемы лежат модели и алгоритмы деревьев решений, с помощью которых происходит автоматическое извлечение знаний из базы данных. Объяснение полученного результата происходит с помощью выведения на экран правил, по которым был поставлен диагноз, а также с помощью визуализации патологического очага на томограмме.

Распознавание патологического очага на томограмме осуществляется в специальном модуле системы и включает несколько этапов:

1. На первом этапе выбирается серия изображений. Наиболее информативными, по мнению врачей, являются томограммы, полученные с помощью импульсной последовательности инверсия-восстановление (IR), где патологические изменения в большинстве случаев отличаются от нормальных тканей мозга повышенным сигналом.

2. На втором этапе происходит обработка изображения для дальнейшего анализа [2].

Предварительная обработка изображения включает несколько шагов:

- Удаление фона изображения. Для этого разделяем по пороговому значению пиксели изображения на две части, тем самым, оставляя на картинке только светлые пиксели. Таким образом, удаляются все темные пиксели фона, а также ткани черепа (надкостница и апоневроз) и некоторые темные участки внутри мозга (ликворные пространства).

- Отделение вещества мозга от мягких тканей головы и остатков костей черепа. Эта процедура обусловлена тем, что яркость мягких тканей черепа, как правило, сопоставима с яркостью патологий. Мягкие ткани головы, а также некоторые ткани черепа (губчатое вещество) образуют светлый контур вокруг мозга. Для удаления этого контура используется метод последовательного закрашивания. В результате чего светлый контур, а также темные структуры закрашиваются белым цветом, а вещество мозга черным (рисунок 2.). После этого происходит отделение (вырезание) белого контура с помощью наложения маски на исходное изображение. В результате обработки на изображении остается только вещество мозга.

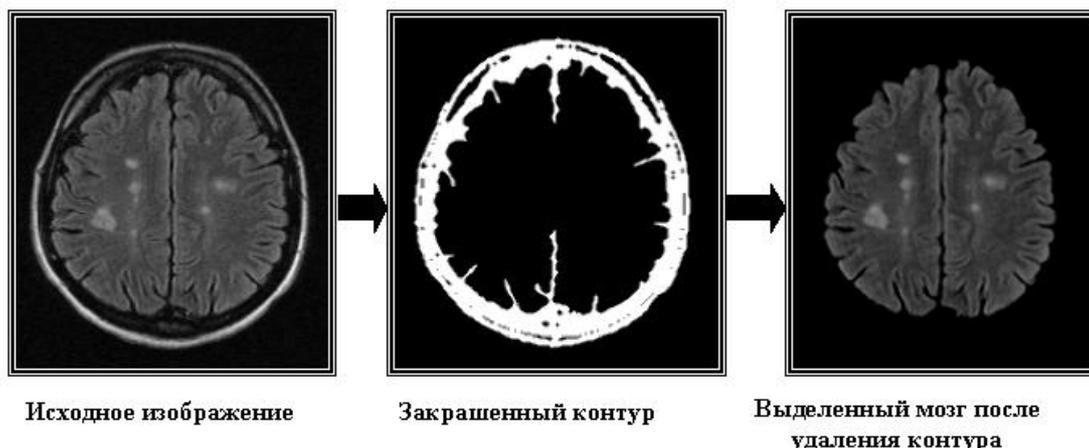


Рисунок 2 – Выделение вещества мозга на томограмме.

3. На третьем этапе происходит непосредственно выделение области патологического сигнала.

Для этого используется метод кластеризации на основе нечеткого алгоритма k-средних [1]. Задача нечеткой кластеризации ставится следующим образом:

Пусть X – объекты, подлежащие кластеризации:

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T \quad (1)$$

где n – количество объектов.

Каждый объект x_k представляет собой точку в p -мерном пространстве признаков:

$$x_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kp}) \quad (2)$$

где $k = \overline{1, c}$; c – количество кластеров ($2 \leq c < n$).

Необходимо каждому элементу множества X поставить в соответствие степени принадлежности с классам. Элементы одного кластера должны быть так близки каждому, как это только возможно, и, одновременно, кластеры должны быть на наибольшем удалении друг от друга.

Таким образом, задача нечеткой кластеризации состоит в нахождении такой матрицы степеней принадлежности M и таких координат центров кластеров $V = (V_1, V_2, \dots, V_c)$, которые обеспечивают минимум следующего критерия:

$$\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m \cdot \|X_k - V_i\|^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

где $V_i = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}} \sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m \cdot X_k$ - центр i -го кластера, $i = \overline{1, c}$; m - так называемый экспоненциальный вес ($m \geq 1$).

Для кластеризации обработанного изображения головного мозга методом нечеткого алгоритма k-средних, необходимо установить число кластеров порядка 10. Выбор такого количества классов обоснован тем, что патологическое повышение яркости порой

незначительно отличается от близлежащих нормальных тканей. Результаты работы алгоритма представлены на рисунке 3.

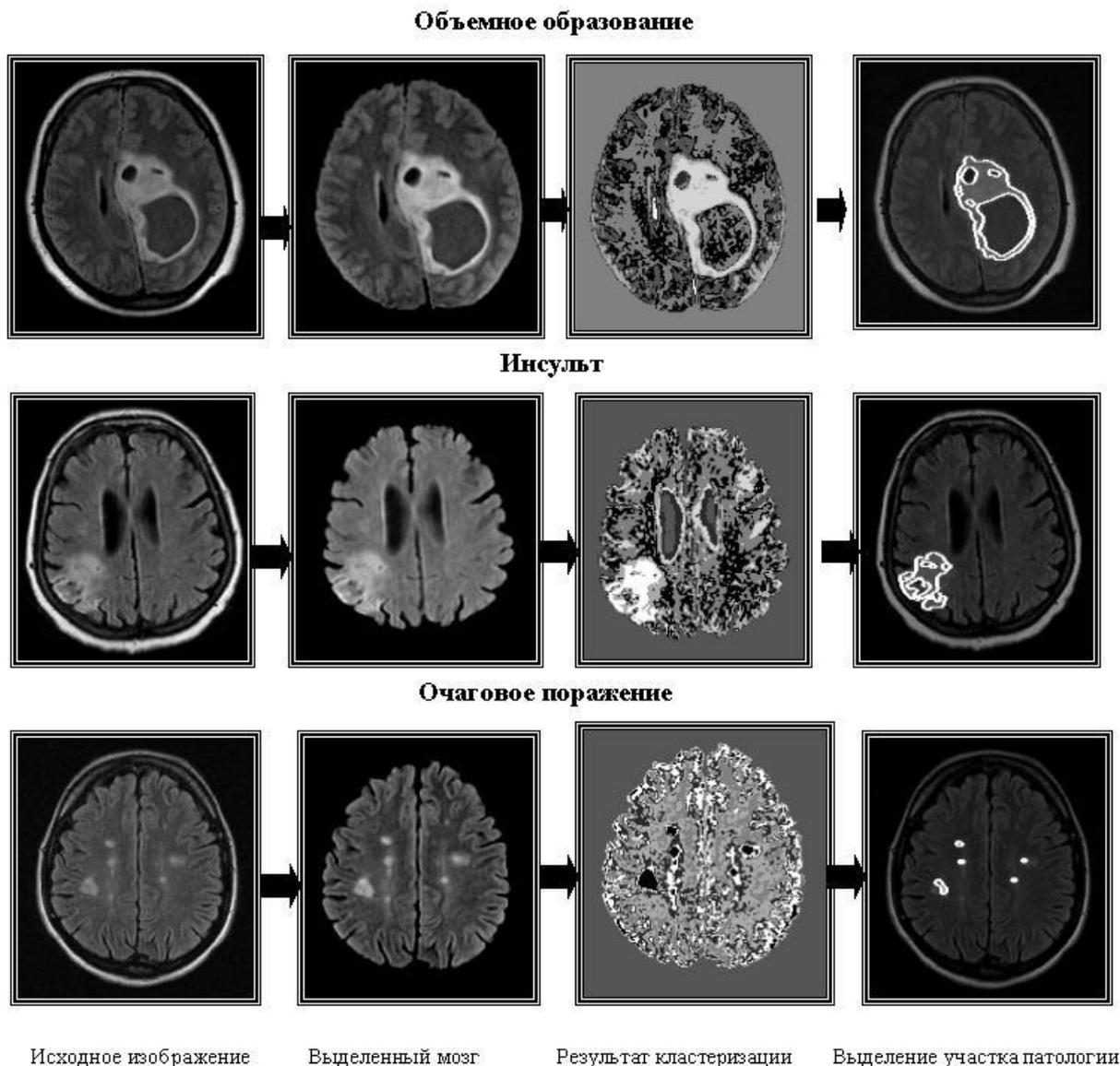


Рисунок 3 – Пошаговая работа подсистемы распознавания патологии на томограммах.

Результаты показывают, что метод нечеткой кластеризации успешно выделяет области патологического повышения сигнала на томограммах взвешенности T1_{гр}. Наилучшие результаты работы алгоритма на изображениях, где сигнал от патологии намного ярче сигнала от веществ мозга. Единственным недостатком является то, что в редких исключениях патология на томограммах IR может быть темнее (каверномы) или одного цвета с веществом мозга (некоторые виды менингиом). Единственным выходом здесь является дополнительный анализ T1 и T2 томограмм, что планируется для дальнейшего развития и совершенствования диагностической системы. Разработанная система предназначена для улучшения качества диагностики, сокращения времени исследования, а также может применяться для обучения персонала.

Литература

1. С. Д. Штовба Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. М. 2006.
2. В. А. Дюк. Обработка данных на ПК в примерах.-СПб: Питер, 1997,- 240 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ТРАВМАТИЗМА НАСЕЛЕНИЯ

Т.В. Киселева, Н.М. Жилина, Н.Н. Максимова

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Кустовой медицинский информационно-аналитический центр, г. Новокузнецк*

Автоматизированная информационная система «Социально-гигиенический мониторинг», функционирующая в рамках Кустового медицинского информационно-аналитического центра (КМИАЦ) г. Новокузнецка, содержит анализирующий блок «Здоровье», направленный на контроль состояния здоровья населения, оценивание его показателей, выдачу рекомендаций по повышению уровня социального благополучия населения и установления причинно-следственных связей наиболее распространенных заболеваний, а также обеспечения органов управления городского и территориального уровня достоверной информацией о состоянии социальной среды населения, требующей принятия решений по управлению системой здравоохранения.

За последние несколько лет наблюдается устойчивое возрастание количества случаев травматизма среди жителей города Новокузнецка, который считается важнейшим показателем влияния социальных условий жизни на состояние здоровья населения. Среди всех причин первичной инвалидности и смертности травмы занимают третье место, а у лиц трудоспособного возраста травмы являются первопричиной смерти. Кроме того, травмы – это одна из главных причин стойкой утраты трудоспособности населения. В городе Новокузнецке, являющимся одним из крупнейших промышленных зон, изучение и исследование причин травматизма особенно актуально. Необходимо своевременно выявлять такие временные участки и выяснять причины их появления для принятия соответствующих мер по устранению подобных тенденций.

Для этого в рамках анализирующего блока «Здоровье» сделана попытка прогнозирования уровней производственного и бытового травматизма различными методами. На первом этапе для прогнозирования использовались такие известные прогнозирующие алгоритмы, как прогнозатор типа простой сдвижки, Холта, Холта-Муира, Бокса-Дженкинса, а также прогнозатор на базе сглаживающего фильтра типа релейно-экспоненциального первого порядка (РЭСИ) с последующей сдвижкой сглаженного значения на один, два, три шага вперед. Реализации уровня производственного и бытового травматизма, зафиксированные в течение месяца в городе Новокузнецке, были взяты за 6 лет: с 2003 по 2008 г.г.

Точность прогнозирования оценивалась по среднемодульной ошибке.

В таблице 1 приведены результаты использования различных прогнозаторов – величины среднемодульной ошибки, полученной на контрольной выборке при прогнозировании на один шаг (месяц).

Таблица 1 – Значения среднемодульной ошибки прогнозирования уровней бытового и производственного травматизма

Виды травм	Алгоритмы прогнозирования				
	Простая сдвижка	РЭСИ со сдвижкой	Холта	Холта-Муира	Бокса-Дженкинса
Бытовой	369,1	351,7	362,9	366,8	366,8
Производств.	46,4	41,9	42,6	42,3	42,4

Как видно из данных таблицы 1 наилучшим оказался прогнозатор на основе сглаживающего фильтра РЭС со сдвижкой, для которого среднемодульная ошибка составила 351,7 случаев для бытового травматизма и 41,9 - для производственного. Если эти результаты пересчитать на относительную среднемодульную ошибку, то она составит 8,58 % для бытового травматизма и 13,07 % - для производственного травматизма. Последнее

значение относительной ошибки говорит о том, что точность прогнозирования производственного травматизма низка и неприемлема, так как превышает 10 %, и необходимо искать пути ее повышения.

С этой целью на каждом шаге прогнозирования для каждого прогнозатора рассчитывалась текущая среднемодульная ошибка и по ее величине выбирался наилучший прогнозатор, который и был рекомендован для прогноза на следующем шаге (месяце). Таким образом на каждом шаге прогнозирования выбирался наилучший прогнозатор для следующего шага.

Постановка задачи выбора наилучшего прогнозатора на каждом шаге прогнозирования дана ниже.

Постановка задачи. Дано: 1. Реализации данных, характеризующих бытовой и производственный травматизм. 2. Методы прогнозирования: - простой сдвигки; - релейно-экспоненциального сглаживания первого порядка с экстраполяцией со сдвижкой на один шаг; - Холта; - Холта-Муира; - Бокса-Дженкинса. 3. Ограничение: настроечный параметр α в формуле расчета текущего значения среднемодульной ошибки (СМО) колеблется в пределах [0,3-0,6]. 4. Критерий: текущее значение СМО:

$$R(i) = R(i-1) + \alpha |X(i) - \hat{X}(i-1)|, \quad (1)$$

где α - настроечный параметр; $R(i-1), R(i)$ - текущие значения среднемодульной ошибки, полученные на i -ом и $(i-1)$ -ом отсчетах; $R[0] = 0$. Требуется: 1. На каждом шаге прогноза выбрать «наилучший» прогнозатор, для которого $R(i)$ минимально. 2. Использовать значение прогноза, полученное наилучшим прогнозатором на (i) - шаге, и рекомендовать его на $(i+1)$ - шаг.

Фрагмент полученного результата выбора наилучшего прогнозатора для реализации уровня бытового травматизма приведен в таблице 2.

Выделенные черным шрифтом значения СМО соответствуют наилучшим (наименьшим) на каждом шаге.

На рисунках 1, 2 приведены графики исходных и прогнозных значений уровней бытового и производственного травматизма, зафиксированных по месяцам в городе Новокузнецке.

Таким образом, прогнозные значения бытового и производственного травматизма получены с точностью, в смысле среднемодульной ошибки: СМО = 360,9 для бытового травматизма; СМО = 36,6 для производственного травматизма, что в относительной оценке составляет соответственно 8,8 % и 11,42 %.

Сопоставляя полученные результаты с результатами прогнозирования с помощью РЭС, видим, что при прогнозе бытового травматизма среднемодульная ошибка несколько возрасла, хотя относительная оценка ошибки осталась в пределах приемлемой. При прогнозировании производственного травматизма качество прогноза улучшилось, но относительная оценка СМО снова оказалась не приемлемой.

Таблица 2 – Результаты выбора наилучшего прогнозатора для реализации уровня бытовых травм (фрагмент)

№ п/п	Исходный ряд X	Методы прогнозирования (значения текущего СМО)					Прогноз наилучший \hat{X}
		простая сдвигка	РЭС	Холта	Холта-Муира	Бокса-Дженкинса	
1	3480	-	-	-	-	-	-
2	3369	222,14	12,45	3,76	22,30	22,30	-
3	3450	179,80	31,15	20,92	45,01	104,43	3389,04
4	4056	307,66	206,97	195,26	220,63	292,40	3453,95
5	3852	276,56	173,91	165,26	163,65	258,66	3947,26
6	3822	202,59	135,09	143,28	130,31	268,87	3874,54
7	4237	266,31	217,06	207,47	198,72	345,95	3878,68

Продолжение таблицы 2

8	3072	535,92	483,07	482,38	455,87	519,62	4127,89
9	2029	688,04	829,17	736,65	771,93	755,07	3538,42
10	2980	766,93	633,15	714,37	640,01	549,22	2029,00
11	2747	606,75	521,01	514,57	470,10	643,73	3611,26
12	2910	473,63	401,94	411,73	374,34	518,70	2759,12
13	3446	492,34	447,74	466,21	446,75	388,97	2830,28
14	3488	357,24	350,98	381,10	403,78	276,98	3472,31
15	3492	251,27	252,52	277,25	319,75	219,72	3405,91
16	3876	291,09	292,99	307,10	350,85	292,32	3414,29
17	3306	374,76	358,66	366,75	369,82	299,02	3876,00
18	3529	329,23	294,92	282,33	268,55	303,43	3215,27
19	3890	338,76	321,33	308,03	296,04	323,24	3529,82
20	3332	404,53	375,10	363,87	335,79	304,32	3760,53
21	2089	656,07	657,99	667,56	666,73	570,15	3279,42
22	2794	670,75	491,52	588,17	501,72	433,65	2678,84

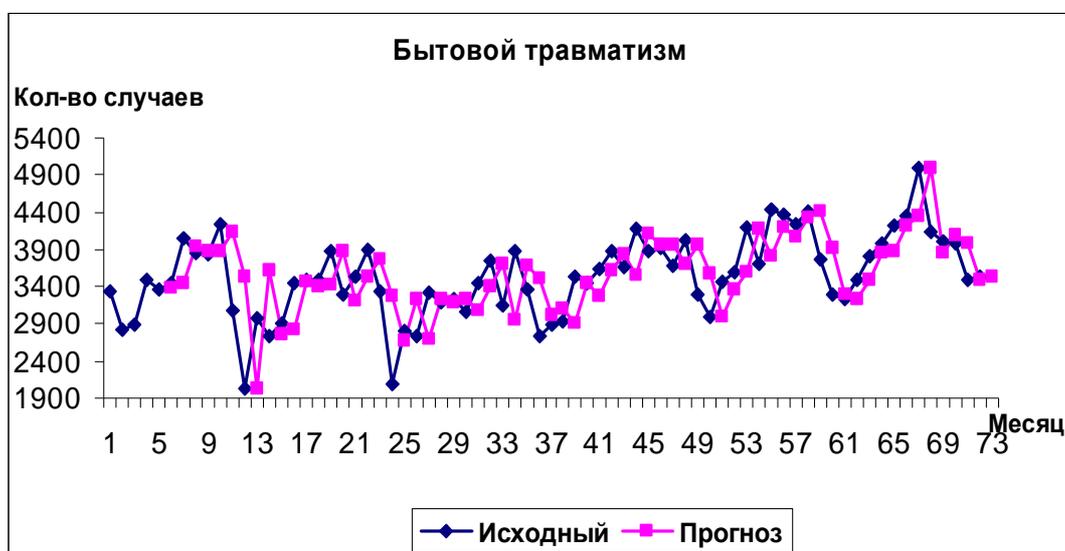


Рисунок 1 – Исходные и прогнозные значения количества случаев бытового травматизма, полученные с помощью наилучшего прогнозатора



Рисунок 2 – Исходные и прогнозные значения количества случаев производственного травматизма, полученные с помощью наилучшего прогнозатора

Для дальнейшего улучшения качества прогноза на втором этапе сделана попытка использования нейронных сетей для прогнозирования уровней производственного и бытового травматизма.

Для формирования структуры нейронного прогнозатора с целью выявления факторов, влияющих на уровень травматизма, был проведен предварительный анализ реализаций данных, характеризующих уровень бытового и производственного травматизма. В результате анализа было установлено, что на эти показатели влияет сезонность. В частности, в летний период количество бытовых травм наибольшее, а в зимний период – наименьшее. Есть существенные различия этих показателей в зависимости от возраста людей (у трудоспособного населения число бытовых и производственных травм больше, чем у остальных людей) и выявлены существенные различия по половым признакам.

По результатам предварительного анализа определено количество входных и выходных факторов нейронного прогнозатора, а также количество нейронов в скрытом слое, которое выбирается в зависимости от числа зафиксированных входов. Таким образом, было отобрано 8 входов, 2 выхода и один промежуточный слой с 17 нейронами в нем. Прогнозирование осуществлялось на 1, 2 и 3 месяца. Это необходимо для того, чтобы была возможность своевременно выявлять устойчивые тенденции к повышению бытового или производственного травматизма. При появлении таких тенденций аналитическая группа Информационно-аналитического центра

Нейронный прогнозатор выбран в виде многослойного персептрона с одним скрытым слоем (в виде двухслойной нейронной сети).

Для использования нейронного прогнозатора сеть вначале необходимо обучить. От того, насколько тщательно решена задача обучения, в значительной степени зависит точность прогнозирования. Постановка задачи обучения представлена в следующем виде. Дано: 1. Ряд данных, характеризующих уровень травматизма. 2. Результаты предварительного анализа данных с целью выявления входных и выходных переменных. 3. Программный продукт, моделирующий искусственные нейронные сети – STATISTICA Neural Networks. 4. Тип обучения нейронной сети: обучение с учителем. 5. Число слоев нейронного прогнозатора. 6. Известные методы обучения сети. 7. Ограничение: весовые коэффициенты при обучении изменяются в диапазоне от -1 до +1. 8. Критерий: среднеквадратическая ошибка, полученная на каждом шаге обучения – целевая функция

вида:
$$E(w) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N (X_j(n) - \hat{X}_j(n, w))^2}{J \cdot N}}$$
, где $\hat{X}_j(n, w), X_j(n)$ - прогнозные и фактические

значения j-го показателя травматизма; причем в общем случае $j = \overline{1, J}$; $n = \overline{1, N}$, n – текущий номер в реализации длиной в N значений; w – значения весов нейронной сети. Требуется: 1) обучить нейронный прогнозатор с тем, чтобы он удовлетворял ограничению и минимизировал критерий; 2) выбрать наилучший алгоритм обучения по минимальному значению целевой функции, количеству эпох и затраченному на обучение времени; 3) оценить точность работы прогнозатора на контрольной выборке.

Процесс обучения нейронной сети заключался в подборе таких значений весов и порога, при которых значение целевой функции – среднеквадратической ошибки прогноза становится минимальным. Реализации данных, характеризующих бытовой и производственный травматизм, разбиты на две части: обучающую и контрольную.

Среди алгоритмов обучения были исследованы наиболее известные: обратного распространения ошибки, градиентные и сопряжения градиентов. По приведенным выше параметрам выбран наилучший: алгоритм сопряженных градиентов.

Точность прогнозирования оценивалась, как и ранее, с помощью среднемодульной ошибки. На рисунке 3 показан пример прогнозирования бытового травматизма на 1 месяц с использованием нейронного прогнозатора. В таблице 3 приведены значения

среднемодульной ошибки прогнозировании бытового и производственного травматизма при прогнозе на 1, 2 и 3 месяца.

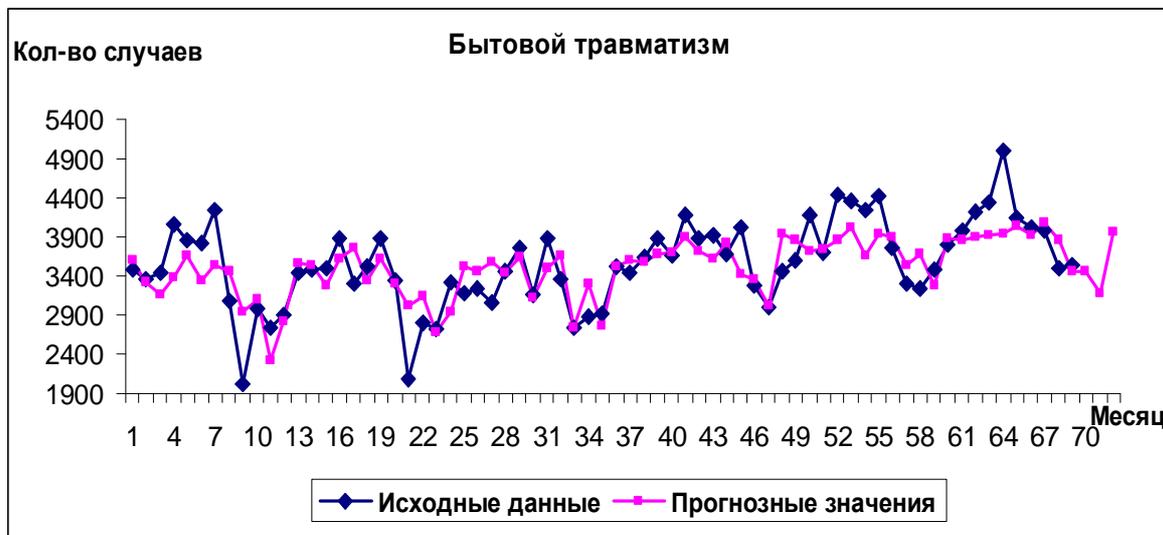


Рисунок 3 - Фактические и прогнозные значения количества случаев бытового травматизма по месяцам

Полученная точность прогнозирования в виде на 2-ой и 3-ий месяцы, безусловно, ниже, чем на 1-ый месяц прогноза, однако она считается приемлемой, так как относительная погрешность не превышает 10 %.

Таблица 3 - Значения среднемодульного критерия при прогнозировании количества производственных и бытовых травм с помощью нейронного прогнозатора

СМО	Производственный травматизм (в скобках дана относит. ошибка в %)	Бытовой травматизм (в скобках дана относит. ошибка в %)
На 1 мес.	26,6 (7,99)	298,0 (7,88)
На 2 мес.	28,4 (8,12)	303,5 (8,42)
На 3 мес.	30,2 (8,51)	308,9 (8,96)

Таким образом, применение прогнозатора на базе нейронной сети позволило существенно повысить точность прогнозирования уровня травматизма, что позволит принимать более верные решения по снижению уровня как бытовых, так и производственных травм.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «МЕТЕО» ДЛЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

А.В. Лавриненко, Е.В. Горев, В.С. Комаров

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск

В последние годы возросли требования к объёму и точности текущей и прогностической метеорологической информации, используемой в различных прикладных задачах. В качестве примера таких задач можно назвать оценку и прогноз развития процессов загрязнения атмосферы на локальном уровне, определение масштабов распространения токсичных и радиоактивных выбросов в случае крупных промышленных аварий. Кроме того, метеорологическое обеспечение необходимо для безопасности взлета и посадки воздушных судов, повышения всепогодности дистанционного лидарного зондирования окружающей среды в условиях сложной метеорологической обстановки, связанной с наличием тумана, интенсивных осадков, низкой сплошной облачности. Увеличение количества и разнообразия источников метеорологической информации диктует необходимость разработки новых высокоточных методов восстановления и прогноза

метеорологических полей в области масштаба, а также автоматизации всех звеньев получения, обработки и отображения исходной информации и прогнозирования этих полей по пространству и во времени.

В Институте оптики атмосферы (ИОА) СО РАН проводятся широкие исследования по разработке новых эффективных методов прогноза метеорологических полей и их восстановления на неосвещённую в метеорологическом отношении территорию в области мезомасштаба [1-2]. А также по созданию специализированных автоматизированных метеорологических систем, ориентированных на информационную поддержку решения прикладных задач различного целевого назначения.

Эти исследования позволили создать оригинальную версию информационно-вычислительной системы (ИВС) «Метео», базирующейся на применении новейших алгоритмов численного восстановления и сверхкраткосрочного прогноза метеорологических полей в области мезомасштаба, в основу которых положены малопараметрические динамико-стохастические модели регрессионного типа и аппарат калмановской фильтрации. ИВС «Метео», разработанная на базе современного программного обеспечения, в рамках объектно-ориентированного подхода, позволяет осуществлять быструю адаптацию к изменяющимся требованиям, подключение новых модулей и библиотек алгоритмов прогнозирования и восстановления, долгосрочное хранение обработанных данных, использование различных источников информации, в том числе поступающих из *Internet*-а или от систем дистанционного зондирования и т.п.

1. Назначение и функциональная схема ИВС «Метео».

ИВС «Метео» состоит из семи отдельных подсистем, включая базы первичной и климатической информации, и интерфейса пользователя (рисунок 1).

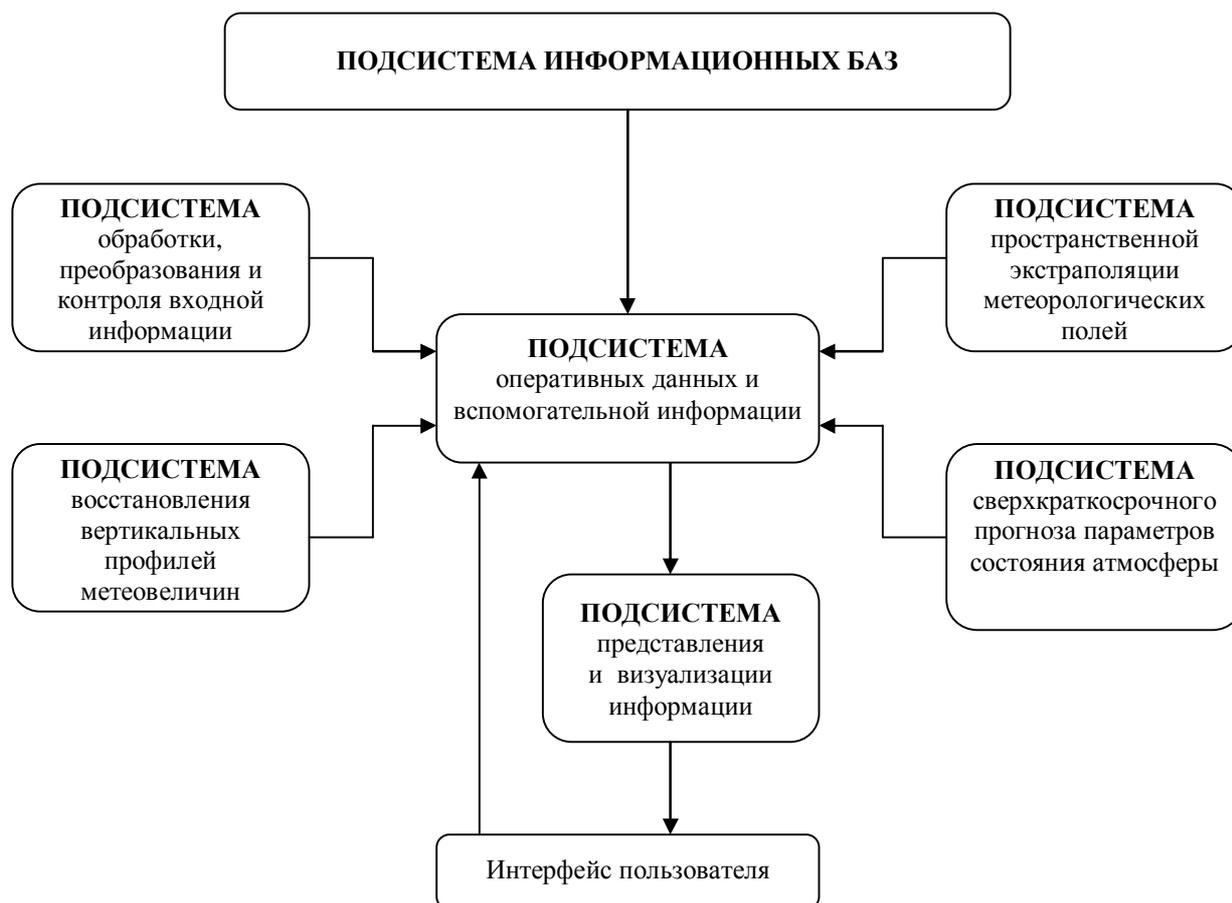


Рисунок 1 – Функциональная схема ИВС «Метео»

ИВС «Метео» предназначена для обработки метеорологических и аэрологических данных, поступающих из *Internet*-а или в виде бюллетеней КН-01 и КН-04, и для решения таких целевых задач как:

- восстановление вертикальных профилей температуры, влажности и ветра до высоты 1,6 км в месте расположения аэрологической станции и точках, удаленных от нее на 50-100 км;
- сверхкраткосрочный (с заблаговременностью 3-6 ч) прогноз параметров атмосферы (температуры, влажности и ветра) на приземном уровне и в пограничном слое атмосферы;
- пространственная экстраполяция (интерполяция) мезомасштабных полей геопотенциала, температуры, влажности и ветра в точку пространства, вдоль траектории (до расстояния 250 -300 км) или в узлы заданной регулярной сетки точек.
- представление и визуализация результатов в табличном, графическом и картографическом видах.

Остановимся теперь коротко на характеристике отдельных подсистем АМС «Метео».

Подсистема обработки, преобразования и контроля входной информации, является вспомогательной, обеспечивает решение следующих задач:

- *интерактивный ввод, дешифрирование и синтаксический контроль аэрологической и метеорологической информации*, поступающей из *Internet*-а или по каналам связи в виде бюллетеней КН-04 (части ТТАА и ТТВВ) и КН-01;
- *преобразование и формирование аэрологической и метеорологической информации в виде выходных файлов*, содержащих данные о геопотенциале, температуре, точке росы, скорости зонального и меридионального ветра на геопотенциальных уровнях, а также об уровневых и среднепослойных значениях температуры, скорости зонального и меридионального ветра на различных высотах;
- *поиск и восстановление (на основе алгоритма фильтра Калмана и полиномиальной модели второго порядка с изменяющимися во времени коэффициентами) отсутствующих данных и обнаруженных грубых ошибок*, связанных с некачественной подготовкой бюллетеней КН-04 и КН-01.

• *контроль достоверности аэрологических и метеорологических данных, а также восстановление забракованных данных*, представленных на стандартных изобарических поверхностях и уровнях особых точек при помощи критерия $|\xi - \bar{\xi}| \geq 3\sigma$. В случае превышения критерия данные забраковываются и восстанавливаются по измерениям окружающих станций с применением алгоритма фильтра Калмана и полиномиальной модели.

Подсистема информационных баз, включает две базы данных (БД), одна из которых содержит для отдельных станций первичную метеорологическую и аэрологическую информацию, а вторая – климатическую. Проектирование базы первичной и климатической информации проведено по методологии, изложенной в [3].

Подсистема восстановления вертикальных профилей метеовеличин предназначена для численного восстановления вертикальных профилей температуры и скорости зонального и меридионального ветра в пограничном слое атмосферы (до высоты 1,6 км) как в месте расположения аэрологической станции, так и в точках, удаленных от нее на расстояние до 50-100 км.

Программно-алгоритмическое обеспечение данной подсистемы разработано на основе оригинальной методики, изложенной в [4] и базирующейся на использовании алгоритма фильтра Калмана и двумерной динамико-стохастической модели вида:

$$\xi_{h,k} = \hat{a} \hat{a} \sum_{m=h}^{h+i} d_{m,j} \times \xi_{m,k-j} + \varepsilon_{h,k}, \quad (1)$$

где $\xi_{h,k}$ – значение метеорологического поля на высоте h и в момент времени k ; m – высота восстановления; $i=3$ – число учитываемых уровней; j – дискретное время; $d_{m,j}$ – неизвестные параметры; $\varepsilon_{h,k}$ – невязка модели.

Подсистема сверхкраткосрочного прогноза параметров атмосферы предназначена для сверхкраткосрочного (с заблаговременностью до 3-6 ч.) прогноза приземных и высотных значений температуры, точки росы, скорости зонального и меридионального ветра в пограничном слое атмосферы (до высоты 1,6 км), проводимого на основе алгоритма, описанного в [1] и базирующегося на использовании линейного фильтра Калмана и двумерной динамико-стохастической модели, аналогичной (1).

Подсистема пространственной экстраполяции метеорологических полей предназначена для пространственной экстраполяции (интерполяции) мезометеорологических полей в заданную точку пространства, вдоль траектории с заданным азимутом α (град) и шагом экстраполяции (интерполяции) Δl (км) и в узлы выбранной регулярной сетки точек, осуществляемой по данным наблюдений локальной сети аэрологических станций.

Программно-алгоритмическое обеспечение подсистемы пространственной экстраполяции разработано на основе алгоритма фильтра Калмана и оригинальной четырехмерной динамико-стохастической модели [2], которая записывается в виде:

$$\xi_{i,h,k} = \sum_{j=1}^K a_j \cdot \xi_{i,h,k-j} + \sum_{m=1}^{M-1} b_m \cdot \xi_{i,m,k} + \sum_{s=1}^S \frac{c_s \cdot \xi_{s,h,k}}{\rho_{i,s}} + \varepsilon_{h,k} \quad (2)$$

где $\xi_{i,h,k}$ - поле возмущений в i -й точке, на высоте h и в момент времени k ; K – максимальное число взятых предыдущих измерений; M – количество высот, используемых в формировании оценки поля ξ ; S – число пунктов наблюдений; a_j , b_m , c_s – неизвестные параметры, определяющие временную, высотную и пространственную зависимость между значениями поля ξ ; $\rho_{i,s} = \rho_0 / (\rho_0 - R_{i,s})$ – нормирующий коэффициент, учитывающий взаимное расположение аэрологических станций и точки восстановления в пределах заданного полигона (здесь ρ_0 – радиус пространственной корреляции, а $R_{i,s}$ – расстояние между i и s -й точкой); $\varepsilon_{h,k}$ – невязка модели.

Подсистема представления и визуализации информации обеспечивает представление результатов восстановления, сверхкраткосрочного прогноза и пространственной экстраполяции мезометеорологических полей в картографическом, табличном и графическом виде. *Подсистема оперативных данных и вспомогательной информации* обеспечивает хранение всей требуемой вспомогательной информации (сведений о заданном мезомасштабном полигоне, станциях, сроках наблюдения, системе используемых вертикальных координат и т.п.) и оперативных данных, поступающих от источника данных (бюллетеней КН-01 и КН-04, файлов и БД), а также результатов решения целевых задач, связанных с восстановлением, сверхкраткосрочным прогнозом и экстраполяцией (интерполяцией) мезометеорологических полей.

2. *Технические характеристики ИВС «Метео».* Рассмотрим теперь кратко технические характеристики ИВС «Метео», которая реализована на персональном компьютере Pentium с оперативной памятью 512 Мбайт, ориентирована на работу в операционной среде Windows-XP и решает комплекс целевых задач для мезомасштабных полигонов размером до 500x500 км при соблюдении следующих условий:

- количество используемых станций:
 - при восстановлении и сверхкраткосрочном прогнозе 1;
 - при пространственной экстраполяции (интерполяции) 3 и более;
- разрешение по пространству 10-50 км;
- разрешение по времени 3-6 ч;
- диапазон высот:
 - при восстановлении и сверхкраткосрочном прогнозе 0-1,6 км;
 - при пространственной экстраполяции (интерполяции) 0-8 км (1000-300 гПа);
- дискретность по высоте:
 - при восстановлении и сверхкраткосрочном прогнозе 0,1-0,4 км;
 - при пространственной экстраполяции (интерполяции) 0,2 -2 км (25-100 гПа);
- минимальное количество исходных измерений 3-4

3. Проверка качества и эффективности алгоритмов ИВС «Метео».

Для апробации алгоритмов ИВС «Метео» и статистического оценивания их качества и эффективности был проведён ряд экспериментов. Для этого были использованы данные четырехлетних (2004-2007 гг.) и двухсрочных (00 и 12 ч. по Гринвичу) радиозондовых наблюдений пяти аэрологических станций: Москва, Смоленск, Рязань, Сухиничи и Курск, расположенных в пределах типичного мезомасштабного полигона с характерными размерами 540x470 км.

Для оценки качества и эффективности алгоритмов, примененных в ИВС «Метео», были использованы стандартные (среднеквадратические) погрешности δ_ξ , рассчитываемые с помощью выражения:

$$\delta_\xi = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{\xi}_i - \xi_i)^2 \right]^{1/2}, \quad (3)$$

где $\hat{\xi}_i$ и ξ_i - восстановленное (или спрогнозированное) и измеренное значения рассматриваемой метеорологической величины соответственно, взятые для i -й реализации, а n - число использованных реализаций, а также относительные погрешности $\Theta_\xi = \delta_\xi / \sigma_\xi$, где σ_ξ - среднеквадратическое отклонение той же метеорологической величины.

В качестве примера апробации алгоритмов ИВС «Метео» можно привести рисунок 2, на котором представлено графическое изображение результатов объективного анализа, мезомасштабных полей геопотенциала и ветра на изобарической поверхности 500 гПа, проведенного для 10 января 2004 г. 12:00GMT.

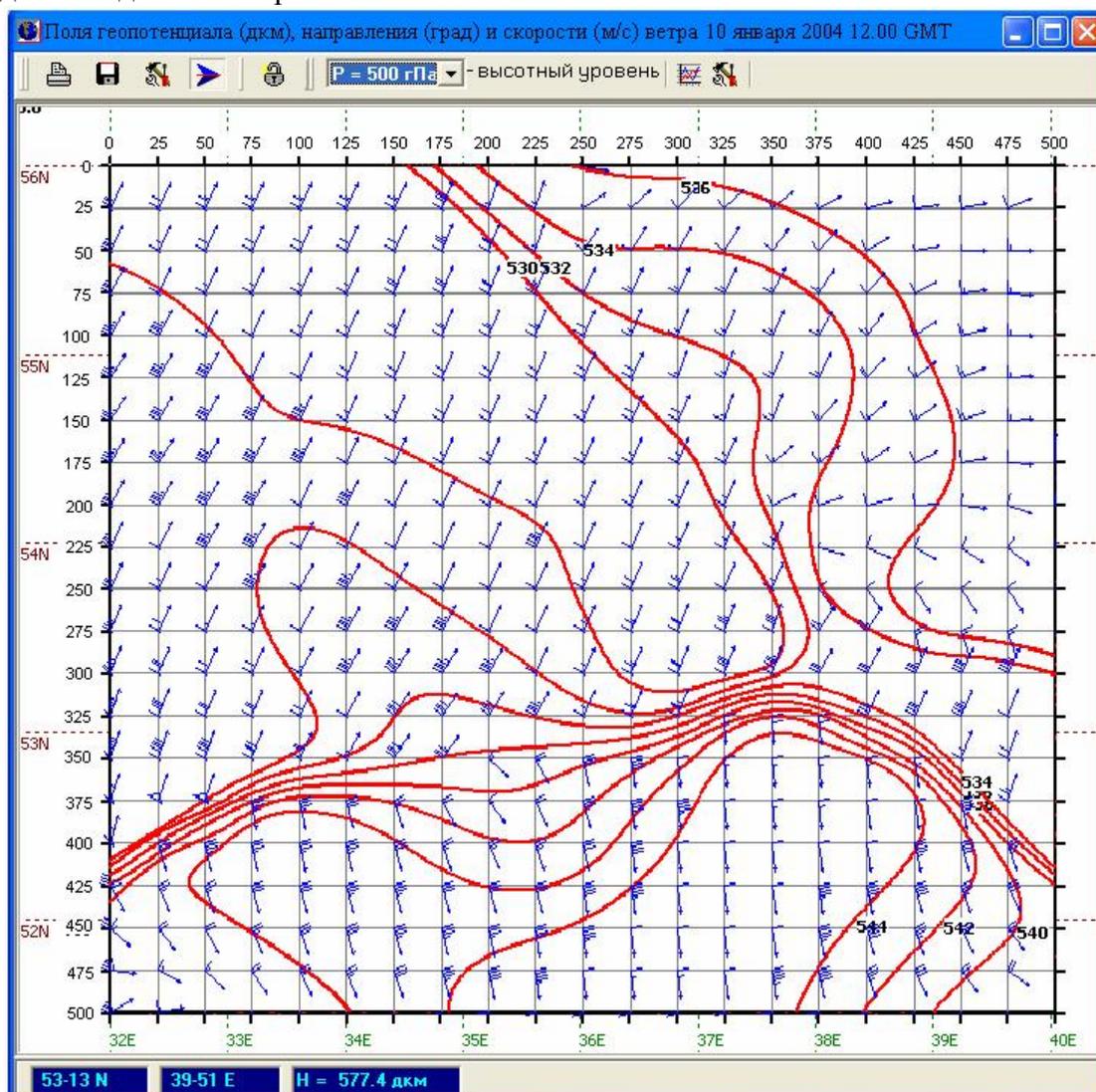


Рисунок 2 – Пример объективного анализа для мезометеорологического полигона

В таблице 1 приводятся в качестве примера стандартные δ_{ξ} и относительные θ (%) погрешности восстановления вертикальных профилей температуры, зонального и меридионального ветра до высоты 1600 м, проведенного с помощью алгоритма ИВС «Метео» описанного выше, для летнего периода и при соблюдении двух (отличных друг от друга) условий, когда процедура восстановления осуществляется либо для опорной аэрологической станции (в нашем случае это ст. Москва), где имеются высотные измерения, либо для удаленной от нее (на расстояние 171 км) ст.Рязань, где предполагается наличие лишь наземных данных.

Из анализа таблицы 1 следует, что предложенный для ИВС «Метео» алгоритм численного восстановления высотных профилей температуры, зонального и меридионального ветра, осуществленного в пограничном слое атмосферы по данным ст. Москва, где имеются высотные измерения, дает высокие по качеству результаты вплоть до уровня 1,6 км. При этом наилучшее качество восстановления характерно для температуры, когда $\theta \leq 17\%$.

В то же время для ст. Рязань, находящейся на расстоянии 171 км от опорной станции Москва, качество восстановления, как и ожидалось, заметно ниже, и предложенный алгоритм дает приемлемые результаты только до высоты 800 м (для температуры) и в нижнем 300-метровом слое (для зонального и меридионального ветра).

Таблица 1 - Среднеквадратические (δ_{ξ}) и относительные (θ_{ξ} , %) погрешности восстановления вертикальных профилей температуры ($T, ^\circ\text{C}$), зонального ($U, \text{м/с}$) и меридионального ($V, \text{м/с}$) ветра, для опорной станции Москва и контрольной ст. Рязань. Лето

Высота, м	ст. Москва						ст. Рязань					
	T		U		V		T		U		V	
	δ_T	θ_T	δ_U	θ_U	δ_V	θ_V	δ_T	θ_T	δ_U	θ_U	δ_V	θ_V
200	0,2	04	0,3	16	0,3	18	1,2	25	1,7	56	1,0	34
400	0,3	08	0,7	22	0,5	22	1,7	40	2,5	75	2,3	62
800	0,4	10	0,7	19	0,7	21	1,9	50	3,1	86	2,8	65
1200	0,5	13	0,8	20	0,8	20	2,2	63	3,5	88	3,3	69
1600	0,6	17	1,0	24	1,0	24	2,4	70	3,8	89	3,5	70

В таблице 2 в качестве примера приводятся результаты оценки качества сверхкраткосрочного (с заблаговременность 3-6 ч.) прогноза температуры, зонального и меридионального ветра, представленные величинами стандартных δ_{ξ} и относительных θ_{ξ} (%) погрешностей такого прогноза, осуществленного с помощью соответствующего алгоритма ИВС «Метео» для летнего периода по данным ст. Вена.

Таблица 2 - Среднеквадратические (δ_{ξ}) и относительные (θ_{ξ} , %) погрешности сверхкраткосрочного прогноза вертикальных профилей температуры ($T, ^\circ\text{C}$), зонального ($U, \text{м/с}$) и меридионального ($V, \text{м/с}$) ветра, для ст. Вена. Лето

Высота, м	$\tau = 3 \text{ ч.}$						$\tau = 6 \text{ ч.}$					
	T		U		V		T		U		V	
	δ_T	θ_T	δ_U	θ_U	δ_V	θ_V	δ_T	θ_T	δ_U	θ_U	δ_V	θ_V
0	1,2	32	1,4	47	1,1	48	2,0	54	2,0	64	1,5	65
200	0,9	29	1,0	31	1,0	33	1,5	50	2,1	58	1,7	57
400	0,9	29	1,4	29	1,3	31	1,5	50	2,8	58	2,5	60
600	0,8	28	1,6	29	1,7	31	1,3	45	3,1	56	3,3	60
800	0,7	24	1,7	28	1,9	29	1,0	32	3,4	55	3,6	55

Из анализа таблицы 2 следует, что при заблаговременности $\tau = 3$ ч. относительная погрешность сверхкраткосрочного прогноза не превышает 24-36 % (только для ветра на уровне станции, где сверхкраткосрочный прогноз реализуется главным образом по данным предшествующих наземных измерений, эти погрешности существенно больше и составляют порядка 47-48 %). Это является хорошим результатом.

Заметно худшие результаты дает тот же алгоритм при $\tau = 6$ ч., хотя величины относительных погрешностей и в этом случае не превышают допустимого значения, равного 66 %.

4. Заключение. Программа занимает всего порядка 10 Мб на жестком диске и разработана таким образом, что в ней отсутствуют избыточные оперативные данные, что позволяет сократить объем используемой памяти. Применение многопоточности при дешифрировании, обработке и отображении данных позволяет оптимизировать использование современных многопроцессорных компьютеров. Наконец, ИВС «Метео» построена таким образом, что может легко дополняться новыми программными модулями, обеспечивающими ввод и обработку других видов метеорологической информации, получаемой, например, в результате дистанционного (лидарного, акустического и т.п.) зондирования, а также решение более широкого спектра целевых задач.

Литература

1. Лавриненко А.В., Комаров В.С., Попов Ю.Б. Методика сверхкраткосрочного прогноза параметров состояния атмосферы на основе алгоритма калмановской фильтрации и двумерной динамико-стохастической модели. // Оптика атмосферы и океана, 2005, т.18, №4, с.344-348.

2. Komarov V.S., Lavrinenko A.V., Lomakina H.Ya., Popov Yu.B., and Popova A.I. New Method of Spatial Extrapolation of Meteorological Fields on the Mesoscale Level Using a Kalman Filter Algorithm for a Four-Dimensional Dynamic-Stochastic Model. // J. of Atmos. and Ocean. Technol. 2007, V.24, №2, P.182-193.

3. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных. 8-е изд. Санкт-Петербург: Питер, 2003, 800 с.

4. Горев Е.В., Комаров В.С., Лавриненко А.В., Будаев В.В. Численное восстановление профилей температуры и ветра в пограничном слое атмосферы на основе алгоритма фильтра Калмана и двумерной динамико-стохастической модели. Часть 1. методические основы. // оптика атмосферы и океана, 2008, т.21, №4, с.323-326.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ФОРМЫ НА ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ¹

О.С. Логунова, В.В. Шакшин, С.М. Логунов

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск*

Цветные изображения объектов нашли широкое применение в различных областях деятельности человека, в том числе и металлургической промышленности. В цветном изображении каждая точка описывается тремя цветовыми координатами. Наиболее распространены цветовые координаты формата RGB (Red, Green, Blue). RGB – это система, в которой каждый цвет распадается на три составляющие: красную, зеленую и синюю. Несмотря на широкую распространенность цветных изображений, у них есть множество недостатков: шумы, низкая контрастность, различное восприятие глазом человека разных цветов и т.п. Все указанные недостатки вносят существенные трудности при работе его обработке и распознавании. В настоящее время популярными стали программы анализаторы, с помощью которых выполняется выделение отдельных объектов на изображении.

¹Научные исследования выполняются при финансовой поддержке программы «У.М.Н.И.К.»

Большинство программ-анализаторов стоят на основе известных шаблонов: распознавание текста, чисел. Наиболее сложными считаются задачи, которые требуют распознавания объектов нерегулярной формы и случайны местом положения. Задача такого вида возникает при распознавании дефектов по цветной фотографии на образце, например, темплете от непрерывно-литой заготовки.

Постановка задачи исследования. В работе рассматривается задача оценки качества непрерывно-литой заготовки по цветной фотографии темплета (рисунок 1) Показателями эффективности распознавания изображения принято считать: скорость распознавания и достоверность сегментации.



Рисунок 1 – Пример цветной фотографии непрерывно-литой заготовки

Достоверность сегментации снижается за счет существующих проблем: 1) наличие «шумов» – помех, возникающих, как правило, в процессе фотографирования, из-за недостатков светочувствительной части областей захвата фотоаппарата. Шумы достаточно сильно влияют на достоверность распознавания изображения; 2) поиск и выделение непрерывных объектов. Неравномерная освещенность объекта и оптические возможности фотоаппарата позволяют получить изображения с различной яркостью; 3) распознавания найденных дефектов, которые являются объектами нерегулярной формы и случайного положения. Дефекты, которые формируются при затвердевании непрерывно-литой заготовки, могут находиться в любой точке сечения или объема, и иметь непредсказуемую форму.

Указанные проблемы приводят к тому, что для распознавания таких изображений не возможно применять методы, основывающиеся на сравнении изображении с эталонными. Кроме того, помимо факта установления наличия дефекта выполняется их классификация согласно ОСТ 14-1-235-91.

Учитывая необходимость автоматизации распознавания и оценки фотографии темплета в системе оценки качества непрерывно-литой заготовки, была поставлена цель научного исследования: синтеза специального математического обеспечения пакетов прикладных программ и типового модуля оценки качества, обеспечивающего подсистему автоматизированной системы управления (АСУ) непрерывной разливки стали.

В качестве объекта исследования были выбраны машины непрерывного литья заготовок радиального типа, функционирующие условиях электросталеплавильного цеха (ЭСПЦ) ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Предметом исследования является математическое и программное обеспечение второго уровня АСУ непрерывной разливки стали.

В ЭСПЦ выпускаются заготовки, сечение которых составляет 100×100 мм, 150×150 мм и 150×170 мм. Предполагается, что заготовка имеет прямоугольное сечение. В результате оценки после предварительной обработки (фрезеровки, шлифования и травления) темплет фотографируется и изображение после сжатия и преобразования в формат png (см. рисунок в электронном виде) размещается в Хранилище. Авторами работы предлагается перед

выполнением сжатия изображения выполнять его автоматизированное распознавание, снижающее влияние человеческого фактора на формирование оценки качества.

Для достижения цели были выделены задачи для решения:

- 1) определение и обоснование допущений для математического описания цветной фотографии темплета;
- 2) построение математического описания цветной фотографии темплета;
- 3) определение методов и разработка алгоритмов для шумоподавления и повышения контрастности цветного изображения;
- 4) определение методов и разработка алгоритмов для сегментации изображения с выделением непрерывных объектов нерегулярной формы и случайным местом расположения;
- 5) построение классификационной таблицы для дефектов заготовки;
- 6) разработка программной реализации эргатического анализатора для оценки внутренних дефектов заготовки.

Допущения для математического описания цветного изображения темплета непрерывно-литой заготовки

Для математического описания изображения примем следующие допущения, которые не изменяют семантической и физической сущности изучаемого объекта:

- 1) цветное изображение имеет растровое представление;
- 2) изображение имеет прямоугольную форму и для него вводится система координат, приведенная на рисунке 2а, и единичный отрезок составляет один пиксель;
- 3) изображение ориентировано согласно правилу: верхняя граница изображения совпадает с сечением грани заготовки, расположенной со стороны малого радиуса машины непрерывного литья заготовок (рисунке 2а);
- 4) изображение цветной фотографии совмещается со схемой расположения внутренних дефектов заготовки (рисунке 2а);
- 5) на изображении вводится прямоугольная сетка с шагом Δh для разбиения фотографии на области с равномерной яркостью.

На рисунке 2 введены обозначения: Δh – шаг разбиения изображения на фрагменты; ABFE (1) – область активного образования точечной неоднородности со стороны малого радиуса машины непрерывного литья заготовок; MNOP (2) – область формирования осевых дефектов (трещин и пористости); GIKL / MNOP (3) – область формирования трещин, перпендикулярных граням заготовки; ABCD / GIKL (4) – область формирования газовых пузырей при ведении разливки открытой струей.

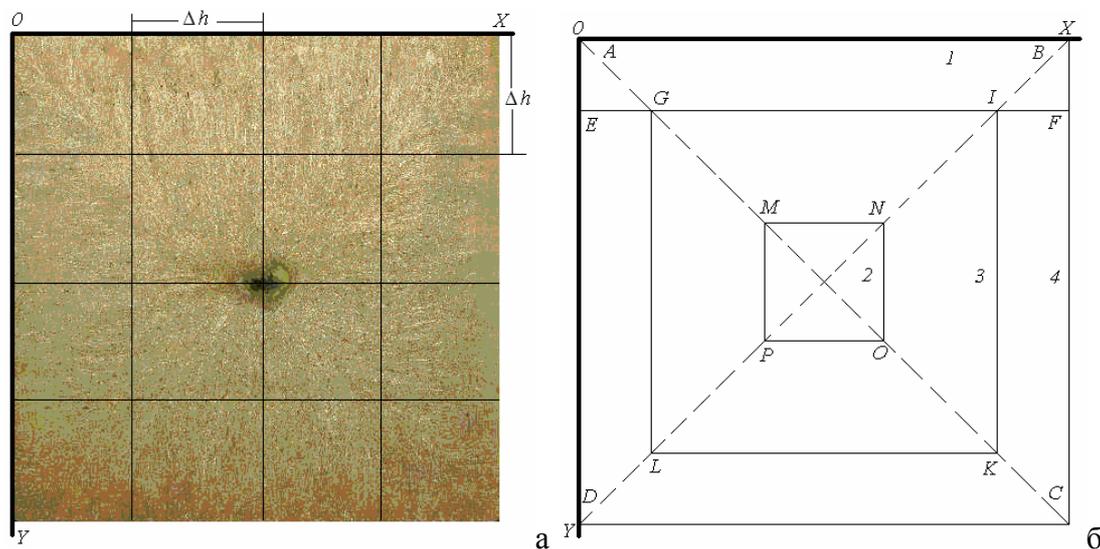


Рисунок 2 – Геометрическое представление изображения согласно введенным допущениям для цветной фотографии темплета

Математическое описание цветного изображения и критерии сегментации.

Математическая модель цветного изображения содержит:

1) аналитическое описание границ областей изображения:

$$\text{- область точечной неоднородности ABFE: } \begin{cases} 0 \leq x \leq b, \\ 0 \leq y \leq 0,16a; \end{cases}$$

$$\text{- область осевых дефектов MNOP: } \begin{cases} 0,4b \leq x \leq 0,6b, \\ 0,4a \leq y \leq 0,6a; \end{cases}$$

$$\text{- область трещин, перпендикулярных грани заготовки GIKL – MNOP, где GIKL: } \begin{cases} 0,2b \leq x \leq 0,8b, \\ 0,2a \leq y \leq 0,8a; \end{cases}$$

$$\text{- область газовых пузырей ABCD – (ABFE} \cup \text{ MNOP),}$$

где a – высота заготовки, мм; b – ширина заготовки, мм;

2) аналитическое описание цветовой матрицы изображения:

$$f(x, y) = \frac{c(x, y)}{c_{\max}},$$

где $f(x, y)$ – значение относительного цвета в точке с координатами (x, y) ; $c(x, y)$ – цифровой код цвета в точке с координатами (x, y) ; c_{\max} – максимальный код цвета на изображении;

3) критерии однородности области нерегулярной формы:

$$|f(x, y) - f(x + 1, y)| < G;$$

$$|f(x, y) - f(x, y + 1)| < G,$$

где G – константа ограничения, определяемая эмпирическим путем.

4) выражения для определения характеристики изображения:

$$\text{- критерий распознаваемости изображения: } f(x, y) < Q;$$

$$\text{- критерий контрастности изображения: } \max_{\substack{x \in [0, a] \\ y \in [0, b]}} \{f(x, y) - Q\} < G_{\text{кр}},$$

где Q – значение отношения Штреля; $G_{\text{кр}}$ – критическое значение разности между значением относительного цвета точки и отношением Штреля, при котором возможно выделение однородной области;

5) выражение для шумоподавляющей маски на изображении:

$$f'(x_0, y_0) = \sum_{x=x_0-1}^{x_0+1} \sum_{y=y_0-1}^{y_0} f(x, y) \cdot H(x, y),$$

где $f'(x_0, y_0)$ – функция относительного цвета после шумоподавления в точке с координатами (x_0, y_0) ; H – массив весовых коэффициентов, который может принимать один из возможных видов:

$$H = \frac{1}{16} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix} \text{ или } H = \frac{1}{10} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \text{ или } H = \frac{1}{9} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}.$$

б) выражение для бинаризации изображения:

- предварительное инвертирование изображения:

$$I(x, y) = \begin{cases} 1 - f'(x, y) & \text{при } Q - f'(x, y) > h, \\ 1 - Q & \text{для остальных случаев;} \end{cases}$$

- бинаризация изображения:

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{при } I(x, y) > 1 - Q, \\ 0 & \text{для остальных случаев.} \end{cases}$$

Классификационные признаки. Распознавание цветного изображения темплета

подразумевает не только его сегментацию, но определение принадлежности выделенных объектов нерегулярной формы к определенному виду дефектов сплошности и их балльную оценку согласно ОСТ 14 –1 – 235 – 91. Анализ экспериментальной базы данных изображений и содержания отраслевого стандарта позволили выполнить построение классификационной таблицы для оценки выделенных объектов нерегулярной формы на изображении темплета.

В качестве классификационных признаков определены виды внутренних дефектов, согласно ОСТ 14 –1 – 235 – 91 и анализу экспериментальных. В качестве характеристик признака выделены: место расположения области на изображении; геометрические характеристики объекта: длина, ширина, отношение длины объекта к его ширине, площадь максимального дефекта и относительные площадь и длина объектов, принадлежащих одной области разбиения изображения. Неформализованное описание классификационных признаков и характеристик приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Система неформализованного описания классификационных признаков внутренних дефектов непрерывно-литой заготовки по ОСТ 14 –1 – 235 – 91

Вид дефекта	Описание проявления дефекта на серном отпечатке или травленном темплете для заданного балла			
	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4
Полоски и трещины по сечению	Единичные слегка намечающиеся полоски длиной до 5 % от толщины заготовки	Единичные или групповые (до двух групп) тонкие полоски длиной до 8 % толщины заготовки	Ликвационные полоски и трещины шириной ≈ 1 мм, длиной до 10 % (единичные до 15 % толщины заготовки)	Отдельные или групповые полоски и трещины шириной ≥ 1 мм, длиной более 10 % толщины заготовки
Осевые полоски и трещины	Слегка намечающиеся извилистые полоски в зоне длиной до 5 % от толщины заготовки	Полоски шириной до 0,5 мм в зоне длиной до 8 % от толщины заготовки	Извилистые полоски и трещины в зоне шириной ≈ 1 мм, длиной до 10 % (единичные до 15 %) от толщины заготовки	Извилистые полоски и трещины в зоне шириной ≥ 1 мм, длиной более 10 % от толщины заготовки
по углам	Слегка намечающиеся полоски длиной до 5 % от толщины заготовки на 1 – 2 углах	Полоски шириной до 0,5 мм в зоне длиной до 8 % от толщины заготовки на 1 – 2 углах	Ликвационные полоски и трещины в зоне шириной ≈ 1 мм, длиной до 10 % от толщины заготовки на 1 – 3 углах	Извилистые полоски и трещины в зоне шириной ≥ 1 мм, длиной более 10 % от толщины заготовки на 1 – 4 углах
Краевое точечное загрязнение	Единичные мелкие точки – включения диаметром до 1 мм	Повышенное количество точек – включений (отдельные диаметром более 1 мм) с ориентацией в виде «дорожки» протяженностью в пределах $\frac{1}{4}$ периметра темплета	Много точек – включений, в том числе диаметром более 1 мм в виде «дорожки» протяженностью в пределах $\frac{1}{4}$ периметра темплета	Много точек – включений, а также отдельных скоплений «дорожки» протяженностью в пределах периметра темплета; возможно частичное распределение дефекта по сечению

Для классификации объектов нерегулярной формы на изображении предлагается к использованию классификационная таблица 2, в которой вводятся формализованные характеристики объектов.

Таблица 2 – Классификационная таблица объектов нерегулярной формы на цветном изображении темплета

Вид дефекта	Характеристики изображения											Балл
	a, мм	b, мм	Обл.	S, мм ²	S _{отн} , %	a _{отн} , %	b _{отн} , %	S _{max} , мм ²	$\frac{a}{b}$	$\frac{b}{a}$	n, шт	
КТЗ (ТН)	< 1	< 1	1, 4			< 5	< 5	< 1	≈ 1	≈ 1	< 10	0
	< 1	< 1	1, 4			< 10	< 10	< 1	≈ 1	≈ 1	< 20	1
	> 1	> 1	1, 4			≈ 25	≈ 25	> 1	≈ 1	≈ 1	< 30	2
	> 1	> 1	1, 4			≈ 25	≈ 25	> 1	≈ 1	≈ 1	< 40	3
	> 1	> 1	1, 4			> 30	> 30	> 1	≈ 1	≈ 1	≥ 40	4
ОТ	< 0,5	< 5	2	< 10	< 1	< 5	< 5	< 3	≈ 1	≈ 1	< 2	0
	< 0,5	< 10	2	< 30	< 3	≈ 5	≈ 5	< 5	≈ 1	≈ 1	< 5	1
	≈ 0,5	< 10	2	< 70	< 7	≈ 8	≈ 8	< 6	≈ 1	≈ 1	< 10	2
	≈ 1	< 10	2	< 400	< 40	> 10	> 10	< 15	≈ 1	≈ 1	< 25	3
	> 1	≥ 10	2	≥ 400	≥ 40	> 15	> 15	≥ 15	≈ 1	≈ 1	≥ 25	4
ТПГ	< 0,5	< 5	3	< 10	< 1	< 5	< 5	< 3	> 2	> 2	< 3	0
	< 0,5	< 10	3	< 30	< 3	≈ 5	≈ 5	< 5	> 2	> 2	< 5	1
	≈ 0,5	< 10	3	< 70	< 7	≈ 8	≈ 8	< 6	> 2	> 2	< 10	2
	≈ 1	< 10	3	< 400	< 40	> 10	> 10	< 15	> 2	> 2	< 25	3
	> 1	≥ 10	3	≥ 400	≥ 40	> 15	> 15	≥ 15	> 2	> 2	≥ 25	4
ГП	> 3	> 3	1, 4			< 5	< 5	< 25	> 1,5	> 1,5	0	0
	> 3	> 3	1, 4			< 10	< 10	< 100	> 1,5	> 1,5	< 3	1
	> 3	> 3	1, 4			≈ 25	≈ 25	< 625	> 1,5	> 1,5	< 10	2
	> 3	> 3	1, 4			≈ 25	≈ 25	< 625	> 1,5	> 1,5	< 20	3
	> 3	> 3	1, 4			> 30	> 30	> 900	> 1,5	> 1,5	≥ 20	4

В таблице 2 введены обозначения: КТЗ (ТН) – краевая точечная загрязненность (точечная неоднородность); ОТ – осевые трещины; ТПГ – трещины, перпендикулярные граням заготовки, УТ – угловые трещины; ГП – газовые пузыри; a – ширина максимального дефекта, мм; b – длина максимального дефекта, мм; Обл. – номер области, которой принадлежит дефект по рисунку 2б; S – площадь всех дефектов, мм²; S_{отн} – процентное отношение площади всех дефектов к общей площади темплета, %; a_{отн} – процентное отношение ширины всех дефектов к ширине темплета, %; b_{отн} – процентное отношение длины всех дефектов к длине темплета, %; S_{max} – площадь максимального дефекта, %; n – количество дефектов выбранного вида, шт.

Заключение

В работе выполнен математический анализ изображений серных отпечатков с низкой контрастностью и объектами нерегулярной формы, включающий получение изображения в электронной форме, удаление шумов, сегментацию изображения и классификацию объектов, разработку эргатической подсистемы управления качеством непрерывно-литой заготовки по серному отпечатку темплета.

Предложены математическая модель и критерии распознавания объектов, характеризующих дефекты заготовки, на фоне изображения серного отпечатка с низкой контрастностью. Модель и критерии, в отличие от известных, учитывают нерегулярность и случайность расположения объектов, низкую контрастность изображения, что позволяет автоматизировать процесс получения экспертной информации, отвечающей требованиям отраслевого стандарта.

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В г. НОВОКУЗНЕЦКЕ ЗА ПЕРИОД 2003-2008 гг.

Н.Н. Максимова, Н.М. Жилина, Г.И. Чеченин

*Кустовой медицинский информационно-аналитический центр (КМИАЦ),
г. Новокузнецк*

Актуальность. Травматизм является важным показателем влияния социальных условий жизни на состояние здоровья населения. В настоящее время наблюдается рост бытового травматизма, в частности среди детей, который связан с внедрением в быт механических и электрических приборов. Спортивный травматизм растет в связи с массовым распространением спорта и увеличением тренировочных нагрузок [1,2]. Нередко случается, что травматизм приводит к смертельному исходу пациента. Поэтому необходимо уделять большое внимание проблеме детского травматизма и, прежде всего, профилактике. Для этого требуется глубокий анализ и изучение данного явления.

Целью исследования является анализ детского травматизма по данным обращаемости за медицинской помощью и учтенного в персонифицированной базе данных «Заболеваемость, форма 025-2/у», которая поддерживается в актуальном состоянии в Кустовом медицинском информационно-аналитическом центре (КМИАЦ) г. Новокузнецка. База данных прошла государственную регистрацию в Научно-техническом центре «Информрегистр» Федерального агентства по информационным технологиям: номер регистрационного свидетельства 11044, № регистрации 0220711702 от 19 июля 2007 г.

Материал и методы исследования. БД «Заболеваемость, форма 025-2/у» предназначена для сбора, хранения, контроля и анализа информации о пациенте и содержит следующие сведения: нормативная документация (паспортные данные, место работы, место проживания пациента и т.д.), пол больного, дата рождения, диагноз, вид травмы, социальное положение, количество посещений по заболеванию и исход заболевания. Единицей наблюдения является первичный случай обращения травмированного (в возрасте от 0-17 лет) в амбулаторно-поликлинические учреждения города Новокузнецка.

Для статистической обработки все БД «Заболеваемость» за период 2003-2008 гг. были переведены в формат SPSS Data Document. Анализ данных выполнен в статистическом пакете SPSS (версия 13.0).

Результаты исследования.

В период с 2003-2008 гг. была проанализирована БД «Заболеваемость», которая содержит 105143 записей о детях, получивших какую-либо травму.

На рисунке 1 представлена динамика всех случаев детских и подростковых травм с обращением в поликлиники г. Новокузнецка.

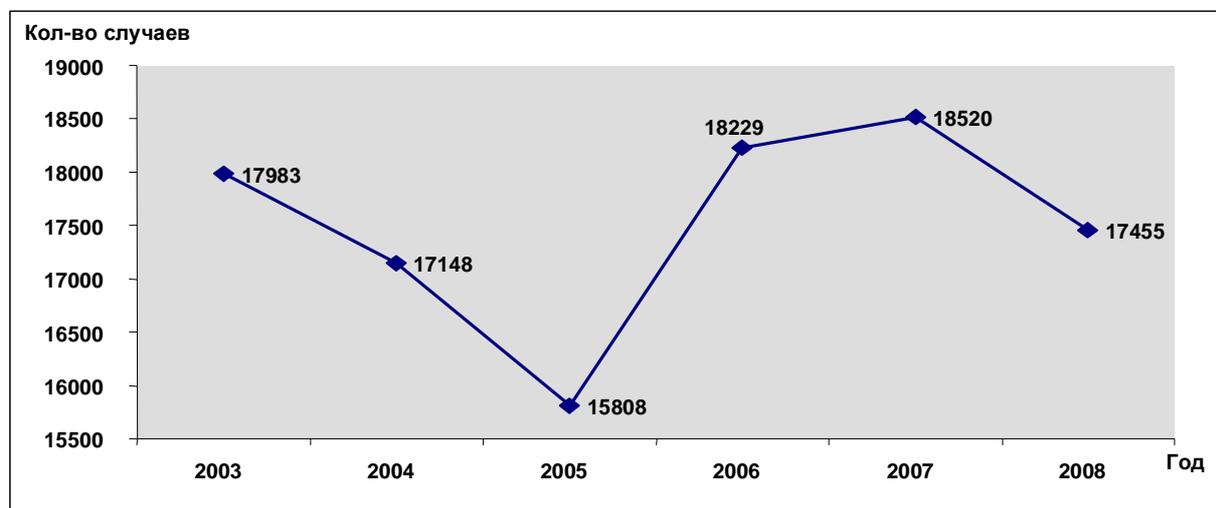


Рисунок 1 – Количество случаев травм у детей и подростков в динамике 2003-2008 гг.

В среднем ежегодно в поликлиниках и травмпунктах г. Новокузнецка регистрируются 17523 первичных случаев детских травм (со стандартным отклонением ± 1356 случаев). В 2005 году зафиксирован самый низкий уровень травмирования детей (15808 случаев) по сравнению с остальными годами рассматриваемого периода. Пик приходится на 2007 год (18520 случаев).

Если рассматривать количество травм по возрастной категории детей, то больше всего случаев наблюдается среди детей в возрасте от 7 до 14 лет ($51,54 \pm 0,85\%$) в динамике 2003-2008 гг.; наименьшее количество случаев зафиксировано среди возрастной категории «дети 0-6 лет» - $20,79 \pm 3,03\%$.

В период с 2003-2005 гг. наблюдается тенденция снижения количества детских травм в городе Новокузнецке по всем трем возрастным группам, а с 2006-2007 гг. появляется тенденция к росту детского травматизма.

В 2008 году наблюдается снижение количества травм у детей в возрасте 7-14 лет и у подростков (15-17 лет).

В 2005 году у категории детей «в возрасте от 7 до 14 лет» зафиксировано наименьшее количество случаев травм (8136 сл.) по сравнению с другими годами данного периода. У детей в возрасте 0-6 лет наибольшее количество травм зафиксировано в 2008 году (4186 сл.), а наименьшее в 2004 году (3167 сл.). У подростков пик травмирования приходится на 2003 год (5218 сл.).

Самой распространенной травмой по всем районам является бытовая. На втором месте идет уличная травма.

По абсолютному показателю больше всего бытовых и уличных травм зафиксировано в Центральном районе в динамике 2003-2008 гг., чуть меньше - в Заводском.

По относительному показателю (на 1000 детей) наибольшее количество случаев бытового травматизма зафиксировано в Орджоникидзевском районе, за исключением 2008 года (в Куйбышевском районе), наименьшее в период с 2006-2008 гг. и в 2003 году в Кузнецком районе, а в 2004 году – в Центральном, в 2005 году – в Новоильинском районе.

Наибольшее количество случаев уличного травматизма в период с 2003-2005 гг. и в 2007 году зафиксировано в Кузнецком районе, а в 2006 году – в Заводском, в 2008 году – в Новоильинском районе. Наименьшее - в Орджоникидзевском районе в динамике 2003-2008 гг..

Наибольшее количество школьного травматизма зафиксировано в период 2003-2005 гг. в Заводском районе, а с 2006-2008 гг. в Новоильинском. Наименьшее - в Орджоникидзевском районе в период 2004-2008 гг. и в 2003 году - в Куйбышевском районе.

В период 2006-2008 гг. появляется тенденция к росту детского травматизма в Заводском и Новоильинском районах г. Новокузнецка, по сравнению с предыдущими годами рассматриваемого периода, особенно явно она проявляется в Новоильинском районе. В Новоильинском районе в 2003-2005 гг. наблюдается снижение детского травматизма.

В период с 2003-2007 гг. уровень школьных травм среди детей в возрасте 7-14 лет линейно увеличивается и достигает своего пика в 2007 году (746 сл.), а затем к 2008 году резко сокращается и почти возвращается на уровень 2003 года (455 сл.).

Среди травмированных мальчиков ($63\% \pm 1,4\%$) больше, чем девочек ($36\% \pm 1,4\%$), это соотношение сохраняется и в динамике (рисунок 2). Было выявлено статистически значимое различие по половому признаку при вычислении критерия Пирсона χ^2 ($P < 0.001$).

Самой распространенной травмой среди детей в возрасте от 0-17 лет является растяжение и перенапряжение связок голеностопного сустава (в общей сложности 5402 случая), на втором месте идет ушиб другой и неуточненной части стопы (4543 случая), на третьем – перелом нижнего конца лучевой кости (4026 случаев).

Рост количества случаев травм к 2008 году наблюдается по следующим диагнозам: ушиб других частей запястья и кисти, поверхностная травма запястья и кисти и ушиб нижней части спины и таза.

В таблице 1 представлено распределение наиболее частых диагнозов детского травматизма в динамике 2003-2008 гг.

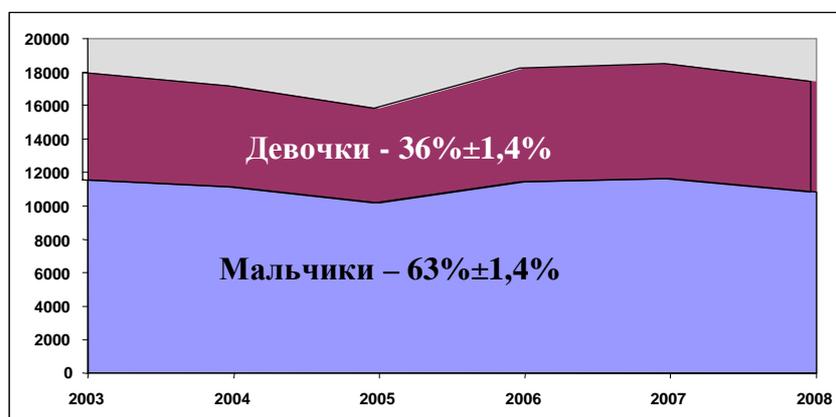


Рисунок 2 - Уровень травм у детей мужского и женского пола в динамике 2003-2008 гг.

Большинство травм приходится на весенний и осенний периоды (более 25 % в каждом).

Результаты корреляционного анализа показали согласованность частотных распределений причин травм в динамике с 2003 - 2008 гг. ($k=0,8$, уровень значимости: $P<0,001$).

Таблица 1 – Наиболее часто встречающиеся диагнозы детского травматизма в динамике 2003-2008 гг.

Причина (диагноз) травмы	Год					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<i>Растяжение и перенапряжение связок голеностопного сустава</i>	813	876	835	915	993	970
<i>Ушиб другой и неуточненной части стопы</i>	777	766	895	833	798	474
Открытая рана других частей стопы	241	244	293	303	260	182
Ушиб коленного сустава	376	436	411	496	503	467
Растяжение и перенапряжение капсульно-связочного аппарата другой и неуточненной части кисти	298	314	381	319	131	0
Перелом другого пальца кисти открытый	411	382	373	427	483	377
Перелом другой пястной кости	374	406	344	356	348	294
Поверхностная травма запястья и кисти неуточненная	696	747	747	708	445	8
Ушиб других частей запястья и кисти	474	423	466	494	636	735
Ушиб пальца(ев) кисти без повреждения ногтевой пластинки	506	571	356	203	445	559
<i>Перелом нижнего конца лучевой кости</i>	881	675	547	675	640	608
Поверхностная травма запястья и кисти	292	126	172	412	405	639
Вывих головки лучевой кости	258	287	268	306	237	195
Ушиб нижней части спины и таза	248	293	268	300	348	372
Перелом грудного позвонка	249	236	211	309	169	100
Ушиб грудной клетки	268	282	286	315	327	283
Сотрясение головного мозга	537	596	534	650	502	484
Открытая рана других областей головы	302	274	217	285	328	282

На рисунке 3 представлена динамика за период 2003-2008 гг. бытовых травм у детей до 7 лет, возрастной группы 7-14 лет и подростков г. Новокузнецка:

Вызывает беспокойство высокий уровень бытового травматизма у детей 7-14 лет и рост случаев бытовых травм в динамике за рассмотренный период у всех детей 0-14 лет.

Выводы по анализу детского травматизма за 2003-2008 гг.:

1. В среднем в год в г. Новокузнецке за анализируемый период зафиксировано $17\,523 \pm 1356$ случая детских и подростковых травм с обращением в поликлинику. В 2005 году зафиксирован самый низкий уровень травмирования детей (15808 случаев) по сравнению с остальными годами рассматриваемого периода. Пик приходится на 2007 год (18520 случаев).

2. Если рассматривать количество травм по возрастным категориям детей, то больше всего случаев наблюдается среди детей в возрасте от 7 до 14 лет ($51,54 \pm 0,85\%$) в

динамике 2003-2008 гг.; наименьшее количество случаев зафиксировано среди возрастной категории «дети 0-6 лет» - $20,79 \pm 3,03\%$.

3. В период с 2003-2005 гг. наблюдается тенденция снижения количества детских травм в городе Новокузнецке по всем трем возрастным группам, а с 2006-2007 гг. появляется тенденция к росту детского травматизма.

4. В 2008 году наблюдается снижение количества травм у детей в возрасте 7-14 лет и у подростков (15-17 лет).

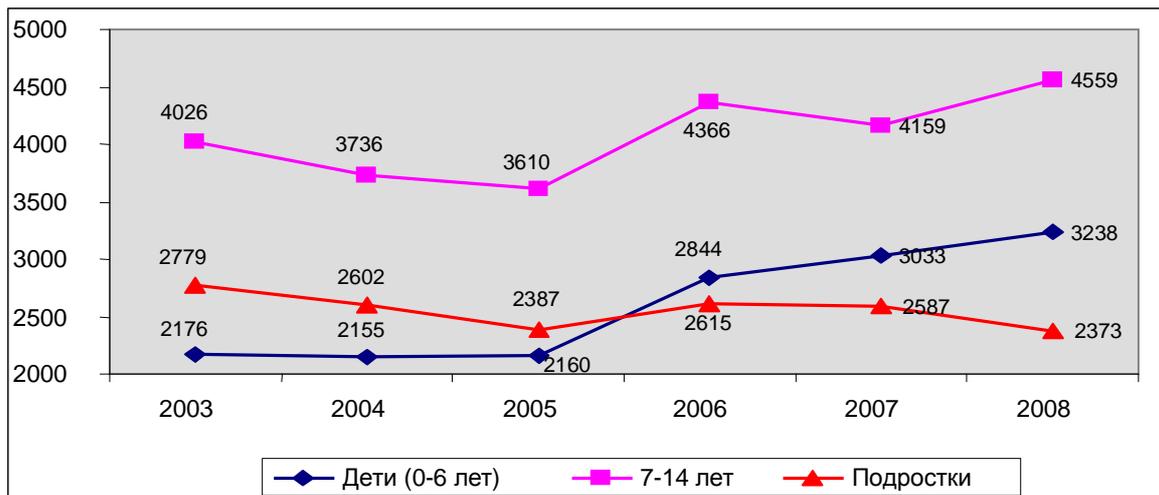


Рисунок 3 – Распределение случаев бытовых травм среди детей в возрасте 0-6 лет, подростков и детей в возрасте от 7-14 лет в динамике 2003-2008 гг.

5. В 2005 году у категории детей «в возрасте от 7 до 14 лет» зафиксировано наименьшее количество случаев травм (3610 случаев) по сравнению с другими годами данного периода. У детей в возрасте 0-6 лет наибольшее количество травм зафиксировано в 2008 году (3238 случаев), а наименьшее в 2004 году (2155 случаев). У подростков пик травмирования приходится на 2003 год (2779 случаев).

6. Самой распространенной травмой по всем районам является бытовая. На втором месте идет уличная травма.

7. По абсолютному показателю больше всего бытовых и уличных травм зафиксировано в Центральном районе г. Новокузнецка в динамике 2003-2008 гг., чуть меньше - в Заводском, что соответствует структуре городского населения.

8. Результаты корреляционного анализа показали согласованность распределения видов травм по районам города в динамике 2003-2008 гг.

9. По относительному показателю (на 1000 детей) наибольшее количество случаев бытового травматизма зафиксировано в Орджоникидзевском районе, за исключением 2008 года (в Куйбышевском районе), наименьшее в период с 2006-2008 гг. и в 2003 году в Кузнецком районе, а в 2004 году – в Центральном, в 2005 году – в Новоильинском районе.

10. Наибольшее количество случаев уличного травматизма в период с 2003-2005 гг. и в 2007 году зафиксировано в Кузнецком районе, а в 2006 году – в Заводском, в 2008 году – в Новоильинском районе. Наименьшее - в Орджоникидзевском районе в динамике 2003-2008 гг..

11. Наибольшее количество школьного травматизма зафиксировано в период 2003-2005 гг. в Заводском районе, а с 2006-2008 гг. в Новоильинском. Наименьшее - в Орджоникидзевском районе в период 2004-2008 гг. и в 2003 году - в Куйбышевском районе.

12. В период 2006-2008 гг. появляется тенденция к росту детского травматизма в Заводском и Новоильинском районах, по сравнению с предыдущими годами рассматриваемого периода, особенно хорошо она проявляется в Новоильинском районе.

13. Результаты корреляционного анализа показали согласованность распределения видов травм (по относительному показателю) в зависимости от района города в динамике 2003-2008 гг.

14. В период с 2003-2007 гг. уровень школьных травм среди детей в возрасте 7-14 лет линейно увеличивается и достигает своего пика в 2007 году (746 сл.), а затем к 2008 году резко сокращается и почти возвращается на уровень 2003 года (455 сл.).

15. Среди травмированных мальчиков ($63\% \pm 1,4\%$) больше чем девочек ($36\% \pm 1,4\%$), это соотношение сохраняется и в динамике. Было выявлено статистически значимое различие по половому признаку при вычислении критерия Пирсона χ^2 ($P < 0.001$).

16. Самой распространенной травмой среди детей в возрасте от 0-17 лет является растяжение и перенапряжение связок голеностопного сустава (в общей сложности 5402 случая), на втором месте идет ушиб другой и неуточненной части стопы (4543 случая), на третьем – перелом нижнего конца лучевой кости (4026 случаев).

17. Рост количества случаев травм к 2008 году наблюдается по следующим диагнозам: ушиб других частей запястья и кисти, поверхностная травма запястья и кисти и ушиб нижней части спины и таза.

18. Результаты корреляционного анализа показали согласованность частотных распределений причин травм в динамике с 2003 - 2008 гг. ($k=0.8$, уровень значимости: $P < 0,001$).

19. Большинство случаев травм у детей и подростков приходится на весенний и осенний периоды (более 25 % в каждом).

Итак, из всего вышеизложенного следует, что в последние годы в г. Новокузнецке тенденция детского травматизма (бытового, уличного, школьного и спортивного) неблагоприятная. Поэтому необходимо предпринимать меры профилактического, медицинского и социального воздействия для изменения ситуации в сторону улучшения в последующие годы [3].

Литература

1. Современная травматология и травматизм [Электронный ресурс]: материалы сайта EURODOCTOR.ru. – Режим доступа: <http://traumatology.eurodoctor.ru/>.

2. Государственный доклад о состоянии здоровья населения Российской Федерации в 2005 г. // Здоровоохранение Российской Федерации. 2007. №6 - С. 3-36.

3. Среда обитания, состояние здоровья населения г. Новокузнецка в 2006-2007 гг. : коллективная монография / Г.И. Чеченин, Н.М. Жилина Н.М, А.М. Махнева и др. ; под ред. Г.И. Чеченина. - Новокузнецк : Изд-во МОУ ДПО ИПК, 2008. - 375 с. - ISBN 5-7291-0390-5.

ДИАГНОСТИРУЮЩИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ В ТЕКСТЕ МАРКЕРОВ, ИНДИКАТОРОВ И КОННЕКТОРОВ

С.В. Машанова

Восточно-Сибирский государственный технологический университет, г. Улан-Удэ

Введение. Анализ работ, посвященных автоматическому реферированию, показал, что их можно разделить на две категории. К первой категории относятся работы, в которых реферат формируется в соответствии с заранее заданной жесткой структурой. При этом для его формирования используются различного рода диагностирующие конструкции. Ко второй категории относятся работы, в которых реферат создается на основе компрессии исходного текста. Методологии, описанные в данных работах, направлены на решение задачи понимания смысла текста. В данной статье рассмотрим диагностирующие выражения для выявления маркеров, коннекторов и индикаторов, характеризующих аспекты содержания текста. *Постановка задачи.* Пусть заданы исходный научный текст T , состоящий из последовательности предложений t_i , $i=1 \div n$. Требуется построить производный текст (реферат повествовательного типа) $R = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$, состоящий из последовательности предложений r_j , $j=1 \div k$, адекватно передающий смысл текста T без потерь основных информационных единиц. *Методы и результаты решения.* Сформируем базу диагностирующих выражений для распознавания маркеров, индикаторов и коннекторов, позволяющих выделять предложения из текста в реферат. Диагностирующие выражения для распознавания

маркеров. Маркеры (им принадлежит основная роль) – это конструкции или шаблоны, состоящие из отдельных слов или словосочетаний, обеспечивающие идентификацию фраз, принадлежащих к различным смысловым аспектам текста. В исследованиях коллективов «Информэлектро» и ЛГИК им. Н.К. Крупской был разработан словарь маркеров, включающий более полутора тысяч лексических единиц. Словарь организован в двух вариантах – алфавитном (маркеры выстроены по алфавиту) и поаспектному (маркеры сгруппированы по отдельным содержательным аспектам). Маркерная статья включает в себя ядерный элемент, его синонимы и лексические сопровождения ядерного элемента (или его синонимов).

Конструкции или шаблоны могут быть разрывными или слитными. Рассмотрим их примеры, приведенные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Примеры разрывных маркерных конструкций

<i>Анализ</i> – ядерное слово, аспект – предлагаемый вариант решения, выводы (ПВР + В)	
Синоним	Лексическое сопровождение
Вычисления	Выявлять
Данные	Доказывать
Результаты	Позволять
Измерения	Показывать
Испытания	Предлагать
Исследования	и т.д.
Нами	
и т.д.	

В предложении текста разрывной маркер может иметь следующий вид: «*Анализ* современного состояния рассматриваемого вопроса *показывает*, что ...». В этом предложении маркером является «*Анализ ... показывает ...*» или например, в предложении «*Результаты* экспериментов *позволяют ...*» - маркер «*Результаты ... позволяют ...*» и т.д.

Таблица 2 – Примеры слитных маркерных статей

<i>Последний</i> – ядерное слово, аспект- постановка проблемы (ПП)	
Синоним	Лексическое сопровождение
Последнее время	Наблюдаться
Настоящее время	Отмечаться
Прежде	Появляться
	Существовать

В предложении текста слитный маркер может иметь следующий вид: «*В последнее время отмечается*», «*В настоящее время существует*» и т.д.

Маркерами для выделения основных вопросов, рассматриваемых в работе, могут быть: «*В исследовании проведен анализ...*», «*В работе рассмотрено ...*».

<i>Работа</i> – ядерное слово, аспект – основные вопросы	
Синоним	Лексическое сопровождение
Исследование и т.д.	рассматривать
	описывать
	проводить анализ
	раскрывать
	показывать
	излагать
	освещать
	называть
	говорить
	разбирать
	останавливаться
	сообщать
	и т.д.

Маркерами, употребляемыми для обозначения исследовательского или экспериментального материала, могут быть: «В процессе *исследования* была *разработана* модель...» или «В данной *работе разработана* модель ...».

<i>Работа</i> – ядерное слово, аспект – исследовательский или экспериментальный материал	
Синоним	Лексическое сопровождение
Исследование	исследовать
и т.д.	разработать
	приводить доказательство
	выдвигать гипотезу
	выдвигать предположение
	утверждать
	разрабатывать
	высказывать
	разрабатывать предположение
	доказывать
	выяснять
	считать
	полагать

Маркерами, употребляемыми для передачи определений и градаций, классификации конкретных проблем, вопросов, могут быть: «В *работе проводится сравнение* ...» или «В данной *работе сформулированы* положения ...»

<i>Работа</i> – ядерное слово, аспект – передача определений и градаций, классификации конкретных проблем, вопросов	
Синоним	Лексическое сопровождение.
исследование	определить (признаки/ черты/свойства)
и т.д.	перечислить
	охарактеризовать
	дать характеристику
	дать определение
	провести сравнение
	сравнить
	сформулировать
	сопоставить
	констатировать

Маркерами, употребляемыми для перечисления вопросов, рассматриваемых в первоисточнике попутно, могут быть: «В *работе упомянуто*...», «В *исследовании* мы коснулись рассмотрения ...»

<i>Работа</i> – ядерное слово, аспект – передача определений и градаций, классификации конкретных проблем, вопросов	
Синоним	Лексическое сопровождение
Исследование	Затронуть (вопросы/проблемы)
и т.д.	Упомянуть
	Заметить
	Коснуться
	Наметить

Маркерами, передающими слова и мысли, которые автор первоисточника выделяет особо, могут быть: «*Отметим, что*... », «*Специально остановимся* на рассмотрении ...»

Выделим	что
Отметим	
Подчеркнем	
Повторим	
Обратим внимание	на том, что
Специально остановимся	
Сконцентрируем внимание	
Заострим внимание	
Акцентируем внимание	
Сосредоточим внимание	тому, что
Уделим особое внимание	

Маркерами, используемыми для обобщений, подведения итогов, могут быть: «На основании проведенного исследования *делаем вывод*, что ... », «*Суммируя вышесказанное...*».

Подытоживая
Пришли к выводу
Обобщая
Подведя итоги
Сделаем вывод
Делая вывод
Суммируя

Маркерами, фиксирующими, отмечающими аргументацию автора первоисточника с использованием примеров, цитат, иллюстраций, цифр, всевозможных данных, могут быть: «*Приведем пример* использования данной конструкции...», «*Исходя из* приведенной статистики ...».

Приведем пример
В качестве примера рассмотрим
Мы ссылаемся на
Мы опираемся
При доказательстве мы опирались
Проиллюстрируем данный
Сравним
Сопоставим
Соотнесем
Исходя из
Противопоставим
Цитируя

Маркерами, используемыми для выражения позиции автора, могут быть: «На наш взгляд эта теория ...», «Приведем аргументы доказательства ...», «Опровергнем эту теорию...», «Выдвинем возражения этой теории», «Согласимся с», «На наш взгляд», «В доказательство этому».

Диагностирующие выражения для распознавания индикаторов – лексические единицы, призванные выполнять преимущественно модально-оценочные функции, – с содержательными аспектами четко не связаны, а отражают отношение автора к рассматриваемому в документе вопросу. Они подразделяются на подытоживающие, акцентирующие, констатирующие, оценочно-вероятностные, иллюстрирующие и др. Например: «итак», «следовательно», «следует подчеркнуть», «важным представляется», «существенным является», «главное в» и многие другие. Индикаторы не являются ведущим средством экстрагирования фраз, а имеют вспомогательное значение, дополняют и уточняют формулу выбора – поисковое предписание в процедурах свертывания.

Важнейшим средством выражения логических связей являются здесь специальные функционально-синтаксические средства связи, указывающие на

- 1) последовательность развития мысли («вначале», «прежде всего», «затем», «во-первых», «во-вторых», «значит», «итак» и др.);
- 2) итог, вывод («итак», «таким образом», «значит», «в заключение отметим», «все сказанное позволяет сделать вывод», «подведя итог», «следует сказать», «приведем результаты», «как показал анализ», «на основании полученных данных», «резюмируя сказанное», «отсюда следует, что» и т.п.).

Диагностирующие выражения для распознавания коннекторов. Коннекторами назовем лексические единицы, обеспечивающие межфразовые связи. Функцию сигнала о смысловой неполноте предложения выполняют коннекторы, которые разделены на левые, отсылающие к вышестоящей фразе (аналогичный, данный, этот, такой, описанный, изложенный и др.), и правые, уточняющие, добавляющие (более того, вместе с тем, кроме того, в частности, тем самым и др.), требующие присоединения нижестоящей фразы.

Кроме того, выделим коннекторы, которые отражают:

- 1) противоречивые отношения («однако», «между тем», «в то время как», «тем не менее»);
- 2) причинно-следственные отношения («следовательно», «поэтому», «благодаря этому», «сообразно с этим», «вследствие этого», «кроме того», «к тому же»);
- 3) переход от одной мысли к другой («прежде чем перейти к...», «обратимся к...», «рассмотрим», «остановимся на...», «рассмотрев», «перейдем к...», «необходимо остановиться на...», «необходимо рассмотреть»);
- 4) в качестве средств связи могут использоваться указательные местоимения, прилагательные и причастия («данные», «этот», «тот», «такой», «названные», «указанные» и др.).

Заключение. Таким образом, сформированы диагностирующие выражения для определения маркеров, индикаторов и коннекторов в тексте. Будем использовать маркеры для выделения предложений текста в реферат. Дополнительно необходимо классифицировать маркеры в соответствии со структурой реферата научного текста.

Литература

1. Блюменау Д.И., Гендина Н.И., Добронравов И.С., Лахути Д.Г., Леонов В.П., Федоров Е.Б. Формализованное реферирование с использованием словесных клише (маркеров). НТИ. Сер.2. 1981. №2. С.16–20.
2. Большакова Е.И. О принципах построения компьютерного словаря общенаучной лексики //Труды Международного семинара Диалог '2002 по комп. лингвистике и интеллект. технологиям. М., 2002, Т. 1, с. 19-23.

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ РИСКАМИ НА ОАО «КОКС»

В.Г. Михайлов, Т.В. Киселева, Г.С. Михайлов

*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово*

Актуальность проблемы. Охрана окружающей среды для современного предприятия является одним из определяющих элементов стратегии развития. Её реализация осуществляется посредством функционирования организационно-экономического механизма управления природоохранной деятельностью. Кемеровское ОАО «Кокс» на сегодня – динамично развивающееся предприятие, выполняющее важные социально-экономические функции. Вместе с тем коксохимическое производство оказывает значительное воздействие на окружающую среду (выбросы в атмосферу, сбросы в водоем, образование твердых отходов). Поэтому для предприятия чрезвычайно важным представляется выбор организационно-экономического механизма управления природоохранной деятельностью, позволяющего обеспечить его финансово-экономическую устойчивость.

Содержательная постановка задачи. Эколого-экономические риски – это риски экономических потерь, ущербов, которые могут возникнуть у объектов различного уровня общественной организации вследствие ухудшения состояния окружающей среды [1]. Специфические особенности эколого-экономических рисков:

- эколого-экономические риски связаны с ущербом не только для локального хозяйствующего субъекта, но и для других предприятий, населения, экономики в целом, а также растительного и животного мира;
- экономический ущерб от экологически неблагоприятных событий может проявиться не только в настоящем, но и в будущем и его следует учитывать при текущем и стратегическом планировании деятельности предприятия, города, региона;
- в связи с тем, что эколого-экономический риск включает в себя риск жизни и здоровью населения, к его уровню на предприятиях – источниках экологической опасности должны предъявляться особенно жёсткие требования;
- эколого-экономический риск образуют как техногенные источники экологической опасности, связанные с промышленной деятельностью человека, так и природные, не

зависящие от человека, которые могут находиться во взаимосвязи и порождать цепные реакции;

- оценка и управление эколого-экономическими рисками должна строиться на использовании специфических областей знаний, базироваться на междисциплинарном подходе к управлению природопользованием, а также на результатах исследований смежных наук.

Классификацию эколого-экономических рисков можно производить по признакам локализации неблагоприятных событий, источникам их возникновения, характеру и экспозиции загрязнения, формам компенсации негативных последствий и другим параметрам. Наиболее часто учитываются следующие виды эколого-экономических рисков:

- риск сверхлимитного годового загрязнения по совокупности точечных источников;
- риск сверхнормативного краткосрочного загрязнения по локальному источнику выбросов;
- риск аварийного (залпового) загрязнения.

Риск сверхлимитного годового загрязнения определяется в целом по предприятию, как произведение вероятности превышения установленного на данный год лимита выбросов (сбросов) и суммы взимаемых платежей. Количественный учет этого риска необходим, прежде всего, при определении экономической эффективности природоохранной деятельности, оценке инвестиционной привлекательности проектов, рыночной стоимости предприятий [2].

Структура и величина стоимостной компоненты риска сверхнормативного краткосрочного загрязнения зависят от действующей системы экономико-правовой ответственности за экологические правонарушения. При выявлении факта сверхнормативного выброса (сброса) оценка причиненного государству ущерба производится по особым методикам, которые не применяются для устоявшегося загрязнения. Методики несовершенны, поэтому получаемый результат в большинстве случаев не соответствует величине истинных потерь [3].

Оценка экономических последствий всех видов несанкционированного загрязнения может осуществляться прямым или косвенным способом. Прямой способ - оценка реальных негативных изменений и последствий в результате свершившегося факта эколого-деструктивного события. В этом случае оценить интенсивность загрязнения, уровень локализации последствий и величину ущерба значительно проще, чем в отношении события, которое еще не наступило.

В связи с тем, что эколого-экономический риск – это вероятностная категория, его оценку целесообразнее всего осуществлять косвенными методами на основе среднестатистических данных об экономических последствиях фактически наступивших событий. Степень достоверности таких прогнозов будет определяться надежностью статистической информации и качеством методик оценки ущерба.

Таким образом управление безопасностью и риском имеет своей целью установление, поддержание и восстановление научно обоснованного приемлемого уровня эколого-экономического риска при техногенных и природных воздействиях. В соответствии с [1] система управления эколого-экономическими рисками может быть представлена в виде схемы (рисунок 1).

Оценка эколого-экономических рисков учитывает следующее:

1. Оценку вероятности возникновения аварийных ситуаций;
2. Оценку ущерба, в т.ч.: затраты на возмещение ущерба здоровью трудовых ресурсов и населения в целом; упущенную выгоду для предприятия; штрафные санкции и затраты на возмещение ущерба окружающей среде; затраты на восстановление работоспособности (ремонт, замену отказавших, разрушенных, поврежденных) основных производственных фондов.

Управление эколого-экономическими рисками на предприятии приобретает все большее значение в связи с повышением требований экологического законодательства, а также - с вероятностью значительных экономических потерь в будущем, которые могут

резко снизить эффективность производства. Основными методами управления эколого-экономическими рисками на уровне предприятия являются [4]:

- *Информационно-просветительские*: подготовка и экологическое просвещение кадров (тренинги, семинары, курсы повышения квалификации и пр.); прогнозирование эколого-экономических рисков; использование услуг экологического консалтинга.

- *Нормирующие*: разработка и проведение открытой экологической политики; разработка и совершенствование регламентной базы; разработка и конкретизация должностных инструкций; внедрение систем экологических стандартов.

- *Проверяющие*: экологический аудит; совершенствование систем измерения и анализа (компьютерные системы, измерительные приборы и другие технические средства).

- *Контрольные*: автоматизированные системы управления безопасностью технологического процесса; создание экологической службы предприятия; отладка и проверка опасного оборудования; предъявление требований к наличию лицензий и экологических сертификатов партнёров; организационные меры по очистке территории.

- *Стимулирующие*: системы мотивации персонала.

- *Взыскательно-возмещающие*: рекультивация земель; добровольное оперативное устранение последствий загрязнения; создание резервов на возмещение возможного ущерба.

- *Технологические*: установка, реконструкция и совершенствование систем очистки выбросов и сбросов; альтернативные, более экологически чистые технологии; обустройство и озеленение территории; принятие мер, локализирующих вредное воздействие (размещение опасных объектов, строительство специальных сооружений); экономия ресурсов за счёт использования отходов других предприятий.



Рисунок 1 – Схема управления эколого-экономическими рисками

Для совершенствования управления эколого-экономическими рисками на ОАО «Кокс» в 2007 г. были разработаны, сертифицированы и поддерживаются в рабочем состоянии системы менеджмента качества и экологического менеджмента в соответствии со стандартами ИСО 9001:2000 и ИСО 14001:2005.

Методы решения задачи. Для изучения факторов, влияющих на эколого-экономические риски, возможно использование метода экспертных оценок [4]. С его помощью были установлены наиболее значимые факторы, влияющие на ухудшение экологической ситуации. В роли экспертов выступали:

- специалисты территориального органа Ростехнадзора;
- специалисты Роспотребнадзора;
- специалисты ЗАО «Кузбасский центр мониторинга производственной и экологической безопасности»;
- сотрудники промышленных предприятий;
- специалисты общественных экологических организаций.

Матрица рангов, проставленных экспертами, характеризующая значимость влияния факторов на эколого-экономические риски, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица рангов, определенных экспертами

Фактор	Ранг, определенный экспертом								Сумма рангов
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Величина ущерба и уровень ее компенсации	2	1	1	1	3	4	1	2	15
Износ основных производственных фондов	1	2	2	5	1	3	4	1	19
Неэффективная система контроля за уровнем загрязнения	3	3	4	3	2	2	3	3	23
Частота аварийных ситуаций, в т.ч. приводящих к залповым выбросам	4	5	3	2	5	1	5	4	29
Несоответствие нормативов загрязнения технологическим возможностям предприятия	5	4	5	4	4	6	2	5	35
Уровень квалификации персонала и степень соблюдения трудовой дисциплины	6	6	6	6	6	5	6	6	47
Итого	21	21	21	21	21	21	21	21	168

Для оценки адекватности и достоверности полученного результата необходима двухуровневая проверка на основе определения коэффициента конкордации и критерия Пирсона. Коэффициент конкордации, равный $W = 0,613$, свидетельствует, что средняя степень согласованности всех опрашиваемых экспертов по вопросу установления влияния отдельных факторов на эколого-экономические риски *достаточно высокая*. На следующем шаге определяем расчетное значение χ^2 Пирсона, в результате чего можно утверждать, что согласованность во мнении опрошенных экспертов не случайна и составляет 95 %.

Таким образом, по мнению экспертов, наиболее значимым фактором, влияющим на возникновение эколого-экономических рисков, является величина экономического ущерба и уровень ее компенсации.

Для идентификации конкретных загрязнителей, являющихся источниками максимального эколого-экономического риска, необходимо определить структуру экономического ущерба, а затем применить статистический метод, который позволит выявить «узкие места» [5]. Выборка составлена на основании квартальных данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу и водную среду за 2004 – 2007 гг., имеющих наибольший удельный вес, в том числе взвешенные вещества, коксовая пыль, сажа, аммиак.

С помощью статистического метода можно исследовать однородность выборки данных на основе определения величины коэффициента вариации, что позволит сделать выводы о колеблемости изучаемого признака и, следовательно, о величине риска (таблица 2). Эта разновидность статистического метода имеет определенные ограничения при использовании, которые в значительной степени компенсируются несложностью расчета и последующей интерпретации [6]. В данном случае полученные значения коэффициента вариации характеризуют низкую колеблемость признака, однородность выборки и низкий уровень эколого-экономических рисков.

Несмотря на полученную оценку эколого-экономических рисков, проведение природоохранных мероприятий и активную экологическую политику, предприятие имеет

значительный размер платежей за сверхнормативные выбросы. Например, в 2006 г. платежи по сверхнормативным выбросам (500 тыс. руб.) превысили платежи за допустимые выбросы (213,0 тыс. руб.). Такая же тенденция сохранилась в 2007 г.: 237,8 и 255,0 тыс. руб., соответственно. В связи с этим необходимо рассчитать коэффициент риска для оценки степени влияния эколого-экономических рисков на ОАО «Кокс».

Таблица 2 – Результат расчета коэффициента вариации по массе наиболее значимых загрязняющих веществ

		Масса загрязняющих веществ, т					
		БПК _{ПОЛН}	Сухой остаток	Взвешенные вещества	Коксовая пыль	Сажа	Аммиак
2004	I	4,25	53,80	3,78	279,52	113,80	17,30
	II	4,36	52,96	3,81	287,10	112,90	16,89
	III	3,96	54,23	3,79	285,36	112,32	18,01
	IV	4,43	54,01	3,82	272,43	112,74	16,43
2005	I	3,86	48,12	3,46	176,65	102,65	15,98
	II	3,75	47,65	3,50	175,12	103,50	16,02
	III	3,78	48,32	3,51	178,24	102,60	15,78
	IV	3,61	47,91	3,53	179,43	101,92	15,83
2006	I	3,12	43,20	3,01	138,36	82,40	15,92
	II	3,46	42,68	3,15	135,90	82,45	16,35
	III	3,24	43,55	3,03	136,98	81,89	15,40
	IV	3,18	42,57	2,81	138,35	82,49	16,01
2007	I	3,45	48,77	3,66	135,23	98,65	18,56
	II	3,60	48,65	3,63	133,60	97,78	19,01
	III	3,25	48,95	3,59	134,89	99,52	18,20
	IV	3,70	48,63	3,62	135,58	97,92	18,06
K _{ВАР} , %		6,237	0,041	0,144	0,001	0,020	0,004

Коэффициент риска (KR) рассчитывается, как отношение средней величины ущерба к прибыли предприятия (таблица 3) и идентифицирует области эколого-экономического риска, пограничные значения которых представлены в таблице 4 [5].

Таблица 3 – Динамика коэффициента риска на ОАО «Кокс»

	2004	2005	2006	2007
Средняя величина экономического ущерба, тыс. руб.	98635,25	89746,98	95113,72	153153,30
Прибыль, тыс. руб.	7889300,00	2658700,00	2993700,00	4818500,00
<i>Коэффициент риска</i>	<i>0,0125</i>	<i>0,0338</i>	<i>0,0318</i>	<i>0,0318</i>

Таблица 4 – Области значения коэффициента риска (KR)

	Область значения KR
Зона пренебрежимого риска	до 0,2
Зона приемлемого риска	0,2 – 0,5
Зона критического риска	0,5 – 1,0
Зона недопустимого риска	свыше 1

За анализируемый период коэффициент риска не превышал 0,2, что свидетельствует о пренебрежимом риске. Таким образом, в соответствии с данной методикой расчета, вероятность возникновения эколого-экономических рисков на ОАО «Кокс» за рассматриваемый период деятельности предприятия пренебрежимо низкая.

Результаты решения задачи. ОАО «Кокс» является источником значительного загрязнения окружающей среды и, поэтому вероятность возникновения эколого-экономических рисков высока даже при снижении общего уровня загрязнения. С целью снижения и ликвидации эколого-экономических рисков используется множество методов, имеющих принципиальные отличия.

Страхование, передача опасных технологических процессов другим предприятиям и передача отходов другим предприятиям являются наиболее распространенными методами по снижению эколого-экономических рисков.

Методы ликвидации риска заключаются в исключение опасных технологических процессов, отнесении технологических процессов из зоны опасности, внедрении экологически безопасных и безотходных технологий [7].

Таким образом, анализ рассмотренных факторов и оценочные значения эколого-экономических рисков показывает необходимость реализации эффективной стратегии управления, направленной на обеспечение финансово-экономической и эколого-экономической устойчивости предприятия и включающей следующие элементы: а) создание экологического фонда предприятия с целью дополнительного резервирования финансовых ресурсов для осуществления природоохранной деятельности; б) обезвреживание сбросов в водные объекты за счёт использования биотехнологии с ожидаемым экономическим эффектом более 111 млн. руб.; в) торговля квотами на выбросы диоксида углерода в атмосферу (при создании необходимой нормативно-правовой базы) с ожидаемым экономическим эффектом около 2,2 млн. руб.; г) внедрение технологии Termokoks, обеспечивающей возможность переработки некоксуемых углей, экологическую безопасность и экономический эффект в размере 335 млн. руб.; д) экологическое страхование (при усовершенствовании современной нормативно-правовой базы).

Литература

1. Епифанова И. П. Организационные и экономические аспекты создания системы управления экологической безопасностью / И. П. Епифанова, Э. Р. Черняховский, О. А. Юматова // ВИНТИ. Экономика природопользования. – 2006. – № 1. – С. 89 – 96.

2. Анопченко Т. Ю. Роль и место управления эколого-экономическими рисками в развитии системы национальной и региональной экономики и обеспечении экологической безопасности региона / Т. Ю. Анопченко // Региональная экономика: теория и практика. 2007. – № 16(55). – С. 25 – 27.

3. Хильченко Н. В. Методы и практика реформирования экономического механизма управления природоохранной деятельностью / Н. В. Хильченко // ВИНТИ. Экономика природопользования. – 2003. – № 6. – С. 34 – 41.

4. Ползунова Н. Н. Исследование систем управления: Учеб. пособие для вузов / Н. Н. Ползунова, В. Н. Краев. – М.: Академический проспект, 2004. – 176 с.

5. Тихомиров Н. П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками: Учебное пособие для вузов / Н. П. Тихомиров, Т. М. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 350 с.

6. Структурный анализ временных последовательностей данных / Т. В. Киселёва [и др.]. – Новокузнецк: СибГИУ, 2004. – 139 с.

7. Оценка риска – необходимый фактор безопасного развития общества / Н. М. Чернавская [и др.] // ВИНТИ. Экономика природопользования. – 2008. – № 5. – С. 71-81.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ

И.К. Никифоров

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

Общеизвестно, что вся жизнедеятельность человека связана с использованием воды. Научно обоснованный контроль качества воды – это один из важнейших факторов санитарно-эпидемиологического благополучия населения, предотвращение техногенных и экологических катастроф [1]. Отсюда одной из основных задач водоснабжения является обеспечение населения водой, отвечающей определенным стандартам по группе параметров. Современная тенденция в водоснабжении – разработка автоматизированных систем, т.е. с автоматическим управлением без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Одна из задач (возникающая при проектировании автоматических станций водоснабжения) – это непрерывный контроль параметров воды, подаваемой в систему водоотведения.

В РФ имеется большое количество нормативных документов, регламентирующих качество воды и ее очистку. Только по этим нормативным документам требуется определять более 1300 параметров. Столь большое число параметров воды можно распределить по 7 основным группам показателей качества воды [2]: органолептические показатели; обобщенные показатели качества воды; основные неорганические вещества в воде; основные органические вещества в воде; химические вещества, образующиеся при обработке воды; микробиологические показатели; радиологические показатели.

При обобщении сказанного отметим, что имеется очень большое разнообразие методов количественных измерений параметров воды, для которых требуется столь же большое разнообразие приборов и вспомогательного оборудования. При этом используемые методы и приборы разнородны по принципу действия (оптические, спектральные, электрохимические, механические и др.). Все это требует большого числа датчиков (при полном контроле качественных показателей воды), работающих на разных физических принципах.

Наиболее надежно контроль воды достигается применением автоматических измерителей качества воды, объединенных в единый автоматизированный комплекс – систему контроля соответствия воды стандартам. При создании подобной системы контроля воды одной из технических и экономических задач является минимизация числа методов и приборного оборудования. Один из возможных вариантов минимизации методов и оборудования – применение импедансометрии и ЯМР спектроскопии с контролем температуры.

Как известно, количество измерительной информации Q определяется числом возможных состояний прибора. Так, например, высокоточный цифровой импедансометр Solartron SI 1260 фирмы Schlumberger (измеряющий в диапазоне частот $10^{-3} \dots 3,2 \cdot 10^7$ Гц с разрешающей способностью $\delta f = 1$ Гц на частотах свыше 1 МГц, погрешностью измерения АЧХ и ФЧХ импеданса, соответственно по δZ 0,01 % и $\delta \varphi$ 0,1° в диапазоне изменения импеданса от 5 до 10^8 Ом) позволяет получить огромный объем измерительной информации:

$$Q = (f_{\max} / \delta f) \cdot (|Z_{\max}| / \delta Z) \cdot (\varphi_{\max} / \delta \varphi) \approx 2,9 \cdot 10^{15}!$$

Эти возможности позволяют извлечь детальную информацию о весьма тонких свойствах объекта измерения. Таким образом, датчики на основе методов импедансометрии являются высокоинформативными источниками измерительных систем. Частотная характеристика импеданса воды и ее растворов, сложным и неявным образом зависит от вида, состава, температуры, примесей и добавок из-за процессов электрической релаксации (дипольной, электронной, ионной и т.д.) при наложении переменного электрического поля. Следовательно, в частотной характеристике импеданса воды содержится опосредованная информация о его свойствах и при соответствующей обработке можно получить идентификационную и количественную информацию о параметрах воды. В настоящее время электрохимические методы, включая импедансометрию, теоретически и практически обоснованы и проверены.

Явление магнитного резонанса основано на парамагнитной ориентации электронного и ядерного токов внешним полем и их ларморовской прецессией относительно направления внешнего поля. После открытия явления ЯМР в конденсированных средах стало ясно, что ЯМР будет основой мощного метода исследования строения вещества и его свойств. Высокая точность настройки установки и ее чувствительность при определении поглощаемой мощности – главное преимущество метода магнитного резонанса при обнаружении различных веществ. Одни и те же ядра атомов в различных окружениях в молекуле показывают различные сигналы ЯМР. Отличие такого сигнала ЯМР от сигнала «стандартного вещества» позволяет определить химический сдвиг, обусловленный химическим строением изучаемого вещества. В методиках ЯМР есть много возможностей определять химическое строение веществ, конформации молекул, эффекты взаимного

влияния, внутримолекулярные превращения. Все это обусловило широкое распространение ЯМР методов.

Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) также даёт уникальную информацию о парамагнитных центрах. Он однозначно различает примесные ионы, изоморфно входящие в решётку от микровключений. При этом получается полная информация о данном ионе в кристалле: валентность, координация, локальная симметрия, гибридизация электронов, сколько и в какие структурные положения электронов входит, ориентирование осей кристаллического поля в месте расположения этого иона, полная характеристика кристаллического поля и детальные сведения о химической связи. Метод позволяет определить концентрацию парамагнитных центров в областях кристалла с разной структурой.

Использование электромагнитов для создания магнитного поля выше 1,5 Тл при частоте поля $\nu > 35$ ГГц оказалось невозможным ввиду *фундаментальных ограничений* классических магнитов, поэтому в ЭПР спектрометрах миллиметровых диапазонов используется криостат со сверхпроводящим соленоидом. Тогда как основным элементом в ЯМР спектрометре является мощный электромагнит, и в ЯМР спектроскопии применяемые частоты лежат в пределах 500 МГц. Исходя из этих особенностей применение ЯМР спектроскопии для получения параметров водных растворов экономически и технически более оправдано, чем ЭПР спектроскопии.

Математический аппарат, используемый в системах верификации данных, может быть достаточно разнообразен – от решений на основе линейного программирования (линейной регрессии) до нелинейной оптимизации, где наиболее эффективны адаптивные и обучаемые системы на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). ИНС целесообразно применять и в данной технической задаче контроля параметров воды, т.к. получаемая от импедансометрических датчиков и ЯМР-спектроскопа информация априорно неопределенна под воздействием различных факторов (температуры, примесей и пр.).

Возможность обучения — одно из главных преимуществ нейронных сетей перед *традиционными алгоритмами*. Технически обучение заключается в нахождении *коэффициентов связей* между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять *обобщение*. Это значит, что, в случае успешного обучения, сеть сможет дать «верный результат» на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или зашумленных, частично искаженных данных.

Импедансометрия и ЯМР спектроскопия позволяют получать огромный объем информации об объекте исследования, а ИНС «вытащить» необходимые параметры объекта и количественно оценить их путем соответствующей обработки полученной информации.

В основе работы системы контроля параметров воды используется апробированный автором нейросетевой импедансный метод [3, 4]. Отличием здесь является то, что получают дополнительную информацию о свойствах воды от ЯМР спектроскопии. Это обусловлено тем, что применение чисто импедансометрических датчиков, с контролем температуры, неспособно адекватно контролировать стандарты воды по 6-й и 7-й группам, т.е. по микробиологическим и радиологическим показателям.

Принцип работы системы контроля параметров воды (рисунок) следующий.

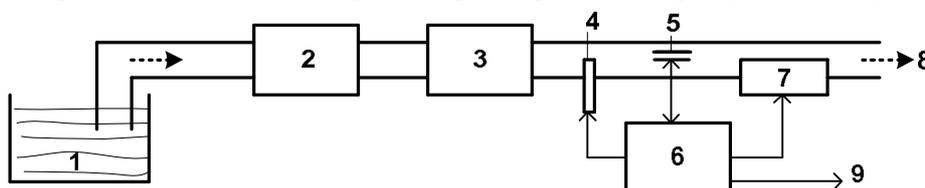


Рисунок – Структура системы контроля: 1 – отстойник; 2 – система фильтров; 3 – система обеззараживания воды; 4 – автоматический клапан; 5 – датчики; 6 – блок контроля; 7 – система автоматического забора воды; 8 – к трубопроводной системе; 9 – сигнал о срабатывании системы контроля

Отстоявшаяся вода проходит через систему очистки – блоки 2 и 3. Перед тем как вода поступит в трубопроводную систему, она проходит контроль на соответствие стандартам по семи основным группам показателей качества очистки воды. С системы датчиков 5 снимаются данные о температуре воды и импедансные характеристики (АЧХ и ФЧХ) воды. Блок контроля (содержащий ИНС) обрабатывает сигналы датчиков и управляет автоматическим клапаном 4 и системой автоматического забора воды 7. ИНС предварительно настроена на АЧХ и ФЧХ «нормальной» воды в заданном диапазоне температур. При изменении импедансных характеристик воды (что свидетельствует об отклонении параметров воды по той или иной группе) блоком контроля по служебной линии связи дается сигнал 9 контролирующим органам, разрешается действие системы 7, и при превышении порога по ПДК ряда опасных веществ – дается сигнал на автоматическую заслонку 4, перекрывающую поток воды в трубопроводную систему 8. Запечатанные образцы воды извлекаются из блока 7 соответствующими службами, и отправляются на детальный анализ в специализированные лаборатории.

На описанную систему контроля параметров воды – соответствия воды стандартам – подана заявка на патент.

Литература

1. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2007. 154 с.
2. Ахманов М. Вода, которую мы пьем. Качество питьевой воды и ее очистка с помощью бытовых фильтров. СПб.: Невский проспект, 2002. 192 с.
3. Евдокимов Ю.К., Никифоров И.К. Нейросетевой импедансный метод определения параметров жидких нефтепродуктов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2004. –№12. –С. 37-43.
4. Никифоров И.К. Количественная оценка параметров жидких нефтепродуктов нейросетевым импедансным методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2006. –№ 7. – С. 44-48.

ОЦЕНКА РИСКА В СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

М.А. Новосельцева

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Рассмотрим понятие «риск» с позиций системного анализа. Системный анализ представляет собой одно из современных общенаучных направлений, ориентированное на выяснение законов, определяющих принципы создания, функционирования, управления и развития любых реальных систем с применением формализованных методов. Оценка риска с точки зрения системного подхода представляется как процедура анализа динамических процессов, протекающих в системе и отражающих причинно-следственные связи в ней [1, 2]. Одним из существенных факторов такого анализа является время. Определять и прогнозировать наступление рискованных событий в системе следует по тенденциям изменений свойств системы и окружающей среды. Существование риска связывается при этом с появлением у системы каких-либо новых свойств и взаимосвязей, например, таких как нестационарность, неустойчивость (потеря устойчивости), неуправляемость, ненаблюдаемость и подобных.

Остановимся на изложении подхода к оценке рискованной ситуации, связанной с обнаружением изменений характеристик случайных сигналов и стохастических систем. Обнаружение такого рода изменений составляет основу алгоритмов контроля за состоянием системы управления.

Традиционным при анализе временных рядов является предположение о том, что статистические свойства наблюдаемого ряда или свойства порождающей его системы сохраняют определенное постоянство во времени. Однако многие практические задачи текущего контроля производства, медицинской и технической диагностики, гидроакустики,

геофизики, экономики и др. связаны с риском наступления той или другой непредвиденной ситуации, вызванной изменением свойств наблюдаемого временного ряда, происходящего в неизвестный момент времени. В дальнейшем под «разладкой» будем понимать изменение свойств случайного процесса (математического ожидания, дисперсии, корреляционной функции, появление нестационарности) в некоторый момент времени.

Основные усилия исследователей по данной проблеме [6,7] в последнее время направлялись на то, чтобы разработать методы, использующие как можно меньше априорной информации о наблюдениях и моменте «разладки». В связи с отсутствием какой-либо априорной информации для обнаружения момента «разладки» желательно применение непараметрических критериев, не использующих априорную информацию о распределениях. Кроме того, чтобы избежать запаздывания при принятии решения в рискованной ситуации следует исключить алгоритмы перебора различного рода показателей «разладки».

Для решения данной проблемы обнаружения «разладки» случайных процессов воспользуемся структурным анализом [4] и теорией непрерывных дробей [3].

Структурная функция [4], предложенная А.Н. Колмогоровым, используется в качестве одной из характеристик случайных процессов. Ее определяют как математическое ожидание квадрата разности сечений случайного процесса, соответствующим значениям аргумента t и $t+\tau$:

$$C_x(t, t + \tau) = M\{x(t) - x(t + \tau)\}^2, \quad (1)$$

где $x(t)$ – некоторый случайный процесс.

Практическое построение структурной функции более надежно по сравнению с корреляционной, поскольку на нее не влияют ошибки определения среднего значения процесса $x(t)$ [4]. Оно осуществляется по формуле

$$C_x(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} (x(i) - x(i+k))^2, \quad (2)$$

где N – число измерений процесса $x(t)$.

Проведенные ранее исследования [8] позволили использовать структурную функцию для анализа стационарности и однородности случайного процесса. Под *структурной однородностью случайного процесса* понимается постоянство его корреляционной функции на всем временном промежутке $t = \overline{1, N}$, где N – число измерений. Таким образом, решалась ретроспективная (апостериорная) задача о «разладке» на основе представленной реализации случайного процесса, которая состояла в обнаружении моментов изменения статистических характеристик и разбиения исходной выборки на несколько интервалов стационарности и однородности.

Рассмотрим данную ситуацию обработки реализации случайного процесса в реальном масштабе времени, то есть разовьем идею ретроспективного анализа стационарности и однородности случайного процесса на случай их применения в реальном масштабе времени.

При нахождении структурной функции будем использовать виртуальный подход, заключающийся в том, что процесс определения структурной функции $C_x(k)$ можно представить как реакцию динамического объекта на единичное входное воздействие. В этом случае $C_x(k)$ для фиксированных k порождает передаточную функцию некоторого виртуального объекта.

Обнаружение «разладки» случайного процесса $x(t)$ с помощью структурной функции основано на построении ее модели в форме непрерывной дроби [3]. Наиболее приемлемым и простым способом перехода к непрерывной дроби является модифицированный алгоритм В.Висковатова [3].

Для нахождения модели структурной функции на основе ее значений определяется идентифицирующая матрица Висковатова:

$$\begin{matrix} (-1) - \text{строка} \\ (0) - \text{строка} \\ 1 - \text{строка} \\ \dots \\ m - \text{строка} \\ \dots \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots \\ C_x(0) & C_x(\Delta t) & C_x(2\Delta t) & \dots & C_x(n\Delta t) & \dots \\ \alpha_1(0) & \alpha_1(\Delta t) & \alpha_1(2\Delta t) & \dots & \alpha_1(n\Delta t) & \dots \\ \alpha_2(0) & \alpha_2(\Delta t) & \alpha_2(2\Delta t) & \dots & \alpha_2(n\Delta t) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_m(0) & \alpha_m(\Delta t) & \alpha_m(2\Delta t) & \dots & \alpha_m(n\Delta t) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}, \quad (3)$$

в которой (-1)-строка содержит значения единичной функции $1(t)$, а (0)-строка – значения структурной функции входного сигнала $C_x(k\Delta t)$, а элементы $\alpha_m(n\Delta t)$ последовательно определяются с помощью соотношения:

$$\alpha_m(n) = \frac{\alpha_{m-2}(n+1)}{\alpha_{m-2}(0)} - \frac{\alpha_{m-1}(n+1)}{\alpha_{m-1}(0)}, \quad (4)$$

где $\alpha_{-1}(n) = 1(n\Delta t)$, $\alpha_0(n) = C_x(n\Delta t)$, $m=1,2,3,\dots$, $n=0,1,2,\dots$

В результате, элементы первого столбца матрицы (3) порождают частные числители правильной С-дроби [3], что позволяет получить модель структурной функции сигнала в форме дискретной передаточной функции (ДПФ) виртуального объекта:

$$G(z) = \left[\frac{\alpha_0(0)/\alpha_{-1}(0)}{1}, \frac{\alpha_i(0)z^{-1}}{1} \right]_1^\infty. \quad (5)$$

При аппроксимации дробно-рациональной функции конечного порядка в матрице (3) наблюдается появление нулевой строки, номер которой позволяет идентифицировать порядок функции. Если в некоторой i -той строке ($i=0,1,2,\dots$) матрицы (3) конечное число k_i первых элементов равны нулю, а последующие элементы отличны от нуля, то необходимо осуществить сдвиг влево на k_i элементов до появления в нулевом столбце ненулевого элемента и далее продолжить определение других элементов матрицы (3) по правилу (4). Для i -той строки при восстановлении правильной С-дроби (5) элемент $\alpha_i(0)$ умножается на z^{-k_i} .

После получения модели виртуального объекта следует осуществлять контроль времени начала изменений его внутренних свойств на основе значений выходной структурной функции. Поскольку наличие нулевой строки в матрице Висковатова связано с идентификацией порядка функции и показывает механизм аппроксимации непрерывными дробями ДПФ объекта [9], то различные изменения, которые могут появляться в нулевой строке, будут свидетельствовать об изменениях, происходящих в объекте. Теория непрерывных дробей относится к разделу алгоритмической математики, поэтому теоретически доказать этот факт не представляется возможным. В [9] данное утверждение доказано для апериодического звена 1-ого порядка. Из-за чрезвычайной громоздкости доказательства в общем случае данный факт можно показать лишь на тестовых примерах.

Таким образом, изменение внутренних свойств виртуального объекта будет проявляться в форме появления ненулевых значений в нулевой строке матрицы (3). Проведя ступень вверх от ненулевого значения в нулевой строке, можно определить момент времени, в который произошли изменения.

Пример 1.

Пусть $x(t)$ – стационарный случайный процесс с нулевым средним и корреляционной функцией $R_{xx}(t) = e^{-t}$. Известно, что структурная функция стационарного случайного процесса имеет вид [4]:

$$C_x(t, t + \tau) = C_x(\tau) = 2R_{xx}(0) - 2R_{xx}(\tau). \quad (6)$$

Согласно (6) структурная функция этого процесса будет иметь вид

$$C_x(\tau) = 2 - 2e^{-\tau}. \quad (7)$$

На основании значений структурной функции, взятых с шагом дискретизации $\Delta t = 1$ с., построим идентифицирующую матрицу (3):

1	1	1	1	...
1.26424	1.72933	1.90043	1.96337	...
-0.36788	-0.50321	-0.55300		
0	0			

2-ая строка матрицы является нулевой. С учетом того, что в нулевой строке был осуществлен сдвиг влево на один элемент, обусловленный начальным значением $C_x(0) = 0$, получаем модель структурной функции в форме ДПФ виртуального объекта:

$$G(z) = \frac{1.26424z^{-1}}{1 - 0.36788z^{-1}}.$$

Пусть в момент времени $t=5$ с. Происходит изменение свойств виртуального объекта, то есть структурной функции процесса, которая становится равной $C_x(\tau) = 2 - 2e^{-0.5\tau}$. Заполняя далее идентифицирующую матрицу, будем наблюдать появление ненулевых элементов во 2-ой строке:

1	1	1	1	1	...
1.26424	1.72933	1.90043	1.96337	1.83583	...
-0.36788	-0.50321	-0.55300	-0.45212		
0	0	0.32402			

Данный факт свидетельствует о том, что произошли внутренние изменения в системе (структуры, параметров, структуры и параметров). Проведем ступень вверх от ненулевого значения в нулевой строке, согласно которой, начиная с 5-ого измерения структурной функции (с учетом сдвига) в системе произошли изменения. Таким образом, для определения «разладки» виртуального объекта достаточно лишь одного разлаженного значения структурной функции, то есть запаздывание в обнаружении «разладки» будет равно шагу дискретизации.

Для решения данной задачи в реальном масштабе времени будем использовать итерационный алгоритм, в котором при добавлении каждого i -ого измерения процесса производится перерасчет структурной функции, то есть уточняется ее значение [5]. Если свойства объекта или процесса изменяются, то итерационный алгоритм «следит» за этими изменениями. То есть использование итерационного алгоритма дает возможность без «запаздывания» получать сведения об изменении свойств объекта или процесса.

Получим рекуррентную формулу для вычисления структурной функции случайного процесса. Для этого воспользуемся итерационной формулой для вычисления начального s -ого момента [5] после N -ого измерения:

$$m_N^s(x) = m_{N-1}^s(x) + \frac{1}{N} \left(x_N^s - m_{N-1}^s(x) \right). \quad (8)$$

где $m_N^s(x)$ - начальный s -ый момент после N -ого измерения, $m_{N-1}^s(x)$ - начальный s -ый момент после $(N-1)$ -ого измерения.

Подставляя в данное равенство выражение, задающее структурную функцию (1), получим:

$$C_x^N(k) = C_x^{N-1}(k) + \frac{1}{N-k} \left[(x(N) - x(N-k))^2 - C_x^{N-1}(k) \right], \quad (9)$$

где $C_x^{N-1}(k)$ - оценка структурной функции, полученная на основе $(N-1)$ измерения, $k=0,1,2,\dots$

Раскрыв скобки в полученном выражении (9) и используя основную формулу (2) практического определения структурной функции, можно доказать, что итерационная формула структурной функции тождественна вычислению структурной функции по N измерениям. Именно ее использование дает возможность получать сведения об изменении характеристик процесса в реальном масштабе времени. Все преимущества структурного анализа продолжают иметь место, кроме того, структурная функция может служить индикатором изменения как математического ожидания, дисперсии, так и корреляционной функции случайного процесса, а также наличия в нем нестационарной компоненты.

Пример 2.

Имеется 250 измерений стационарного случайного процесса

$$x(k) = 0.9x(k-1) + n(k),$$

где $n(k)$ - белый шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией равной 0.25. Рассчитаем идентифицирующую матрицу по значениям структурной функции, полученным согласно (2):

1	1	1	1	1
0.2812	0.5389	0.7583	0.9764	1.1430
-0.9164	-1.6968	-2.4724	-3.0646	
≈0	≈0	≈0		

2-ая строка является нулевой. Модель структурной функции имеет вид

$$G_{250}(z) = \frac{0.2812z^{-1}}{1 - 0.9164z^{-1}}.$$

На 251 шаге происходит «разладка» случайного процесса, а именно изменяется его корреляционная функция. Модель процесса после «разладки» имеет вид:

$$x(k) = -0.9x(k-1) + n(k).$$

Пересчитаем структурную функцию по рекуррентной формуле и рассчитаем матрицу Висковатова на основе полученных значений:

1	1	1	1	1
0.2907	0.5474	0.7711	0.9876	1.1504
-0.8828	-1.6525	-2.3971	-2.9570	
≈0	≈0	≈0		

Заметим, что изменений в нулевой строке не произошло. При добавлении 252 наблюдения матрица принимает вид:

1	1	1	1	1
0.3027	0.5453	0.7682	0.9837	1.1458
-0.8014	-1.5377	-2.2498	-2.7852	
≈0	-0.2694	-0.2254		

Во 2-ой строке видно увеличение ее значений – возможно наступление «разладки». Для уточнения добавим 253 наблюдение. Значения во 2-ой строке резко возрастают по модулю:

1	1	1	1	1
0.3105	0.5435	0.7721	0.9867	1.1524
-0.7506	-1.4867	-2.1781	-2.7117	
-0.2300	-0.4151	-0.44346		

«Разладка» зафиксирована. Запаздывание составило 2 значения.

После обнаружения «разладки» можно приступить к оценке возможных последствий и заняться управлением ухода от нежелательного результата. Поскольку проявление и действие угроз риска - не одномоментный акт, а сложный динамический процесс с временной структурой причинно-следственных связей событий, то и оценка риска должна осуществляться в динамике на некотором временном интервале, который должен определяться исходя из представлений о достоверности информации, используемой в качестве базы прогнозирования (технически и экономически обоснованных нормативов,

норм и т.п.). На основе установления той или иной возможности уменьшения риска осуществляют переход к конкретным управляющим воздействиям.

В заключении следует отметить, что распознавание риска на основе обнаружения «разладки» в процессе мониторинга состояния и динамики развития системы позволило бы скорейшим образом определить наличие рискованных ситуаций в системе и принять необходимые меры защиты и противодействия.

Предлагаемый метод обнаружения изменений в стохастических системах является эффективным и простым в реализации. На сложность и структуру метода не оказывает влияния неизвестность момента (или его распределения) появления изменения в системе, не требуется наличия наблюдений за системой в разлаженном состоянии, знания законов распределения ее временных рядов. Даже при малых изменениях метод позволяет эффективно улавливать момент их появления и может быть использован в различных системах мониторинга в реальном времени.

Литература

1. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Определение риска по структурным особенностям временных рядов // Материалы X Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Санкт-Петербург: 2007.

2. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Оценка риска в стохастических системах // Материалы VII Международного симпозиума «Проблемы эоинформатики». Москва: 2006.

3. Карташов В.Я. Непрерывные дроби (определения и свойства). – Кемерово: Изд-во Кемеровского государственного университета, 1999.-88с.

4. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. - М.: Советское радио, 1968.- 247с.

5. Дудников Е. Г., Балакирев В.С., Кривсунов В.С. Построение математических моделей химико-технологических объектов. – Ленинград, 1979. – 330 с.

6. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем: Пер. с англ. / М.Бассвиль, А.Вилски, А. Банвенист и др.; Под ред. М.Бассвиль, А. Банвенист. – М.: Мир, 1989. – 278с.

7. Никифоров И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. – М.: Наука, 1983. – 200с.

8. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Структурно-параметрическая идентификация стохастических объектов с использованием непрерывных дробей. Управление Большими системами. / Сборник трудов. Выпуск 21. М.: ИПУ РАН, 2008. с.27-48

9. Карташов В.Я. Анализ и исследование аппроксимационных свойств непрерывных дробей при решении задачи структурно-параметрической идентификации динамических объектов // Препринт № 22 - Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 1996. - 40с.

ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СХЕМ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ АГРЕГАТОВ ЖИДКОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

А.А. Оленников, В.П. Цымбал

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В процессе работы агрегатов жидкофазного восстановления теряется существенное количество физической и химической энергии с отходящим газом, что приводит к низкому КПД агрегата, а следовательно и снижению выхода основной продукции. Также наблюдается постоянный рост тарифов на энергоносители, что приводит к существенному удорожанию получаемого металла. Попытки увеличить КПД путем возврата энергии в металлургический агрегат – не приводят к желаемым результатам. Например, подогрев шихты, топлива и окислителя хотя и дает некоторый эффект, но затраты на установки подогрева весьма велики, а КПД возрастает незначительно. Однако выбрать конкретный вариант – весьма непростая задача. Необходимо знать цели использования утилизируемых вторичных

энергетических ресурсов (ВЭР), а также выполнить трудоемкие сравнительные расчеты [2]. Одним из наиболее перспективных способов выбора оптимального варианта утилизации ВЭР является моделирование на ЭВМ, что позволяет существенно сократить трудоемкость и избежать многих ошибок при проектировании и оценки [3,4].

Для решения данной задачи использованы базовые математические модели теплопередачи и газодинамики энергоутилизирующих агрегатов, систем газоочистки, а также составлены алгоритмы для определения оптимального варианта утилизации энергии отходящих газов, модель для расчета сквозного коэффициента использования энергии газов. Для реализации данных моделей и алгоритмов разработана структура (рисунок 1) и на ее основе программный продукт SKV_Sapг, позволяющий моделировать варианты утилизации физической и химической энергии отходящего газа применительно к агрегату СЭР.

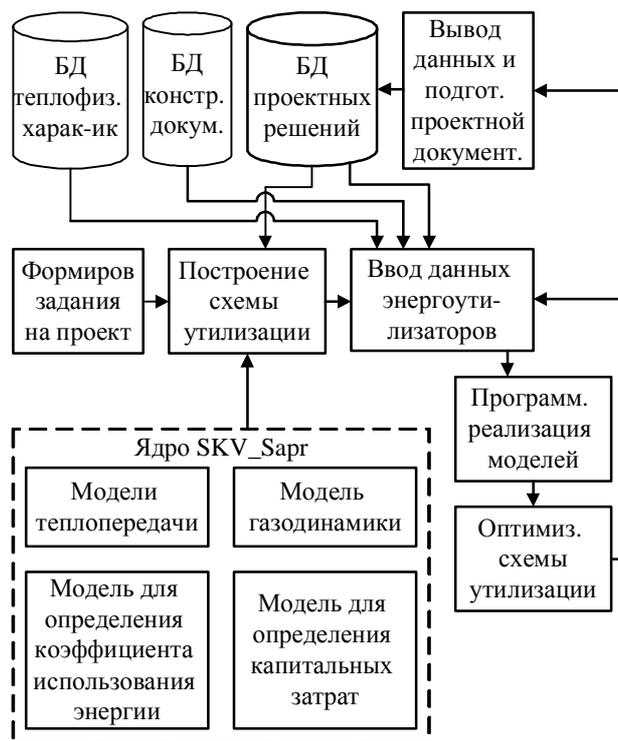


Рисунок 1 – Структура взаимодействия блоков программного пакета SKV_Sapг.

В задачу программного продукта входит:

1. Компоновка схемы утилизации энергии отходящих газов;
2. Конструктивный расчет теплоэнергетических установок, используемых в схеме;
3. Расчет количества тепла, воспринятого установками энергоутилизации;
4. Оценка потерь давления по газовому тракту, включая энергоутилизаторы;
5. Расчет физических параметров отходящих газов на каждом участке канала;
6. Поиск оптимальной схемы утилизации энергии с участием эксперта;
7. Выдача технической документации и рекомендаций по проектированию.

При разработке системы моделирования «SKV_Sapг» был использован объектно-ориентированный подход, когда для описания каждой модели разрабатывается отдельный класс. Такой подход позволяет с одной стороны изолировать внутри класса все специфические свойства и методы расчета, реализуемые в модели, а с другой стороны предоставить стандартизированный интерфейс для взаимодействия с данной моделью.

Применение данного подхода позволяет экспортировать результаты расчета одной модели на вход другой, что в свою очередь позволяет выстраивать произвольные цепочки из моделей в любой их разумной комбинации и с наименьшими затратами разрабатывать новые модели на основе существующего базового класса.

В программном продукте предусмотрено три расширяемые базы данных, разработанные в среде Access, которые содержат нормативную, конструкторскую, теплофизическую и энергетическую документации стандартных моделей теплоутилизаторов и систем газоочистки. Организация структуры БД формируется исходя из следующих соображений:

1. Адекватность описываемому объекту/системе — на уровне концептуальной и логической модели;
2. Удобство использования для ведения учёта и анализа данных.

Все базы данных расширяемы. Такой подход позволяет редактировать и добавлять новые данные. А используемая среда Access на сегодняшний день является весьма распространенной, поставляется с пакетом Microsoft office, что исключает потребность в приобретении и установке альтернативного программного обеспечения.

На начальном этапе моделирования генерируются файлы, которые необходимы для работы с программным продуктом. Задаются технические условия и выходные параметры отходящего газа металлургического агрегата: состав, расход, давление, температура. Далее выполняется компоновка схемы энергоутилизации, при этом возможно обращение к расширяемой базе данных с целью выбора варианта, рассчитанного ранее, либо сконструировать новый (рисунок 2). В левой части оконного интерфейса находятся модели энергоутилизаторов и аппаратов очистки, которые соответствуют определенному классу.

В правой части компонуются схема энергоутилизации в строгой последовательности по ходу движения отходящего газа. Затем выполняется графическая прорисовка схемы (рисунок 3). На каждом участке газохода вычисляются термодинамические параметры отходящего газа на основе известных законов, которые необходимы для дальнейшего анализа газа, моделирования энергоутилизаторов и систем газоочистки.

Каждый энергоутилизатор, соединительный канал и унифицированный узел имеют собственный оконный интерфейс, который содержит блок ввода и вывода информации. Такое решение дает возможность на любом этапе моделирования выполнять корректировку входных параметров, производить перерасчеты и оптимизацию конструкции энергоутилизаторов с участием эксперта. Блок ввода информации состоит из конструкторской, термодинамической и теплотехнической частей, где выполняется полное описание моделируемых агрегатов и узлов.



Рисунок 2 – Оконный интерфейс компоновки схемы энергоутилизации отходящих газов



Рисунок 3 – Графическое изображение схемы энергоутилизации отходящих газов

По окончании ввода данных выполняется комплексный расчет всей схемы энергоутилизации, результатом которого являются расчеты: теплотехнический, конструктивный, газодинамический, определение коэффициента использования энергии

утилизируемого газа и экономический расчет. Все результаты сохраняются в специальную накопительную базу данных в целях дальнейшего использования и сравнения с другими вариантами. Для выбора оптимального варианта энергоутилизации выполняется поиск в базе данных наиболее эффективной схемы по одному из критериев (коэффициенту использования энергии утилизируемого газа или капитальным затратам) используя известные методы оптимизации. Согласно результату и экспертному заключению вариант может быть рекомендован для проектирования.

Выводы. Предложенный программный комплекс позволяет сократить время на проектирование, а использование технологий баз данных дает возможность накапливать проектные решения и производить быстрые перерасчеты с изменением входных параметров. Предложенный программный продукт может использоваться и для других агрегатов жидкофазного восстановления. Его можно применять не только в целях проектирования и научных исследований, но также в качестве обучающей системы для технологического персонала и студентов, обучающихся по специальностям информационные технологии в металлургии, теплогазоснабжение и вентиляция.

Литература

1. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Шакиров К.М., Кожемяченко В.И., Рыбенко И.А., Красноперов С.Ю. Процесс и агрегат типа самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор как пример наукоемкой технологии в металлургии // Изв. вуз. Черная металлургия. — 2005. — № 6. — С. 60–65.

2. Оленников А.А., Цымбал В.П. Варианты и оценка эффективности использования вторичных энергоресурсов для агрегатов жидкофазного восстановления // Изв. вуз. Черная металлургия. — 2008. — № 6. — С. 53–57.

3. Семенов Н.А. Организация теплоиспользования и энерго-технологическое комбинирование в промышленной огнетехнике. М.: Энергия, 1976г. 280 С.

4. Мигай В.К. Моделирование теплообменного энергетического оборудования. — Ленинград.: Энергоатомиздат, 1987. — 264 С.

АНАЛИЗ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ ЗА 2000 -2008 ГГ. ПО ДАННЫМ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Е.Н. Орехова, Н.М. Жилина, Г.И. Чеченин

Кустовой медицинский информационно-аналитический центр, г. Новокузнецк

Целью данной работы является исследование результатов функционирования автоматизированной информационной системы социально-гигиенического мониторинга (АИС «СГМ») по блокам «Здоровье» и «Среда обитания» в системе охраны здоровья по административным районам г. Новокузнецка и городу в целом за 2000-2008 гг.

Для блока «Здоровье» выходной информацией является интегрированный стандартизованный индекс здоровья (ИЗ) населения, включающий в себя оценку обобщенных медико-демографических показателей, заболеваемости, болезненности и инвалидизации населения, физического развития и психо-эмоциональной напряженности взрослого населения.

В блоке «Среда обитания» информация представлена экологическим индексом (ЭИ), состоящим из обобщенных показателей оценки эколого-гигиенической характеристики города (ЭГХ), качества сырья и продовольственных продуктов, условий обучения, характеристики условий труда и радиационной обстановки города.

На базовой шкале значения индексов представлены лингвистическими переменными: [0,90; 1,0] - приемлемый уровень, [0,8; 0,89] – удовлетворительный, [0,7; 0,79] – пониженный, [0,6; 0,69] – низкий, меньше 0,6 – критический. Оптимальное значения показателя – 1.

Факторный анализ по методу главных компонент проведен в пакете SPSS, версия 13.0.

Результаты функционирования АИС «СГМ» по блокам «Среда обитания» и «Здоровье» в целом по г. Новокузнецку и административным районам города за период с 2001- 2008 гг. следующие:

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНДЕКС (ЭИ)

По г. Новокузнецку прослеживается стабилизация ЭИ на «пониженном» уровне ($0,78 \pm 0,03$), такая же ситуация и в следующих районах города: *Куйбышевском* $0,70 \pm 0,07$ и в целом в *Орджоникидзевском* $0,76 \pm 0,08$, за исключением 2002 г. ($0,59$ – критический уровень), а вот в *Заводском* «удовлетворительный» уровень ЭИ за весь период $0,83 \pm 0,05$.

За 2001- 2004 гг. в *Кузнецком* районе отмечено «пониженное» значение ЭИ $0,73 \pm 0,04$ и в период с 2005 -2008 гг. «удовлетворительное» $0,85 \pm 0,04$.

На протяжении 2001- 2004 гг. стабильная ситуация в *Новоильинском* районе $0,80 \pm 0,03$, к 2005 г. увеличение его значения до $0,96$ (приемлемого уровня), далее отмечена постоянная тенденция снижения показателя и уже в 2008 году его значение составляет $0,82$ (удовлетворительный).

За весь рассматриваемый период в *Центральном* районе из года в год отмечено постоянное улучшение ЭИ, с критического ($0,48$) в 2001 году до удовлетворительного ($0,89$) в 2008 году.

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (ЭГХ)

В 2008 г. отмечена «критическая» ситуация не только по г. Новокузнецку ($0,48$), но и в *Центральном* ($0,44$, такая же ситуация зарегистрирована и в 2001 г. значение ЭГХ - $0,45$), в *Орджоникидзевском* ($0,44$), *Кузнецком* ($0,44$) и *Новоильинском* ($0,44$) районах. При этом в *Орджоникидзевском*, *Кузнецком* и *Новоильинском* районах в период с 2003- 2006 гг. отмечено «приемлемое» (близкое к $1,00$) значение ЭГХ. В 2008 году наилучшие значения ЭГХ в *Заводском* и *Куйбышевском* - $0,67$ (низкий уровень).

ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЕ СЫРЬЕ И ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

По городу Новокузнецку «удовлетворительное» ($0,87$) качество продовольственного сырья и продуктов питания зарегистрировано в 2001 году, затем прослеживается их стабилизация на «пониженном» уровне, за исключением 2007 г. ($0,67$ – «низкий»).

В *Центральном* районе зарегистрировано «критическое» качество продуктов в 2001 г. ($0,46$), 2002 г. ($0,60$), 2003 г. ($0,51$) и в 2005 г. ($0,62$); «пониженное» в 2004 г. ($0,75$), в 2006 г. ($0,79$) и в 2007 г. ($0,70$), а вот в 2008 г. отмечено улучшение этого показателя до «удовлетворительного» уровня – $0,88$.

В *Куйбышевском* районе наилучшие значения этого показателя зарегистрированы в 2001 г. ($0,85$ – «удовлетворительный») и в 2002 г. ($0,93$ – «приемлемый»), за весь остальной анализируемый период «пониженные» значения, а в 2007 г. «критический» уровень - $0,59$.

В целом, наиболее стабильная ситуация качества продуктов питания и продовольственного сырья отмечена в *Орджоникидзевском* районе («пониженный» уровень), за исключением 2003 г. ($0,84$) и 2007 г. ($0,80$) – «удовлетворительный» и «критический» в 2004 г. ($0,68$).

В *Кузнецком* районе, начиная с 2005 года ($0,92$ – «приемлемый») наблюдается ухудшение их качества: 2006 г. ($0,80$ «удовлетворительный»), 2007 г. ($0,67$ – «низкий») и 2008 г. («пониженный»).

Вплоть до 2003 г. и в 2005 г. в *Заводском* районе показатель колеблется от «приемлемого» до «удовлетворительного», в 2004 г., 2007 г., 2008 г. «пониженный», а в 2006 г. зарегистрировано самое низкое значение – $0,68$.

В *Новоильинском* районе отмечено резкое ухудшение рассматриваемого показателя с $0,90$ («приемлемого») в 2001 г. до «критического» в 2002 г. и 2003 г.; затем прослеживается резкое его улучшение к 2005 г. до «приемлемого» ($0,93$) и к 2008 г. опять его ухудшение до «пониженного» ($0,71$).

СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОСПИТАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ

Отмечено улучшение показателя социально-гигиенических условий воспитания и обучения по городу Новокузнецку с «пониженного» (2003 – 2005 гг.) до «приемлемого» (2007 – 2008 гг.).

В период с 2001 – 2005 гг. по *Центральному* району зарегистрированы периодические колебания от «низкого» уровня до «удовлетворительного», а в 2007 и 2008 годах отмечены «приемлемые» значения данного показателя за весь анализируемый период.

По *Куйбышевскому* району, начиная с 2001 г. и вплоть до 2005 г. значения показателя не понимались выше «критического», а в 2006 – 2008 гг. выросли и остановились на «удовлетворительном» уровне.

В целом за исследуемый период в *Орджоникидзевском* районе значения показателя до 2005 года колебались от «пониженного» до «удовлетворительного», а в 2006 – 2008 гг. установились на «приемлемом» уровне.

В *Кузнецком* районе. отмечается постоянное улучшение рассмотренного показателя с «критического» уровня (0,57 - 2001 г.) до «приемлемого» (0,96-0,99) к 2006 – 2008 гг.

Наиболее стабильная ситуация в *Заводском* и *Новоильинском* районах, значение показателя зафиксировано на «приемлемом» уровне, за исключением 2001 г. («критическое»).

УСЛОВИЯ ТРУДА

В период с 2003 – 2007 гг. «удовлетворительные условия труда в целом по г. *Новокузнецку*. Прослеживается постепенное улучшение условий труда в *Центральном* районе: «критический» (2001 г., 2002 г.) – «пониженный» (2003 г., 2004 г.) – «удовлетворительный» (2005 – 2007 гг.).

В 2001 – 2005 гг. в *Куйбышевском* районе условия труда «держатся» на «пониженном» уровне, в 2006 г. - 0,96 («приемлемый») и в 2007 г. – 0,87 «удовлетворительный».

По сравнению со всеми другими районами города в *Орджоникидзевском* районе крайне неудовлетворительная ситуация, самый лучший показатель условий труда это «пониженный» в 2005 г. (0,70), в остальные годы колеблется от «низкого» до «критического».

В период с 2001 г до 2005 г. прослеживается улучшение показателя в *Кузнецком* районе с «критического» (0,49 – 2001 г.) до «приемлемого» (0,90 – 2005 г.), а затем опять его ухудшение до «пониженного (0,70 – 2007 г.). В *Заводском* районе после 2002 г. отмечено улучшение показателя с «низкого» (0,62), до «пониженного (2003 г., 2004 г., 2006 г.), а в 2005 г., 2007 г. зарегистрировано «удовлетворительное» его значение.

ИНДЕКС ЗДОРОВЬЯ (ИЗ)

Что касается показателя индекса здоровья, то в целом по г. *Новокузнецку* отмечена его стабильность: 2002 – 2005 гг. («пониженный» уровень), в 2001 г., 2006 г., 2008 г. («удовлетворительный»), в 2007 г. «приемлемый» - 0,90.

В период с 2001 – 2006 гг. ИЗ по *Центральному* району – «удовлетворительный», а уже в 2007 – 2008 гг. «пониженный». В *Куйбышевском* районе наблюдается ухудшения ИЗ с «удовлетворительного» (0,87 – 2001 г.) до «низкого» (0,62 - 2005 г.) и к 2008 г. опять его улучшение до «удовлетворительного» (0,81).

В целом по *Орджоникидзевскому* району стабильная ситуация показателя ИЗ $0,76 \pm 0,05$ – (2002 – 2008 гг.); аналогичным образом в *Кузнецком* $0,64 \pm 0,02$; *Заводском* $0,67 \pm 0,03$ и *Новоильинском* $0,83 \pm 0,02$ районах (2001 – 2008 гг.).

МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ

По городу *Новокузнецку* наблюдается улучшение показателя: «пониженный» (2002 – 2004 гг.) – «удовлетворительный» (0,87 – 2006 г.) – «приемлемый» (2007 – 2008 гг.). За весь рассматриваемый период в *Центральном* районе зарегистрировано стабильное значение показателя на «приемлемом» уровне ($0,94 \pm 0,03$).

Ухудшение показателя зарегистрировано в *Куйбышевском* районе с «пониженного» уровня (0,78) в 2001 г до «низкого» (0,60) в 2005 г. и его улучшение к 2008 г. до «удовлетворительного» (0,89).

«Удовлетворительный» уровень показателя зафиксирован в *Орджоникидзевском* районе на протяжении 2002 – 2005 гг. и «приемлемый» в 2006 – 2008 гг.

В *Кузнецком* районе отмечен «низкий уровень медико-демографического показателя в период с 2001 – 2006 гг., затем его улучшение – с «пониженного» (0,75 – 2007 г.) до

«удовлетворительного» (0,82 – 2008 г.).

Что касается *Заводского* района, то «низкие» значения показателя зарегистрированы в 2001 – 2003 гг. и в 2005 г., «пониженные» в 2004 г., 2006 г. и «удовлетворительные» в 2007 г. (0,81) и 2008 г. (0,80).

Стабильная ситуация в *Новоильинском* районе – $0,98 \pm 0,02$ («приемлемое» значение показателя за весь период).

ИНВАЛИДИЗАЦИЯ

В целом по г. *Новокузнецку* показатель инвалидизации стабилен - $0,88 \pm 0,07$ за 2001 – 2008 гг.

В *Центральном* районе ситуация следующая: «приемлемое» значение (2003 г. – 0,94) – «пониженное» (2004 г. – 0,73) – «низкое» (2005 г. – 0,63) и стабильность в период с 2006 – 2008 гг. («удовлетворительный» значение). Сходная структура в *Куйбышевском* и *Орджоникидзевском* районах.

В *Кузнецком* структура следующая: 2002 – 2003 гг. «пониженный» уровень – в 2004 г. «низкий» – в 2005 г. («критический»), затем его улучшение к 2007 – 2008 гг. до «удовлетворительного».

В целом прослеживается благополучие показателя инвалидизации в *Заводском* районе: 2002 – 2004 гг. «удовлетворительное» значение показателя, 2005 г. «пониженное» (0,70), 2006 – 2007 гг. «приемлемое» и в 2008 г. опять «удовлетворительное».

В *Новоильинском* районе значение показателя - $0,86 \pm 0,05$ за анализируемый период, «пониженное» значение зафиксировано только в 2005 г. (0,77).

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ

«Удовлетворительное» значение показателя (0,82) было зарегистрировано в 2005 г. по г. *Новокузнецку*, затем прослеживается его ухудшение в 2006 г. до «пониженного» (0,74), в 2007 г. до «низкого» (0,68) и по сравнению с 2007 г. его улучшение к 2008 г. до «пониженного» (0,71).

Что касается *Центрального* района, то в период с 2001 – 2003 гг. стабильная ситуация – «приемлемый» уровень (0,90-0,93); в 2004 г. («пониженный» 0,72); в период с 2005 – 2006 гг. («удовлетворительный»)

Благоприятные «приемлемые» (0,99) значения показателя заболеваемости по *Куйбышевскому* району зарегистрированы только в 2001 г., затем имеет место постоянное ухудшение показателя с «удовлетворительного» (2002 г., 2003 г.) – «пониженного» (2004 – 2006 гг.) до «критического» в 2007 г. (0,54) и «низкого» в 2008 г. (0,65).

Вплоть до 2005 г. по *Орджоникидзевскому* району значения показателя колебались от «приемлемого» до «удовлетворительного», затем наблюдается постоянное его ухудшение с «приемлемого» уровня (0,94 – 2005 г.) до «критического» (0,55 – 2008 г.). Аналогичным образом складывается ситуация в *Кузнецком* районе: постоянное ухудшение показателя с «удовлетворительного» (0,81 – 2004 г.) до «критического» (0,40 – 2008 г.).

В целом до 2005 г. в *Заводском* районе показатель заболеваемости стабилен на «удовлетворительном» уровне, затем прослеживается следующая цепочка: в 2006 г. «пониженный» уровень (0,78), в 2007 г. «критический» (0,58) и в 2008 г. опять «пониженный» (0,70).

Похожая ситуация и в *Новоильинском* районе до 2005 г. стабильный «удовлетворительно-пониженный» уровень рассматриваемого показателя, затем к 2006 г. ухудшение до «низкого» (0,65), к 2007 г. до «критического» (0,58) и к 2008 г. опять «низкий» (0,66).

БОЛЕЗНЕННОСТЬ

В 2004 г. самые низкие значения показателя болезненности за весь анализируемый период: в целом по г. *Новокузнецку* и в *Куйбышевском* районе зафиксирован «низкий» уровень, в остальных административных районах города «критический».

По г. *Новокузнецку*, как уже было отмечено ранее, к 2004 г. отмечено ухудшение показателя с «приемлемого» (2001 г.) до «низкого» (2004 г.), затем стабильная ситуация на «удовлетворительном» уровне.

С 2005 г. в *Центральном* районе прослеживается ухудшение показателя с «приемлемого» (2005 г.) до «пониженного» (2007 – 2008 гг.). Аналогичным образом складывается ситуация и по другим административным районам города Новокузнецка: оптимальные («приемлемые») значения зарегистрированы в 2001 г., затем прослеживается ухудшение показателя до «низкого - критического» (2004 г.), в 2005 г. опять достигаются оптимальные значения, а к 2008 г. снова ухудшение показателя.

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

Показатель физического развития по г. *Новокузнецку* в целом стабилен: «удовлетворительный» уровень его зафиксирован в 2001 г., 2002 г., 2004 г. 2006 г., 2007 г. и «приемлемый» в 2003 и 2008 гг.

В период с 2004 – 2008 гг. установилось значение рассмотренного показателя на «приемлемом» уровне в *Центральном* районе.

В 2001 г. в *Куйбышевском* районе отмечено «критическое» значение показателя, в 2002 г., и 2005 г. «пониженное», за весь остальной рассмотренный период «приемлемое».

В *Орджоникидзевском* районе, начиная с 2001 г., прослеживается улучшение показателя с «низкого» (0,66) до «удовлетворительного» (0,81 – 2003 г.), затем постепенное ухудшение до «критического» (0,47 – 2006 г.) и резкое его улучшение до «приемлемого» (1,00 – 2007 – 2008 гг.). Повторяется такая же тенденция и в *Кузнецком* районе, за исключением 2002 г. «критическое» (0,36) значение показателя.

Скачкообразная тенденция в *Заводском* районе: в 2001 – 2002 гг. и 2004 – 2005 гг. «критический» уровень показателя, а в 2003 г. и 2006 – 2008 гг. «приемлемый».

По сравнению с 2001 г. к 2003 г. прослеживается постоянное улучшение показателя по *Новоильинскому* району с «критического» до «приемлемого», затем резкое его ухудшение до «критического» (2004 г., 2005 г.) и опять его улучшение до «приемлемого» (2006 – 2008 гг.).

ПСИХО-ЭМОЦИОНАЛЬНАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ

По г. *Новокузнецку* в целом, стабильно низкий уровень психо-эмоциональной напряженности $0,66 \pm 0,08$.

По *Центральному* району самое низкое, т.е. «критическое» (0,56) значение показателя зарегистрировано в 2002 г., в период с 2003 – 2005 гг. установилось на «приемлемом» уровне, к 2006 г. ухудшение до «удовлетворительного» уровня (0,87) и к 2007-2008 гг. до «пониженного».

Если в 2001 – 2004 гг. показатель психо-эмоциональной напряженности в *Куйбышевском* районе колебался от «приемлемого» до «пониженного» уровня, то в 2005 г. он достиг своего «критического» уровня и к 2008 г. постепенно улучшился до «пониженного».

В *Орджоникидзевском* районе в период с 2003 – 2008 гг. данный показатель стабилен на уровне $0,72 \pm 0,07$, зато в 2001 – 2002 г. он достиг своего «критического значения».

За весь рассматриваемый период в *Кузнецком* и *Заводском* районах значения показателя не поднимались выше «критического» уровня.

Более или менее стабильная ситуация в *Новоильинском* районе: 2001 – 2002 гг. «низкий» уровень показателя, 2003 г. и с 2005 - 2008 гг. «пониженный» и только в 2004 г. «удовлетворительный».

Следующей задачей работы является – провести факторный анализ данных АИС «СГМ» по блокам «Здоровье» и «Среда обитания» в системе охраны здоровья г. Новокузнецка за 2000-2008 гг. по методу главных компонент с использованием *варимакса* (максимизирующему дисперсию).

В таблице 1 приводятся первичные (описательные) статистики для полученных факторов, рассмотрены интегрированные показатели за 2000 – 2008 гг. в целом по г. *Новокузнецку*.

Метод отбора: Анализ главных компонент.

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать вывод о том, что первый фактор имеет наибольшее значение дисперсии – 37,5%; значение второго фактора немного меньше – 21,8% и т. д. Начиная с пятого фактора, значения («сумма» первичных собственных значений) всех

последующих меньше единицы, поэтому согласно методу главных компонент они не берутся в рассмотрение. Таким образом, методом главных компонент отобрано четыре фактора. Такая четырехфакторная модель объясняет 87% суммарной дисперсии. На рисунке 1 представлен «график камней» («каменистой осыпи») для выделенных факторов.

Таблица 1 – Результаты факторного анализа: первичные статистики по г. Новокузнецку (Total Variance Explained)

Компоненты	Первичные собственные значения			Суммы квадратов нагрузок			Повёрнутые суммы квадратов нагрузок		
	сумма	% дисперсии	суммарный%	сумма	% дисперсии	суммарный%	сумма	% дисперсии	суммарный%
1	4,872	37,476	37,476	4,872	37,476	37,476	4,277	32,897	32,897
2	2,832	21,781	59,257	2,832	21,781	59,257	2,707	20,820	53,716
3	2,283	17,565	76,822	2,283	17,565	76,822	2,448	18,830	72,546
4	1,325	10,196	87,018	1,325	10,196	87,018	1,881	14,472	87,018
5	,650	4,997	92,015						
6	,520	3,998	96,013						
7	,445	3,421	99,434						
8	,074	,566	100,000						
9	3,08E-016	2,37E-015	100,000						
10	1,31E-016	1,00E-015	100,000						
11	-7,44E-017	-5,73E-016	100,000						
12	-2,38E-016	-1,83E-015	100,000						
13	-6,47E-016	-4,98E-015	100,000						

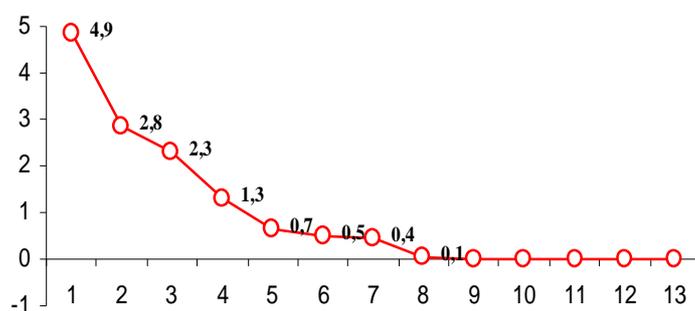


Рисунок 1 – «График камней» в факторизации данных по блокам АИС «СГМ»

На рисунке 1 четко прослеживается, на каком «камне» следует остановить процесс выделения факторов. В конкретном случае «на склоне каменистой осыпи» находятся четыре фактора, именно они и выбираются в результате анализа, что совпадает с результатами данных таблицы 1.

Далее для четырех выделенных факторов распечатывается матрица факторных нагрузок после поворота (таблица 2).

Метод отбора: Анализ главных компонент. Вращение - варимакс с нормализацией Кайзера, число итераций вращения – 13.

Итак, по данным АИС «СГМ» за период с 2000 – 2008 гг. методом главных компонент выбраны четыре основных независимых фактора, признаки внутри которых коррелируют между собой.

В первый фактор объединены обобщенный экологический индекс, санитарно-гигиенические условия воспитания и обучения, радиологическая обстановка. Во вторую группу по методу главных компонент с нормализацией Кайзера включены индекс здоровья, обобщенный медико-демографический показатель, инвалидизация и физическое развитие. В третьем факторе разумно объединены экологический индекс, качество продовольственного сырья и пищевых продуктов, показатели заболеваемости и болезненности. Четвертый фактор представлен тесной взаимосвязью благополучия условий труда с показателями психоэмоциональной напряженности.

Таблица 2 – Результаты факторного анализа: матрица факторных нагрузок после поворота (Rotated Component Matrix(a))

Переменные	Факторы (Component)			
	1	2	3	4
Экологический индекс	,802	-,018	,499	,150
Эколого-гигиеническая характеристика города	-,870	,044	,264	-,206
Продовольственное сырье и продукты	-,126	-,114	,873	-,240
Условия воспитания и обучения	,946	-,143	-,110	-,190
Радиологическая обстановка	,804	,309	-,214	,100
Условия труда	,437	-,126	-,177	,864
Индекс здоровья	,249	,840	,031	,211
Медицинская демография	,581	,720	,130	,146
Инвалидизация	-,439	,789	,113	-,308
Заболеваемость	-,609	-,502	,506	-,208
Болезненность	-,134	,185	,906	-,016
Физическое развитие	-,346	,568	-,399	,247
Психо-эмоциональная напряженность	-,166	,325	-,113	,837

Разумная интерпретация результата свидетельствует об успешном применении метода факторного анализа. Таким образом, анализ здоровья населения и среды обитания по данным АИС «СГМ» позволяет выявить тенденции показателей по городу в целом и районам, отследить зоны риска для принятия адекватных управляющих воздействий.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА РЕЖИМА ПЕРЕМЕЖАЕМОСТИ В ДИНАМИКЕ ГЕНЕРАЦИИ ЛАЗЕРА

С.А. Останин, Г.А. Семёнов

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Для анализа открытых динамических систем принято пользоваться различными критериями и способами оценки хаотичности (показатели Ляпунова, энтропия, фрактальные размерности), основанными на исследовании всего временного ряда какой-либо физической величины (сигнала, порождаемого системой). При этом существуют задачи, решение которых более эффективно можно проводить с помощью изучения локальных изменений сигнала, предварительно разбив его на подмассивы. Одной из таких задач является задача поиска режима перемежаемости, считающегося надёжным способом детектирования детерминированного хаоса [1].

Особенность кинетики генерации лазера в режиме детерминированного хаоса состоит в том, что при перемежаемости фрагменты, содержащие упорядоченную структуру имеют исключительно периодический характер.

На рисунке 1 приведён пример графического отображения динамики генерации лазера в режиме перемежаемости.

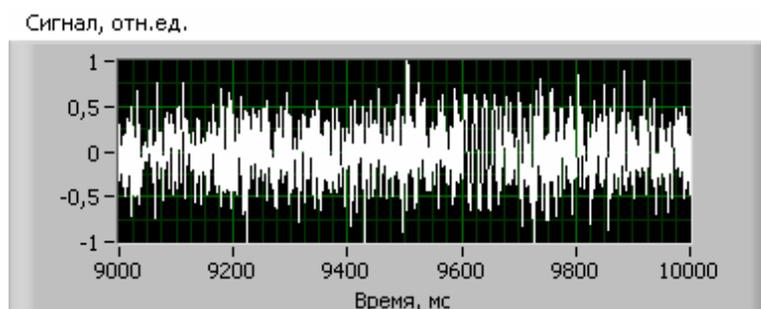


Рисунок 1 – Режим перемежаемости в динамике генерации лазера

Детектировать начало режима перемежаемости можно, решив задачу обнаружения ограниченного во времени периодического сигнала. В случаях, когда периодические фрагменты сигнала зашумлены, их длительность значительно меньше длительности всего сигнала, а частота появления этих фрагментов мала, их обнаружение становится весьма затруднительным. Для решения этой проблемы необходимы методы, позволяющие автоматизировать процедуру поиска редко повторяющихся коротких периодических участков сигнала.

Поиск можно проводить с использованием оценки статистических характеристик как самого исследуемого сигнала, так и его автокорреляционной функции. При этом выбирается некоторый контрольный параметр, значение которого зависит от типа сигнала и заметно отличается для хаотического и периодического сигналов.

Критерием статистических алгоритмов поиска периодических фрагментов в хаотическом сигнале является отличие контрольного параметра участка сигнала от некоторого определяемого данным алгоритмом значения. Реализация всех методов поиска осуществляется в следующей последовательности: 1. Формирование временного окна d – размера подмассивов сигнала, для которых будет вычислен контрольный параметр; 2. Вычисление контрольного параметра для $(n-1)$ сдвигов временного окна с шагом $\Delta = d/k$; 3. Анализ полученного массива значений контрольных параметров для n подмассивов исследуемого сигнала; 4. Вывод о наличии периодической составляющей в рассмотренных участках исследуемого сигнала на основе результата проверки условия, определяемого критерием алгоритма поиска.

Значение величины d выбирается на основе гипотезы о длительности периодического фрагмента по отношению ко всему исследуемому сигналу.

Одним из надёжных статистических параметров, позволяющих отличить периодический сигнал от хаотического, является эксцесс – относительное значение четвёртого центрального момента.

Четвёртый центральный момент μ_4 – величина, характеризующая протяжённость распределения сигнала,

$$\mu_4 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^4 p(x) dx \quad (1)$$

где \bar{x} – математическое ожидание некоторой величины $x = x(t)$, $p(x)$ – её функция распределения.

Значение эксцесса распределения сигнала задаётся как отношение четвёртого центрального момента распределения сигнала к квадрату второго центрального момента (дисперсии):

$$\varepsilon = \frac{\mu_4}{D^2}, \quad (2)$$

здесь ε – эксцесс распределения, D – дисперсия.

В случае, когда сигнал представляет собой белый шум, то есть распределён по закону Гаусса:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2}, \quad (3)$$

эксцесс $\varepsilon = 3$ [2].

Этот факт и лёг в основу создания настоящего алгоритма: участки сигнала, эксцесс которых заметно отличаются от эксцессов гауссовского белого шума, являются предполагаемыми фрагментами локализации режима перемежаемости.

На рисунке 2 приведён пример графического отображения набора значений эксцессов подмассивов исследуемого сигнала. Видно, что режим перемежаемости локализован в двадцатом участке разбивки сигнала, так как здесь значение эксцесса существенно выше, чем в остальных подмассивах. Другим критерием поиска скрытых периодичностей в хаотическом сигнале является дисперсия автокорреляционных функций подмассивов

исследуемого сигнала: в случае наличия периодической составляющей дисперсия будет существенно выше дисперсии массива сигнала, соответствующего хаосу. Алгоритм поиска можно описать следующим образом.



Рисунок 2 – Экссессы автокорреляционных функций подмассивов исследуемого сигнала

После подсчёта дисперсий D_i автокорреляционных функций подмассивов сигнала производится поиск их наиболее вероятного значения D_{HB} , затем вычисляется значение дисперсии $D(D_i)$. Заключительным шагом является проверка условия

$$D_i > D_{HB} + 1,5\sqrt{D(D_i)}, \quad (4)$$

в случае положительного результата для некоторого D_k делается вывод о локализации в k -том подмассиве сигнала режима перемежаемости.

Слабая зашумлённость периодического фрагмента, относительно высокое значение его амплитуды позволяют проводить визуальный поиск подмассива, в котором содержится этот фрагмент, используя графическое представление массива дисперсий автокорреляционных функций подмассивов сигнала (аналогично предыдущему случаю).

Наконец, третьим используемым для детектирования режима перемежаемости критерием является дисперсия спектра мощности. В связи с тем, что спектральный анализ всего тестируемого сигнала не даёт положительных результатов, построение спектра мощности и вычисление его дисперсии, как и прежде, производится для всех сформированных подмассивов сигнала.

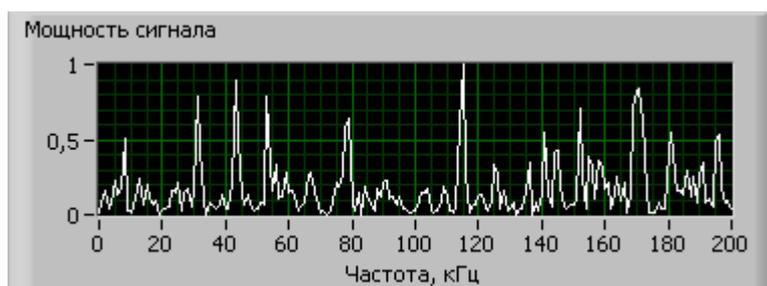


Рисунок 3 – Спектр мощности хаотического сигнала

На рисунках 3-4 представлены спектры мощности хаотического и зашумлённого гармонического сигналов, соответственно. Оба сигнала имеют одинаковую амплитуду шума, при этом амплитуда гармонической составляющей второго сигнала вдвое меньше амплитуды шума. При сравнении данных спектров мощности можно видеть, что дисперсия хаотического сигнала значительно меньше дисперсии зашумлённого гармонического сигнала, так как во втором случае основной вклад вносит только одна гармоника.

Условие поиска здесь полностью аналогично случаю автокорреляционных функций подмассивов сигнала.

Автоматизация процесса детектирования скрытых периодичностей для трёх описанных методов осуществлялась в среде визуального программирования LabVIEW [4].

Вычисление автокорреляционных функций производилось при помощи встроенного виртуального прибора "AutoCorrelation", создание массива D_i и проверка условия – в окружениях циклов "For Loop" и "While Loop". Также использовались встроенные функции "Mode", "Standard Deviation and Variance", "Greater?", "Multiply", "Divide". Для визуального

наблюдения за изменением сигнала, корреляционных функций, массивом значений максимумов корреляционных функций использовался виртуальный прибор “Waveform Graph”.

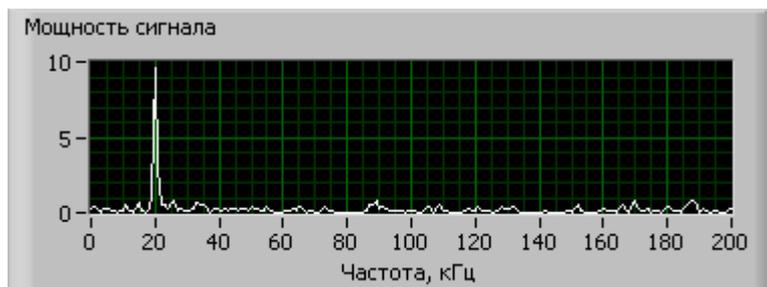


Рисунок 4 – Спектр мощности зашумлённого гармонического сигнала

Для апробации описанных алгоритмов детектирования периодичностей на основе встроенных виртуальных приборов “Gaussian White Noise” и “Sine Wave” при помощи функции “Insert Into Array” был создан генератор гауссовского белого шума с вкрапленными в него короткими зашумлёнными периодическими фрагментами. При тестировании созданного алгоритма на данном генераторе был получен положительный результат, вследствие чего был сделан вывод о его применимости к реальным сигналам, полученным в ходе физических экспериментов.

Также описанные методы поиска режима перемежаемости были успешно применены к решениям системы Лоренца-Хакена [3], описывающей кинетику генерации лазера:

$$\begin{cases} \frac{dE}{d\tau} = \kappa \cdot (P - E) \\ \frac{dP}{d\tau} = \gamma_{\perp} (nE - P) \\ \frac{dn}{d\tau} = \gamma_{\parallel} (A - n - EP) \end{cases}, \quad (5)$$

где E – амплитуда электрического поля волны, P – амплитуда поляризации активной среды, n – разность населённостей рабочих уровней (инверсия), τ – время, γ_{\parallel} – скорость релаксации разностей населённостей, γ_{\perp} – скорость релаксации поляризации, A – параметр накачки (отношение ненасыщенной инверсии к её пороговому значению), $\kappa = \frac{1}{2T_C}$, T_C – время

жизни фотона в резонаторе. Модель, описываемая системой уравнений (5) соответствует одностороннему лазеру бегущей волны с двухуровневой активной средой, в которой реализуется однородное уширение спектральных линий излучения.

Таким образом, была создана система автоматизации поиска скрытых периодичностей (детектирования режима перемежаемости) в динамике генерации лазера, позволяющая производить поиск с оценкой сразу трёх статистических характеристик. Входными элементами созданных виртуальных приборов являются: исследуемый сигнал, параметр временного окна, выходным: номер подмассива, в котором локализован режим перемежаемости.

Литература

1. Климонтович Ю.Л. Введение в физику открытых систем / М.: Янус-К. 2002.
2. Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / И.А. Зограф, П.В. Новицкий. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
3. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров / Я. И. Ханин. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 368 с.
4. Виноградова, Н. А. / Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW: Учебное пособие / Н. А. Виноградова, Я. И. Листратов, Е. В. Свиридов. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 48 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА АДАПТИВНОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ В ПЕРЕНОСНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

В.Ю. Островлянчик, А.В. Дужий

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В НИИ Автоматики, информатики и электромеханики Сибирского государственного индустриального университета разработано переносное регистрирующе-диагностическое устройство (ПРДУ) для электропривода [2]. ПРДУ является результатом исследований, проводимых с целью создания информационно-управляющих систем, в частности ИУС технологическим процессом «подъем», описанной в [3]. При создании ПРДУ преследовалась цель создать малогабаритный, лёгкий и удобный инструмент наладчика. ПРДУ используется при ревизии и наладке подъёмных установок, исследовании электропривода, в качестве запоминающего осциллографа. ПРДУ может применяться как на шахтных подъёмных установках, так и на других объектах с электроприводом, таких как прокатные станы.

Техническая структура ПРДУ приведена на рисунке 1.

ПРДУ регистрирует в функции времени основные технологические параметры электропривода. Зарегистрированные процессы записываются в файлы на жесткий диск для последующего просмотра и анализа. ПРДУ состоит из серийно выпускаемого ноутбука и разработанного в НИИ АИЭМ устройства сбора данных на микроконтроллере, соединенных между собой по интерфейсу USB. Экспериментально определенная скорость передачи данных по USB в режиме full speed составляет $v_{\max}=996$ Кбайт/с. Скорость потока данных от АЦП составляет

$$v=bnf, \quad (1)$$

где n — количество каналов АЦП, $b=2$ — размер выборки в байтах, f — частота дискретизации АЦП.

Максимальная частота дискретизации АЦП для используемого микроконтроллера составляет $f_{\max}=120$ кГц. Определим максимальное количество каналов АЦП, при котором возможно передавать данные по USB в реальном времени.

$$n_{\max} = \frac{v_{\max}}{bf_{\max}} = 4 \text{ канала} \quad (2)$$

Следовательно, каналов АЦП недостаточно для регистрации технологических параметров электропривода (напряжение и ток статора и ротора, ток динамического торможения, скорость). Для решения этой проблемы разработан описанный ниже алгоритм, сокращающий избыточность измерительной информации за счёт прореживания выборок с АЦП, адаптируясь к спектру высших гармоник сигнала. Производится дискретизация сигнала с максимальной для примененного АЦП частотой передискретизации $f_{\text{пд}}$. В результате получаем массив выборок $x[n]$. Этот массив подвергается дискретному преобразованию Фурье:

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi kn/N} \quad (3)$$

где N – количество выборок в массивах $x[n]$ и $X[k]$.

Массив $X[k]$ нормируется:

$$\bar{X} = \sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} (\text{Re}(X[n])^2 + \text{Im}(X[n])^2)} \quad (4)$$

$$\text{Re}(Y[k]) = \frac{\text{Re}(X[k])}{\bar{X}}, \quad \text{Im}(Y[k]) = \frac{\text{Im}(X[k])}{\bar{X}}, \quad k=0, 1, \dots, N-1 \quad (5)$$

где \bar{X} – норма, $Y[k]$ – нормированный массив.

В результате получаем нормированный спектр.

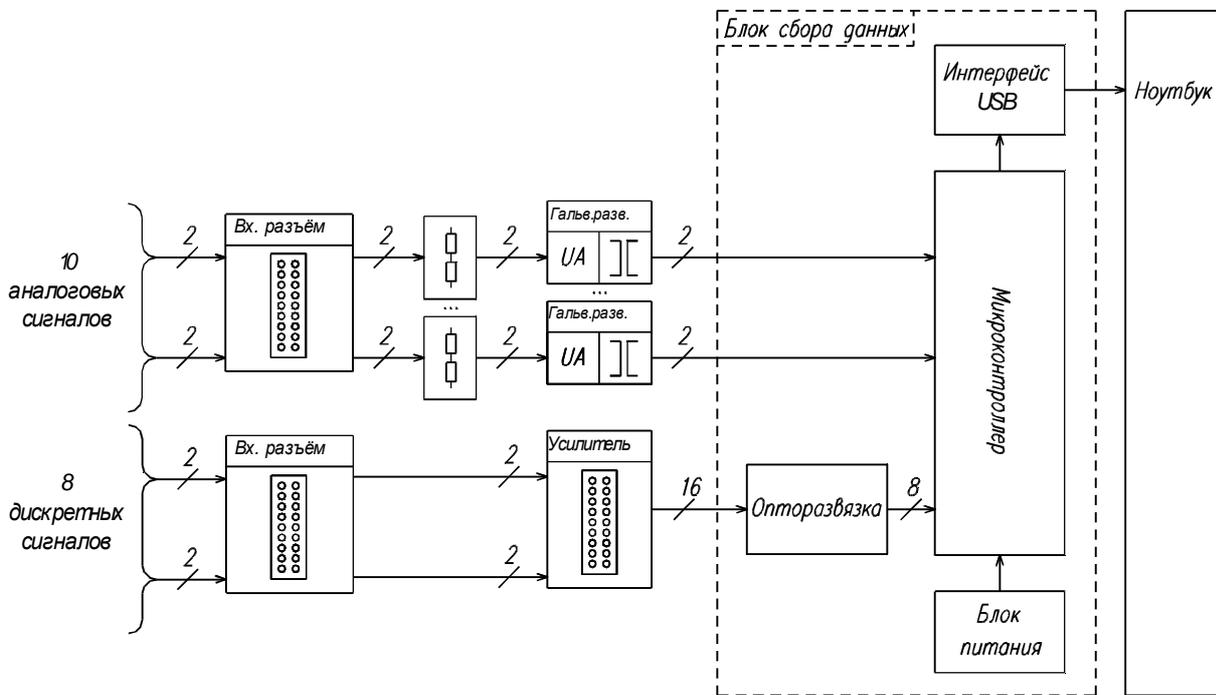


Рисунок 1 – Техническая структура переносного РДУ

Элементы массива $Y[k]$ суммируются в переменную S по одному, начиная с последнего элемента ($k=N-1$). После каждого суммирования проверяется условие

$$S < S_{\text{пор}} \quad (6)$$

Если условие (6) выполняется, k уменьшается на единицу и суммирование продолжается.

Если условие (6) перестало выполняться, т.е. значение суммы гармоник S достигло порогового значения $S_{\text{пор}}$, суммирование прекращается. Частота f , соответствующая $k+1$ – это частота, сумма гармоник выше которой не превышает порогового значения $S_{\text{пор}}$. По теореме Котельникова выбирается минимальная частота дискретизации $f_{\text{мин}}=2f$. Т.к. сигнал был дискретизирован с частотой передискретизации $f_{\text{пд}}$, для получения массива выборок, дискретизированных с оптимальной частотой, выбирается максимальное целое число $d < f_{\text{пд}}/f_{\text{мин}}$. Из массива $x[n]$ выбирается каждая d -я выборка в массив $y[n]$. Массив $y[n]$ передаётся по интерфейсу USB и записывается в архивный файл в виде блока, совместно со значением частоты дискретизации для этого блока $f_d=f_{\text{пд}}/d$.

Заключение. Разработан алгоритм выбора частоты дискретизации АЦП, обеспечивающий адаптивную дискретизацию по времени, и сокращение избыточности измерительной информации. За счет применения этого алгоритма достигается наиболее эффективное использование канала передачи данных и накопителей информации. Применение данного алгоритма в переносном регистрирующе-диагностическом устройстве позволит увеличить количество каналов, а также время непрерывной регистрации сигналов при той же емкости накопителя информации.

Литература

1. Адаптивные системы сбора и передачи аналоговой информации. Основа теории / А.Н. Дядюнов, Ю.А. Онищенко, А.И. Сенин. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
2. Дужий А. В. Регистрирующе-диагностическое устройство как базовая основа информационно-управляющих систем и комплексов. // XIII научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Современные техника и технологии”, 26-30 марта 2007 г. Труды. В 3х т. - Томск: Изд-во ТПУ, 2007. - Т.2.-492 с.
3. Дужий А. В. Информационно-управляющая система технологическим процессом "подъем"// XII научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Современные техника и технологии”. Труды. Изд-во ТПУ, 2006.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

В.В. Поздняков, А.Н. Фомин, Е.В. Марьенков.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

В настоящее время возможность улучшения условий движения транспорта за счет его оптимальной организации во многом недооценена. Для решения означенной проблемы в основном предлагаются мероприятия, связанные со строительством новых дорог и с реконструкцией существующих путепроводов и развязок.

Вместе с тем существует другое, не менее эффективное и гораздо более экономичное решение – внедрение современных технологий интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

При этом наибольший эффект обеспечивается комплексным подходом, заключающемся в создании единой замкнутой системы, реализующей функции сбора, обработки, оптимизационного анализа и управления информационно-регулирующими устройствами. Комплексные системы позволяют описывать сложную структуру взаимодействия объектов, наращивать или сокращать количество управляемых объектов, реализовывать иерархичность управления, обеспечивать независимое функционирование всех модулей.

Важной частью в разработке комплексного программного средства является процесс валидации, верификации и калибровки модели. Данные процессы подразумевают ввод в имитационную модель геометрических характеристик улично-дорожной сети (УДС), плана переключения светофоров и параметров транспортного потока.

Ввод геометрических данных в модель УДС задача трудоемкая, поэтому целесообразно разработать специальный редактор топологии УДС.

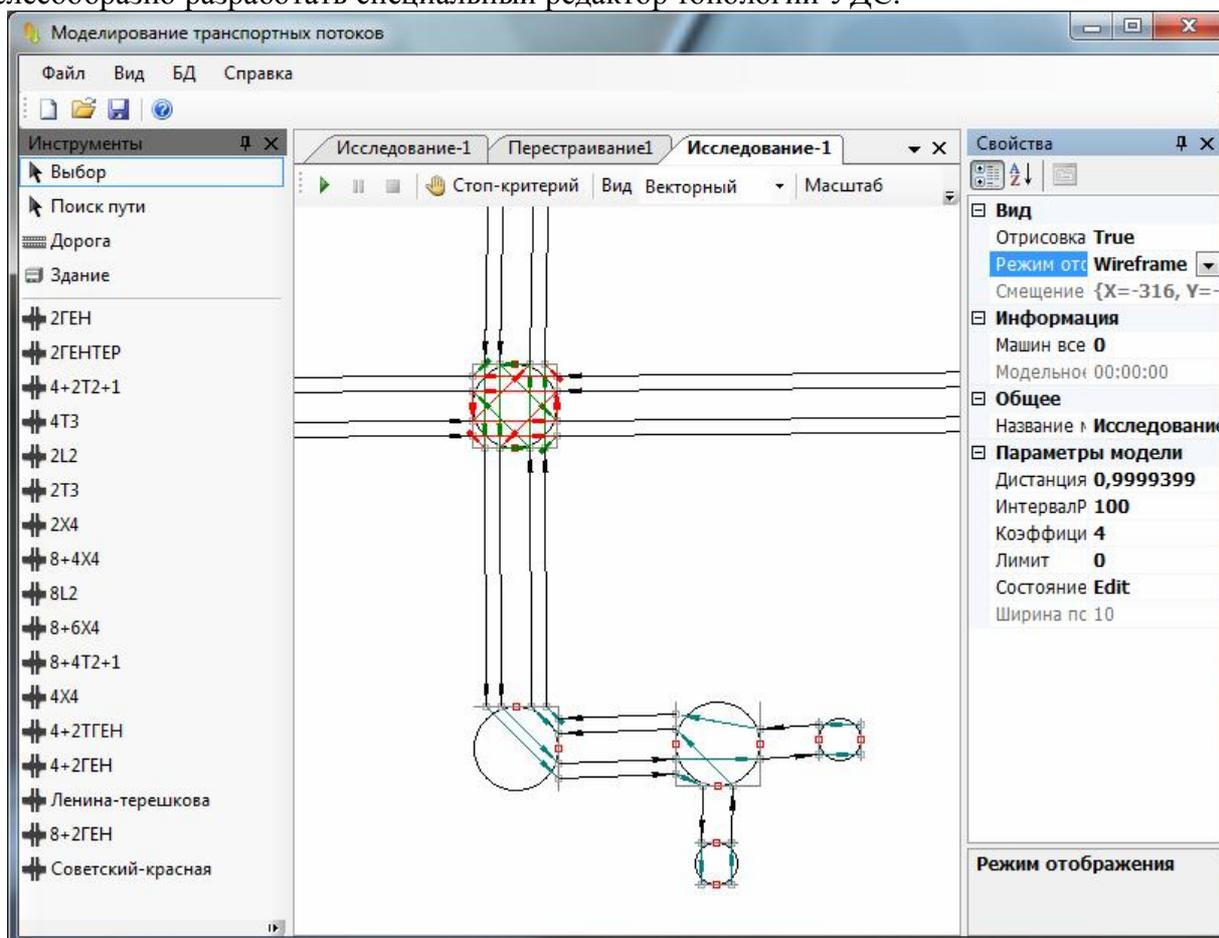


Рисунок 1 – Главное окно приложения

Предлагаемое программное средство моделирования топологии УДС разработано с использованием Microsoft dotNet Framework 2.0 и состоит из следующих частей:

- Графический интерфейс пользователя, состоящий из набора форм с элементами управления. Требуется для взаимодействия пользователя с программной моделью.
- Подсистема управления объектами модели топологии УДС. Реализует редактирование объектов модели.
- Подсистема управления данными. Содержит механизмы вызова процедуры сериализации и десериализации.

Графический интерфейс пользователя состоит из следующих элементов:

- Главная форма, которая предназначена для организации доступа ко всем функциональным возможностям системы. Форма представляет собой родительское окно на основе MDI интерфейса. Содержит главное меню, а также панель элементов для быстрого доступа к часто используемым функциям.
- Форма модели, отображающая активную модель для редактирования и наблюдения за процессом моделирования. Форма содержит панель управления моделью, а также интерактивное окно, позволяющее осуществлять взаимодействие с ней.
- Форма редактора свойств, которая содержит элемент управления Property Grid, для отображения свойств выбранного объекта в форме модели. Данная форма позволяет настраивать параметры.
- Форма редактора баз данных. Она предоставляет возможность редактирования параметров произвольной базы данных. Кроме того, форма редактора баз данных содержит панель управления, компонент ListView для выбора активной записи БД, а также компонент Property Grid для редактирования активной записи БД.
- Форма редактора перекрестков, позволяющая создавать и редактировать типовые перекрестки для использования в модели. Содержит меню, интерактивное окно для редактирования, а также список доступных состояний перекрестка.
- Форма палитра элементов, которая служит для того, чтобы выбирать инструмент, требуемый для взаимодействия с моделью. Выбранный элемент отображается в синей рамке.
- Форма настройки стоп-критерия.
- Форма отображения результатов моделирования.

Подсистема управления объектами состоит из: CityTransportModel – прототипа автоматизированной системы, ModelObject – текущего объекта модели, RoadSegment – сегмента дороги, Crossroads – прототипа объекта «Перекресток», Building – прототипа объекта здания, Car – прототип объекта «Машина».

Рассмотрим их подробнее. Основным классом, характеризующим систему и сводящем в себе все функции, является CityTransportModel. Он представляет собой модель, в которую можно загрузить расположения конкретных элементов модели, а также использовать общие функции управления системой. Класс ModelObject это основа для создания элементов модели – здания, машины, перекрестки и т.д. Crossroads – класс для описания объекта «Перекресток». Класс RoadSegment описывает сегмент дороги, соединяющей два перекрестка. Класс Building – характеризует здание на транспортной модели. Наконец класс Car представляет собой виртуальный аналог транспортного средства, передвигающегося по городу.

К системе хранения данных предъявляются следующие требования:

- Максимально упрощенный процесс сохранения и загрузки информации в систему.
- Возможность чтения сохраненных данных из других приложений.
- Кросс-платформенность.
- Минимальные затраты на изменение структуры хранимых данных.

Указанным требованиям удовлетворяет механизм сериализации. Целесообразно использовать стандартный класс Microsoft dotNet Framework XMLSerializer. В процессе

сериализации сохраняются только публичные свойства класса, доступные для чтения и записи.

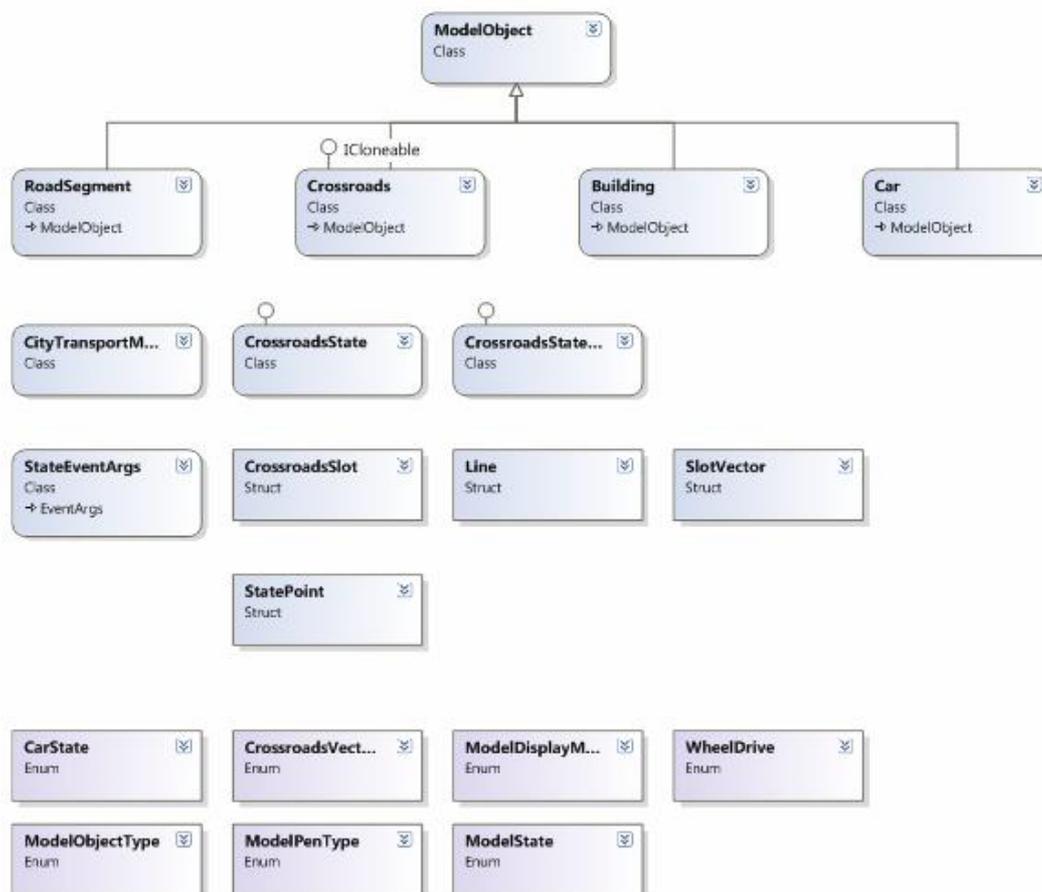


Рисунок 2 – Диаграмма классов приложения

Основными сущностями будут соответственно являться сохраняемые классы приложения: «Перекресток», «Участок дороги», «Характеристики модели». Объект «машина» создается в процессе моделирования и не нуждается в хранении.

Следует отметить, что когда сериализации подвергается объект «Модель», то это затрагивает все включенные в нее объекты. Это связано с тем, что объект «Модель» содержит в себе свойство «массив объектов», которое включает в себя ссылки на все объекты, размещенные в модели.

Разработанное программное средство позволяет моделировать участки улично-дорожной сети. Данная разработка может использоваться как основа для обучения системы управления движением, как средство для анализа и прогнозирования транспортных проблем, как инструмент для научных исследований в области транспортных систем.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ

А.В. Протодьяконов, Е.В. Марьенков, С.Е. Швец

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Перестроения автомобилей в транспортном потоке с полосы на полосу зависят от текущей дорожной ситуации, поведения водителей и маршрутов движения. Наиболее важным фактором является поведение самих водителей. Моделирование поведения водителя является довольно сложной задачей. Многие системы моделируют перестроения

автомобилей, основываясь на статистических данных, не учитывая при этом эмоции и чувства водителя.

В исследованиях Янга [1] были выделены следующие параметры, характеризующие различные аспекты поведения водителя:

- агрессивность, определяющая степень соблюдения правил и меняющаяся от консервативного стиля вождения до агрессивного;
- знание маршрута, чем лучше водитель знает дорогу, тем вероятней и решительней перестроения для более быстрого достижения цели;
- скоростные пределы вождения, если скорость автомобиля отличается от скорости транспортного потока на полосе, то это вынуждает водителя к перестроению;
- чувствительность водителя к дорожной разметке и дорожным знакам;
- дисциплинированность, характеризующая заблаговременную готовность водителя к маневрам.

Перечисленные параметры являются вероятностными и с разной степенью влияют на решение водителя о перестроении.

В любой момент времени у водителя может возникнуть желание перестроиться на соседнюю полосу. Это желание может быть как рациональным, так иррациональным.

Иррациональное желание - это желание водителя перестроиться на другую полосу при возникновении кратковременных помех (например, маневры впереди идущего автомобиля) или желание перестроиться на полосу кажущуюся более свободной.

У водителя постоянно возникают иррациональные желания перестроиться, но вероятность принятия такого решения о перестроении, как правило, низка и определяется психофизическим состоянием водителя.

Рациональное желание - это желание водителя перестроится на другую полосу при реальной необходимости поворота, разворота или совершения другого маневра при возникновении объективных препятствий, например, при заторе на полосе, аварии, медленной скорости потока. Такое желание принимается с большей вероятностью, и также зависит от психофизического состояния водителя.

Модель перестроения можно разделить на несколько частей:

- выбор целевой полосы;
- выбор промежуточных полос для достижения целевой полосы;
- принятие решения о перестроении;
- само событие перестроения, включающая в себя: оценка возможности перестроения, увеличение скорости и обгон, уменьшение скорости и перестроение на соседнюю полосу, поведение при не возможности перестроения.

Выбор целевой полосы. Водитель анализирует, какие перекрестки надо проехать, в модели проверяется целевой перекресток текущего участка и следующий целевой перекресток. Исходя из этих данных, вычисляется целевая полоса, которую нужно достичь в конце участка. При поворотах направо или налево целевыми полосами соответственно являются крайние или все полосы, которые разрешают соответствующий поворот. При движении прямо на следующем перекрестке или при наличии нескольких полос для поворота, автомобиль может занимать любую в зависимости от состояния дорожного движения и психофизических параметров.

Выбор промежуточных полос. Эта часть отвечает за тактику перестроения, когда между целевой полосой и текущей находятся другие полосы. Вычисление тактики сводится к расчету граничных расстояний на каждой полосе, до которых необходимо перестроиться автомобилю, чтобы во время оказаться на целевой полосе.

Принятие решения о перестроении. В каждый момент времени водитель решает, нужно ли ему перестроиться. На это решение влияют рациональные и иррациональные желания перестроиться. Рациональное желание возникает при положении не на целевой полосе или возникновении затора на текущей полосе. Иррациональным желанием является мгновенный порыв водителя перестроится, такие желания возникают при появлении

незначительных помех на полосе, изменении скорости потока на полосе, а также возникает в результате различных внутренних мотиваций водителя.

Одной из причин рационального желания перестроиться является положение автомобиля не на целевой полосе. Рациональное желание принимается водителем с относительно большой вероятностью около 0,9.

Вероятность принятия иррационального желания относительно низка и примерно равна 0,05.

Оценка возможности перестроения. Перед началом перестроения водитель оценивает текущую ситуацию, возможно ли перестроение, и какое поведение необходимо принять для перестроения. На возможность перестроения влияют внешние факторы, такие как загруженность дороги, скорость движения потока, расстояния между впереди и позади идущими автомобилями на текущей и соседних полосах, а так же влияют внутренние факторы: психофизические параметры, такие как агрессивность, скоростные пределы, реакция водителя.

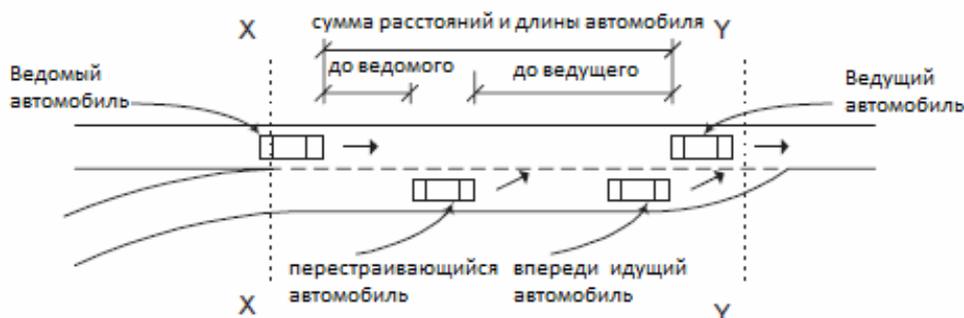


Рисунок 1 - Схема положения автомобилей при перестроении и расстояния до соседних автомобилей

Когда отсутствует возможность своевременно перестроиться, водитель вынужден либо изменить маршрут, либо должен нарушить правила, например, повернуть не из крайней полосы, а из соседней. Вероятность нарушения правил при движении по маршруту определяется психофизическими параметрами, прежде всего агрессивностью и чувствительностью водителя к дорожной разметке и знакам[2].

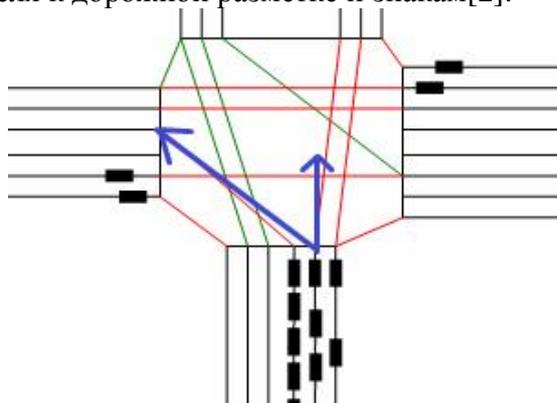


Рисунок 2 - Варианты движения автомобиля при невозможности перестроения

При перестроении на соседнюю полосу часто необходимо изменить свою скорость. Алгоритм поведения сводится к достижению скорости соседнего потока, при этом необходимо, чтобы расстояние между автомобилями, а также их скорости были допустимы. В зависимости от ситуации на текущей полосе, если есть свободное пространство, то принимается решение об ускорении и обгоне с определенной вероятностью, зависящей от психофизических параметров, прежде всего агрессивности. Если же свободное пространство недостаточно и обгон автомобиля на соседней полосе не возможен, то принимается решение о торможении, подстройке скорости под соседнюю полосу и перестроении на свободное место в соседнем ряду. Другим вариантом поведения может быть решение остаться на

текущей полосе. Чем ближе автомобиль к концу участка, тем менее вероятно принятие такого решения.

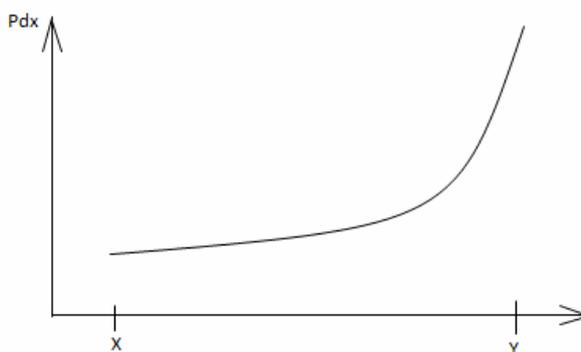


Рисунок 3 - Вероятность возникновения желания перестроится в зависимости от положения автомобиля на участке дороги: X – начало участка, Y – конец участка, Pdx – вероятность
Модель, основанная на рациональных и иррациональных желаниях, позволяет более близко к реальности имитировать движение автомобиля в транспортном потоке.

Литература

1. Yang, Q. 1997. A simulation laboratory for evaluation of dynamic traffic management system. MIT Dept. of Civil & Engrg., Feb. <http://its.mit.edu/product/simlab/> (4 July 2000).
2. Curt R. Bartol, Anne M. Bartol. 2007. Criminal Behavior: A Psychosocial Approach, Eighth Edition. Prentice Hall.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКЕЛЕТОНОВ

А.С. Сорокин

Филиал КузГТУ, г. Новокузнецк

Проектирование технологических систем с использованием высокоуровневых конструкций имеет явные преимущества. Это известно в структурном параллельном и распределенном программировании, где часто последовательные подзадачи структурируют до параллельного узла [1]. Технический план решения вслед за этими видами описания имеет своей целью получение высокоуровневого описания структуры вычислений, которое может быть легко переформировано для определения хорошей привязки задач к вычислительным ресурсам. Пользователь заинтересован в достижении соответствующей производительности операций до тех пор, пока не будут удовлетворены ограничения по использованию элементов среды выполнения.

Тем не менее, хотя композиционные языки и позволяют компоновать подзадачи, они не обеспечивают механизм оценки того, превосходит ли новая версия данной модели применяемая ранее.

Кроме того, языки, подходящие для моделирования технологических систем, такие как алгебры стохастических процессов, обычно не структурированы в данном смысле, и не имеют лингвистического аппарата для выражения композиции подзадач. Целью данной работы является ликвидация этого разрыва путем автоматической генерации моделей алгебры процессов из структурных описаний приложения. Это таким образом, позволит пользователю компилировать свои технические приложения в моделях алгебры процессов, подходящих для оценки надёжности технологических систем посредством анализа детерминированной характеристики или анализа переходных процессов для адекватности модели по вероятности. Свое внимание сосредоточим на результатах, которые могут быть получены посредством марковского стационарного анализа моделей алгебры процессов [2 - 4]. Будем использовать алгоритмические скелетоны [5] как пример структурного

композиционного языка. В качестве алгебры процессов используется стохастическая алгебра процессов для оценки надёжности.

Представление структурированных приложений с помощью скелетов. Для автоматического формирования моделей надёжности заданное приложение сначала должно быть представлено в форме, выражающей его сущность. В данной работе адаптируется схемно-ориентированный подход, основанный на понятии алгоритмических скелетов – системы, которая была разработана для улучшения и упрощения структурной разработки распределенных и параллельных приложений. Если представленные конструкции могут использоваться непосредственно пользователем модели, они предназначены для применения в качестве внутреннего интерфейса и для автоматического формирования моделей надёжности из базирующихся на скелетах распределенных приложений. Для упрощения детального рассмотрения автоматизации сосредоточим внимание на следующих трех базовых скелетах.

Формирование моделей надёжности. Формирование моделей надёжности в терминах РЕРА из заданного описания структурированного приложения может быть разделено на 3 этапа. На первом этапе, из дерева иерархии скелетов получают ациклический ориентированный граф, который представляет зависимость данных между задачами компонентами. Этот граф используется на последующих этапах. На втором этапе формируются характеристики процесса для каждого элемента данных. Наконец, на третьем этапе, технологическая система в целом моделируется объединением задачных и скелетных компонентов, основываясь на их иерархической организации. Важность заключительного этапа состоит в том, что он дополняет модель надёжности установлением множеств синхронизации, которые будут использоваться пользователем модели в ходе синхронизации задачных компонентов на различных уровнях композиции.

Моделирование системы. Все характеристики процессов, сформированные к концу второго этапа, моделируют только надёжность каждого задачного компонента независимо от других. А поскольку структурированное приложение – это совместное выражение этих задач, они должны быть синхронизированы соответственно уровню иерархической композиции. Это делается на заключительном этапе формирования модели.

На каждом уровне дерева иерархии скелетов каждое поддереву соответствует закрытой подсистеме, где только пограничные задачные компоненты на каждой из сторон взаимодействуют со своими смежными родственными поддеревьями. Задачные компоненты, которые находятся внутри этой подсистемы, так называемые промежуточные компоненты, синхронизируются с другими задачными компонентами внутри этой же подсистемы. Здесь нет поперечной пограничной синхронизации. Заключительный этап формирования модели происходит путем определения множеств синхронизации между смежными поддеревьями на каждом уровне дерева иерархии. Эти множества неоднократно уточняются до тех пор, пока все задачные компоненты не будут синхронизированы. [6 - 8].

Для выполнения заключительного этапа применяют алгоритм 3 [9 - 12]. В этом алгоритме снова используется глубинный прямой обход дерева. Так как множество синхронизации между двумя поддеревьями может иметь отношение к одному из них, то выбирают ускоренный обход. Сначала определяется подсистема, соответствующая синхронизируемому поддереву, а затем синхронизируемое множество для поддерева. Каждый раз для задачного узла опускают эту задачу и формируют множества синхронизации, согласно которым эта задача синхронизируется со всеми ее задачами-преемниками. Когда задачный узел является скелетным компонентом, то формируется множество синхронизации путем учета задач на границе отправки этой подсистемы. Они взаимодействуют с задачами на границе получения последующего поддерева.

Литература

1. Aldinucci M, Danelutto M. Algorithmic Skeletons Meeting Grids. // Parallel Computing, 32(7-8). 2006. p. 449–462.
2. Сорокин А. С. Применение полумарковских процессов к определению характеристик надёжности технологических схем. // Вестник КузГТУ. 2005. № 1. С. 3 -9 .

3. Сорокин А.С. Применение методов теории вероятностей к исследованию некоторых процессов производства.//Труды 4-ой междунар. Конф. Кибернетика и технологии XXI века. Воронеж, 2003. С. 312-323.
4. Сорокин А.С. Марковские процессы в теории надежности технологических систем гидродобычи угля // Вестн. КузГТУ. 2008. № 1. С.61-69.
5. Cole M. Algorithmic Skeletons: Structured Management of Parallel Computation.// MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1989.
6. Иглин С. П. Grtheory toolbox — инструментарий matlab для решения задач на графах//Проектирование научных и инженерных приложений в среде Matlab, М., 2004. с. 165-185.
7. Нечипуренко М. И., Попков В. К., Майнагашев С. М. и др. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях. // Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1990. с. 515 .
8. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. М.: Мир, 1985. с. 512
9. Сорокин А.С. Структурное моделирование надежности технологических систем с использованием скелетонных.// Вестник КузГТУ. 2008. № 4. С. 31-45 .
10. Сорокин А.С. Математическое моделирование оценки надежности технологических систем.// Вестник КузГТУ. 2008. № 5. С. 28-37.
11. Сорокин А.С. Оценка качества системы обслуживания технических объектов. // Качество высшего педагогического образования; уровни, параметры и критерии оценки. Сб. научных трудов КузГПА. Новокузнецк, 2004. с. 40 - 44.
12. Сорокин А.С. Алгоритм решения линейных систем дифференциальных уравнений Колмогорова. // Качество высшего педагогического образования; уровни, параметры и критерии оценки. Сб. научных трудов КузГПА. Новокузнецк, 2004. с. 45 - 48.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧНЫХ ПОТОКОВ В СИСТЕМАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

А.С. Сорокин

Филиал КузГТУ, г. Новокузнецк

Ранее было разработано большое количество моделей, с помощью которых появилась возможность определять количественно продолжительности пребывания систем в различных состояниях [1 - 7]. Предполагается, что случайная величина, распределенная по экспоненте, описывает пребывание в основной математической модели. Эта величина является непрерывным временем пребывания в марковском процессе. Такие модели могут быть реализованы для любого динамического состояния системы, а переходные распределения вероятностей есть независимые неотрицательные случайные величины с невырожденными функциями распределения.

Отметим, что в более общем случае, когда математическая модель представляет собой обобщенный полумарковский процесс, моделирование проводится обычными средствами анализа. Этот анализ показывает, что существует несколько способов задания полумарковского процесса. В любом случае появляется задача описания пространства состояний.

Представление состояний. В стохастическом процессе алгебра моделирует обычно представление состояний в терминах синтаксических форм эталонного выражения. Структурная оперативная семантика определяет развитие модели и формируется маркированная система перехода (обычно её называют образованием диаграммы в системе РЕРА) представления пространства состояний модели. Это - диаграмма, в которой каждый узел -синтаксическое формирование или производная (или класс эквивалентности синтаксических выражений для сильной эквивалентности), а каждая дуга представляет возможную деятельность, вызывающую изменение состояния. Отметим, что в системе РЕРА представление состояний - фактически маркированная система мультиперехода,

потому что фиксирование кратности дуг крайне важно, особенно когда повторенные компоненты возведены в степень.

Автоматически выводимые системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Влияние действий производных может быть зафиксировано или с помощью графа, или в матричной форме, что легко получается из синтаксического представления модели.

Определение 1 (Граф действий [7]) Граф действий a является двусторонним графом (N, A) . Узлы N разделены в N_a действий и N_d производных. $A \subseteq (N_a \times N_d) \cup (N_d \times N_a)$, где $a = (n_a, n_d) \in A$, если n_a выходная деятельность для производной n_d , а $a = (n_d, n_a) \in A$, если n_a - входная деятельность для производной n_d .

Та же самая информация может быть представлена в матрице, называемой матрицей действий.

Определение 2 (Матрица действий [7]) Для модели с действиями N_A и N_D локальные производные различны, матрица действий M_a - матрица $N_D \times N_A$, и входные действия определены следующим образом:

$$(d_i, a_j) = \begin{cases} +1, & \text{если } a_j \text{ - входная деятельность } d_i, \\ -1, & \text{если } a_j \text{ - выходная деятельность } d_i, \\ 0 & \text{иначе.} \end{cases}$$

Из матрицы действий получаем каждое дифференциальное уравнение и наоборот. Для каждой переменной состояний n_i рассмотрим строку i . Каждый ненулевой элемент в строке будет соответствовать одному члену уравнения.

Алгоритм создания системы ОДУ:

1. // Сформируем одно ОДУ для каждой локальной производной (переменные состояний) For $i = 1, \dots, N_D$

2. // Произведём действия, привлекающие эту производную For $i = 1, \dots, N_A$

If $M_a(i, j) \neq 0$

3.// Выходное множество формы $Ex(j)$ для деятельности j

$Ex(j) = \emptyset$

For $k = 1, \dots, N_D$

If $M_a(k, j) = -1$

$Ex(j) = Ex(j) \cup \{k\}$

4.// Делаем запись влияния каждой такой деятельности

If $M_a(k, j) = +1$

добавим

$+ r_j \times \min_{k \in Ex(j)} (n_k(t))$

к уравнению

If $M_a(k, j) = -1$

добавим

$- r_j \times \min_{k \in Ex(j)} (n_k(t))$

к уравнению.

Итак, приходим к системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dn_1(t)}{dt} &= -r_1 \min(n_1(t), n_3(t)) + r_2 n_2(t) \\ \frac{dn_2(t)}{dt} &= r_1 \min(n_1(t), n_3(t)) - r_2 n_2(t) \\ \frac{dn_3(t)}{dt} &= -r_1 \min(n_1(t), n_3(t)) + r_3 n_4(t) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{dn_4(t)}{dt} = r_1 \min(n_1(t), n_3(t)) - sn_4(t)$$

Имеем начальные условия :

$$n_1(0) = 200 \quad n_2(0) = 0 \quad n_3(0) = 60 \quad n_4(0) = 60 \quad (2)$$

Приступаем к аналитическому решению системы (1) с начальными условиями (2).

Складываем первое и второе уравнения системы (1), а также третье и четвертое той же системы получим

$$\begin{aligned} \frac{dn_1(t)}{dt} + \frac{dn_2(t)}{dt} &= 0 \\ \frac{dn_3(t)}{dt} + \frac{dn_4(t)}{dt} &= 0 \end{aligned}$$

С учётом (2) имеем

$$\begin{aligned} n_1(t) + n_2(t) &= 200 \\ n_3(t) + n_4(t) &= 120 \end{aligned} \quad (3)$$

Исключая из первого и третьего уравнений системы (1) с помощью (3) функции $n_2(t)$ и $n_4(t)$, получаем

$$\begin{aligned} \frac{dn_1(t)}{dt} &= -r_1 \min(n_1(t), n_3(t)) + r_2(200 - n_1(t)) \\ \frac{dn_3(t)}{dt} &= -r_1 \min(n_1(t), n_3(t)) + s(120 - n_3(t)) \end{aligned} \quad (4)$$

Вычитая из первого уравнения системы (4) второе приходим к уравнению

$$\frac{d(n_1(t) - n_3(t))}{dt} = 200r_2 - r_2n_1(t) - 120s + sn_3(t) \quad (5)$$

Введём вспомогательную функцию

$$y(t) = n_1(t) - n_3(t) \quad (6)$$

Из (5) с учётом (6) имеем

$$\frac{dy(t)}{dt} + sy(t) = 200r_2 - 120s + (s - r_2)n_1(t) \quad (7)$$

Вывод решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений, когда $n_1(t) < n_3(t)$.

Рассмотрим случай, когда имеет место

$$n_1(t) < n_3(t) \quad (8)$$

Тогда первое уравнение системы (4) принимает вид

$$\frac{dn_1(t)}{dt} = -r_1 n_1(t) + r_2(200 - n_1(t)) \quad (9)$$

Это линейное дифференциальное уравнение относительно функции $n_1(t)$, решая уравнение (9), получим

$$n_1(t) = \frac{200r_1}{r_1 + r_2} \exp(-(r_1 + r_2)t) + \frac{200r_2}{r_1 + r_2} \quad (10)$$

Из (10) и (3) следует

$$n_2(t) = \frac{200r_1}{r_1 + r_2} - \frac{200r_1}{r_1 + r_2} \exp(-(r_1 + r_2)t) \quad (11)$$

Исключая из уравнений (7) и (10) функцию $n_1(t)$, приходим к уравнению

$$\frac{dy(t)}{dt} + sy(t) = \frac{200r_1r_2 - 120sr_1 + 80sr_2}{r_1 + r_2} + (s - r_2) \frac{200r_1}{r_1 + r_2} \exp(-(r_1 + r_2)t) \quad (12)$$

Это линейное дифференциальное уравнение относительно функции $\delta(t)$, решая уравнение (12), получим

$$y(t) = \alpha_1 \exp(-st) + \alpha_2 \exp(-(r_1 + r_2)t) + \alpha_3, \quad (13)$$

$$\text{где } \alpha_1 = 260 + \frac{200r_2^2}{s(r_1 + r_2 - s)} + \frac{200s - 400r_2}{(r_1 + r_2 - s)} - \frac{200r_2^2}{s(r_1 + r_2)}, \quad \alpha_2 = \frac{200r_1(s - r_2)}{(s - r_1 - r_2)(r_1 + r_2)},$$

$$\alpha_3 = \frac{200r_2^2 - 120sr_1 + 80sr_2}{s(r_1 + r_2)}$$

Из (13) и (6) следует

$$n_3(t) = -\alpha_1 \exp(-st) + \frac{200r_1^2}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_2 - s)} \exp(-(r_1 + r_2)t) + 120 - \frac{200r_2^2}{s(r_1 + r_2)} \quad (14)$$

Из (14) и второго уравнения (3) следует

$$n_4(t) = \alpha_1 \exp(-st) - \frac{200r_1^2}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_2 - s)} \exp(-(r_1 + r_2)t) + \frac{200r_2^2}{s(r_1 + r_2)}. \quad (15)$$

Вывод решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений, когда $n_1(t) > n_3(t)$.

Рассмотрим теперь случай, когда имеет место

$$n_1(t) > n_3(t) \quad (16)$$

Тогда второе уравнение системы (4) с учетом (3) принимает вид

$$\frac{dn_3(t)}{dt} = -r_1 n_3(t) + s(120 - n_3(t)) \quad (17)$$

Это линейное дифференциальное уравнение относительно функции $n_3(t)$, решая уравнение (17), получим

$$n_3(t) = (n_3(0) - \frac{120s}{r_1 + s}) \exp(-(r_1 + s)t) + \frac{120s}{r_1 + s} \quad (18)$$

С учетом начальных условий имеем

$$n_3(t) = \frac{60(r_1 - s)}{r_1 + s} \exp(-(r_1 + s)t) + \frac{120s}{r_1 + s} \quad (19)$$

Тогда первое уравнение системы (4) с учетом (3) принимает вид

$$\frac{dn_1(t)}{dt} = -r_1 n_3(t) + r_2(200 - n_1(t)) \quad (20)$$

Из (20) и (19) следует

$$\frac{dn_1(t)}{dt} + r_2 n_1(t) = 200r_2 - \frac{60r_1(r_1 - s)}{r_1 + s} \exp(-(r_1 + s)t) - \frac{120r_1s}{r_1 + s}. \quad (21)$$

Это линейное дифференциальное уравнение относительно функции $n_1(t)$, решая уравнение (21), получим

$$n_1(t) = \beta_1 \exp(-r_2 t) + \beta_2 \exp(-(r_1 + s)t) + \beta_3, \quad (22)$$

$$\text{где } \beta_1 = \frac{60r_1(2s - r_2)}{r_2(r_1 - r_2 + s)}, \quad \beta_2 = \frac{60r_1(r_1 - s)}{(s + r_1 - r_2)(r_1 + s)}, \quad \beta_3 = 200 - \frac{120r_1s}{r_2(r_1 + s)},$$

Из (22) и (3) следует

$$n_2(t) = \frac{120r_1s}{r_2(r_1 + s)} - \beta_1 \exp(-r_2 t) - \beta_2 \exp(-(r_1 + s)t). \quad (23)$$

Из (19) и второго уравнения (3) следует

$$n_4(t) = \frac{120r_1}{r_1 + s} - \frac{60(r_1 - s)}{r_1 + s} \exp(-(r_1 + s)t). \quad (24)$$

Характеристики модели допускают много различных типов анализа. Некоторые имеют более низкое качество оценки, но менее информативны, чем традиционный анализ. Другие имеют более высокую оценку качества и более информативны, как, например, анализ переходного процесса. В зависимости от требований предъявляемых к модели сравниваем методику оценки на основе решения ОДУ с другими методиками, которые могли бы использоваться для анализа модели и применяем более приемлемую в данном конкретном случае. Нормы изменения в модели обобщены так, чтобы позволить степеням активности управлять распределением вероятностей, заменив детерминированное описание системы набором случайных дифференциальных уравнений [8]. При дальнейшем обобщении появляется большая неопределенность, и поэтому возможно применение более сложных форм стохастических дифференциальных уравнений [9].

Представлен новый метод анализа характеристик больших систем в виде стохастического алгебраического процесса. В отличие от известного подхода анализа с помощью непрерывных марковских цепей [1 - 5] предлагается основное математическое представление в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Этот процесс хорошо применим к системам с большим числом компонент.

Литература

1. Сорокин А. С. Применение полумарковских процессов к определению характеристик надежности технологических схем. // Вест. Кузбасского гос. тех. унив., 2005. № 1. С. 3 -9 .
2. Сорокин А.С. Применение методов теории вероятностей к исследованию некоторых процессов производства.//Труды 4-ой междунар. Конф. Кибернетика и технологии XXI века. Воронеж, 2003. С. 312-323.
3. Сорокин А.С. Марковские процессы в теории надежности технологических систем гидродобычи угля // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2008. № 1. С. 61-69.
4. Сорокин А.С. Структурное моделирование надежности технологических систем с использованием скелетонов// Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2008. № 4(68).
5. Сорокин А.С. Математическое моделирование оценки надежности технологических систем// Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2008. № 5(69). Кемерово, С. 28-37.
6. Коэн Дж., Боксма О. Граничные задачи в теории массового обслуживания. М.: МИР, 1987.
7. Hillston J. A Compositional Approach to Performance Modelling. Cambridge University Press, 1996.
8. Soong T. Random Differential Equations in Science and Engineering. AP, 1973.
9. Oksendal B. Stochastic Differential Equations. Springer, 2003.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОНЪЮНКТУРЫ РЫНКА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ И ТОПЛИВА¹

Н.А. Спирин^{*}, В.В. Лавров^{*}, В.Ю. Рыболовлев^{}, А.В. Краснобаев^{**}, А.А. Бурькин^{*}**

^{*} *Уральский государственный технический университет - УПИ, г. Екатеринбург,*

^{**} *ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск*

В условиях экономического кризиса металлургические предприятия России работают при исключительной нестабильности спроса на металлопродукцию, что существенно сказывается на обоснованности выбора необходимого вида и объема поставок железорудного сырья и топливно-энергетических ресурсов (кокса, инжектируемого топлива, технологического кислорода).

¹Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0152

В силу исключительной энергоемкости и сложности доменного производства существенно возрастает роль научно обоснованных решений, направленных на решение комплекса технологических задач по определению оптимального состава доменных и агломерационных шихт, подбора рационального шлакового, дутьевого, газодинамического и теплового режимов доменной плавки. Актуальность этих задач возрастает в связи с изменением конъюнктуры рынка, необходимостью разработки и внедрения гибких технологических режимов, обусловленных колебаниями спроса на металл, нестабильностью состава сырья при подготовке железорудного сырья, загрузкой в печь нетрадиционных видов сырья. Это определило потребность в разработке комплекса математических моделей, учитывающей физику аглодоменного процесса, основы теории тепло- и массообмена, законы сохранения энергии и одновременно учитывающую особенности влияния технологических параметров и стандартных характеристик сырья на показатели доменной плавки, и пригодной для оценки возможных сценариев поведения доменной печи. Необходимость учета кинетических факторов процесса восстановления и введение ГОСТированных характеристик металлургического сырья для доменных печей, удобных для практического использования техническим персоналом, вытекает из требований по повышению точности и адекватности математической модели. В настоящее время становится очевидной роль алгоритмов и компьютерных программ для решения комплекса технологических задач именно для MES-уровня (Manufacturing Execution Systems – системы управления технологией, исполнения производства) современных автоматизированных информационных систем крупнейших металлургических предприятий России.

В основе решения задачи выбора оптимального состава шихт и флюсов в аглодоменном производстве положены модели:

- сквозного расчета агломерационной и доменной шихт;
- расчета технико-экономических показателей доменной плавки (расхода кокса, производительности) при изменении дутьевых параметров, свойств кокса и состава железорудной части шихты;
- расчета свойств первичного и конечного шлака, обессеривающей способности конечного шлака и прогнозирования содержания серы в чугуна;
- моделирования газодинамического режима доменной плавки;
- диагностики хода доменной плавки.

Обобщенная структура модели выбора состава железорудного сырья и флюсов приведена на рисунке 1.

Условно модель можно разделить на две части – модель базового состояния и прогнозирующую модель. Модель базового (эталонного) состояния позволяет оценивать состояние процесса по фактическим усредненным показателям за базовый (эталонный) период работы печи. При этом используется фактически доступная информация о работе печи: параметрах шихты, комбинированного дутья, колошниковога газа и продуктов плавки и др. Прогнозирующая же модель с использованием результатов, полученных с помощью модели базового (эталонного) состояния, позволяет оценить показатели доменного процесса в случае изменения видов и свойств железорудного сырья, кокса, флюсов, дутьевых параметров. Необходимость блока «Настройка» в структуре модели обусловлена требованиями настройки модели на конкретные условия функционирования системы. Производительность доменной печи и удельный расход кокса определяют основные технико-экономические показатели доменной плавки. Показано, что в рамках решаемых в работе задач для учета влияния свойств железорудного сырья, кокса и параметров комбинированного дутья достаточно использовать нормативные коэффициенты расчета расхода кокса и производительности печи. В связи с этим подсистема теплового режима на рисунке 1 не показана.

В модели предусмотрена возможность учета следующих свойств железорудных материалов: химического состава; гранулометрического состава, восстановимости, прочности при восстановлении (метод RDI) и температур: начала плавления (размягчения), которая соответствует началу усадки – температуре образования первых порций жидких фаз;

плавления (расплавления), которая соответствует температуре появления подвижного шлакового расплава. Оценка физико-химических и физико-механических свойств кокса осуществлялась по: техническому составу; гранулометрическому составу; прочности кокса: холодная (показатели M25, M40, M10) и «горячая» (CSR); реакционная способность кокса (показатель CRI). При разработке модели учитывалось, что между реакционной способностью кокса и его «горячей» прочностью существует тесная корреляционная связь – увеличение реакционной способности кокса приводит к снижению «горячей» прочности кокса.

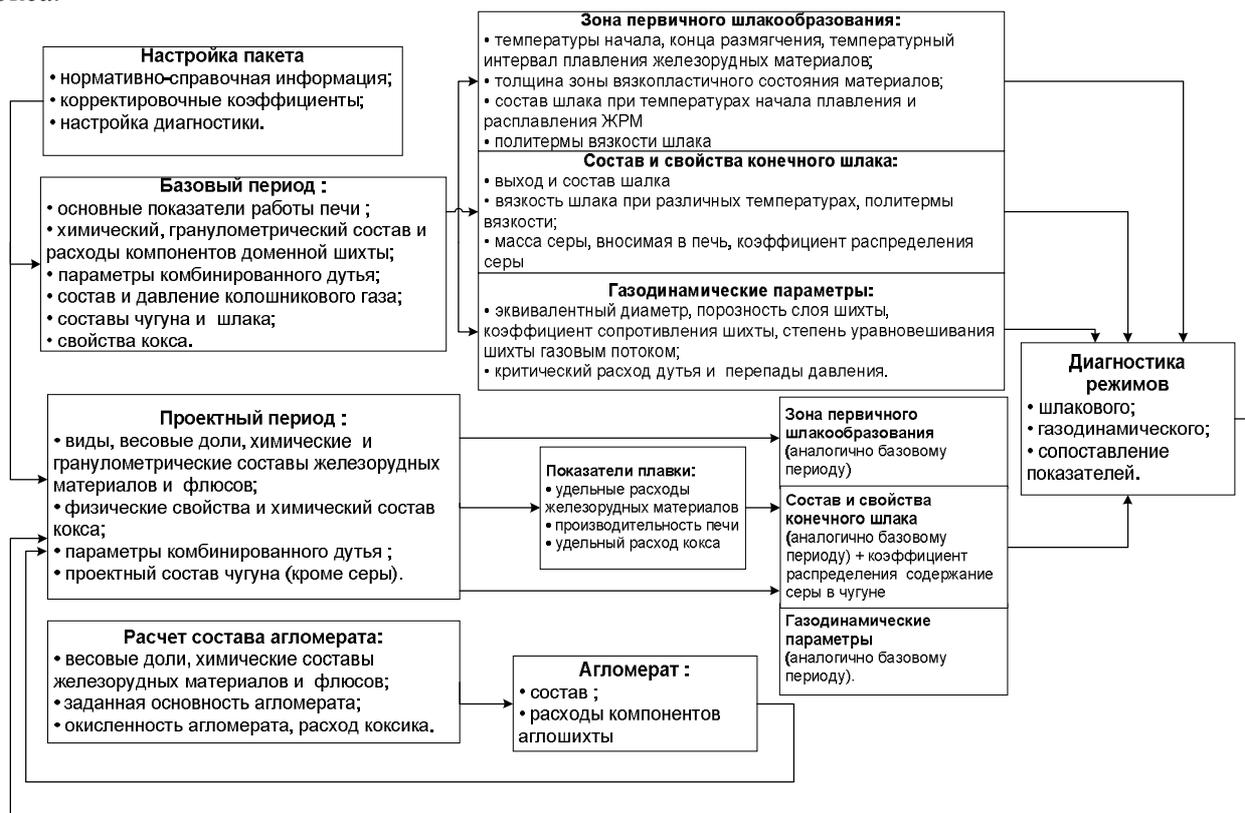


Рисунок 1 – Структура модели выбора состава железорудного сырья и флюсов

Расчет свойств агломерата. Предусмотрены два варианта расчета свойств агломерата.

1. Расчет на заданную основность агломерата (определяется расход известняка).
2. Расчет состава агломерата при известном расходе флюсов.

Для расчета температур начала размягчения (плавления) ($T_{НП}$) и расплавления (плавления) (T_p) использовались опубликованные в литературе данные и известные эмпирические уравнения. При определении температурного интервала зоны вязкопластичного состояния материалов, толщины вязкопластичного состояния материалов ($h_{ВП}$) использовались допущения о том, что газодинамическую напряженность зоны вязкопластичных масс создает слой железорудных материалов с момента 50%-ной усадки слоя, а также об экспоненциальном изменении температур в пределах нижней ступени теплообмена.

Моделирование свойств конечного шлака включает блоки:

- определения выхода, состава и политермы вязкости конечного шлака;
- расчета десульфурирующей способности шлака и содержания серы в чугуна;
- диагностики шлакового режима.

В основе расчета выхода и состава шлака (содержание в шлаке CaO, SiO₂, Al₂O₃, MnO, MgO, TiO₂) лежат уравнения материальных балансов основных химических элементов и их соединений. Выход шлака рассчитывается по балансу шлакообразующих элементов. В основе аналитического расчета вязкости шлака лежат математическая обработка диаграммы тройной шлаковой системы CaO–Al₂O₃–SiO₂ при температурах 1400 и 1500°C в области

реальных значений доменных шлаков и известная зависимость вязкости гомогенных шлаковых расплавов от температуры. Предусмотрено введение поправки на содержание в шлаке других оксидов (MgO и др.).

Параметрами полученной политермы вязкости являются: температура плавления шлака, за которую принимается ее значение, при которой вязкость шлака равна 2,5 Па·с (25 пуаз) ($t_{шл}^{2,5}$); температура шлака, соответствующая предельно допустимой вязкости шлака, условно принятая равной 0,7 Па·с (7 пуаз), ($t_{шл}^{0,7}$); вязкость шлака при заданной температуре: на выпуске ($h_{шл}$), 1400°C – ($h_{шл}^{1400}$), 1500°C – ($h_{шл}^{1500}$); градиенты вязкости шлака $\Delta h_{0,7}^{2,5}$, Δh_{1400}^{1500} ; $\Delta h_{0,7}^{2,5}$ – показывает насколько быстро шлак теряет подвижность в области пониженных температур («короткий» или «длинный» шлак) и численно равен изменению вязкости шлака при увеличении температуры шлака на 1°C в диапазоне вязкости шлака от 2,5 Па·с (25 пуаз) до 0,7 Па·с (7 пуаз); Δh_{1400}^{1500} – показывает насколько устойчив шлак в области конечных (рабочих) температур, численно равен изменению вязкости шлака на 1°C в пределах от 1400 до 1500°C.

Оценка десульфурирующей способности шлака и прогнозного содержания серы в чугуне. В основе расчета изменения содержания серы в чугуне лежит баланс серы, который составляется из всех серосодержащих компонентов шихты, шлака и чугуна. Отношение коэффициента распределения серы в проектный период (L_s) по отношению к базовому (L_s^0) определяется по уравнению, полученному на основании обработки опытных данных работы доменных печей ОАО «ММК».

Моделирование газодинамического режима. Целью моделирования является оценка влияния параметров дутья и загружаемой шихты на перепад давления в доменной печи. В основе моделирования процессов газодинамики лежит общеизвестное уравнение Эгона, позволяющее оценить влияние параметров шихты, газа, расплава и характера взаимодействия между этими потоками. В качестве критерия устойчивости слоя шихты в печи при воздействии на него газового потока принимается степень уравнивания (СУ) шихты газом.

При определении оптимального состава шихты учитывается комплекс ограничивающих параметров. В общем случае эти ограничения сводятся к следующему:

- обеспечение нормального теплового состояния печи;
- реализация рационального газодинамического режима;
- обеспечение нормального шлакового режима;
- получение чугуна с допустимым содержанием в нем серы.

При решении задач оптимизации предусмотрен учет следующих ограничений: теоретической температуры горения на фурмах T_ϕ , СУ, $h_{шл}^{1400}$, $h_{шл}^{1500}$; $\Delta h_{0,7}^{2,5}$, Δh_{1400}^{1500} , содержания серы в чугуне [S]. Предельно допустимые значения величин T_ϕ , СУ, $h_{шл}^{1400}$, $h_{шл}^{1500}$, $\Delta h_{0,7}^{2,5}$, Δh_{1400}^{1500} определялись путем анализа численных значений этих показателей в базовые периоды, которые характеризуется хорошим шлаковым и газодинамическим режимом, методом экспертных оценок. Это позволяет осуществлять настройку модели на реальный процесс путем формализации опыта инженерно-технического и технологического персонала.

Программное обеспечение выбора поставок сырья и оптимального состава шихт в аглодоменном производстве, разработанное для АРМ инженерно-технологического персонала доменного цеха и управления технологией, исследовательских центров металлургических предприятий, представляет собой комплекс информационно связанных интерактивных (диалоговых) программных модулей, объединенных в общую оболочку, включает следующие модули:

- формирования набора данных о фактических параметрах работы доменной печи

(или цеха в целом);

- определения комплекса расчетных параметров и оценку состояния процесса в базовый период;

- формирования набора данных о работе доменной печи (цеха в целом) при планировании производства, прогноза изменения показателей работы отдельных печей и цеха в целом;

- определения комплекса расчетных параметров состояния процесса при колебаниях топливно-сырьевых условий их работы, а также при изменении параметров плавки и требований, предъявляемых к химическому составу продуктов плавки;

- визуализации: отображения в табличном и графическом виде показателей работы доменного цеха за период, указанный пользователем при загрузке данных, и сопоставительного анализа работы доменных печей;

- диагностики газодинамического, шлакового и теплового режимов работы доменной печи (цеха в целом) в различные периоды.

В общем случае, рациональный режим доменной плавки при изменении поставок железорудного сырья для доменных печей, железорудных компонентов аглошихты, а также при изменении свойств кокса обеспечивается многовариантной корректировкой:

- составом железорудной части агломерационной шихты;
- расходами флюсов (известняка, доломита) в агломерационную шихту;
- расходами флюсов (известняка, кварцита и т.п.) в доменную шихту;
- соотношением компонентов железорудной части доменной шихты;
- дутьевыми параметрами и параметрами комбинированного дутья;
- любой комбинацией указанных вариантов.

Оптимальный состав доменной (агломерационной шихты). Математически решение этой задачи сводится к нелинейному математическому программированию. В программном обеспечении предусмотрены следующие варианты целевых функции:

- минимум вязкости доменного шлака конечного состава при заданной температуре; минимум содержания серы в чугуне;
- минимум удельного расхода кокса и максимум производительности;
- свертка указанных критериев с возможностью настройки весовых коэффициентов.

Дополнительно вводятся следующие ограничения, при этом задаются коридоры значений: вязкости шлака при его заданной температуре и содержании серы в чугуне; основности агломерата и шлака; степени уравнивания шихты; весовых долей отдельных компонентов доменной и агломерационной шихты, расхода флюсующих добавок, при этом учитывается, что сумма весовых долей железорудной части шихты равна единице.

Приложение расчета позволяет оперировать с неограниченным количеством как базовых, так и проектных периодов. При этом эти периоды могут находиться в различных отношениях между собой, возможна любая комбинация проектных и базовых периодов. В основу разработки информационно-моделирующей системы положена современная трехзвенная архитектура (рисунок 2).

Разработанное программное обеспечение предназначено для автоматизированного рабочего места технологического персонала доменного цеха. Его использование свидетельствует об адекватности разработанной модели, возможности адаптации модели, настройки пакета на конкретные условия функционирования системы и позволяет в режиме «советчика» выбирать виды материалов, их расходы для получения требуемого шлакового режима, а так же оценивать газодинамический режим и технико-экономические показатели доменной плавки. Внедрение системы в промышленную эксплуатацию на ОАО ММК свидетельствует о корректности используемого вычислительного алгоритма. Внедрение современной информационно-моделирующей системы позволило повысить эффективность принятия решений инженерно-техническим персоналом цеха в условиях нестабильности состава и качества проплавляемого железорудного сырья, топливно-энергетических ресурсов и изменениях в конъюнктуре рынка.



Рисунок 2 – Архитектура информационно-моделирующей системы выбора состава железорудных компонентов шихт в аглодоменном производстве

Литература

1. Спирин Н.А. Компьютерные методы моделирования доменного процесса. / О.П.Онорин, Н.А.Спирин, В.Л.Терентьев [и др]. Под ред. Н.А.Спирина. – Екатеринбург, УГТУ–УПИ. 2005. – 301 с.
2. Спирин Н.А. Информационные системы в металлургии / Н.А.Спирин, Ю.В.Ипатов, В.И.Лобанов [и др.]. Под ред. Н.А.Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2001. – 617 с.
3. Терентьев В.Л. Интегрированная модельная система поддержки принятия решений для управления доменной плавкой / В.Л.Терентьев, В.Ю.Рыболовлев, Н.А.Спирин [и др.]. – Сталь. 2004. №9. – С. 9–11.
4. Онорин О.П. Компьютерные методы моделирования газодинамического и шлакового режима доменной плавки / О.П.Онорин, Н.А.Спирин, В.В.Лавров. – Сталь. 2005. №6. – С.55–58.
5. Спирин Н.А. Программное обеспечение выбора поставок сырья и оптимального состава шихт и в аглодоменном производстве / Н.А.Спирин, М.Ф.Гибадулин, И.Е.Косаченко [и др.]. – Сталь, 2006. № 7. – С.2–5.
6. Спирин Н.А. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии / Н.А.Спирин, В.В.Лавров, С.И.Паршаков, С.Г.Денисенко. Под ред. Н.А.Спирина. – Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006. – 307 с.

МНОГОАСПЕКТНОЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ПЕРСПЕКТИВНОЙ САПР КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ

А.В. Стариков, А.А. Старикова, В.Н. Харин

Воронежская государственная лесотехническая академия, г. Воронеж

В условиях насыщающегося конкурентного рынка и низкого платёжеспособного спроса большей части населения России гарантированный сбыт мебельной продукции может быть обеспечен в рамках позаказного производства, ориентированного на удовлетворение индивидуальных запросов потребителей. Позаказное промышленное производство предъявляет повышенные требования к обеспечению сквозной информационной поддержки процессов, составляющих жизненный цикл изделий (ЖЦИ), и к управлению информационной инфраструктурой предприятия. При этом особая роль отводится комплексным САПР (CAD/CAM/CAE/PDM-системам) как важнейшим элементам CALS (ИПИ)-технологий [1].

Специализированные комплексные САПР получили широкое распространение в наукоёмких отраслях промышленности, включая машиностроение, авто-, авиа- и судостроение, микроэлектронику и вычислительную технику. В мебельной подотрасли ЛПК России специализированные САПР используются сравнительно недавно, опыт их создания и применения пока ещё невелик. Среди них наибольшую известность получили отечественные разработки, ориентированные главным образом на проектирование корпусной мебели: БАЗИС (ООО «Базис-Центр», г. Коломна Московской обл.), bCAD Мебель (ЗАО «ПроПро Группа», г. Новосибирск), КЗ-Мебель (НВЦ «ГеоС», г. Нижний Новгород) и некоторые другие. Анализ показывает, что концептуальная база известных коммерческих САПР корпусной мебели как отечественных, так и зарубежных, изначально не рассчитана на эффективную реализацию решений, удовлетворяющих различным, в ряде случаев противоречивым требованиям позаказного промышленного производства (например, повышение качества проектов при сокращении сроков проектирования). Геометрические модели, лежащие в основе данных САПР, описывают форму и особенности конструкции мебельных изделий. Как правило, они не обеспечивают всей полноты информации, необходимой для эффективной реализации различных этапов ЖЦИ.

Недостаточное информационное наполнение геометрических моделей, используемых в САПР корпусной мебели, является одним из основных препятствий для реализации современной методологии параллельного (совмещённого) проектирования. Данная методология, в отличие от традиционной методологии последовательного проектирования, позволяет сократить как общее время проектирования, так и количество совершаемых ошибок – за счёт раннего (в некоторых случаях – одновременного) старта проектных процедур различных этапов ЖЦИ. С учётом этого предложена новая парадигма автоматизированного проектирования сложной корпусной мебели, одна из целей которой – отказ от преимущественного использования геометрических моделей и переход к объектным структурно-атрибутивным моделям изделий [2].

В рамках новой парадигмы проектирования разработана концепция БОПП (БезОшибочное Проектирование и Производство), которая предлагает эффективный, практически реализуемый подход к автоматизации позаказного проектирования и производства корпусной мебели [3, 4]. Согласно данной концепции предпосылки (условия) безошибочности закладываются на этапе инжиниринга мебельных изделий, который реализуется квалифицированными специалистами – дизайнерами, конструкторами, технологами предприятия. Объектные структурно-атрибутивные модели (ОСАМ) корпусных мебельных изделий и ансамблей (КМИА), формируемые на этом этапе, характеризуются высоким уровнем абстракции. Наряду с геометрической информацией о форме изделия, они включают в себя информацию о логической структуре изделия, декомпозиции её на уровни и сопряжения элементов разных уровней между собой, а также данные о необходимых конструкторско-технологических требованиях и ограничениях (КТТО) применительно к рассматриваемому классу изделий.

ОСАМ обеспечивает многоаспектное представление проекта КМИА, которое в общем виде можно описать следующей пятёркой компонент:

$$M_{\text{ОСАМ}} = \langle G, S, R, K, T \rangle_{\alpha} , \quad (1)$$

где G – геометрический, S – структурно-атрибутивный, R – расчётно-аналитический, K – конструкторский, T – производственно-технологический компоненты проекта, α – уровень абстрагирования модели в соответствии с иерархической схемой декомпозиции объекта проектирования.

Разделение ОСАМ по уровням абстрагирования при проектировании КМИА обеспечивает следующие возможности: организация относительно независимых процессов проектирования, распределённых во времени и в пространстве на каждом из указанных уровней; работа различных специалистов в соответствии с их компетенцией и полномочиями при общей минимизации влияния субъективного фактора на качество подготовки проектов мебельных изделий.

ОСАМ КМИА ориентирована на использование высокоуровневого многоаспектного представления объекта проектирования, состоящего из комплекса структурных моделей, среди которых геометрическая модель изделия – важная, но не единственная составляющая:

$$M_{\text{ОСАМ}} = M_{\text{ОСАМ}}^{\text{Геом}} \cup M_{\text{ОСАМ}}^{\text{ЭС}} \cup M_{\text{ОСАМ}}^{\text{СтАт}} \cup M_{\text{ОСАМ}}^{\text{ГрАн}} \cup M_{\text{ОСАМ}}^{\text{КТТО}}. \quad (2)$$

Каждая из моделей, входящих в состав ОСАМ КМИА, определяет информационное обеспечение одного или нескольких этапов ЖЦИ в соответствии с требованиями позаказного промышленного производства. На начальных этапах проектирования часть информации в этих моделях содержится в форме абстрактных описаний, включённых в структуру параметрических связей, подлежащих разрешению на более поздних этапах.

Геометрическая модель $M_{\text{ОСАМ}}^{\text{Геом}}$ представляет собой объединение подпространств векторов геометрических параметров и параметров элементов сопряжения:

$$M_{\text{ОСАМ}}^{\text{Геом}} = \left(\bigcup_{i=1}^N \mathbf{U} g_i \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^N \mathbf{U} F_{i,j}^1 \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^L \mathbf{U} F_{i,j}^2 \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^P \mathbf{U} f_k \right), \quad (3)$$

где N – количество геометрических элементов в модели объекта проектирования; L – количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования; P – количество внешних структурно-сопряжённых связей объекта в рамках модели проектируемого мебельного изделия; $g_i = \{g_i^g, g_i^p, g_i^v\}$ – вектор геометрических параметров i -го элемента, включающий в себя габаритные параметры g_i^g , координаты характеристических точек параметрических кривых g_i^p , задающих форму деталей, и параметры визуализации g_i^v соответственно; $F_{i,j}^1, F_{i,j}^2$ – внутренние сопряжения элементов объекта проектирования, относящихся к разным иерархическим уровням объекта (сопряжения 1-го типа) и к различным элементам одного иерархического уровня (сопряжения 2-го типа) соответственно; f_k – внешние сопряжения объекта в рамках модели мебельного изделия.

Эскизно-структурная модель $M_{\text{ОСАМ}}^{\text{ЭС}}$ основывается на системе структурно-логической классификации элементов корпусной мебели и обеспечивает укрупнённое координатное представление мебельной конструкции. Для идентификации элементов используется система соподчинённых понятий (уровней), с помощью которых конструкцию любого изделия корпусной мебели можно представить в виде планарного графа $G_P(V, R)$. Каждая вершина (V) графа относится к одному из четырёх уровней: изделия (F -уровень), секций (S -уровень), блоков (B -уровень) или деталей (D -уровень); рёбра (R) связывают соответствующие вершины разных уровней. Следует отметить, что данная модель не является строго иерархической, поскольку в ней может иметь место так называемый «проброс» уровней, обусловленный наличием в конструкции деталей, относящихся ко всему изделию, секции или блоку (множество деталей D').

В терминах теории множеств планарный граф $G_P(V, R)$ можно представить совокупностью следующих соотношений:

$$F\text{-уровень:} \quad F = S \cup D'; \quad (4)$$

$$S\text{-уровень:} \quad S = \bigcup_{i=1}^l \mathbf{U} S_i, \quad S_i = \left(\bigcup_{j=1}^m \mathbf{U} B_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^n \mathbf{U} D'_k \right); \quad (5)$$

$$B\text{-уровень:} \quad B = \bigcup_{i=1}^p \mathbf{U} B_i, \quad B_i = \left(\bigcup_{j=1}^q \mathbf{U} D_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^s \mathbf{U} D'_k \right); \quad (6)$$

$$D\text{-уровень:} \quad D \cup D' = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}, \quad D \cap D' = \emptyset, \quad (7)$$

где S – множество секций в изделии F ; B – множество блоков; D' – множество деталей, не входящих в состав блоков; D – множество деталей, входящих в состав блоков; d_i – деталь, являющаяся элементом множества D или D' .

При изготовлении корпусной мебели важная роль отводится элементам сопряжения, обеспечивающим надёжное соединение всех деталей (панелей) конструкции и в значительной степени определяющим её долговечность. В эскизно-структурной модели $M_{OCAM}^{ЭС}$ узел сопряжения представляется абстрактным понятием – обобщённым отверстием, включающим в себя комбинацию сопрягаемых панелей и крепёжных элементов:

$$O_{ЭС}^O = \left(\bigcup_{i=1}^N P_i \right) \cup K_{ЭС}^{Кр}, \quad (8)$$

где P_i – множество сопрягаемых панелей, $K_{ЭС}^{Кр}$ – множество крепёжных элементов.

Структурно-атрибутивная модель $M_{OCAM}^{СтАт}$ представляется пространством векторов, определяющих атрибуты, направления и соподчинённость взаимосвязей элементов КМИА по всем уровням иерархической декомпозиции:

$$M_{OCAM}^{СтАт} = \left(\bigcup_{i=1}^N \mathbf{U} s_i \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^M \bigcup_{k=1}^{L_i} \bigcup_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^M \mathbf{U} S_{i,k}^j \right), \quad (9)$$

где N – количество геометрических элементов КМИА; M – количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования; L_j – мощность множества структурных элементов j -го уровня декомпозиции; $s_i = \{s_i^f, s_i^k, s_i^t\}$ – вектор структурных параметров i -го элемента, состоящих из функциональных s_i^f , конструктивных s_i^k и технологических s_i^t параметров соответственно; $S_{i,k}^j$ – вектор связей k -го структурного элемента i -го уровня декомпозиции с элементами других уровней.

Структурно-атрибутивная модель $M_{OCAM}^{СтАт}$ позволяет сопоставить с любым мебельным объектом (F , S , B , D или D') ряд основных свойств, каждое из которых можно отнести к одной из следующих двух групп: атрибуты объекта (параметры мебельной конструкции) и отношения (взаимосвязи) между объектами. С учётом специфики конструирования корпусной мебели можно выделить следующие отношения между объектами (элементами) модели КМИА: вложенности, или принадлежности (\in), выравнивания (\equiv), пропорциональности (\div), симметрии (\perp), зеркальности, или осесимметричного отражения (Ξ), сопряжения (\leftrightarrow).

Различные типы отношений между элементами модели мебельного изделия можно представить в виде хроматического (цветного) мультиграфа, структурированного по уровням в соответствии с (4)–(7) и являющегося объединением суграфов:

$$G(V, E) = G_N \cup G_A \cup G_S \cup G_I \cup G_M \cup G_P. \quad (10)$$

Каждый из суграфов в составе мультиграфа отражает присущие ему свойства отношений:

$$G_N(V, E_N); G_A(V, E_A); G_S(V, E_S); G_I(V, E_I); G_M(V, E_M); G_P(V, E_P), \quad (11)$$

где $E_N \subset E$ – множество отношений вложенности, $E_A \subset E$ – выравнивания, $E_S \subset E$ – симметрии, $E_I \subset E$ – сопряжения, $E_M \subset E$ – зеркальности, $E_P \subset E$ – пропорциональности.

Цвета в мультиграфе используются как для окраски вершин, что позволяет представить иерархию объектов, сгруппированных по уровням, так и для окраски рёбер, задающих различные отношения между элементами одного или разных уровней иерархии.

Представленная выше форма описания структуры объекта, комбинирующая графические (граф) и лингвистические (нотация, обозначающая отношения между

элементами объекта) средства, получила название графоаналитической модели $M_{\text{ОСАМ}}^{\text{ГрАн}}$. Формально она может рассматриваться как мультимножество

$$M_{\text{ОСАМ}}^{\text{ГрАн}} = \{S_{\text{ГрАн}}, R_{\text{ГрАн}}\}, \quad (12)$$

где $S_{\text{ГрАн}} = \{\{F\}, \{S\}, \{B\}, \{D\}, \{D'\}\}$ – множество структурированных элементов КМИА в соответствии с соотношениями (4)–(7), $R_{\text{ГрАн}} = \{\in, \equiv, \div, \perp, \Xi, \leftrightarrow\}$ – множество операторов отношения между элементами, $D, D' \subseteq B \subseteq S \subseteq F$, $\forall e_i, e_j \in F$, $e_i P e_j$, $P \in R_{\text{ГрАн}}$.

Ряд отношений, представленных в графе описания мебельной конструкции (10), характеризует как взаимосвязи между различными элементами, так и свойства отдельно взятых элементов. К ним относятся отношения пропорциональности, симметрии и зеркальности. Такой тип свойств выделяется в отдельную группу, получившую название ассоциативно-атрибутивных свойств модели описания мебельной конструкции.

При решении задачи обхода графа с целью отыскания вершин, обладающих заданными свойствами и/или отношениями, важным оказывается свойство его структурированности, т.е. возможность разделения мультиграфа на ряд суграфов (11). Таким образом, мультиграф можно представить в виде набора слоёв, в каждом из которых отражается конкретный тип отношений между его вершинами. Формирование слоёв выполняется в процессе подготовки эскизно-структурной модели, при этом для хранения данных о структуре каждого слоя используются матрицы соответствующих отношений.

Графоаналитическую модель $M_{\text{ОСАМ}}^{\text{ГрАн}}$ предлагается использовать в качестве формализованного средства для передачи требований дизайнерского проектирования мебельного изделия на более поздние этапы и, в частности, на этап реинжиниринга, выполняемый при приёме индивидуальных заказов. Для данной модели реализованы алгоритмы обработки, которые аналогичны алгоритмам работы с графами, использующим матрицы смежности и инцидентности.

Каждое из введённых выше отношений между элементами конструкции мебельного изделия можно представить в виде квадратной матрицы, условно называемой матрицей отношения (например, матрица отношения вложенности, отношения выравнивания и т.д.). Такая матрица подобна матрице смежности обычного графа, т.е. в любой её позиции записано числовое значение: 0 или 1 – в зависимости от выполнения соответствующего отношения между элементами. Сама же матрица смежности мультиграфа считается основной, поскольку она определяет его топологию.

Структурно-атрибутивная модель $M_{\text{ОСАМ}}^{\text{СтАт}}$ мебельного изделия расширяет введённое выше понятие хроматического мультиграфа, дополняя множество его окрашенных рёбер окрашенными петлями. Каждая петля, для которой одна и та же вершина является одновременно и входной и выходной, представляет какой-либо внешний атрибут элемента, например, одно из геометрических свойств (привязка элементов структуры, привязка к узлам сетки, ориентация элементов структуры, простановка размеров) или свойств материала (цвет, текстура, чистота обработки, покрытие).

Конструкторский и производственно-технологический компоненты ОСАМ КМИА реализуются комплексом КТТО – структурированными и абстрагированными от специфики конкретного предприятия формальными соотношениями и алгоритмами, определяющими допустимость проектных решений. КТТО включаются в модель на верхних уровнях абстракции и реализуются в автоматическом режиме при каждом понижении уровня, вплоть до уровня исполнительных координат. Формально их можно представить в следующем виде:

$$M_{\text{ОСАМ}}^{\text{КТТО}} = \left(\begin{array}{ccc} N & M & P \\ \mathbf{U} & \mathbf{U} & \mathbf{U} \\ i=1 & j=1 & k=1 \end{array} K_{ijk} \right), \quad (13)$$

где N – количество геометрических элементов в объекте проектирования; M – количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования; P – количество внешних структурно-сопряжённых связей объекта в рамках модели мебельного ансамбля; K_{ijk} – подмножество КТТО, предъявляемых к объекту проектирования j -м уровне декомпозиции текущего уровня абстрагирования.

Расчётно-аналитический компонент ОСАМ КМИА определяется замкнутостью пространства параметров, адаптированных к структурно-атрибутивному представлению объектов проектирования и достаточных для автоматической реализации алгоритмов инженерно-технического анализа мебельного изделия при переходе в пространство исполнительных координат. Множество параметров, включённых в ОСАМ КМИА, является достаточным для выполнения следующих видов анализа, отсутствующих в существующих САПР корпусной мебели [5]: прочностные расчёты статически и динамически нагруженных элементов разрабатываемых мебельных изделий; экспресс-анализ устойчивости разрабатываемых изделий в процессе их дальнейшей эксплуатации; экспресс-анализ экологичности разрабатываемых мебельных изделий с учётом используемых для их изготовления конструкционных и декоративно-облицовочных материалов.

Параллельное проектирование предъявляет особые требования к подсистеме управления проектами в САПР. В распространённых САПР корпусной мебели подобная подсистема либо вообще отсутствует, либо её функциональность существенно ограничена. Для решения задачи эффективного автоматизированного управления информационной инфраструктурой САПР предложена обобщённая информационная модель распределённого процесса проектирования, представленная многоаспектной, конвейерной и сетевой моделью, в которой [6]:

- аспекты отражают этапы проектирования объекта, а также процесс последовательной детализации объекта в ходе проектирования;
- конвейер отражает механизмы передачи данных между этапами проектирования (не обязательно соседними), а также спектр передаваемых данных;
- сетевая структура отражает параметрические связи между отдельными характеристиками проектируемого объекта.

В качестве математического представления для информационной модели проекта, используемой для целей управления, может быть использован конечный гиперграф $H(X, E; R)$, где X – множество n вершин x_i , ассоциированных с разрабатываемыми частями проекта в различных аспектах; E – множество m ребер e_j , представляющих отношения между вершинами, т.е. между частями проекта; $R = f(x, e)$ – логическая функция (инцидентор), определенная для $\forall x_i \in X$, $\forall e_j \in E$ и принимающая значение «истина» (1), если x_i и e_j инцидентны, или «ложь» (0) – в противном случае.

В комплексной САПР обработка каждого проекта организуется по принципу информационного конвейера, обрабатываемыми элементами которого являются прикладные программы, образующие технологический маршрут проектирования и реализующие проектные процедуры, а обрабатываемыми объектами – фрагменты, полученные в результате декомпозиции проекта. С технологической точки зрения общая схема процесса проектирования представляется набором связанных проектных процедур. Математически её можно описать ориентированным графом $G(V, D)$, вершины V которого ассоциированы с проектными процедурами технологического маршрута проектирования, а дуги D – с информационными связями между этими процедурами.

С концептуальной точки зрения процесс проектирования может быть представлен асинхронным последовательно-параллельным конвейером с системным интерфейсом контейнерного типа. Асинхронный режим функционирования конвейера проектирования обусловлен стохастическим характером временных затрат, требуемых каждой проектной процедуре на выработку проектного решения и обеспечивается за счёт использования

хранилища информационных контейнеров. Наличие хранилища контейнеров с проектными решениями позволяет объединить в одном технологическом маршруте проектные процедуры различной производительности и обеспечить тем самым максимальную загрузку конвейера.

Теоретический и методологический аспекты, рассмотренные выше, использованы в ходе совершенствования математического, программного и информационного обеспечения перспективной САПР корпусной мебели для позаказного промышленного производства.

Литература

1. Стариков, А.В. Современное состояние и задачи развития позаказного промышленного производства корпусной мебели в России [Текст] / А.В. Стариков, А.А. Штондин, А.И. Штондина // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: межвуз. сб. науч. тр. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2006. – Вып. 11. – С. 255-261.

2. Бунаков, П.Ю. Новая парадигма проектирования САПР сложной корпусной мебели для позаказного промышленного производства [Текст] : моногр. / П.Ю. Бунаков, А.В. Стариков, А.А. Старикова, В.Н. Харин. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 319 с.

3. Стариков, А.В. Основные положения концепции «безошибочного» проектирования и производства сложных изделий корпусной мебели и особенности их реализации [Текст] / А.В. Стариков, В.Н. Харин, П.Ю. Бунаков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: межвуз. сб. науч. тр. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2005. – Вып. 10. – С. 233-237.

4. Стариков, А.В. Концепция построения комплексной САПР корпусной мебели для позаказного промышленного производства [Текст] / А.В. Стариков // Системы управления и информационные технологии. – 2006. – №2.1 (24). – С. 197-200.

5. Бунаков, П.Ю. Многоаспектное представление проекта в концепции безошибочного проектирования и производства корпусной мебели [Текст] / П.Ю. Бунаков, А.В. Стариков, И.А. Бакулин, А.А. Старикова, В.Н. Харин // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2008. – №4 (61). – С. 76-85.

6. Стариков, А.В. Управление сложными проектами в интегрированных САПР [Текст]: моногр. / А.В. Стариков, В.Н. Харин. – Воронеж: ВГУ, 2002. – 134 с.

К ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ МАТЕРИАЛОВ¹

С.Н. Старовацкая

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Одной из задач материаловедения является управление свойствами материалов путем изменения их микроструктуры внешними воздействиями. Для достижения этой цели необходимо более полное привлечение методов и средств теории управления. В настоящее время эта задача решается проведением натуральных экспериментов для оптимизации свойств материалов, либо построением моделей внутренних механизмов. И в том, и в другом случае практически не используются методы планирования эксперимента, регулярные и поисковые методы оптимизации. Кроме того, оценка свойств материалов производится зачастую по локальным показателям.

Важно отметить, что оптимальные траектории термической обработки для получения заданной структуры и свойств получают, проводя эксперименты на натуральных образцах. При этом параметры термической обработки определяют последовательным перебором значений, не уделяя должного внимания методам планирования эксперимента. Проведение большого

¹Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проектам №08-07-00226-а, №08-07-12016-офи.

числа натуральных экспериментов зачастую связано со значительными материальными и временными затратами, которые можно было уменьшить применяя математические модели для расчета и прогнозирования структурных и физико - механические характеристик материалов. Имеющиеся к настоящему времени математические модели свойств, полученные эмпирическим путем, имеют ограниченную область применения, так как эксперименты проводятся в основном на идеальных материалах и не учитывают особенностей строения реальных материалов.

Многообразие структурных элементов создает широкий диапазон для исследования влияния их характеристик на свойства материалов различной природы. Для количественного описания всех уровней структурных элементов нужен качественно новый интегральный показатель. Отсюда вытекает необходимость решения задачи построения моделей структурообразования на принципиально новой основе. В качестве таковой может быть использована теория фракталов, которая исходит из совершенно иных представлений об организации физического пространства, чем классическая евклидова геометрия. Теория фракталов позволяет с единых позиций решить задачу описания всей иерархии структурных уровней в сложных материалах. Попытки построения количественных зависимостей физико – механических свойств материалов различной природы от структурных характеристик с учетом фрактальной размерности уже предпринимались в работах [1-6].

Планирование натуральных экспериментов с целью получения математической модели и управления структурой и свойствами материалов может объединяться с методом динамического программирования [7]. Однако применение его в задачах материаловедения напрямую сопряжено с определенными трудностями, так как метод динамического программирования предназначен для поиска оптимальных траекторий процессов при наличии адекватных во всей области экспериментов моделей объектов (процессов) исследования. Такие модели построены только для относительно простых процессов, да и то при существенных допущениях, не позволяющих их эффективно использовать для решения практических задач.

Необходима трансформация динамического программирования для условий неопределенности с одновременной оптимизацией процесса и построения частичных (в окрестности натуральных экспериментов) математических моделей объектов исследования.

Таким образом, для эффективного управления структурой и свойствами материалов, требуется решить две основные задачи:

- построить фрактальные модели свойств и структурных особенностей металлов;
- трансформировать метод динамического программирования в условиях существенной неопределенности при отсутствии полных моделей объектов исследования.

Литература

1. Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. М.: Наука, 1992. 160 с.
2. Кулак М. И. Фрактальная механика материалов. Минск.: Выш. шк., 2002. 304с.
3. Рехвиашвили С. Ш. Теплоемкость твердых тел фрактальной структуры с учетом ангармонизма колебаний атомов // ЖТФ, 2008, том 78, вып. 12, С. 54-58.
4. Герасименко Н.Н., Апрелов С.А. Фрактальные методы анализа степени упорядоченности наноструктур// Российские нанотехнологии, 2007, том 2, №1-2, С. 136-139.
5. Барахтин Б.К., Мещеряков Ю.И., Савенков Г.Г. Динамические и фрактальные свойства стали СП-28 в условиях высокоскоростного нагружения. // ЖТФ, 1998, том 68, вып. 10, С. 43-49.
6. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Панин А.В., Моисеенко Д.Д. Природа локализации пластической деформации твердых тел // ЖТФ, 2007, том 77, вып.8, С. 62-69.
7. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: ИЛ, 1960. 400с. (Bellman R.E. Dynamic Programming. Princeton: Princeton University Press, 1957. 366 p.)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ И ПЛАНИРОВКИ УЧАСТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

А.Н. Стародубов, В.В. Зиновьев

Учреждение Российской академии наук Кемеровский научный центр
Сибирского отделения РАН, г. Кемерово

Исследования научных разработок показали, что на сегодняшний день нет продукта или методологии, позволяющих с высокой скоростью и достаточной точностью разработать автоматизированную производственную систему с заданными или наилучшими параметрами. Предлагаемые аналитические и численные методы часто не позволяют описать отдельные элементы системы и взаимодействие между ними, приходится принимать серьезные упрощения и допущения, чтобы отобразить динамику моделируемой системы. Не малую роль в работе системы играют внецикловые потери. Имеющиеся методики расчета учитывают внецикловые потери статическим коэффициентом, который приблизительно определяется только для типовых существующих производств. Созданная в работе классификация типов внецикловых потерь показала, что они существенно влияют на производительность технологической системы и могут составлять до 40% технологического времени [1,2].

Наиболее эффективным является имитационное моделирование, при котором динамика системы отображается в ЭВМ некоторым алгоритмом, моделирующим ее поведение [3]. Имитационное моделирование отображает на компьютере динамику взаимодействия элементов системы во времени и пространстве, кроме того, оно эффективно, когда необходимо проследивать динамику развития процесса в нестандартных и аварийных ситуациях, а также на очень коротких и очень длинных промежутках времени. Большинство таких задач не поддаются аналитическому решению.

Наиболее распространен специализированный язык GPSS (General Purpose Simulation System) [4]. В машиностроении язык GPSS применен для моделирования транспортной системы, проектирования систем конвейеров и др. [5].

Для разработки моделей автоматизированных производств и проведения имитационных экспериментов разработана классификация компоновок АПС и выявлены возможные варианты. В основе классификации лежит используемая автоматизированная транспортно-складская система: рольганг, мостовой кран, кран-штабеллер, конвейер и др.

Автоматизированное производство представляется в виде системы массового обслуживания (СМО). Функционирование рабочего места (т.е. единицы технологического оборудования и промышленного робота) отображено многоканальной однофазной или многофазной СМО, где параллельно работающие приборы будут обслуживать заявки, и моделировать совместное выполнение операций по обработке заготовок (рисунок 1).

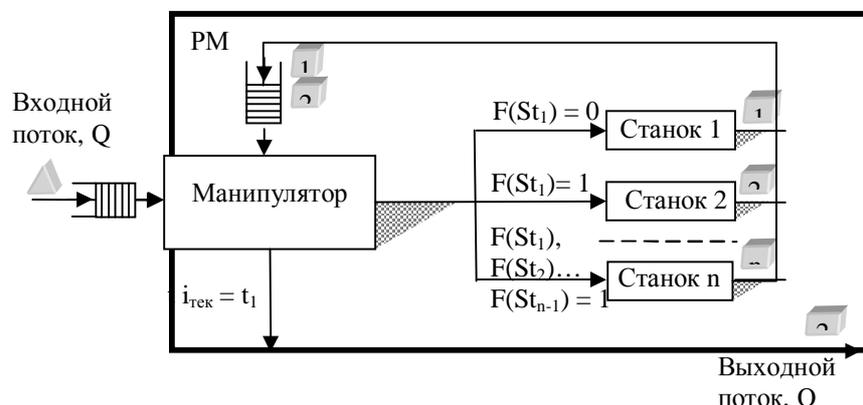


Рисунок 1 – Рабочее место в виде многофазной многоканальной СМО

Подобная СМО имеет стандартное формульное математическое описание.

Несколько рабочих мест при помощи транспортно-складской системы объединяются в АПС. Таким образом, любая автоматизированная производственная система отображается сетью многофазных одноканальных и/или многоканальных СМО без отказов с простейшей дисциплиной обслуживания FIFO и ограниченным входным потоком заявок, который соответствует производственному плану. Заявками являются заготовки. Обслуживание заявок заключается в задержке их на время выполнения операций фрезерования, сверления, точения и др. в приборах, имитирующих оборудование АПС. Выходной поток представляет готовые изделия (рисунок 2).

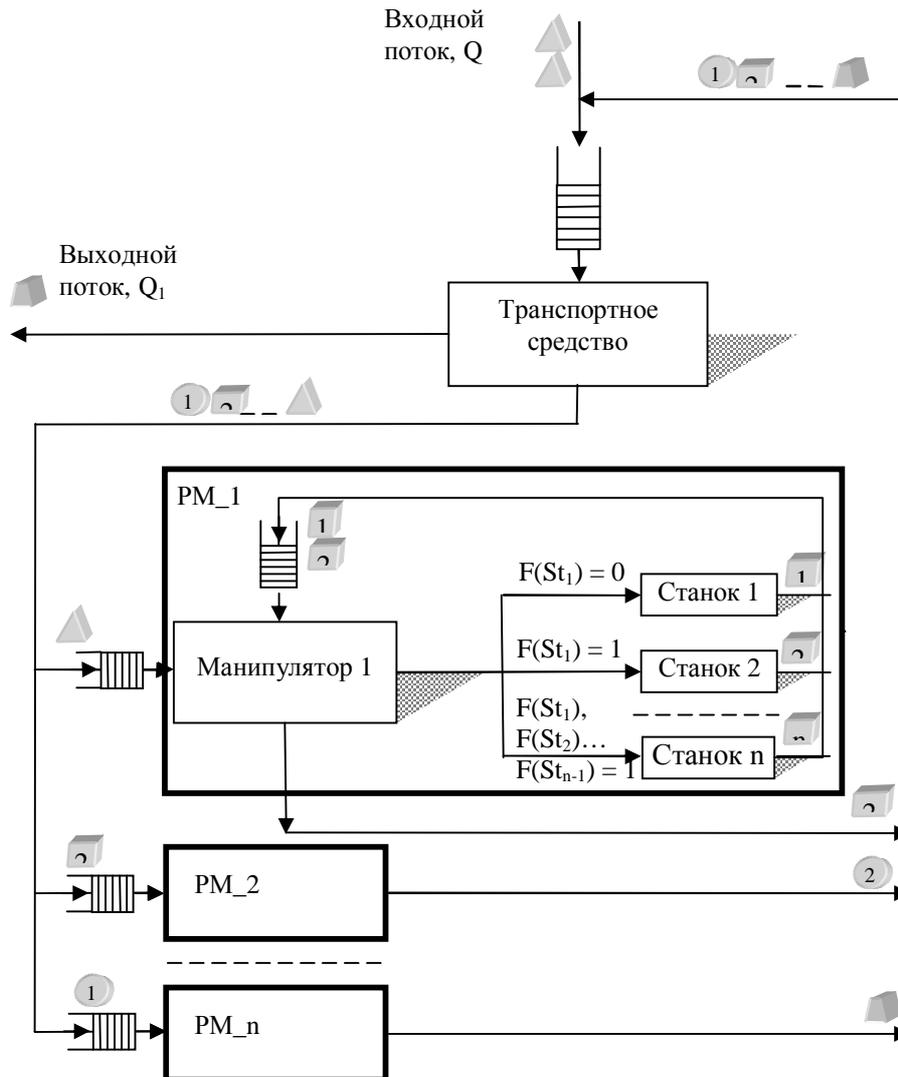


Рисунок 2 – АПС в виде сети многофазных многоканальных СМО без отказов

Проблемой такого подхода является сложность математического описания сети СМО. В настоящее время существуют различные методики решения подобных сетей. Некоторые авторы [6] предлагают разбивать сеть СМО на более мелкие системы, приводя их к какой-либо стандартной классификации, например символики Кендалла (общий вид: $G1/G2/m/N/r/f$...). Однако в таком случае получить реальные характеристики системы не представляется возможным. Американский ученый Leonard Kleinrock [6] предложил методику расчета СМО практически любой сложности, но данная методика применима только для СМО с показательным законом распределения. Ученые из Нью-Джерси Edward D. Lazowska, John Zahorjan, G. Scott Graham и Kenneth C. Sevcik предложили метод постепенного приведения сети СМО к элементарной системе. Этот метод позволяет получить характеристики всей системы в целом. Однако он применим для случая, когда каждый последующий прибор

обслуживания имеет меньшее время обслуживания, чем предыдущий. Причем прибор рассматривается как «черный ящик», характеристики которого получить не возможно.

Исходя из вышеуказанного, для решения задачи получения характеристик элементов СМО и всей сети в целом был применен имитационный подход.

На основе полученной системы массового обслуживания АПС с различным типом применяемого транспортного средства представляются в виде блок-схемы и с использованием языка GPSS/H создаются имитационные модели. Например, на рисунке 3. представлена блок-схема имитационной модели АПС с использованием крана-штабелера.

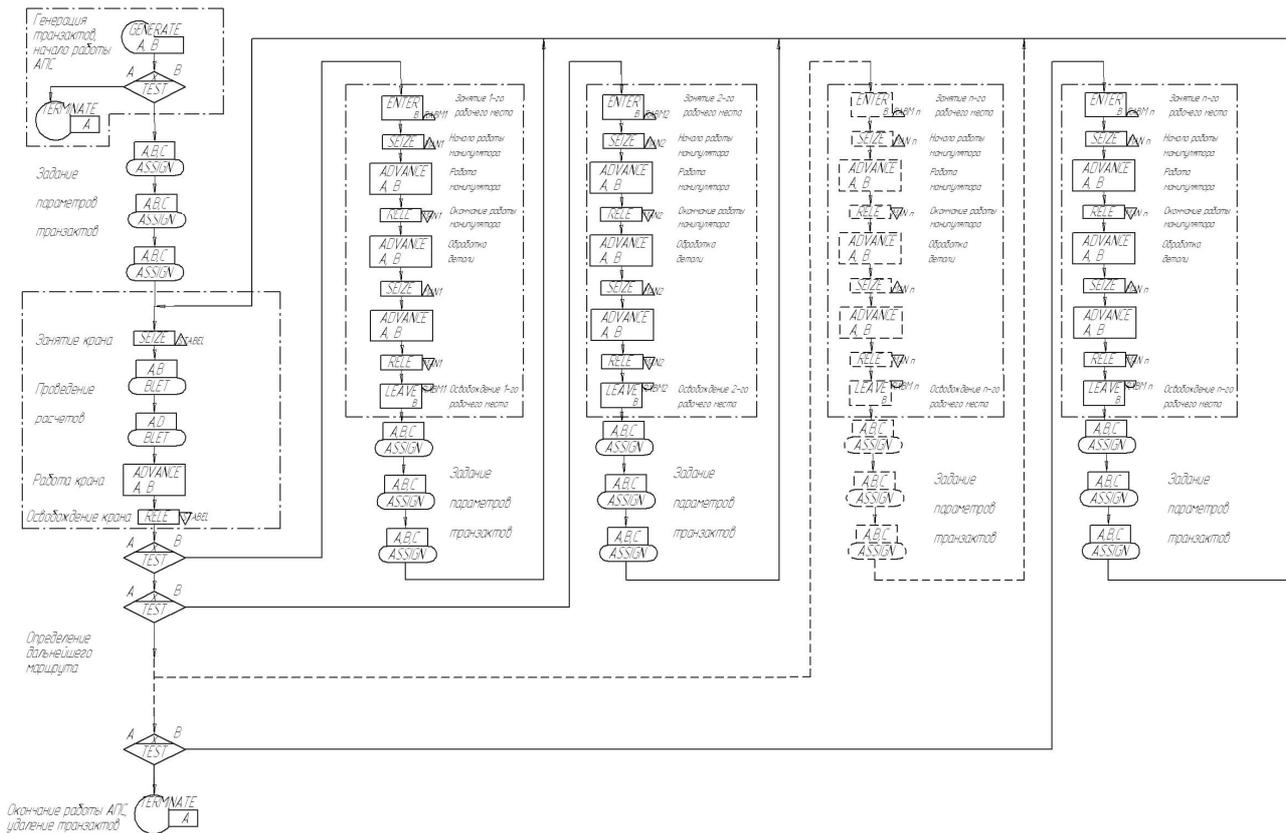


Рисунок 3 – Блок-схема GPSS/H-модели АПС с краном-штабелером.

На основе построенных блок-схем с использованием специализированного языка имитационного моделирования GPSS/H [4] разработаны модели АПС с различными типами применяемой АТСС. Фрагмент такой модели представлен на рисунке 4.

```

KRSHТ - Notepad
Send Feedback
File Edit Format View Help

GETLIST FILE=DANNIE, (&NST5)
GETLIST FILE=DANNIE, (&TOBR5)
GETLIST FILE=DANNIE, (&TPOW5)

GETLIST FILE=DANNIE, (&NST6)
GETLIST FILE=DANNIE, (&TOBR6)
GETLIST FILE=DANNIE, (&TPOW6)

GETLIST FILE=DANNIE, (&NST7)
GETLIST FILE=DANNIE, (&TOBR7)
GETLIST FILE=DANNIE, (&TPOW7)

MAR
MATRIX MX,2,10
INITE MX$MAR(1,1),1/MX$MAR(1,2),&ST1/MX$MAR(1,3),&ST2/MX$MAR(1,4),&ST3/MX$MAR(1,5),&ST4/MX$MAR(1,6),&ST5/
MX$MAR(1,8),&ST7/MX$MAR(1,9),&ST8

INITE MX$MAR(2,1),&XSZ/MX$MAR(2,2),&XST1/MX$MAR(2,3),&XST2/MX$MAR(2,4),&XST3/MX$MAR(2,5),&XST4/MX$MAR(2,6)
MX$MAR(2,8),&XST7/MX$MAR(2,9),&XST8

**DAL
TERM &TOBR1..100,4PL
*
TEST L S(SST1),&NST1,DAL

ASSIGN 1,MX$MAR(2,1),PL * КООРДИНАТЫ ТЕКУЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ЗАЯВКИ (СКЛАД ЗАГОТОВОК)
ASSIGN 3,MX$MAR(1,2),PL * НОМЕР СЛЕДУЮЩЕГО РАБОЧЕГО МЕСТА
ASSIGN 2,MX$MAR(2,2),PL * КООРДИНАТЫ СЛЕДУЮЩЕГО РАБОЧЕГО МЕСТА

KРАН
ASSIGN 4,2,PL
SEIZE KРАН$HT
BLET &A=ABS(&TEK-PL1) * РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ТЕКУЩИМ ПОЛОЖЕНИЕМ КР.ШТ. И Р.М., ОТКУДА ПРИШЛА ЗАЯВКА
&B=ABS(PL2-PL1) * РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ Р.М., ОТКУДА ПРИШЛА ЗАЯВКА, И Р.М., КУДА ОНА ДОЛЖНА БЫТЬ ДОСТАВЛ
ADVA (&A+&B)/(&V) * ПЕРЕМЕЩЕНИЕ КР.ШТ. ОТ ТЕКУЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ДО ДАННОГО Р.М. И ДО СЛЕД. Р.М.

RELE KРАН$HT
BLET &TEK=PL2
TEST NE PL3,0,YSE * ТЕКУЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ КР.ШТ.
TEST NE PL3,1,RABM1 * ПРОВЕРКА НА ОКОНЧАНИЕ ОБРАБОТКИ
TEST NE PL3,2,RABM2
TEST NE PL3,3,RABM3
TEST NE PL3,4,RABM4
TEST NE PL3,5,RABM5
TEST NE PL3,6,RABM6
TEST NE PL3,7,RABM7
    
```

Рисунок 4 – Фрагмент GPSS/H-модели АПС с краном-штабелером

Одна из главных проблем при моделировании АПС – проверка соответствия разработанной модели реальной системе, т.е. адекватность – решена стандартными методами: для верификации модели – метод построения логической блок-схемы и интерактивный контроль за ходом моделирования при помощи программ отладки, для валидации модели – метод аналитического подсчета характеристик и сравнение их с модельными результатами (рисунок 5).

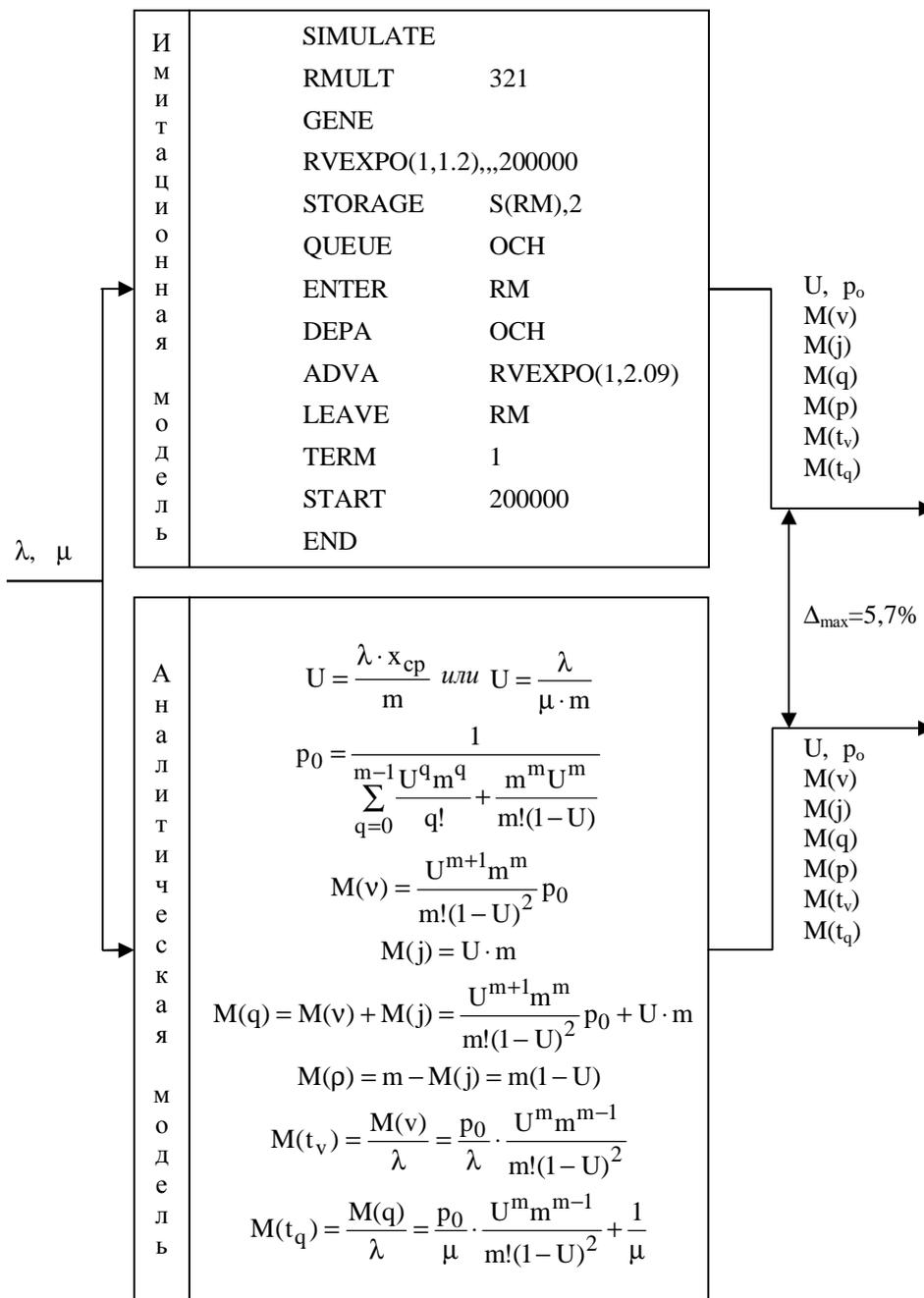


Рисунок 5 – Принципиальная схема валидации моделей АПС: λ - интенсивность поступления требований; μ - интенсивность обслуживания требований; a - среднее время интервалов между поступлениями требований; x_{cp} - среднее время обслуживания требований

С помощью указанных методов установлено, что отклонение результатов имитационных экспериментов от расчетных значений не превышает 5-7%. В таблице 1 приведен пример результатов валидации для системы вида М/М/м (СМО с экспоненциальным распределением моментов поступления требований, экспоненциальным распределением времени обслуживания требований в m одинаковых параллельно работающих приборах, с безграничной очередью).

Таблица 1 – Пример валидации модели АПС вида М/М/т

Наименование характеристики	Результаты аналитических расчетов	Результаты имитационных экспериментов	Отклонение %
Коэффициент использования, U	0,87	0,875	0,6
Вероятность, что система свободна, p_0	0,07	0,067	4,3
Ср. число требований в очереди, $M(v)$	5,5	5,8	5,2
Ср. число требований в приборе, $M(j)$	1,74	1,75	0,6
Ср. число требований в системе обслуживания, $M(q)$	7,24	7,55	4,3
Ср. число свободных приборов, $M(p)$	0,26	0,25	3,8
Ср. время ожидания в очереди требованием обслуживания, $M(t_v)$	6,6	7,0	5,7
Ср. время пребывания, требования в системе, $M(t_q)$	8,69	9,09	1,5

Следующим шагом создания комплекса программ является разработка интерфейса.

Интерфейс отвечает за взаимодействие программного комплекса и пользователя, предоставляет визуальное отображение планировки по средствам 3-х мерной графики. Интерфейс напрямую взаимодействует с 3D-модулем, передавая параметры планировки, для визуального отображения, и получает список доступного оборудования. Интерфейс так же взаимодействует с оптимизирующим модулем, предназначенный для поиска рационального варианта (рисунок 5).

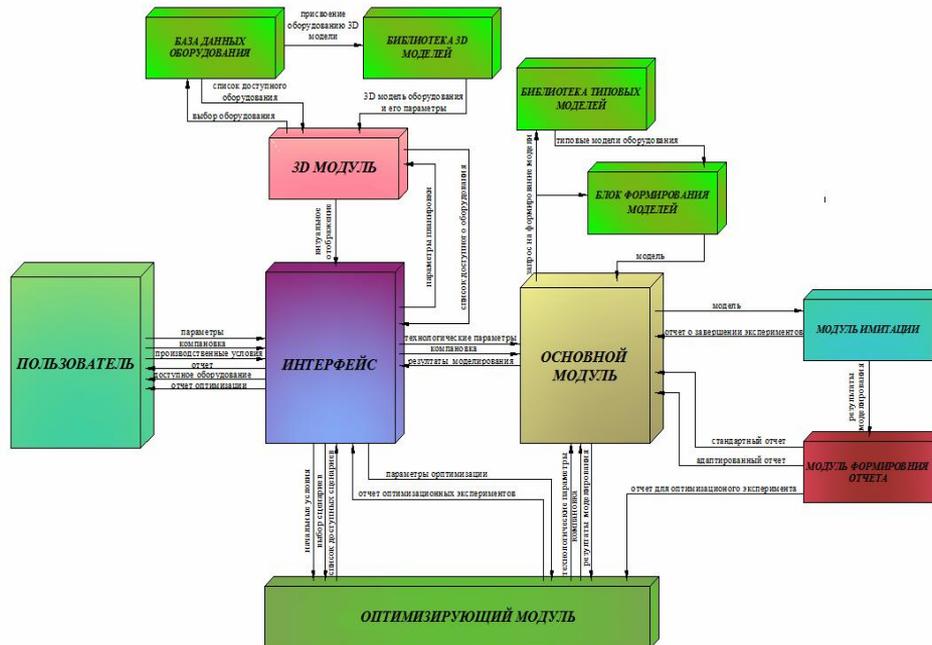


Рисунок 5 – Структурная схема комплекса программ моделирования АПС

В результате проведения экспериментов на дискретно-стохастических динамических моделях получают определенное число массивов значений параметров АПС: производительности АПС, загрузки транспортного средства и рабочих мест при изменении планировки участка, временных характеристик оборудования для основных вариантов АПС, количество деталей, находящихся в очередях перед приборами (что соответствует необходимой емкости накопителей) [5]. Анализ полученных данных позволяет выявить эффективные пути повышения производительности и загрузки оборудования для вариантов

автоматизированных производств. Пример подобного анализа полученных массивов данных на примере кран-штабелера представлен на рисунке 6.

Рисунок 6 – Пример обработки результатов экспериментов
Литература

1. Шаумян, Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г.А. Шаумян, Л.И. Волчкевич, М. М. Кузнецов – М. : «Машиностроение», 1973. – 472 с.
2. Волчкевич, Л.И. Автоматы и автоматические линии. Ч. 1. Основы проектирования: учебное пособие для вузов/ Л.И. Волчкевич, М. М. Кузнецов, Б. А. Усов; под редакцией Г. А. Шаумян – М., «Высшая Школа», 1976. – 230 с.
3. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебное пособие для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. / Советов, Б.Я., Яковлев С.А. – М. : «Высшая школа», 2001. – 319 с.
4. Кельтон В. Имитационное моделирование. Классика CS. : книга / Кельтон, В., Лоу, А. – 3-е изд. – СПб. : Питер; Киев : Издательская группа ВНУ, 2004. – 847 с.
5. Зиновьев, В.В. Опыт имитационного моделирования сложных производственных систем / В.В. Зиновьев, В.Н. Кочетков // Вычислительные технологии. – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2008. – Том 13, Спецвыпуск № 5. – С. 51-55.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432с.
7. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука : книга / Шеннон, Р. - М.: Мир, 1978, – 420 с.
8. Зиновьев, В.В. Моделирование автоматизированных производственных систем с помощью имитационного подхода / В.В. Зиновьев, А.Н. Стародубов // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-20 // сб. трудов XX Междунар. науч. конф. В 10 т. Т.4. / под общ. ред. В.С. Балакириева. - Ярославль: Яросл. гос. техн. ун-та, 2007. - С. 145-148.

О НАСТРОЙКЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.Б. Трофимов, С.М. Кулаков

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

1. Исследование особенностей настройки искусственных нейронных сетей (ИНС) в системах управления.

В последнее время активно развиваются методы анализа и синтеза систем автоматического управления на базе ИНС [1 ÷ 5]. Это объясняется следующими причинами: а) нейронные сети – это один из лучших способов аппроксимации сложных зависимостей при наличии достаточно большого объема обучающей выборки, а также «грамотного» синтеза структуры сети; б) использование нелинейных функций активации в ИНС обеспечивает более эффективную реализацию нелинейных отображений (это достоинство

наиболее значимо для решения задач регулирования с существенными нелинейностями, для которых традиционные подходы пока не дают практически реализуемых решений); в) необходимым условием применения традиционных методов оптимального и адаптивного управления является наличие большого объема априорной информации об объекте (благодаря способности ИНС к обучению и самообучению для нейрорегуляторов такой объем априорной информации не требуется, в связи с этим можно утверждать, что нейрорегуляторы пригодны для управления в условиях существенных неопределенностей); г) высокая параллельность ИНС является предпосылкой надежной эффективной реализации программно-аппаратной поддержки нейрорегуляторов; д) высокое быстродействие за счет распараллеливания входной информации в сочетании с обучаемостью нейронных сетей; е) многократно отмечаемое в научной литературе, но пока недостаточно исследованное, свойство ИНС монотонно уменьшать качество работы при увеличении числа вышедших из строя элементов, а также отсутствие изменения качества работы ИНС при значительных изменениях параметров схем, реализующих ее элементы.

К основным достоинствам искусственных нейронных сетей следует отнести следующее: 1) быстрое «доучивание» за счет использования предыдущей карты синапсов (весовых коэффициентов); 2) большое количество входных элементов, что позволяет учитывать внешние воздействия, которые обуславливают нестационарность процесса; 3) отсутствие некоторых жестких статистических предпосылок о свойствах данных, подаваемых на вход сети (например, нормальное распределение, стационарность, или что искомая зависимость является линейной); 4) возможность в полной мере учитывать экспертную информацию; 5) способность к самообучению, что является исключительной прерогативой не только человеческого мозга, но и любого живого организма; 6) нейронные сети в сочетании с нечеткими множествами являются практически единственным средством решения сложных задач в условиях неопределенности, без существенных материально-технических затрат; 7) способность воспроизводить сложные нелинейные зависимости; 8) высокая надежность; 9) уникальная способность обучаться на примерах и «узнавать» в потоке зашумленной и противоречивой информации черты ранее встреченных ситуаций (образов); 10) обработка большого объема данных за короткое время; 11) хорошая работа с временными последовательностями, в которых мал интервал наблюдений; 12) ориентация на решение задач, имеющих следующие особенности: отсутствие «простого» механизма, позволяющего находить эффективные решения в разнообразных «сложных» ситуациях; наличие достаточно большого числа примеров оптимальных решений, найденных экспертом для различных типопредставительных ситуаций; наличие большого объема данных о внешних влияющих факторах; зашумленность, частичная противоречивость, неполнота или избыточность исходных данных.

Нейронные сети обладают и недостатками, такими как: 1) аппаратная реализация нейронной сети затруднена при росте числа промежуточных слоев или нейронов в отдельном слое; 2) отсутствует возможность оперативного контроля числа неисправных нейронов, если при поврежденности нейрона ошибка не проявляет себя на выходе; 3) отсутствует возможность оперативной замены отказавших элементов сети; 4) при использовании алгоритмов самообучения нейронной сети в условиях возникновения неисправностей увеличивается вероятность потери устойчивости в петле обучения; 5) при обучении искусственной нейронной сети становится актуальной задача переобучения; 6) использование немасштабированных значений входных переменных нейронной сети может привести к эффекту насыщения, то есть к нечувствительности сети; 7) избыточность переменных ИНС, как правило, приводит к «проклятию размерности».

Сложные технологические объекты управления характеризуются нестационарностью, поэтому их нейросетевые модели необходимо регулярно обучать в режиме реального времени. Выполненный обзор существующих подходов к обучению нейросетевой модели объекта управления в замкнутом и разомкнутом контуре (по работам Ю.Н. Минаева, О.Ю. Филимоновой, Б. Лиеса, D. Psaltis, M. Kawato, P.J. Werbos, S. Omatu, M. Khalid, R. Yusof и др.) позволяет сделать вывод о необходимости совершенствования методики

формирования обучающих наблюдений, в качестве которых используют значения входов и выходов объекта, полученные по результатам его текущей эксплуатации, без учета влияния прямых и обратных управляющих связей. Это, в свою очередь, приводит к нарушению условия правильного применения ИНС, заключающегося в том, что входные обучающие величины должны быть некоррелированными между собой. Для выполнения этого условия необходимо расчетным путем обеспечить независимость управляющих от внешних возмущающих воздействий. Для решения этой задачи предлагается схема обучения нейросетевой модели объекта в системе управления с нанесением тестовых воздействий (рисунок). В качестве прототипов и аналогов, при построении этой схемы были использованы методы и алгоритмы А.А. Фельдбаума, Д. Гропа, П. Эйкхоффа, Л. Льюнга, Я.З. Цыпкина [6], В.Я. Ротача [7], В.П. Авдеева [8], Л.П. Мышляева [9].

Предлагаемая процедура обучения нейросетевой модели объекта управления включает следующие основные этапы:

1) считывание из базы знаний траекторий программных управляющих воздействий $U_{1П}(t)$, $U_{2П}(t)$, ..., $U_{NП}(t)$, программных выходных воздействий $Y_{П}(t)$, базовых уровней контролируемых внешних воздействий $W_{1К}^B(t)$, $W_{2К}^B(t)$, ..., $W_{МК}^B(t)$ на заданном интервале обучения;

2) одновременное нанесение тестовых воздействий $\delta U_1^T(t)$, $\delta U_2^T(t)$, ..., $\delta U_N^T(t)$ по отношению к траектории программных управлений (обоснованием этого является требование правильности настройки имитационной нейросетевой модели объекта управления, согласно которому все обучающие ее расчетные значения входов (входных воздействий) должны изменяться и при этом не быть коррелированными между собой) и предоставление подсистеме регулирования возможности выработки регулирующих воздействий $\delta U_1(t)$, $\delta U_2(t)$, ..., $\delta U_N(t)$ для компенсации эффектов нанесенных тестовых и возмущающих воздействий, с целью обеспечения нормального режима работы объекта управления ($\{\langle \text{Кл1} \rangle = \langle 1 \rangle, \langle \text{Кл2} \rangle = \langle 1 \rangle, \dots, \langle \text{КлN} \rangle = \langle 1 \rangle\}$, $\{\langle \text{Кл4} \rangle = \langle 1 \rangle, \langle \text{Кл5} \rangle = \langle 1 \rangle, \dots, \langle \text{КлM} \rangle = \langle 1 \rangle\}$, где $\langle 1 \rangle$ – ключ замкнут, $\langle 0 \rangle$ – ключ разомкнут);

3) расчетное элиминирование эффектов регулирующих воздействий выходной переменной $Y(t)$ объекта с использованием предварительно построенных моделей каналов регулирования; построение и поднастройка моделей каналов регулирования выполняется в соответствии с методикой Л.П. Мышляева последовательно:

3.1) для уточнения модели первого канала регулирования (имеющего наименьшее запаздывание и наибольшую частоту использования для оперативного регулирования) выполняются следующие действия:

– $\{\langle \text{Кл1} \rangle = \langle 0 \rangle, \langle \text{Кл2} \rangle = \langle 0 \rangle, \dots, \langle \text{КлN} \rangle = \langle 0 \rangle\}$, $\{\langle \text{Кл4} \rangle = \langle 1 \rangle, \langle \text{Кл5} \rangle = \langle 0 \rangle, \dots, \langle \text{КлM} \rangle = \langle 0 \rangle\}$;

– нанесение тестового воздействия (например, ступенчатой формы) по первому каналу, при практической неизменности прочих входов;

– оценивание параметров модели первого канала по полученным экспериментальным данным;

3.2) для уточнения модели второго канала регулирования, следует:

– $\{\langle \text{Кл1} \rangle = \langle 1 \rangle, \langle \text{Кл2} \rangle = \langle 0 \rangle, \dots, \langle \text{КлN} \rangle = \langle 0 \rangle\}$, $\{\langle \text{Кл4} \rangle = \langle 0 \rangle, \langle \text{Кл5} \rangle = \langle 1 \rangle, \dots, \langle \text{КлM} \rangle = \langle 0 \rangle\}$;

– по второму каналу нанести тестовое воздействие, при условии, что его эффект будет скомпенсирован с помощью первого канала регулирования;

– из выхода объекта вычесть эффекты компенсирующих воздействий с использованием модели первого канала;

– оценить параметры модели второго канала по расчетным данным и т.д.;

4) полученные расчетные значения выхода объекта управления и независимых друг от друга его входов используются в качестве обучающих наблюдений нейросетевой модели объекта.

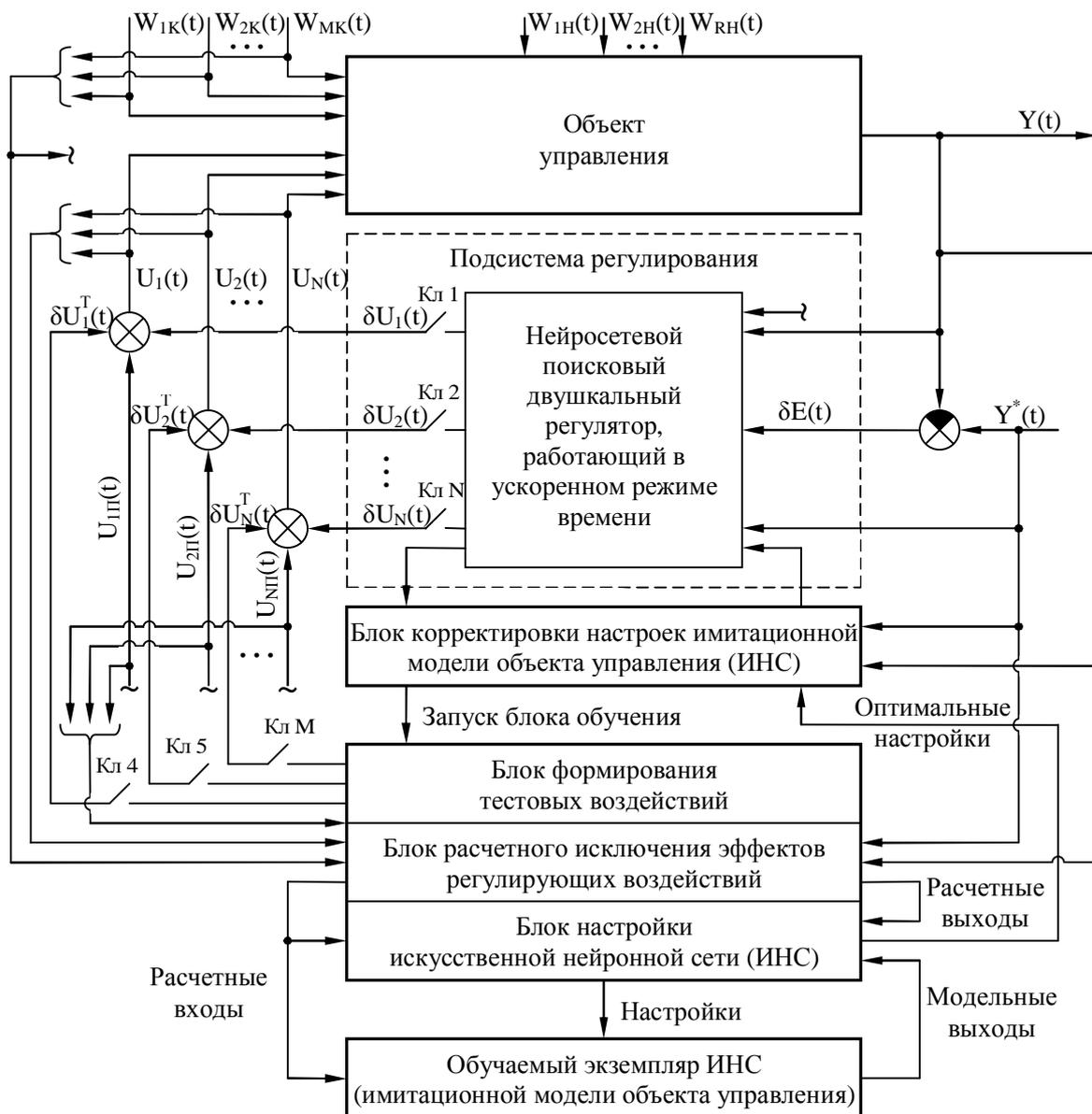


Рисунок – Схема обучения нейросетевой модели объекта управления в замкнутом контуре

2. Исследование особенностей настройки экспертных систем в системах управления

В экспертных системах база знаний, являющаяся ее ядром, представляет собой совокупность формализованных знаний, введенных в систему инженером по знаниям через интеллектуальный интерфейс [10]. Для заполнения базы знаний, то есть для обучения интеллектуальной системы управления (ИнтСУ), знания извлекаются из трудов по управлению, технологических инструкций и опыта работы экспертов (операторов-технологов, операторов-контролеров), а также из предыстории работы самой системы. Для извлечения обычно используются различные методы системного анализа: анализ текстов, диалоги, экспертные игры, лекции, дискуссии, интервью и другие. После извлечения знаний необходимо их структурировать, то есть выполнить их неформальное описание в виде графа, таблицы, диаграммы или текста, которое отражает поле знаний, включающее терминологию, список основных понятий и атрибутов, отношения между входной и выходной информацией, стратегии принятия решений, а также ограничения стратегий.

После извлечения и структурирования знаний выполняется этап их формализации. Наибольшее распространение в системах управления сложными технологическими объектами для формализации знаний получила производственная модель, или модель, основанная на правилах. Правила позволяют представлять знания в виде предложений типа «Если <условие>, то <действие>». Под условием понимается некоторое предложение-образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под действием – событие, выполняемое при успешном исходе поиска (оно может быть промежуточным, выступающим далее как условия, и терминальным, завершающим работу системы). Если содержимое базы знаний в процессе функционирования ИнтСУ не изменяется, то она называется статической. Логический вывод в такой базе обладает свойством монотонности, то есть ранее выведенные утверждения остаются верными на весь цикл функционирования. В противном случае база знаний является динамической.

На основе концепции программно-возмущенного движения [11], выбора и конкретизации типопредставительных реализаций входных и выходных переменных объекта управления [12], а также опыта управленческого персонала предлагается следующий подход к построению базы знаний, предназначенной для хранения и модификации программ управления. База знаний ИнтСУ производственного динамического типа должна содержать упорядоченное множество типовых программных траекторий $\langle Y_{\Pi}(t), U_{\Pi}(t) \rangle$ и условий, когда целесообразно их использовать. Типовое производственное правило в базе знаний выглядит следующим образом: «Если [«Ситуация в системе» = «№ 1»], то [«Программа управления $\langle Y_{\Pi}(t), U_{\Pi}(t) \rangle$ » = «№ 1»]. Формализация знаний осуществляется в явном виде с помощью производственного способа путем решения задачи оптимизации траектории движения системы следующим образом:

1) распознается ситуация на объекте по информативным признакам, в соответствие которой ставится множество ретроспективно фиксированных рациональных структурно близких траекторий, обеспечивающих соблюдение технологических, экономических и экологических требований, контролируемых переменных $\langle \tilde{Y}(t), \tilde{U}(t) \rangle$;

2) из полученного множества реализаций процесса $\langle \tilde{Y}(t), \tilde{U}(t) \rangle$ выбирается одна типопредставительная (Т) реализация $\langle Y^T(t), U^T(t) \rangle$, соответствующая максимальной близости к многомерной расчетной медиане, что обеспечивает ослабление влияния неконтролируемых возмущений в натурной типопредставительной реализации;

3) в отобранной реализации $\langle Y^T(t), U^T(t) \rangle$ выделяется низкочастотная составляющая.

Полученный результат рассматривается в качестве программного движения объекта $\langle Y_{\Pi}(t), U_{\Pi}(t) \rangle$, рационального в условиях рассматриваемой ситуации, если оно удовлетворяет эксперта.

Литература

1 Терехов В.А. Нейросетевые системы управления / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин – М.: Высш. шк., 2002. – 183 с.

2 Галушкин А.И. Основы нейроуправления / А.И. Галушкин // Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2002. – № 10. – С. 1 – 24.

3 Лохин В.М. Комплексное применение технологий экспертных систем и нейросетевых структур для создания быстродействующих адаптивных регуляторов / В.М. Лохин, И.М. Макаров, А.В. Арбузов // Интеллектуальные системы автоматического управления: Сб. науч. тр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – С. 179 – 198.

4 Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 94 с.

5 Sarangapani J. Neural network control of nonlinear discrete-time systems / J. Sarangapani – Missouri, USA: CRS Press, 2006. – 602 p.

- 6 Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах / Я.З. Цыпкин – М.: Наука, 1968. – 216 с.
- 7 Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования / В.Я. Ротач – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
- 8 Авдеев В.П. Идентификация промышленных объектов с учетом нестационарностей и обратных связей: Учебное пособие. / В.П. Авдеев, Т.М. Даниелян, П.Г. Белоусов. – СМИ: Новокузнецк.– 1984.– 88с.
- 9 Методы идентификации промышленных объектов в системах управления: Монография / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, А.С. Рыков, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. – 307 с.
- 10 Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных системы / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
- 11 Человеко-машинное прогнозирование программ управления конверторной плавкой / В.П. Авдеев, В.И. Соловьев, Ю.Н. Борисов, А.Е. Кошелев, В.И. Веревкин // Изв. вузов. Черная металлургия – 1974. – № 10. – С. 163 – 165.
- 12 Выбор типопредставителей в задачах исследования и управления / В.П. Авдеев, Г.А. Бегишев, А.В. Пинтов, С.Р. Зельцер // Изв. вузов. Черная металлургия – 1980. – № 6. – С. 98 – 102.

МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ ШКОЛЬНИКОВ И ПЕДАГОГОВ (НА ПРИМЕРЕ Г.НОВОКУЗНЕЦКА)

А.Е. Фадеева, Н.М. Жилина, Г.И. Чеченин, В.А. Юнусова

Кустовой медицинский информационно-аналитический центр,

ГОУ ДПО «Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей»

Росздрава, г. Новокузнецк

Актуальность. На фоне неуклонного уменьшения численности детей дошкольного и школьного возрастов отмечаются неудовлетворительные показатели состояния их здоровья [1, 4, 5]. Отсутствие системных физкультурно-оздоровительных мероприятий, низкий уровень знаний здорового образа жизни и культуры, недостаточно эффективное медицинское обслуживание, неблагоприятная экологическая ситуация и т.п. объясняют низкий уровень здоровья детей [2]. В Кемеровской области, в том числе Новокузнецке, вопросам охраны здоровья школьников уделяется особое внимание, на протяжении ряда лет в школах внедряются здоровьесберегающие технологии, реализуется городская целевая программа «Здоровье и образование». Тем не менее, проблемы здоровья детского населения остаются актуальными. В 2004–2005 гг. в составе автоматизированной информационной системы (АИС) «Социально-гигиенический мониторинг общественного здоровья и среды обитания» начата разработка и внедрение подсистемы «Педагогический мониторинг» (АИС «ПМ»). Функциональный состав АИС «ПМ» представлен следующими блоками: «Здоровье школьников и педагогических работников», «Условия обучения», «Психическое здоровье и психологическое состояние» и «Педагогический процесс» [3].

АИС «ПМ» предназначена для установления причинно-следственных отношений между видами обучения, условиями обучения и рядом показателей, характеризующих здоровье школьников (физическое и психическое), а также и педагогических работников – «Здоровье и Образование».

Методы исследования. В настоящем исследовании с помощью статистических пакетов SPSS (13.0) и Биостатистика (4.03) были проанализирована информация мониторинга по блокам «Здоровье школьников и педагогических работников» и «Психическое здоровье и психологическое состояние». Представлены оценки индексов: интегрального благополучия в системе «Здоровье и образование» (ИИБ); здоровья школьников и педагогических работников (ИЗ); психологического состояния и психического здоровья (ИПС ПЗ).

Результаты исследования. В таблице 1 представлен индекс интегрального благополучия (ИИБ) за 2006-2008гг., там - же указано изменение за смежные годы и темп прироста.

Таблица 1 - Индекс интегрального благополучия за 2006-2008гг.

Районы	2006			2007			2008
	ИИБ	$\Delta(06-07)$	темп прироста	ИИБ	$\Delta(07-08)$	Темп прироста	ИИБ
Город	0,86	-0,07	-8,14	0,79	0	0,00	0,79
Центральный	0,86	-0,09	-10,47	0,77	0,04	5,19	0,81
Куйбышевский	0,91	-0,1	-10,99	0,81	-0,01	-1,23	0,8
Орджоникидзевский	0,91	-0,06	-6,59	0,85	-0,04	-4,71	0,81
Кузнецкий	0,85	-0,11	-12,94	0,74	0,01	1,35	0,75
Заводской	0,85	-0,02	-2,35	0,83	-0,03	-3,61	0,8
Новоильинский	0,85	-0,03	-3,53	0,82	0	0,00	0,82

Из таблицы можно сделать следующие выводы:

1) В 2008 году по сравнению с 2007 годом индекс интегрального благополучия не изменился, остался на отметке 0,79.

2) В 2008 году самый низкий индекс благополучия в Кузнецком районе – 0,75, самый высокий в Новоильинском – 0,82.

3) В 2008 году индекс интегрального благополучия снизился в следующих районах: Куйбышевском, Орджоникидзевском, Заводском. Увеличился в Центральном, Кузнецком районах. В Новоильинском районе не изменился.

Одной из важнейших составляющих интегрального индекса благополучия в системе «Здоровье-Образование» является индекс здоровья школьников и педагогов.

Графически индекс здоровья по возрастным группам школьников и общее значение за 2008 год представлены на рисунке 2.

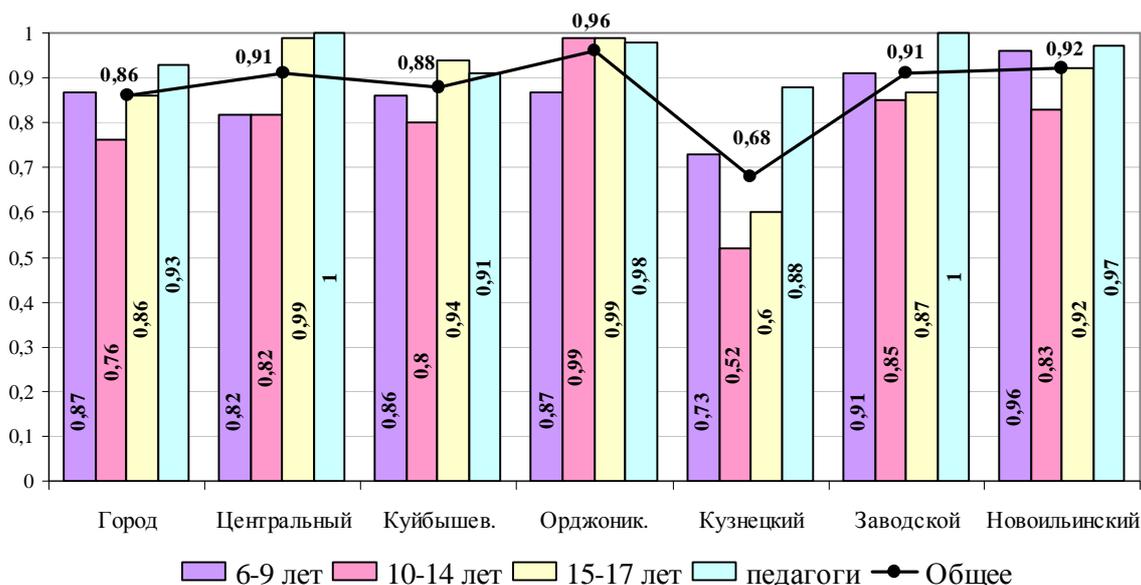


Рисунок 2 – Индекс здоровья по районам г. Новокузнецка за 2008 г.

В целом по городу значение индекса здоровья педагогов выше, чем значение индекса здоровья детей, он равен 0,93. По районам самый высокий ИЗ педагогов в Центральном и Заводском районах (1,0). Самый низкий - в Кузнецком районе – 0,88.

Индекс здоровья детей от 6 до 9 лет по городу равен 0,87. Самое высокое значение индекс принимает в Новоильинском районе 0,97, самое низкое - в Кузнецком – 0,73.

Индекс здоровья детей от 10 до 14 лет по городу равен 0,76. Самое высокое значение индекс принимает в Орджоникидзевском районе (0,99), самое низкое в Кузнецком (0,52).

Индекс здоровья детей от 15 до 17 лет по городу равен 0,86. Самый высокое значение индекс принимает в Центральном и Орджоникидзовском районах (по 0,99). Самое низкое - в Кузнецком – 0,88.

Значение *индекса здоровья по городу в целом* в 2008 году увеличилось по сравнению с 2007 г. (с 0,82 до 0,86, темп прироста 4,88%).

В Орджоникидзевском районе на всем анализируемом периоде (2006-2008гг.) индекс здоровья растет, с 0,87 в 2006 г. до 0,96 в 2008 г. В Кузнецком районе на всем анализируемом периоде (2006-2008гг.) индекс здоровья снижается, с 0,85 в 2006 г. до 0,68 в 2008 г. В 2008 году, по сравнению с 2007, индекс здоровья вырос в Центральном, Заводском, Новоильинском районах. Снижился в Куйбышевском районе.

Для проверки согласованности распределения значений индекса здоровья по районам города за 2006-2008гг. вычислялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Получены следующие результаты: в 2006 и 2007 годах значения индекса здоровья по районам города распределены приблизительно одинаково, но в 2008 году практически не наблюдается согласованности распределения значений индекса здоровья ни с 2007, ни с 2006 годами.

В таблице 2 представлена лингвистическая оценка индекса здоровья.

Таблица 2 - Лингвистическая оценка индекса здоровья

Значение	Оценка
> 0,95	хороший
0,85-0,94	удовлетворительный
0,8-0,84	относительно удовлетворительный
0,75-0,79	пониженный
0,6-0,74	низкий
< 0,6	очень низкий

Процент школ, в которых индекс здоровья принимает данную оценку представлено на рисунке 3.

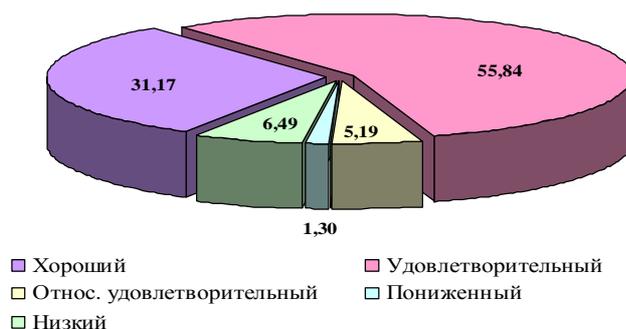


Рисунок 3 – Процент школ г. Новокузнецка с данным значением индекса здоровья в 2008 г.

Из рисунка видно, что в большинстве школ Новокузнецка *индекс здоровья удовлетворительный* (в 55,84 % школ – 43 школы), в 31,17% школ *ИЗ хороший* – 24 школы. *Относительно удовлетворительный ИЗ* в 4 школах (5,19%), *пониженный* в одной школе (1,30%) и *низкий* в 5 школах (6,49%). Пониженное значение индекса здоровья в школе №96. Низкое значение индекса здоровья в школах №50, №100, №21, №71 и гимназии №10. В большинстве школ Новокузнецка за 2008-2007 гг. индекс здоровья *улучшился* (70,13%). *ИЗ ухудшился* в 25,97% школ и *не изменился* в 3,9 % школ. В ходе исследования выдвинуто предположение, что район проживания оказывает влияние на индекс здоровья. Для того, что бы проверить это воспользуемся критерием Крускала-Уолисса (Вычисления проводились в пакете БИОСТАТИСТИКА, версия 4.03). Полученные результаты: Н (искомая мера) = 22,67; v (число степеней свободы) = 5; p (значимость результата) < 0,001.

Можно сделать следующие выводы: так как уровень значимости p меньше 0,05 район оказывает влияние на состояние здоровья школьников и педагогов (на индекс здоровья).

Из рисунка 6 видно, что именно в Кузнецком районе индекс здоровья меньше, чем в остальных районах. Для того, чтобы проверить значимость различий значений индекса

здоровья в Кузнецком районе и в остальных необходимо сравнить значения ИЗ в каждом из районов с ИЗ в Кузнецком районе. Для этого воспользуемся критерием Данна. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты, полученные с помощью критерия Данна

Районы	Результаты	
	Q	P
Кузнецкий и Центральный	2,872	<0,05
Кузнецкий и Куйбышевский	3,147	<0,05
Кузнецкий и Орджоникидзовский	3,977	<0,05
Кузнецкий и Заводской	3,75	<0,05
Кузнецкий и Новоильинский	4,442	<0,05

Из таблицы можно сделать следующие выводы: так как значимость для всех сравнений меньше 0,05, то можно сказать, что индекс здоровья в Кузнецком районе статистически значимо меньше чем в остальных районах города.

При анализе основных классов заболеваний по каждому району города получены следующие результаты. В Центральном районе очень низкие показатели по следующим классам (в скобках указана разница со средним значением по городу): *бронхит хронический и неутонченный* – 0,33 (-0,5); *язва желудка и 12-перстной кишки* – 0,36 (-0,49); В Кузнецком районе очень низкие показатели по следующим классам: *болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани* – 0,35 (-0,51); *травматизм* – 0,4 (-0,41); *болезни системы кровообращения* – 0,45 (-0,39); *аллергический ринит (поллиноз)* – 0,44 (-0,3); *болезни глаза и его придаточного аппарата* – 0,6 (-0,29);

В целом по городу пониженное значение имеют классы заболеваний: *аллергический ринит (поллиноз)* – 0,75; *болезни крови, кроветворных органов* – 0,76; *астма и астматический статус* – 0,79.

Следующей важной компонентой в оценке благополучия системы «Здоровье-Образование» является *психологическое состояние и психическое здоровье школьников*. Графически изменение индекса психического здоровья за 2006-2008гг. по районам и городу представлено на рисунке 3.

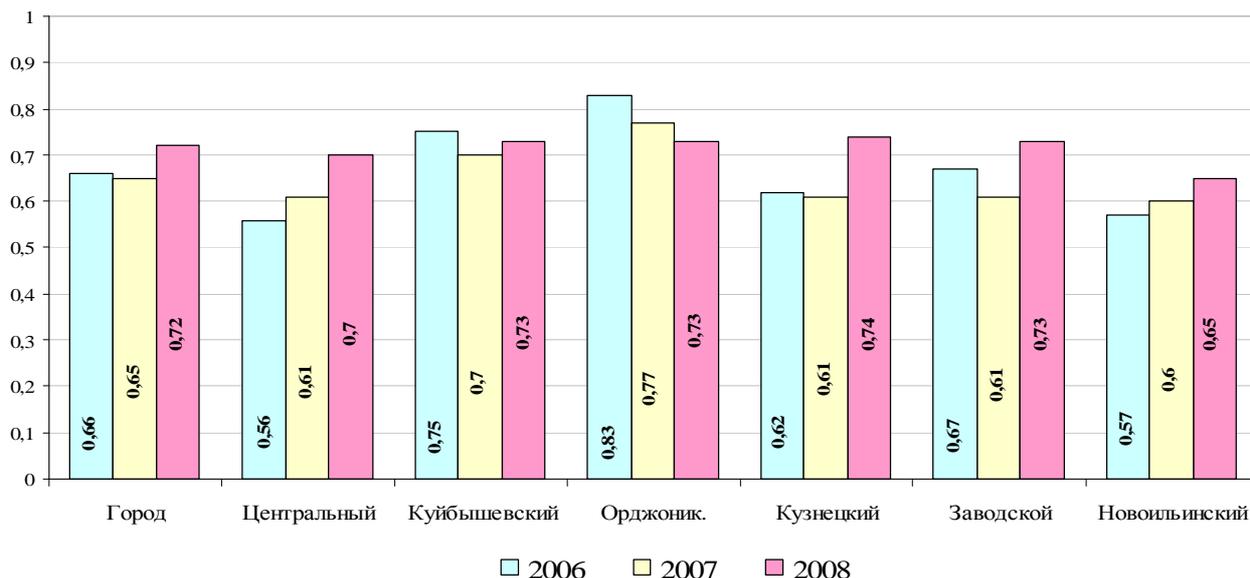


Рисунок 3 – Изменение индекса психологического состояния и психического здоровья школьников г. Новокузнецка за 2006-2008гг.

В целом по городу *индекс психологического состояния и психического здоровья* в 2008 году, по сравнению с 2007, вырос на 0,07, с 0,65 до 0,72. Также индекс увеличился во всех районах города, кроме Орджоникидзевского, в 2008 году, по сравнению с 2007. Наиболее существенно он вырос в Кузнецком районе (темп прироста 21,31%) и Заводском (темп

прироста 19,67%) районах. В Центральном и Новоильинском районах *индекс психологического состояния и психического здоровья* увеличивается на всем анализируемом периоде. В Центральном районе с 0,56 в 2006 году до 0,7 в 2008 году, в Новоильинском районе с 0,57 в 2006 до 0,65 в 2008 году.

В Орджоникидзевском районе *индекс психологического состояния и психического здоровья* снижается на всем анализируемом периоде (2006-2008гг.) с 0,83 в 2006 до 0,73 в 2008 году. В 2008 г. самое низкое значение индекс принимает в Новоильинском районе – 0,58. Это объясняется тем, что в Новоильинском районе очень низкое значение *индекса психологического состояния и психического здоровья* для девярых классов – 0,35 (самое низкое по городу). Самое высокое значение *индекса психического здоровья* для девярых классов в Центральном районе – 0,89. Самый высокий *индекс психологического состояния и психического здоровья* в Кузнецком районе – 0,81. Там - же, в Кузнецком районе, самые высокие значения по городу *индекса* для 1-х классов – 0,89 и 5-х – 0,85. Самое низкое значение *индекс* для 1-х классов принимает в Центральном районе – 0,63, в этом же районе самое низкое значение *индекса психологического состояния и психического здоровья* для 5-х классов – 0,63.

Средние значения *индекса психологического состояния и психического здоровья* по возрастным группам несколько отличаются друг от друга. Для того, что бы проверить, насколько значимо это различие воспользуемся критерием Крускала-Уоллиса. Получены результаты: фактическое значение критерия $H = 0,355$, уровень значимости $p = 0,838$, которые можно интерпретировать следующим образом: так как значение p больше 0,05, то различий между ИПЗ для разных возрастных групп не выявлено. В таблице 4 представлена лингвистическая оценка *индекса психологического состояния и психического здоровья*.

Таблица 4 - Лингвистическая оценка *индекса психологического состояния и здоровья*

Значение	Оценка
0,95 - 1	приемлемый
0,9-0,94	удовлетворительный
0,85-0,89	пониженный
0,8-0,84	низкий
< 0,8	очень низкий

В графическом виде процент школ, в которых индекс психического здоровья принимает данную оценку, представлен на рисунке 4.

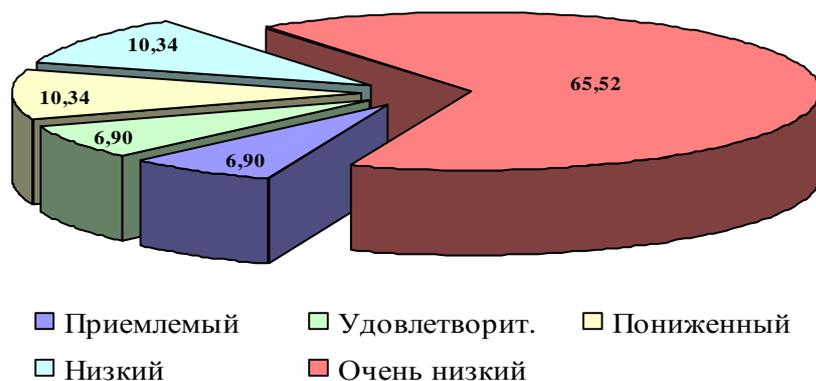


Рисунок 4 – Распределение школ г. Новокузнецка по шкале *индекса психологического состояния и психического здоровья* школьников в 2008 г.

Из рисунка видно, что в большинстве школ Новокузнецка *индекс психологического состояния и психического здоровья* школьников пониженный, низкий и очень низкий (65,52%). ИПС ПЗ приемлемый только в 4 школах (6,9%). В 6,9% школ индекс психического здоровья удовлетворительный, в 10,34% школ - пониженный и в 10,34% школ - низкий.

В таблице 5 представлены статистические характеристики *индекса психического здоровья* по районам города. Для исследования взято 6 рядов данных – значения ИПЗ по школам в каждом из районов.

Для того чтобы проверить, насколько значимы различия *индекса психологического состояния и психического здоровья* школьников в районах города, воспользуемся критерием Крускала-Уоллиса. Полученные результаты: $H = 7,59$, $v = 5$, $p = 0,18$. Интерпретация результатов: так как значение p больше $0,05$, то гипотеза о том, что район проживания оказывает влияние на *психологическое состояние и психическое здоровье* школьников не подтверждается.

Таблица 5 - Статистические характеристики *индекса психологического состояния и психического здоровья* по районам города

Районы	Статистические характеристики				
	Количество учебных заведений	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное Отклонение
Центральный	11	0,39	0,94	0,70	0,18
Куйбышевский	10	0,48	0,92	0,73	0,14
Орджоникидзовский	8	0,53	1	0,75	0,15
Кузнецкий	9	0,71	0,97	0,83	0,08
Заводской	13	0,55	0,94	0,72	0,14
Новоильинский	7	0,57	0,77	0,65	0,07

Полученные результаты позволяют выявить зоны риска в системе «Здоровье-Образование» г. Новокузнецка, своевременно на координационных советах директоров школ и медицинских работников информировать субъектов управления системы, принимать соответствующие действенные меры по улучшению сложившейся ситуации.

Литература

1. Гавриленко О. Л., Попова А. Ю., Черныш Е. В. Состояние здоровья детского населения области и комплекс мероприятий, направленных на его улучшение // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2008. №1. С. 34-35.
2. Комплексная эколого-гигиеническая оценка экосистемы территории Приморского края / Кикун П. Ф., Горборукова Т. В., Веремчук Л. В., Ананьев В. Ю., Жерновой М. В. // *Гигиена, организация здравоохранения и профпатология : XLI науч.-практ. конф., посвященная 30-летию ГУ НИИ КПГиПЗ СО РАМН, 22-23 июня 2006 г., г. Новокузнецк*. - Новокузнецк, 2006. - С. 50-53.
3. Концептуальные и методические подходы к созданию СГМ здоровья и среды обитания как инструмента принятия научно-обоснованных решений / Чеченин Г.И., Жилина Н.М., Сапрыкина Т.В., Рузаев Ю.В., Нетяга Т.Г., Козлова Н.А. // *Врач и информационные технологии : науч.-практ. журн.*, Москва. 2004. № 6. С. 20-31.
4. Кучма В.Р. Профилактические основы медицинского обеспечения детей в образовательных учреждениях // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2008. №1. С. 21-22.
5. Огрызко Е. В. Анализ заболеваемости детей Российской Федерации в возрасте 15-17 лет // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2008. №1. С. 21-22.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТИПОВЫХ ПРОГРАММ РЕАБИЛИТАЦИИ

Т.А. Хорошева, Д.С. Локтеева

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос оценки качества проведения процессов социальной реабилитации различных групп населения, в том числе детей «группы риска». Социальная реабилитация данной категории детей проводится в социально-реабилитационных центрах (СРЦ). В зависимости от целей реабилитации и начального состояния ребенка, реализуется индивидуальная или типовая программы реабилитации. Индивидуальная программа реабилитации (ИПР) разрабатывается непосредственно для каждого ребенка при его поступлении. Исследования по оценке

действия ИПР приведены в работах [3, 4]. Предложен подход для оценки действия ИПР, проведены модельные исследования. В работе [1] рассматриваемый подход представлен в виде рекомендаций для использования специалистами, непосредственно работающими с данной категорией детей. Проектирование информационного обеспечения процесса принятия решений приводится в [7].

При социальной реабилитации определенных групп детей в СРЦ применяются типовые программы реабилитации (ТПР), которые включают набор мероприятий, одинаковый для всех детей. Данные о результатах применения типовой программы реабилитации на однородной группе детей позволяют провести анализ действия ТПР.

Пусть имеются данные мониторинговых измерений N детей. Будем считать, что полученная выборка является однородной в силу того, что: а) дети имеют близкие начальные значения оценки индивидуального развития и социальный статус; б) выделенная группа проходила реабилитацию по типовой (групповой) программе.

Данные о результатах реабилитации каждого ребенка обрабатываются согласно методики, представленной в [4]. В совокупности мы имеем оценки степени индивидуального развития $(x_j(0); x_j(1); \dots x_j(n))$ и оценки действия программы реабилитации на каждом этапе: $(0; k_{jипр}(u, 1); k_{jипр}(u, 2); \dots k_{jипр}(u, n))$ (n – количество этапов реабилитации) индивидуально по каждому ребенку ($j=1\dots N$). Тогда для анализа действия программы можно предложить следующую методику, состоящую из двух частей: 1) статистической обработки данных мониторинговых исследований типовой программы реабилитации; 2) математического моделирования процесса реабилитации на основе способа идентификации линеаризованного динамического объекта [2].

Данная методика включает четыре этапа:

1. В качестве характеристики изменений индивидуального развития в исследуемой группе будем использовать выборочные средние оценки степени индивидуального развития $(\bar{x}(0); \bar{x}(1); \dots \bar{x}(n))$. Отметим, что распределение оценок $\{x_j(i)\}_{j=1\dots N}$ на i -том этапе реабилитации может отличаться от нормального распределения. Для каждого этапа реабилитации рассчитываем статистические оценки параметров распределения [6].

2. В результате применения статистического анализа показателей развития группы детей по изучаемой программе, получаем оценки индивидуальных показателей относительно выборочного среднего значения в виде интервалов: $[\bar{x}(1) - \varepsilon\sigma(1), \bar{x}(1) + \varepsilon\sigma(1)]; [\bar{x}(2) - \varepsilon\sigma(2), \bar{x}(2) + \varepsilon\sigma(2)]; \dots [\bar{x}(n) - \varepsilon\sigma(n), \bar{x}(n) + \varepsilon\sigma(n)]$, где $\bar{x}(i)$ – выборочное среднее значения степени индивидуального развития на i -том этапе реабилитации, $\varepsilon\sigma(i)$ – значения предельных допустимых отклонений в развитии от выборочного среднего. Задача нахождения интервальной оценки может решаться с помощью неравенства П. Л. Чебышева [6], либо можно использовать и другие подходы например, методы робастной статистики [5].

3. Полученные интервалы отражаются на графике интервальной оценки действия программы на исследуемую группу (рисунок).

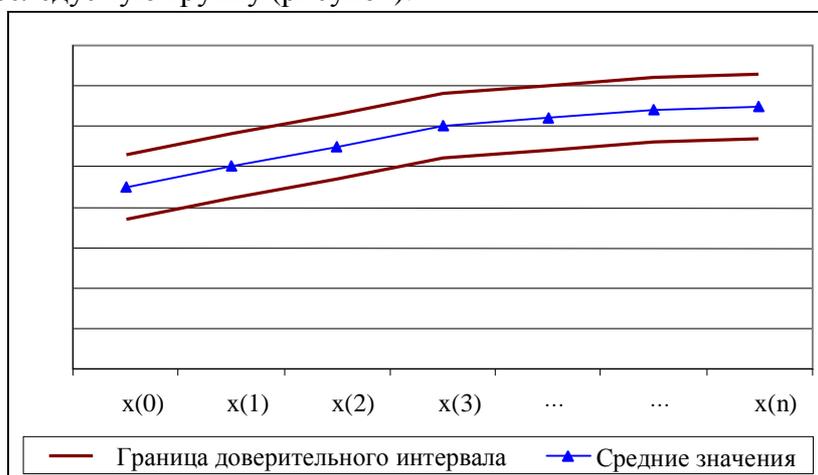


Рисунок – Интервальная оценка степени индивидуального развития

При этом нужно отметить, что ТПР будет эффективной на i -том этапе в случае, если $\bar{x}(i-1) + \varepsilon_{i-1} < \bar{x}(i) - \varepsilon_i$. В этом случае для всех детей, проходящих реабилитацию по данной программе, $k_{\text{инт}}(u, i) > 0$. В остальных случаях эффективность ТПР рассматривается только для конкретного ребенка и рассчитывается по методике описанной в [4].

4. Строится модель программы реабилитации в виде разностного уравнения с интервальными коэффициентами [2, 8]. Заметим, что для построения модели необходимо иметь минимум три измерения (что соответствует двум этапам реабилитации): $x(0)$, $x(1)$, $x(2)$.

Моделирование осуществляется следующим образом:

Шаг 1. Определяется идентифицирующая матрица:

$$\begin{array}{l} -1 \text{ строка} \\ 0 \text{ строка} \\ 1 \text{ строка} \\ \dots \\ m \text{ строка} \end{array} \begin{pmatrix} u(0) & u(1) & u(2) & \dots & u(n) \\ [\bar{x}(0) \pm \varepsilon\sigma(0)] & [\bar{x}(1) \pm \varepsilon\sigma(1)] & \dots & \dots & [\bar{x}(n) \pm \sigma(n)] \\ [a_{10}; b_{10}] & [a_{11}; b_{11}] & & & [a_{1n}; b_{1n}] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [a_{m0}; b_{m0}] & [a_{m1}; b_{m1}] & \dots & \dots & [a_{mn}; b_{mn}] \end{pmatrix}, \quad (1)$$

в которой $u(t)$ – индикаторная функция, описывающая действие ТПР.

Элементы $[a_{mn}; b_{mn}]$ последовательно определяются с помощью соотношений:

$$[a_{mn}; b_{mn}] = \frac{[a_{m-2, n+1}; b_{m-2, n+1}]}{[a_{m-2, 0}; b_{m-2, 0}]} - \frac{[a_{m-1, n+1}; b_{m-1, n+1}]}{[a_{m-1, 0}; b_{m-1, 0}]}, \quad (2)$$

где границы интервалов $[a_{mn}; b_{mn}]$:

$$a_{mn} = \min(\max(\frac{a_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{a_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}) - \min(\frac{a_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{a_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}})); \quad (3)$$

$$\min(\frac{a_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{a_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}) - \max(\frac{a_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{a_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}}))$$

$$b_{mn} = \max(\max(\frac{a_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{a_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}) - \min(\frac{a_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{a_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}})); \quad (4)$$

$$\min(\frac{a_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{a_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{a_{m-2, 0}}, \frac{b_{m-2, n+1}}{b_{m-2, 0}}) - \max(\frac{a_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{a_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{a_{m-1, 0}}, \frac{b_{m-1, n+1}}{b_{m-1, 0}}))$$

Правилом останова вычисления элементов матрицы (1) является появление строки, все элементы-интервалы которой включают число ноль.

Шаг 2. Элементы нулевого столбца идентифицирующей матрицы (1) порождают частные числители правильной С-доби с интервальными коэффициентами:

$$G^{IR}(z) = \frac{[\bar{x}(0) \pm \varepsilon\sigma(0)]z^{-1}}{1 + \frac{[a_{10}, b_{10}]z^{-1}}{1 + \frac{[a_{20}, b_{20}]z^{-1}}{1 + \dots}}}, \quad (5)$$

где z – переменная Z-преобразования.

Полученная непрерывная дробь преобразуется в интервальную дискретную идентифицирующую функцию объекта:

$$G^{IR}(z) = \frac{A_0 + A_1 z^{-1} + A_2 z^{-2} + \dots + A_m z^{-m}}{1 + B_1 z^{-1} + B_2 z^{-2} + \dots + B_n z^{-n}}, \quad (6)$$

где $A_i = [\underline{a}_i, \bar{a}_i]$, $i = 1 \dots m$; $B_j = [\underline{b}_j, \bar{b}_j]$, $j = 1 \dots n$.

Получив интервальную дискретную идентифицирующую функцию объекта и интерпретируя z^{-1} как оператор обратного временного сдвига, можно перейти к модели в виде разностного уравнения с интервальными коэффициентами [2]:

$$x(n) = \sum_{i=0}^m A_i u(n-i) - \sum_{j=1}^n B_j x(n-j). \quad (7)$$

Описанный подход позволяет оценить эффективность применяемых в условиях СРЦ типовых программ реабилитации, что повышает информативность ТПР в процессе их разработки и коррекции. Полученная модель может использоваться в качестве дополнительного информационного обеспечения, описывающего результат действия ТПР при принятии решений о выборе программы реабилитации для вновь прибывшего ребенка.

Литература

1. Карташов В. Я., Кагакина Е. А., Юдина А. И., Хорошева Т. А. Научно-методические рекомендации по оценке эффективности индивидуальных программ реабилитации в условиях организаций социальной защиты, работающих с семьей и детьми, оказавшимися в трудной жизненной ситуации. – Кемерово, 2008. – 14 с.
2. Карташов В. Я., Петрикевич Я. И., Ансол С. П. Способ идентификации линеаризованного динамического объекта / Патент №2256950. 2005. Бюл. №20.
3. Карташов В. Я., Хорошева Т. А. Механизмы процесса реабилитации и оценка его эффективности // Сборник научных трудов IX Всероссийской научно-практической конференции «Краевые задачи и математическое моделирование». – Новокузнецк, 2008. С.63-65.
4. Карташов В. Я., Хорошева Т. А. Модели механизма и процесса социальной реабилитации (на примере детей «группы риска») / Управление большими системами. Выпуск 24. М.: ИПУ РАН, 2009. С.187-215.
5. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
6. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных: справ. изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
7. Хорошева Т.А. Проектирование информационной поддержки процесса реабилитации // Системы управления и информационные технологии, 2009, 1.2(35). - С. 303-306
8. Шокин Ю. И. Интервальный анализ. – Н.: Наука, 1981. – 112 с.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ РЕГИСТРАЦИИ ВЫЗОВОВ СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ г. НОВОКУЗНЕЦКА

А.А. Шумкин, Г.И. Чеченин, А.В. Барай, В.А. Шехтман

Новокузнецкий Государственный институт усовершенствования врачей, кафедра медицинской кибернетики и информатики, г. Новокузнецк

На станции скорой медицинской помощи (ССМП) г. Новокузнецка используется система кодирования поводов вызова, диагнозов, осложнений заболевания, результатов выезда бригады, результатов обслуживания больного и т.д. Данная система была разработана и внедрена в практическую деятельность Ю.М. Янкиным и А.З. Виноградовым – сотрудниками кафедры скорой и неотложной медицинской помощи г.Новокузнецка с 1984 года [1], позднее на ССМП г. Кемерово. Эта система позволяет оперативно проводить различные виды анализа деятельности всей службы в целом и отдельных ее звеньев, в частности, производить контроль качественных и количественных показателей работы сотрудников выездных бригад СМП, выявлять недостатки существующей системы и устранять их, а также существенно ускоряет процесс подготовки отчетов за различные периоды времени. С 1984 года все научные работы были направлены на оптимизацию кардиологической службы ССМП, исследования по оптимизации реанимационной службы до настоящего времени не проводились.

В конце 2007 – начале 2008 года были проанализированы три профильных для реанимационных бригад повода вызова: вызовы к лицам в наркотическом опьянении и с передозировкой опиатов; к детям в возрасте до 15 лет; выезды бригад на пожары и все виды задымлений. Проведенные исследования показали отсутствие целесообразности направления на вызовы по данным поводам, в первую очередь, бригад реанимационного профиля:

1. Статистически было доказано отсутствие различий в эффективности оказания помощи общепрофильными (линейными) и специализированными бригадами СМП пациентам, находящимся в состоянии наркотического опьянения и передозировки опиатов. Объем выборки за 5 лет составил 10889 человек. С 2003 по 2007 годы процент «вызовов на себя» бригадами линейного профиля специализированных бригад (когда они не могли справиться самостоятельно) уменьшился с 8% до 2,1%, несмотря на рост общего числа вызовов к больным с передозировкой опиатов [2].

2. При анализе вызовов к детям в возрасте до 15 лет объем выборки за 5 лет составил 11994 вызова. С помощью критериев, установленных экспертами, из общего количества вызовов к детям по каждому поводу в отдельности были выявлены случаи, где действительно оказывалась какая-либо специализированная помощь или требовалось динамическое наблюдение врача специализированной бригады за пациентом во время транспортировки в стационар. Эксперты определили всего 66 случаев (0,55%) от общего числа вызовов (11994 вызова) или от 7 (0,30%) до 19 (0,78%) случаев в год. Лишь в одном поводе – «без сознания» процент больных, действительно нуждающихся в специализированной помощи, составил 2,5%. Во всех остальных поводах доля таких вызовов менее 1%, причем в поводах «ребенок с рвотой и жидким стулом – в тяжелом состоянии» таких пациентов не оказалось вовсе. Поэтому, был разработан диалог принимающего диспетчера, где в алгоритме регистрации вызовов при утвердительном ответе на вопрос «В сознании ребенок или нет?» необходимо задавать дополнительные вопросы («Осуществляет ли ребенок целенаправленные движения: ходит, ползает, сидит, машет руками?», «Отвечает ли на обращенную к нему речь словами или движениями?», «Обращает ли взгляд на движущийся предмет или человека, сопровождает его взглядом?»), чтобы точно интерпретировать данное состояние. Все случаи с поводом «отравление» регистрировать через старшего врача, который будет определять целесообразность направления реанимационной бригады. Остальные поводы кодировать, как поводы для линейных бригад [3].

3. Был проведен анализ дежурств бригад на пожарах и всех видах задымлений в общественном месте. Объем выборки за 5 лет составил 4135 вызовов. Установили, что количество тяжелых пострадавших в разные годы колебалось от 0,6% в 2006 до 2,0% в 2004 году, в среднем за год – $1,2 \pm 0,59$ (%). Таким образом, если достоверно не известно о наличии тяжелого пострадавшего, на поводы – «дежурство на пожаре» или «дежурство на задымлении в общественном месте» должна направляться линейная бригада.

Все разработки были внедрены в практическую деятельность ССМП с 01.02.2008 года. С момента внедрения прошло более года, назрела необходимость проведения подробного анализа и оценки работы уже оптимизированной системы регистрации вызовов и выбора профильности направляемой бригады.

Цель исследования: провести анализ и дать оценку работы оптимизированной системы регистрации вызовов и выбора профильности направляемой бригады ССМП г. Новокузнецка по прошествии 11 месяцев с момента внедрения разработки.

Задачи исследования:

1. Представить существующую модель оптимизированной системы регистрации вызовов и выбора профильности направляемой бригады ССМП г. Новокузнецка.

2. Провести анализ и дать оценку работы оптимизированной системы регистрации вызовов и выбора профильности направляемой бригады.

Материалом исследования послужила персонифицированная база данных ССМП г. Новокузнецка за период с 01.02.08 по 31.12.08 года. Критериями отбора случаев для исследования были вызовы, обслуженные специализированными и общепрофильными

бригадами СМП. Объем выборки за 11 месяцев к лицам в состоянии наркотического опьянения и передозировки опиатов составил 2771 вызов, к детям в возрасте до 15 лет – 1627 вызовов, дежурств на пожарах и всех видах задымлений в общественном месте – 1790 случаев.

Методы исследования:

1. Системный подход к исследованию, который позволил провести анализ существующей системы регистрации вызовов и выбора профильности направляемой бригады.

2. Статистический (анализ полученных данных с применением методов математической статистики – критерий X^2 , Z-критерий).

Результаты исследования:

В существующем алгоритме приема вызовов скорой помощи к больным в состоянии наркотического опьянения и передозировки опиатов используются специальные коды: «37Т», «67Т», «39Т» или «69Т», имеющие смысловое значение (где цифра 3 – означает: больной в общественном месте; 6 – дома; 7 – находится в сознании, 9 – без сознания, «Т» – означает отравление). До 01.02.2008 года на все вызовы к лицам с передозировкой опиатов (согласно существующим на тот момент алгоритмам регистрации вызовов и выбора профильности направляемой на вызов бригады) выезжала специализированная бригада СМП. В отсутствие таковой свободной направлялась линейная бригада. После внедрения разработки были изменены алгоритмы: в первую очередь направляется линейная бригада, и только в случае, когда все они «заняты», «на замену» едет бригада специализированного профиля.

При оказании неотложной медицинской помощи таким пациентам проводятся следующие мероприятия: 1. Ведение антидота (Налоксон – 0,4-2,4 мг) внутривенно – до восстановления спонтанного дыхания; 2. Инфузия внутривенно капельно 400 мл 5-10% раствора глюкозы, 400 мл реополиглюкина и 4% раствор натрия гидрокарбоната, из расчета 1-2 мэкв/кг массы тела (в 100 мл 4% раствора натрия гидрокарбоната содержится около 50 мэкв); 3. При неэффективности или непереносимости данных препаратов проводится интубация трахеи и искусственная вентиляция легких, с последующей обязательной госпитализацией в дежурное токсикологическое отделение [4, 5]. Если вызов обслуживает линейная бригада и возникает необходимость интубации трахеи на фоне медикаментозного лечения, то вызывается специализированная бригада.

В алгоритме регистрации вызовов скорой помощи к детям, в случаях угрожающего для жизни состояниях, используются специальные коды: «61Д», «31Д», «69Д», «39Д», «73Д», «75Д», «67Д», «37Д», имеющие смысловое значение:

- «61Д» означает – ребенок находится дома, задыхается;
 - «31Д» – в общественном месте, задыхается;
 - «67Д» – ребенок, отравился;
 - «37Д» – ребенок в общественном месте, отравился;
 - «69Д» – ребенок без сознания, находится дома;
 - «39Д» – в общественном месте, без сознания;
 - «73Д» – высокая температура, судороги;
 - «75Д» – рвота, жидкий стул, ребенок в тяжелом состоянии;
- «Д» – больной – это ребенок в тяжелом состоянии.

После проведенных исследований алгоритм приема вызовов был оптимизирован таким образом, что на поводы «61Д», «31Д», «73Д» и «75Д», в первую очередь направляется общепрофильная бригада и лишь в случае отсутствия таковой свободной, на вызов едет бригада специализированного профиля. Если поступают вызова «отравление», то все они регистрируются через старшего врача смены, который определяет целесообразность направления или не направления специализированной бригады. Для быстрого ориентирования в определении наличия максимально допустимой дозы препарата или его передозировки используется компьютерная программа отравлений «POISON».

В алгоритме регистрации вызовов на пожары (код «63») и все виды задымлений (код «32») только при достоверно известной информации о наличии пострадавшего в тяжелом состоянии в настоящее время вызов регистрируется, как «63Р» и «32Р» – профильный для специализированных бригад, если такой информации нет, то его кодируют, как «63Л» и «32Л» и на вызов направляется линейная бригада, а в отсутствие таковой свободной – специализированная.

Анализируя внедренные в работу ССМП изменения алгоритма регистрации вызовов и выбора профильности направляемой бригады, через 11 месяцев были получены следующие результаты:

Количество вызовов к лицам в состоянии наркотического опьянения и передозировки опиатов по сравнению с прошлым годом не изменилось (3006 случаев в 2007 году и 3007 – в 2008 году), что косвенно говорит о приостановлении увеличения роста употребления наркотических веществ населением. Из всех вызовов, 86,3% (2596 случаев) – к лицам мужского пола и лишь 13,7% (411 случаев) – женского. Показатель среднего возраста в 2008 году составил 29,4, в 2007 году – 28,9, то есть, имеется тенденция к увеличению среднего возраста у лиц, использующих внутривенные наркотические вещества, что возможно отражает уменьшение их использования в раннем возрасте. Произошло увеличение доли обслуженных вызовов линейными бригадами к лицам с передозировкой опиатов по сравнению с прошлым годом на 17,6% и составило – 69% (у специализированных, соответственно, 31%). Показатель летальности в присутствии или в салоне у линейных бригад СМП по сравнению с прошлым годом практически не изменился (1 случай (0,096%) из 1580 вызовов в 2007 году и 2 случая (0,063%) из 2076 вызовов – в 2008 году). Несмотря на увеличение доли обслуженных вызовов, процент случаев, когда линейные бригады не справлялись самостоятельно и вызывали «на себя» специализированную бригаду, уменьшился по сравнению с прошлым годом с 2,1% до 1,5% (в 2003 году доля таких случаев составляла 8%).

С помощью Z-критерия [6,7,8] была определена значимость различий в уменьшении доли вызовов «на себя» специализированных у линейных бригад СМП к 2008 году по сравнению с 2003 годом. Расчет проводился в программе «BIOSTAT», получены результаты: $Z=8,829$; $P<0,001$. Поскольку $P<0,05$, то нулевая гипотеза, предполагающая, что различия в группах статистически не значимы, отвергается. Таким образом, к 2008 году доля вызовов «на себя» специализированных бригад у линейных на станции СМП г. Новокузнецка статистически значимо уменьшилась по сравнению с 2003 годом. Это позволяет говорить о том, что общепрофильные бригады с каждым годом все качественнее самостоятельно оказывают помощь больным в состоянии наркотического опьянения и передозировки опиатов.

Для сравнительной оценки эффективности оказания помощи бригадами был проведен анализ с применением методов математической статистики: оценивались качественные показатели двух групп: 1. Больные, обслуженные специализированными бригадами, 2. Линейными бригадами. Оценка проводилась по трем критериям, которые отражают эффективность оказанной помощи обоих видов бригад – количество больных, доставленных в стационар, при неэффективности лечения; количество больных после лечебных манипуляций, которые отказались от госпитализации, либо просто ушли и смерть больного в присутствии или в салоне бригады СМП. Расчет проводился в программе «BIOSTAT» с помощью критерия « X^2 ». Были получены следующие результаты: $X^2=13,849$. $P<0,001$. Таким образом, нулевая гипотеза, предполагающая наличие статистически значимого различия в группах по данным признакам, подтверждается. То есть имеет место статистически значимая разница в качестве обслуживания больных данной группы бригадами разных профилей. И линейные бригады справляются с лицами в наркотическом опьянении и с передозировкой опиатов не хуже, а где-то даже лучше специализированных бригад. Это, вероятно, обусловлено тем, что всех больных в тяжелом и критическом состоянии линейные бригады передают специализированным, а они, как правило, госпитализируются в стационар.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ показателей вызовов к детям в возрасте до 15 лет по различным поводам за период с 2003 по 2007 годы и за 2008 год, соответственно.

Таблица 1 – Структура обслуженных вызовов категории «Д» бригадами СМП по поводам и результаты экспертной оценки

Код повода	Всего обслужено вызовов категории «Д»		Обслужено вызовов категории «Д» специализированными бригадами				Обслужено вызовов категории «Д» линейными бригадами				Больных категории «Д», нуждающихся в спец. помощи (по результатам экспертной оценки)			
	С 2003 по 2007 годы	За 2008 год	С 2003 по 2007 годы		За 2008 год		С 2003 по 2007 годы		За 2008 год		С 2003 по 2007 годы		За 2008 год	
			Ср. знач.	Абс	Ср. знач.	%	Абс	%	Ср. знач.	%	Абс	%	Ср. знач.	%	Абс	%
31Д	23,6	19	11,4	48,3	10	52,6	12,2	51,7	9	47,4	0	0	0	0
75Д	74,2	22	27,6	37,2	6	27,3	46,6	62,8	16	72,7	0	0	0	0
73Д	208,2	159	83	39,9	53	33,3	125,2	60,1	106	66,7	2	0,96	0	0
61Д	1275,4	1183	475,8	37,3	187	15,8	799,6	62,7	996	84,2	2,8	0,22	0	0
69Д	207	198	119	57,5	102	51,5	88	42,5	96	48,5	5,2	2,50	4	2,02
39Д	50,6	46	26,2	51,8	20	43,5	24,4	48,2	26	48,2	0	0	1	2,17
Всего	1839	1627	743	40,4	378	23,2	1096	59,6	1249	76,8	10	0,54	5	0,31

Из таблицы видно, что произошло уменьшение доли вызовов, обслуженных специализированными бригадами во всех поводах, кроме «31Д», а в поводе «61Д» (наиболее часто регистрируемом из детских поводов) – более чем в 2 раза. При этом согласно критериям экспертной оценки больных, действительно нуждающихся в специализированной медицинской помощи в поводах «31», «75Д», «73Д» и «61Д» не оказалось вовсе. В поводе «69Д» – доля таких больных уменьшилась с 2,5% до 2,02%, а в поводе «39Д» увеличилась с 0% до 2,17%.

Критерии, определенные экспертами: 1. Вызовы, обслуженные специализированными бригадами, поскольку, если они обслужены линейной бригадой самостоятельно, то, соответственно, такие пациенты в специализированной помощи не нуждаются. Если же линейной бригадой вызывалась специализированная, то вызов дублировался – на одного и того же ребенка заводилось две карты вызова – поэтому, учитывались только вызовы, обслуженные последними. 2. Из всех вызовов, обслуженных специализированными бригадами, учитывались только те, где пациенты в результате доставлялись в стационар. Так как, если ребенку оказана специализированная помощь, он подлежит обязательной последующей госпитализации. И напротив, если пациент оставлен на месте, то в специализированной помощи он не нуждается.

Ранее, пожары и все виды задымлений в общественных местах кодировались, как вызовы для специализированных бригад (независимо от информации наличия или отсутствия пострадавших), куда направлялась бригада соответствующего профиля. Затем, на основании полученных результатов исследования, данный алгоритм был оптимизирован: специализированные бригады в первую очередь стали направлять только на вызовы, где достоверно было известно о наличии пострадавшего в тяжелом состоянии. В остальных случаях вызов кодировался, как профильный для линейных бригад. И лишь в отсутствии таковых свободных на вызов направлялась бригада специализированного профиля.

Проведен анализ вызовов на пожары и все виды задымлений в общественных местах по прошествии 11 месяцев с начала внедрения оптимизированных алгоритмов. Оказалось, что только при выезде на повод «63Р» (где достоверно известно о наличии пострадавшего в тяжелом состоянии, со слов вызывающего) больных действительно нуждающихся в специализированной помощи оказалось 3 человека на 65 вызовах (4,6%). В поводах «63Л»

(где не известно о наличии пострадавшего) и «32Л» (задымление в общественном месте) из 900 и 825 вызовов, соответственно, больных нуждающихся в специализированной помощи не оказалось ни одного человека.

Выводы и предложения:

1. По сравнению с 2007 годом в 2008 году процент вызовов «на себя» линейными бригадами специализированных уменьшился с 2,1 до 1,5% (при практически прежнем количестве вызовов). К 2008 году доля вызовов «на себя» специализированных бригад у линейных на станции СМП г. Новокузнецка статистически значимо уменьшилась по сравнению с 2003 годом, что характеризует самостоятельность общепрофильных бригад при обслуживании вызовов к лицам в состоянии наркотического опьянения и передозировки опиатов.

2. Найдены статистически значимые различия в оказании качества медицинской помощи специализированными и общепрофильными бригадами, при этом, у последних они оказались лучше. Что является закономерным, поскольку специализированные бригады обслуживают больных в более тяжелом состоянии, в том числе тех, которых передают общепрофильные бригады, когда не справляются самостоятельно.

3. Снизилась доля вызовов к детям, обслуженных специализированными бригадами, а в поводе «61Д» – ребенок дома – задыхается, уменьшилась более чем в 2 раза. Случаев, где больных, действительно нуждающихся в специализированной помощи при обслуживании вызовов к детям в возрасте до 15 лет во всех поводах (за исключением «69Д» и «39Д» – ребенок без сознания дома и общественном месте, соответственно) в 2008 году по сравнению с предыдущим пятилетним не оказалось вовсе. Поэтому, необходимо поводы «31Д», «61Д», «73Д» и «75Д» сделать профильными для линейных бригад с высоким приоритетом для обслуживания, без замены специализированными бригадами в отсутствие свободных общепрофильных.

4. Внесенные изменения в алгоритм регистрации вызовов для специализированных бригад при выезде на пожары и все виды задымлений в общественном месте доказали свою эффективность. Только на повод «63Р» (где достоверно известно о наличии пострадавшего в тяжелом состоянии, со слов вызывающего) сразу направляется специализированная бригада. И только в этих случаях были выявлены пострадавшие в тяжелом состоянии. Когда о наличии пострадавших в тяжелом состоянии не известно (поводы кодируются «63Л» и «32Л»), необходимости направлять на вызов бригаду специализированного профиля не нужно.

Литература

1. Янкин Ю.М. Догоспитальный этап острого инфаркта миокарда (влияние на структуру осложнений и летальность совершенствования медицинской помощи) : дис. на соиск. учен. степ. канд. мед. наук : 14.00.06 : защищена 1984 / Янкин Юрий Михайлович. - Новокузнецк, 1984. - Том 1, 2. - 233 с., 158 с.

2. Шумкин А.А. Анализ и оценка использования специализированных бригад СМП при обслуживании вызовов к лицам с передозировкой опиатов за период с 2003 по 2007 годы (на примере г.Новокузнецка) / А.А. Шумкин, Г.И. Чеченин, Р.М. Гайнулин, О.В. Гладцких // Успехи современного естествознания. №4. – 2009. – Москва: Издательство, 2009. – С. 34.

3. Шумкин А.А. Анализ и оценка использования специализированных бригад скорой медицинской помощи при обслуживании вызовов к детям в возрасте до 15 лет (на примере г. Новокузнецка) / А.А. Шумкин, Г.И. Чеченин // Медицинский альманах. №4 – 2008. – Нижний Новгород: «Эр Эм Би Си-Приволжье», 2008. – С. 14-16.

4. Михайлович В.А., Мирошниченко А.Г. Руководство для врачей скорой медицинской помощи / Афанасьев В.В. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: «Невский диалект», 2001. – с 689-690.

5. Мирошниченко А.Г., Руксина В.В. Рекомендации по оказанию скорой медицинской помощи в Российской Федерации / Афанасьев В.В., Бидерман Ф.М. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: «Невский диалект» - «БХВ-Петербург», 2004. – с 149-150.

6. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц – М.: Практика, 1999. – 461 с.

7. Жилина Н.М. Применение методов обработки данных в медицинских исследованиях: методические рекомендации / Н.М. Жилина. – Новокузнецк: ГОУ ДПО «НГИУВ» Росздрава, 2007. – 45 с.

8. Жилина Н.М. Приложение математической статистики к медицинским научным исследованиям: учебное пособие / Н.М. Жилина. – Новокузнецк: Изд-во МОУ ДПО ИПК, 2005. – 41 с.

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

Т.В. Кораблина, Ю.Ю. Жердева

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В последнее время при исследовании, анализе и прогнозировании финансовых рядов данных все чаще используются алгоритмы и методы нелинейной динамики и теории хаоса [1 – 4]. Можно с полной уверенностью утверждать, что классические методы анализа финансовых рынков, особенно в условиях кризиса, не позволяют выявить закономерности в развитии экономических процессов в полном объеме, моделировать быстрые изменения или наоборот длительные незначительные колебания биржевых показателей, нелинейные взаимодействия. Поэтому, несмотря на достигнутые успехи и большое разнообразие в подходах к анализу биржевых данных существует потребность в расширении используемых моделей, методов и инструментов, особенно по пути комплексного многовариантного подхода с использованием алгоритмов нелинейной динамики.

Результаты корреляционного анализа рядов данных, характеризующих деятельность бирж и финансовых рынков, за различные периоды наблюдения свидетельствует о наличии сильных линейных автосвязей. Поэтому было принято решение перейти к рассмотрению выделенных структурно однородных составляющих сигнала. Для выделения этих составляющих использовался алгоритм скользящего релейно-экспоненциального сглаживания 1-го порядка с настроечным параметром α , значения которого выбирались эмпирически.

Исследование свойств структурно однородных компонент рядов данных, характеризующих деятельность бирж, позволяет предположить наличие фрактально-хаотического механизма их порождения с разнотемповой и разномасштабной хаотической динамикой, что делает необоснованным применение чисто линейных моделей, особенно в условиях неопределенности, свойственной кризисным периодам. Поэтому на первом этапе было рассчитано значение фрактальной размерности остатков с использованием процедуры Паккарда – Таккенса.

Вычисления производились для значений размерности псевдофазового пространства от 1 до 10. Оценка корреляционной размерности для каждого псевдофазового пространства делалась с использованием обобщенного корреляционного интеграла. Расчеты показали, что в качестве нижней оценки фрактальной размерности можно взять значение 6.

Помимо определения фрактальной размерности, для рядов данных в исходном виде и для различных структурно однородных их составляющих были рассчитаны значения скользящих оценок корреляционного отношения h , коэффициента корреляции, показателя степени нелинейности Sn с вариантносью по числу групп q , размеру окна скольжения L , числу аргументов a , значению настроечного параметра усредняющих преобразований α , некоторые диапазоны значений показателя степени нелинейности приведены в таблице 1, а на рисунке представлен ряд данных биржевого индекса для потребительских товаров соответствующие скользящие оценки коэффициента корреляции и показателя степени нелинейности.

Для компоненты, полностью очищенной от низкочастотных составляющих, коэффициент автокорреляции находится в пределах порога различимости. Напротив,

значение автокорреляционного отношения близко к своему теоретическому значению, равному единице. Соответственно показатель степени нелинейности динамической связи между соседними значениями ряда данных также близок к единице. Показатель степени нелинейности динамических связей и взаимосвязей дает полезную информацию не только для построения хороших моделей одномерных и многомерных рядов данных, включая выбор их структур в классе линейных, нелинейных и комбинированных представлений, но и для выбора и построения рациональных автопрогнозаторов (экстраполяторов).

Таблица – Диапазоны значений показателя степени нелинейности

Тикер	α	L	q	Sn
нефть и газ	0,1	60	2	0-0,63
нефть и газ	0,2	120	2	0-0,41
нефть и газ	0,2	240	16	0-0,23
нефть и газ	0,8	60	2	0-0,87
потребительские товары	0,8	120	8	0-0,89

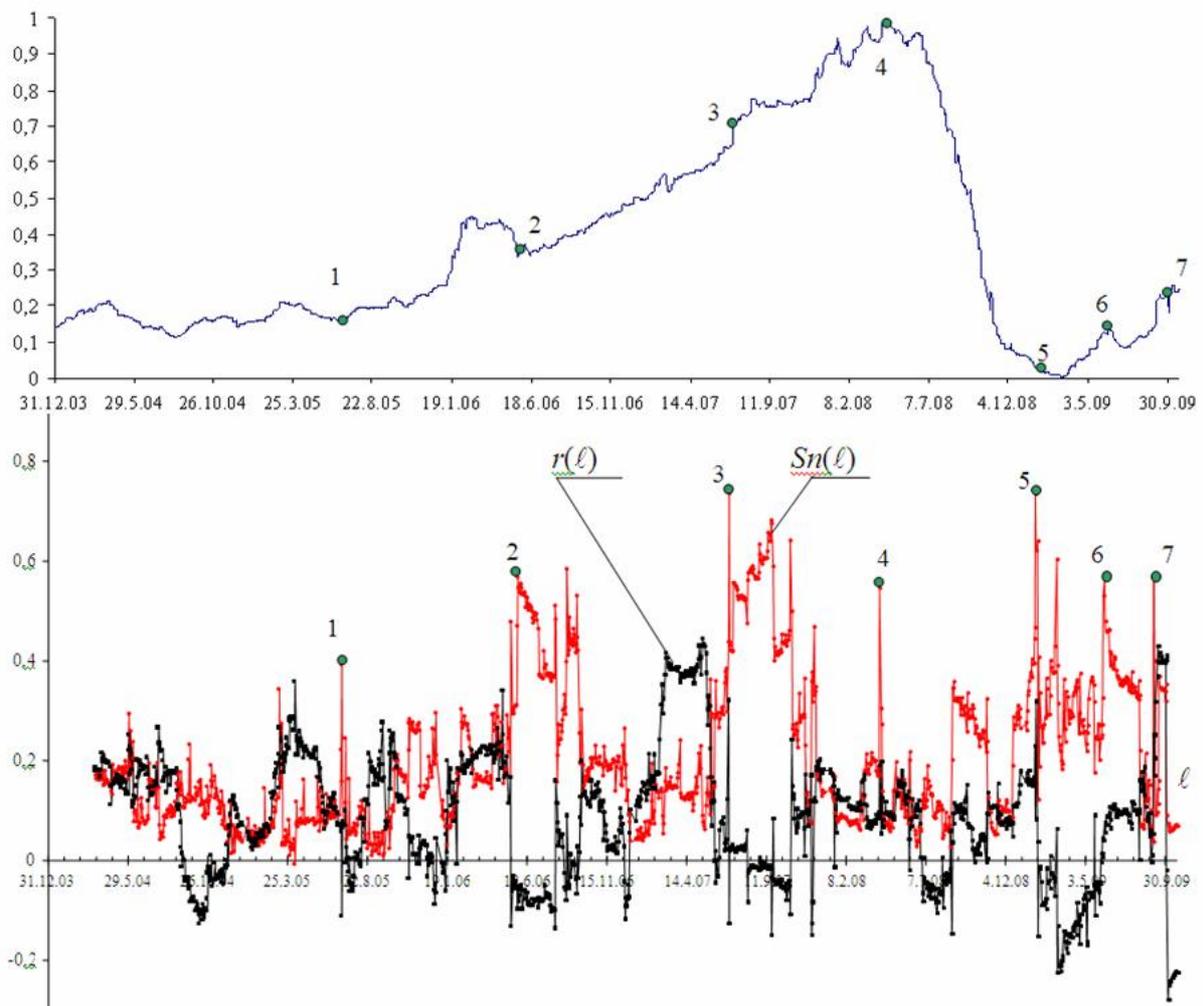


Рисунок – Нормированный ряд данных о значениях индекса РТС-промышленность РТС(**1**), скользящей оценки показателя степени нелинейности $Sn(\mathbf{1})$ и коэффициента корреляции $r(\mathbf{1})$

В ходе анализа было установлено, что резкие возрастания значений показателя степени нелинейности совпадают со сроками серьезных событий в мире. Например, на рисунке можно наблюдать появление сильных нелинейных связей – даты их появления отмечены точками:

- точка 1 (август 2005 года) соответствует сроку начала эпидемии «птичьего» гриппа (зарегистрировано 112 случаев).
- точка 2 (июнь 2006 года) зарегистрированы первые случаи заболевания атипичной пневмонией.
- точка 3 (середина 2007 года) уменьшается мировой спрос на сталь, мировые индексы начинают свое снижение.
- точка 4 (конец марта 2008) начало резкого падения котировок большинства акций.
- точка 5 (начало марта 2009 года) сообщение о первых случаях заболевания гриппом А/Н1N1.
- точка 6 (середина сентября 2009) года сообщения о массовых увольнениях на Автовазе, начало роста мировых индексов.
- точка 7 (середина сентября 2009 года) сообщения о вливаниях средств зарубежных инвесторов в Автоваз, сообщения о завершении кризиса, положительные прогнозы.

Следовательно, резкое повышение значений скользящих оценок показателя степени нелинейности может служить наряду с традиционными индикаторами структурного анализа дополнительным сигналом к смене поведения трейдеров на рынке и состава ценных бумаг в инвестиционном портфеле.

Таким образом, можно констатировать, что использование алгоритмов нелинейной динамики позволит успешно оценивать разнотемповые, разномасштабные изменения степени нелинейности, асимметрии, нестационарности и предсказуемости самых разных рядов данных, характеризующих экономические системы. Это даст возможность в сочетании с классическими алгоритмами статистического и структурного анализа повысить надежность прогноза, выявить и учесть гораздо больше потенциальных и реальных рисков, связанных с фондовым рынком.

Литература

1. Ширяев В.В. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр., и доп. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 232 с.
2. Кроновер С. Фракталы и хаос в динамических системах. – М.: Техносфера, 2006. – 488 с.
3. Мансуров Д.А. Прогнозирование валютных кризисов с помощью методов фрактального анализа// Проблемы прогнозирования. 2008, № 1. С. 145 – 158.
4. Борисов П.А., Виноградов Г.П., Семенов Н.А. Интеграция нейросетевых алгоритмов, моделей нелинейной динамики и методов нечеткой логики в задачах прогнозирования // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2008, № 1. С. 78 – 84.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Агеев Д.А. ... 86
Арестов В.С. ... 208
Аристов В.В. ... 275
Атавин Т.А. ... 296, 302, 365

Б

Базарон С.А. ... 279
Баканов А.А. ... 228
Балабанов Д.В. ... 17
Барай А.В. ... 503
Бауэр И.К. ... 283, 356
Белов В.Н. ... 53
Богомолова З.В. ... 313
Бондарь Н.Ф. ... 125, 128, 292, 319
Борщинский М.Ю. ... 132
Брагин В.М. ... 365, 369
Бубнов А.В. ... 138
Бурыкин А.А. ... 199, 472

В

Венгер К.Г. ... 13, 143
Верёвкин В.И. ... 296, 302, 365, 369

Г

Галицкая Л.В. ... 369
Гениатулина Е.В. ... 375
Глазко М.А. ... 246
Глинчиков К.Е. ... 378
Горев Е.В. ... 413
Грачев В.В. ... 143, 383
Гудинов В.Н. ... 275
Гудов А.М. ... 304, 309, 313, 383
Гулевич Т.М. ... 6, 283, 356,
Гуревич А.Д. ... 39
Гусев С.С. ... 56

Д

Дайнович А.М. ... 138
Данилевич С.Б. ... 391
Дворников Л.Т. ... 394
Дерябин М.Ю. ... 147
Добрынин А.С. ... 319, 333
Драган В.Ф. ... 179
Дубровин А.А. ... 61
Дужий А.В. ... 459

Е

Евтушенко В.Ф. ... 6
Ерохов В.И. ... 152

Ж

Жердева Ю.Ю. ... 509
Жилина Н.М. ... 409, 425, 449, 495
Жуков И.А. ... 394

З

Завозкин С.Ю. ... 304, 313
Завьялов В.М. ... 241, 246
Зельцер С.Р. ... 65
Зимин В.В. ... 39
Зиновьев В.В. ... 485
Зорин Ю.А. ... 69
Зуев В.Н. ... 396

И

Ивушкин А.А. ... 13, 143
Ирзаев Г.Х. ... 154
Исмагилова О.М. ... 296, 302
Исьянов О.З. ... 160

К

Казанцев С.В. ... 34
Карташов В.Я. ... 74, 80, 399
Карташова Л.В. ... 399
Кирсанова А.В. ... 405
Киселев С.Ф. ... 13, 270
Киселева Т.В. ... 409, 433
Климентьева Е.Д. ... 309
Козлов А.Е. ... 324
Колобкова О.В. ... 327
Комаров В.С. ... 413
Комиссарчик В.Ф. ... 396
Кораблина Т.В. ... 509
Коровин С.К. ... 13
Костенков М.А. ... 166
Костенков С.А. ... 166
Кошелев С.В. ... 17
Кравцова О.А. ... 168
Краснобаев А.В. ... 34, 472, 199
Краснокуцкий И.Н. ... 172
Криволапова Л.И. ... 168
Кузнецов А.М. ... 17
Кулаков С.М. ... 6, 39, 125, 128, 174, 283, 319,
333, 356, 490
Куликов Г.Г. ... 179
Кунинин П.Н. ... 132, 183
Кунинина Д.В. ... 189
Купчик М.Б. ... 45
Курышкин Н.П. ... 338
Кухта Ю.Б. ... 195

Л

Лавриненко А.В. ... 413
Лавров В.В. ... 199, 472
Лазаренко И.В. ... 204
Линков А.А. ... 270
Лисиенко В.Г. ... 252
Логунов С.М. ... 208, 419
Логунова О.С. ... 208, 419
Локтеева Д.С. ... 500
Ляховец М.В. ... 341

М

Максимова Н.Н. ... 409, 425
Маморцев С.В. ... 69
Марьенков Е.В. ... 461, 463
Махарева О.А. ... 74, 399
Машанова С.В. ... 429
Миронова Е.В. ... 292
Мирончик Е.В. ... 215
Митьков В.В. ... 213
Михайлов В.Г. ... 433
Михайлов Г.С. ... 433
Модзелевский Д.Е. ... 221, 257
Морозова В.А. ... 252
Мочалов С.П. ... 26
Мурачев Е.Г. ... 152
Мусатова А.И. ... 264
Мышляев Л.П. ... 6, 13, 86, 383

Н

Немирова Л.Ф. ... 215
Никифоров И.К. ... 438
Новокрещин Б.Г. ... 343, 347
Новосельцева М.А. ... 80, 441

О

Огаров А.В. ... 252
Огнев С.П. ... 341
Оленников А.А. ... 446
Орехова Е.Н. ... 449
Останин С.А. ... 455
Островлянчик В.Ю. ... 221, 459

П

Панферов В.И. ... 224
Панферов С.В. ... 224
Петрунин А.М. ... 86
Петрунин С.М. ... 86
Пирогов А.В. ... 17
Поздняков В.В. ... 461
Поляков Б.Н. ... 89
Попов А.С. ... 228
Попов В.А. ... 362
Протодяконов А.В. ... 231, 463

Р

Ревонченков А.А. ... 152, 349
Ревонченков А.М. ... 152
Ревонченкова И.Ф. ... 233, 349
Ремизов В.В. ... 17
Русских М.Ф. ... 183
Рыболовлев В.Ю. ... 238, 472

С

Сарапулов Ю.А. ... 17
Сарапулова Н.П. ... 17
Сахнин Д.Ю. ... 92, 399
Сахнина М.А. ... 92
Семёнов Г.А. ... 455
Семехина М.В. ... 383
Семькина И.Ю. ... 241, 246
Соколова Н.Б. ... 341
Соловьев В.И. ... 98
Соловьева А.В. ... 354
Соловьева Ю.А. ... 354
Сорокин А.С. ... 466, 468
Спирин Н.А. ... 34, 199, 261, 472
Стариков А.В. ... 477
Старикова А.А. ... 477
Старовацкая С.Н. ... 483
Стародубов А.Н. ... 485
Сторожев Д.Ю. ... 138
Сучков А.В. ... 252

Т

Телегин А.И. ... 224
Темников А.В. ... 257
Ткаченко Н.И. ... 261
Трофимов В.Б. ... 490
Трохалин И.В. ... 179

Ф

Фадеева А.Е. ... 495
Фархадов М.П. ... 233, 349
Федотов А.А. ... 283, 343, 356, 361
Федотов А.М. ... 387
Филиппович Ю.Н. ... 327
Фомин А.Н. ... 231, 461
Фомина Л.Д. ... 264

Х

Халимов В.А. ... 270
Харин В.Н. ... 477
Хорошева Т.А. ... 399, 500

Ц

Цымбал В.П. ... 26, 102, 446

Ч

Чабан С.В. ... 174

Чеченин Г.И. ... 425, 449, 495, 503

Чичерин И.В. ... 174

Ш

Шабанов А.П. ... 113

Шакшин В.В. ... 419

Швачич А.А. ... 304

Швец С.Е. ... 231, 463

Шехтман В.А. ... 503

Шипунов М.В. ... 383

Ширяев В.И. ... 117

Шумкин А.А. ... 503

Щипанов К.А. ... 34

Ю

Юнусова В.А. ... 495

ОГЛАВЛЕНИЕ

Кулаков С.М., Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Гулевич Т.М. 50 лет в пути. К юбилею кафедры автоматизации и информационных систем.....	6
--	---

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Мышляев Л.П., Коровин С.К., Ивушкин А.А., Киселев С.Ф., Венгер К.Г. Автоматизация управления объектами угольной отрасли (состояние вопроса).....	13
Сарапулова Н.П., Ремизов В.В., Кошелев С.В., Кузнецов А.М., Пирогов А.В., Балабанов Д.В., Сарапулов Ю.А. Комплексное решение задач автоматизации управления производством труб большого диаметра.....	17
Цымбал В.П., Мочалов С.П. Проектирование новых металлургических процессов с учетом синергетического подхода к управлению.....	26
Спирин Н.А., Щипанов К.А., Краснобаев А.В., Казанцев С.В. Разработка математических моделей и создание программного обеспечения для управления пуском доменной печи	34
Зимин В.В., Кулаков С.М., Гуревич А.Д. О концепции сервисной модели корпоративной информационной системы.....	39
Купчик М.Б. Автоматизация системы логистики товародвижения в распределенной торговой сети предприятия общественного питания.....	45

СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Белов В.Н. Автоматизация оценки деятельности сотрудников вуза.....	53
Гусев С.С. Алгоритм идентификации динамического объекта автоматизированной системы управления.....	56
Дубровин А.А. О компьютеризации муниципального здравоохранения.....	61
Зельцер С.Р. Проектирование систем автоматизации на основе типопредставительных реализаций проектных работ.....	65
Маморцев С.В., Зорин Ю.А. Автоматизация измерения электрофизических параметров полупроводников бесконтактными методами.....	69
Махарева О.А., Карташов В.Я. Цифровая фильтрация сигнала в системах автоматизации.....	74
Новосельцева М.А., Карташов В.Я. Общий подход к оценке риска.....	80
Петрунин С.М., Мышляев Л.П., Агеев Д.А., Петрунин А.М. Постановка и решение задачи синтеза объекта управления и управляющей системы.....	86
Поляков Б.Н. Некоторые особенности современной научной методологии автоматизированного проектирования технологий и сложных объектов машиностроения в условиях интернетовской цивилизации.....	89
Сахнин Д.Ю., Сахнина М.А. Влияние квантования на принцип эквивалентности.....	92
Соловьев В.И. Интеллектуальные системы диагностирования и управления сложными организованными объектами.....	98
Цымбал В.П. О синергетическом подходе к управлению сложными термодинамическими объектами.....	102
Шабанов А.П. Подход к структурированию вычислительных ресурсов информационных систем с централизованным управлением.....	113
Ширяев В.И. О задаче управления динамическими системами при недостатке информации.....	117

СЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Бондарь Н.Ф., Кулаков С.М. Об одном подходе к проектированию системы управления персоналом крупного предприятия.....	125
Бондарь Н.Ф., Кулаков С.М. Об автоматизированной процедуре формирования должностных инструкций.....	128
Борщинский М.Ю., Кунин П.Н. Система управления с переменным числом контуров электропривода шахтной подъемной установки.....	132
Бубнов А.В., Дайнович А.М., Сторожев Д.Ю. Особенности построения цифрового электропривода с фазовой синхронизацией для сканирующих систем.....	138
Венгер К.Г., Грачев В.В., Ивушкин А.А. Совершенствование методов выработки план-графиков создания промышленных комплексов.....	143
Дерябин М.Ю. Построение нечеткой модели температурного режима процесса восстановления диоксида серы.....	147
Ерохов В.И., Мурачев Е.Г., Ревонченков А.М., Ревонченков А.А. Особенности проектирования цифровых устройств топливоподачи транспортных ДВС.....	152
Ирзаев Г.Х. Комплексная система управления технологичностью промышленных изделий.....	154
Исьянов О.З. Об управлении климатическими условиями в помещении, с использованием математического аппарата теории нечетких множеств.....	160
Костенков С.А., Костенков М.А. Автоматизация обработки свободным абразивом при обработке заготовок ювелирных изделий.....	166
Кравцова О.А., Криволапова Л.И. Многоканальная система диагностики технического состояния технологических агрегатов.....	168
Краснокуцкий И.Н. Интеллектуальная система управления наружным освещением.....	172
Кулаков С.М., Чичерин И.В., Чабан С.В. Идентификация продольного профиля поверхностей рельсового проката в условия массового производства.....	174
Куликов Г.Г., Драган В.Ф., Трохалин И.В. Автоматизированная система управления конструкторско-технологической подготовкой производства в условиях сервисного центра по ремонту сложных изделий.....	179
Кунин П.Н., Русских М.Ф. Ограничение тока в системе г-д с главной обратной связью по напряжению генератора.....	183
Кунина Д.В. Асинхронный электропривод насосной станции с синергетическим регулятором-предварительный анализ.....	189
Кухта Ю.Б. Программная система «Профиль 2500» – прогнозирование дефектов геометрии горячекатаных полос с учетом износа опорных валков.....	195
Лавров В.В., Бурыкин А.А., Спиринов Н.А., Краснобаев А.В. Разработка программного комплекса анализа и прогнозирования производственных ситуаций в доменном цехе ОАО «ММК».....	199
Лазаренко И.В. О компенсации погрешностей пространственного положения плоскости в ГПМ.....	204
Логунова О.С., Арестов В.С., Логунов С.М. Алгоритмы и принципы построения имитационной модели непрерывной разливки стали.....	208
Митьков В.В. Системное администрирование распределенных локально-вычислительных сетей (ЛВС) организации на базе Интернет.....	213
Немирова Л.Ф., Мирончик Е.В. Аналитические методы выбора основного материала для модели одежды и оптимизации ассортимента материалов для коллекции моделей предприятия.....	215
Островляничик В.Ю., Модзелевский Д.Е. Исследование электромагнитных процессов в цифровом возбудителе системы г-д для электроприводов мощностью свыше 1000 кВт.....	221

Панферов С.В., Телегин А.И., Панферов В.И. Адаптивная система управления тепловым режимом зданий.....	224
Попов А.С., Баканов А.А. Разработка системы дистанционного мониторинга цифровых радиотелевизионных передатчиков.....	228
Протодяконов А.В., Фомин А.Н., Швец С.Е. Создание имитационной модели транспортных потоков с применением генетических алгоритмов.....	231
Ревонченкова И.Ф., Фархадов М.П. Применение речевого интерфейса в управлении робототехническими системами.....	233
Рыболовлев В.Ю. Автоматизированная информационная система «Центральная диспетчерская ОАО ММК».....	238
Семыкина И.Ю., Завьялов В.М. Градиентное управление моментом асинхронного двигателя на базе общепромышленного преобразователя частоты.....	241
Семыкина И.Ю., Завьялов В.М., Глазко М.А. Управление несколькими асинхронными электродвигателями от одного преобразователя частоты.....	246
Сучков А.В., Лисиенко В.Г., Морозова В.А., Огаров А.В. Усовершенствование математической модели доменной печи и построение детерминированного советчика мастера доменной печи.....	252
Темников А.В., Модзелевский Д.Е. Исследование эффективности использования фильтрокомпенсирующих устройств в электроснабжении тыретьского солерудника.....	257
Ткаченко Н.И., Спирин Н.А. Система идентификации ковшей в мартеновском цехе машиностроительного завода.....	261
Фомина Л.Д., Мусатова А.И. К вопросу нормативного управления простоями оборудования в прокатных цехах.....	264
Халимов В.А., Киселев С.Ф., Линков А.А. Штабель сыпучих материалов как объект управления.....	270

СЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аристов В.В., Гудинов В.Н. Мультимедийный программный продукт для практических работ по синтезу дискретных автоматов.....	275
Базарон С.А. Оценивание тестовых заданий, требующих ответ от испытуемого на естественном языке.....	279
Бауэр И.К., Гулевич Т.М., Кулаков С.М., Федотов А.А. Математическое, программное и организационное обеспечение автоматизированного обучающего комплекса кафедры технического вуза.....	283
Бондарь Н.Ф., Миронова Е.В. О механизме управления деятельностью преподавательского состава ГОУ СПО.....	292
Верёвкин В.И., Исмагилова О.М., Атавин Т.А. Управления учебным процессом с прецедентным формированием расписания занятий.....	296
Верёвкин В.И., Атавин Т.А., Исмагилова О.М. Оптимизация последовательности стратификации ограничений авторасписания.....	302
Гудов А.М., Завозкин С.Ю., Швачич А.А. Оптимизация скорости работы подсистемы «Учебные планы» информационной системы «Деканат».....	304
Гудов А.М., Климентьева Е.Д. Разработка и апробация математической модели оценки исполнительской деятельности.....	309
Гудов А.М., Завозкин С.Ю., Богомолова З.В. Прототип системы управления бизнес-процессами, как компонент системы электронного документооборота КемГУ.....	313
Добрынин А.С., Кулаков С.М., Бондарь Н.Ф. Формализация задачи построения расписания занятий на уровне кафедры.....	319
Козлов А.Е. Автоматизация процесса ведения занятий в высшей школе.....	324

Колобкова О.В., Филиппович Ю.Н. Проблемы доступности древнерусских текстов и компьютерные технологии (на материалах словаря русского языка XI-XVII вв.).....	327
Кулаков С.М., Добрынин А.С. О синтезе вузовских расписаний на основе принципа согласованного управления.....	333
Курьшкин Н.П. Разработка компьютерной системы регистрации и обработки кинематических параметров лабораторной установки ТММ-2А.....	338
Ляховец М.В., Огнев С.П., Соколова Н.Б. Опыт применения Интернет-технологий в приемной кампании вуза.....	341
Новокрещин Б.Г., Федотов А.А. Радиосети в образовательном процессе.....	343
Новокрещин Б.Г. О виртуальном сообществе студентов, преподавателей и выпускников.....	347
Ревонченкова И.Ф., Ревонченков А.А., Фархадов М.П. Методические основы проведения лабораторных работ для студентов технических специальностей с ограниченными физическими возможностями.....	349
Соловьева Ю.А., Соловьева А.В. Информационная система довузовской подготовки учащихся.....	354
Федотов А.А., Бауэр И.К., Кулаков С.М., Гулевич Т.М. Подсистема управления доступом учебно-исследовательского комплекса «ЛОГОС».....	356
Федотов А.А. Об использовании технологии Windows Script Host для автоматизации управления пользователями домена Microsoft Active Directory.....	361
Попов В.А. Основные проблемы и задачи в развитии системы профобразования Кузбасса.....	362

СЕКЦИЯ 4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Верёвкин В.И., Брагин В.М., Атавин Т.А. Моделирование поля потенциалов в металлургических агрегатах с разными видами нагрузки.....	365
Верёвкин В.И., Галицкая Л.В., Брагин В.М. Идентификация металлургических объектов в действующих эргатических системах управления.....	369
Гениатулина Е.В. Метод генерации процесса функционирования человеко-машинных систем в системах искусственного интеллекта.....	375
Глинчиков К.Е. Сравнительный анализ алгоритмов генерирования случайных величин.....	378
Грачев В.В., Мышляев Л.П., Шипунов М.В. Влияние стимулирования на длительность создания автоматизированных технологических комплексов.....	383
Гудов А.М., Семехина М.В., Федотов А.М. Комплексный подход к моделированию компьютерных сетей.....	387
Данилевич С.Б. Автоматизация планирования измерений.....	391
Жуков И.А., Дворников Л.Т. Программный комплекс для определения рациональных параметров ударных механизмов.....	394
Зуев В.Н., Комиссарчик В.Ф. Алгоритм обучения нейронной сети для создания модели объекта управления.....	396
Карташов В.Я., Карташова Л.В., Махарева О.А., Сахнин Д.Ю., Хорошева Т.А. Идентифицирующая функция и ее свойства.....	399
Кирсанова А.В. Распознавание очага патологического сигнала в системе диагностики новообразований головного мозга на томограммах.....	405
Киселева Т.В., Жилина Н.М., Максимова Н.Н. Исследование методов прогнозирования уровня травматизма населения.....	409
Лавриненко А.В., Горев Е.В., Комаров В.С. Информационно-вычислительная система «Метео» для метеорологической поддержки решения прикладных задач.....	413
Логунова О.С., Шакшин В.В., Логунов С.М. Математическое обеспечение для оценки объектов нерегулярной формы на цветных изображениях.....	419

Максимова Н.Н., Жилина Н.М., Чеченин Г.И. Динамический анализ травматизма детей и подростков в г. Новокузнецке за период 2003-2008 гг.....	425
Машанова С.В. Диагностирующие выражения для выявления в тексте маркеров, индикаторов и коннекторов.....	429
Михайлов В.Г., Киселева Т.В., Михайлов Г.С. Управление эколого-экономическими рисками на ОАО «КОКС».....	433
Никифоров И.К. Система контроля параметров воды.....	438
Новосельцева М.А. Оценка риска в стохастических системах.....	441
Оленников А.А., Цымбал В.П. Программный пакет для моделирования схем утилизации вторичных энергоресурсов агрегатов жидкофазного восстановления.....	446
Орехова Е.Н., Жилина Н.М., Чеченин Г.И. Анализ обобщенных показателей состояния здоровья населения и среды обитания в г. Новокузнецке за 2000 -2008 гг. по данным социально-гигиенического мониторинга.....	449
Останин С.А., Семёнов Г.А. Система автоматического поиска режима переменяемости в динамике генерации лазера.....	455
Островляничик В.Ю., Дужий А.В. Применение алгоритма адаптивной дискретизации в переносной информационно-измерительной системе.....	459
Поздняков В.В., Фомин А.Н., Марьенков Е.В. Программные средства моделирования топологии улично-дорожной сети.....	461
Протодьяконов А.В., Марьенков Е.В., Швец С.Е. Имитационное моделирование движения автомобиля в транспортном потоке.....	463
Сорокин А.С. Моделирование надежности технологических систем с использованием скелетонов.....	466
Сорокин А.С. Математическое моделирование динамичных потоков в системах массового обслуживания.....	468
Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В., Бурыкин А.А. Разработка и реализация информационно-моделирующей системы управления комплексом доменных печей при изменении конъюнктуры рынка железорудного сырья и топлива.....	472
Стариков А.В., Старикова А.А., Харин В.Н. Многоаспектное параллельное проектирование в перспективной САПР корпусной мебели.....	477
Старовацкая С.Н. К постановке задачи управления структурой и свойствами материалов.....	483
Стародубов А.Н., Зиновьев В.В. Программное обеспечение автоматизации выбора оборудования и планировки участка автоматизированных производственных систем.....	485
Трофимов В.Б., Кулаков С.М. О настройке искусственных нейронных сетей и экспертных систем в замкнутых системах автоматического управления.....	490
Фадеева А.Е., Жилина Н.М., Чеченин Г.И., Юнусова В.А. Мониторинг здоровья школьников и педагогов (на примере г. Новокузнецка).....	495
Хорошева Т.А., Локтеева Д.С. Исследование эффективности типовых программ реабилитации.....	500
Шумкин А.А., Чеченин Г.И., Барай А.В., Шехтман В.А. Анализ и оценка использования оптимизированных алгоритмов регистрации вызовов станции скорой медицинской помощи г. Новокузнецка.....	503
Кораблина Т.В., Жердева Ю.Ю. Анализ финансовых рядов данных с использованием алгоритмов нелинейной динамики.....	509

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ**

**ТРУДЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

12 – 14 ноября 2009 г.

Общая редакция
д.т.н., проф. С.М. Кулаков,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляев

Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 30,92

Формат бумаги 60 84 1/8
Тираж 500 экз. Заказ 768
Уч. изд. л. 32,94
Подписано в печать 02.11.09

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
654007, Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Типография СибГИУ